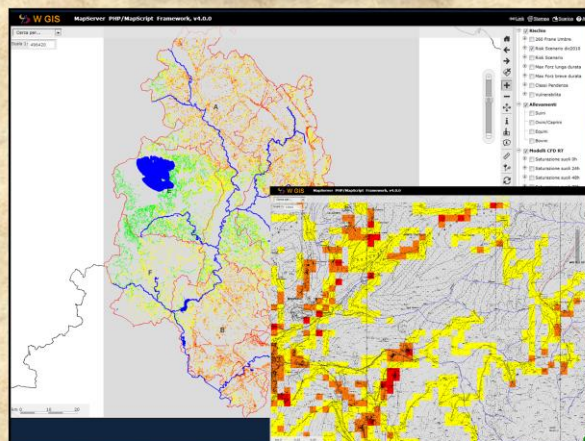


Regione Umbria



LANDWARN: UN SISTEMA OPERATIVO DI EARLY WARNING PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO BASATO SU SOGLIE PLUVIOMETRICHE E SATURAZIONE DEI SUOLI



Contact:

Francesco Ponziani - Regione Umbria, Civil Protection, Foligno, Italy (fponziani@regione.umbria.it)

SOMMARIO

Il network dei Centri Funzionali

Rischio Idrogeologico in Umbria

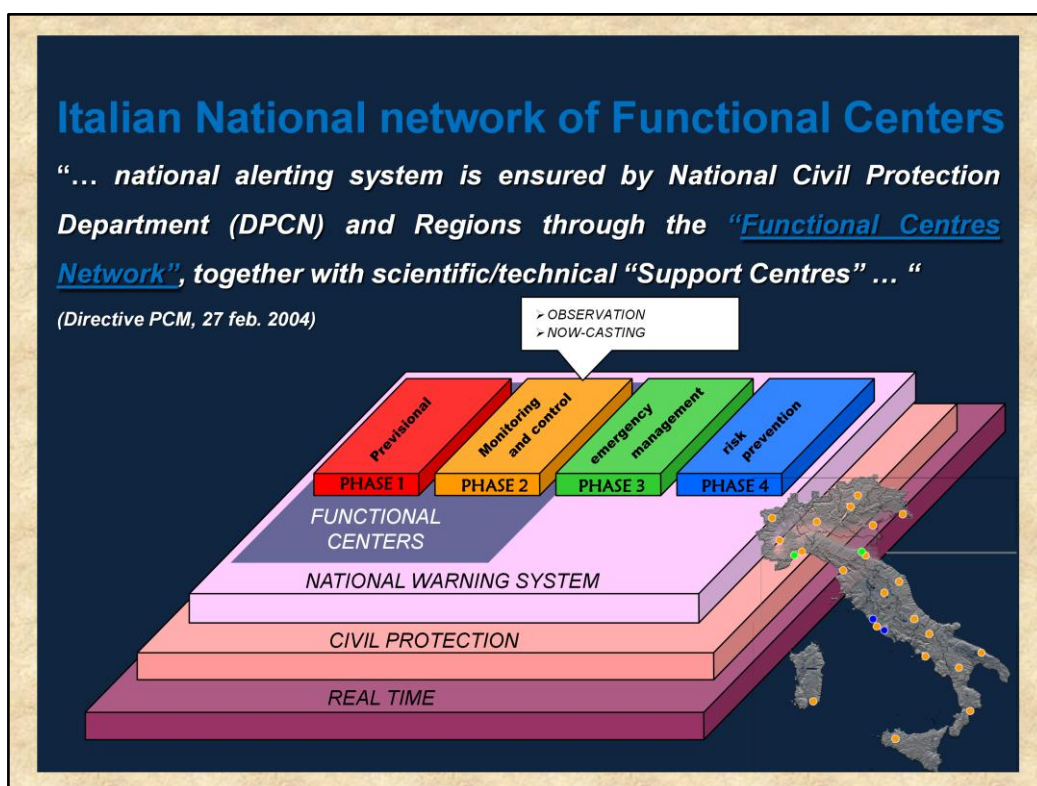
Saturazione dei suoli e soglie pluviometriche

Il sistema Landwarn

Appl.1 – frane a più alto rischio

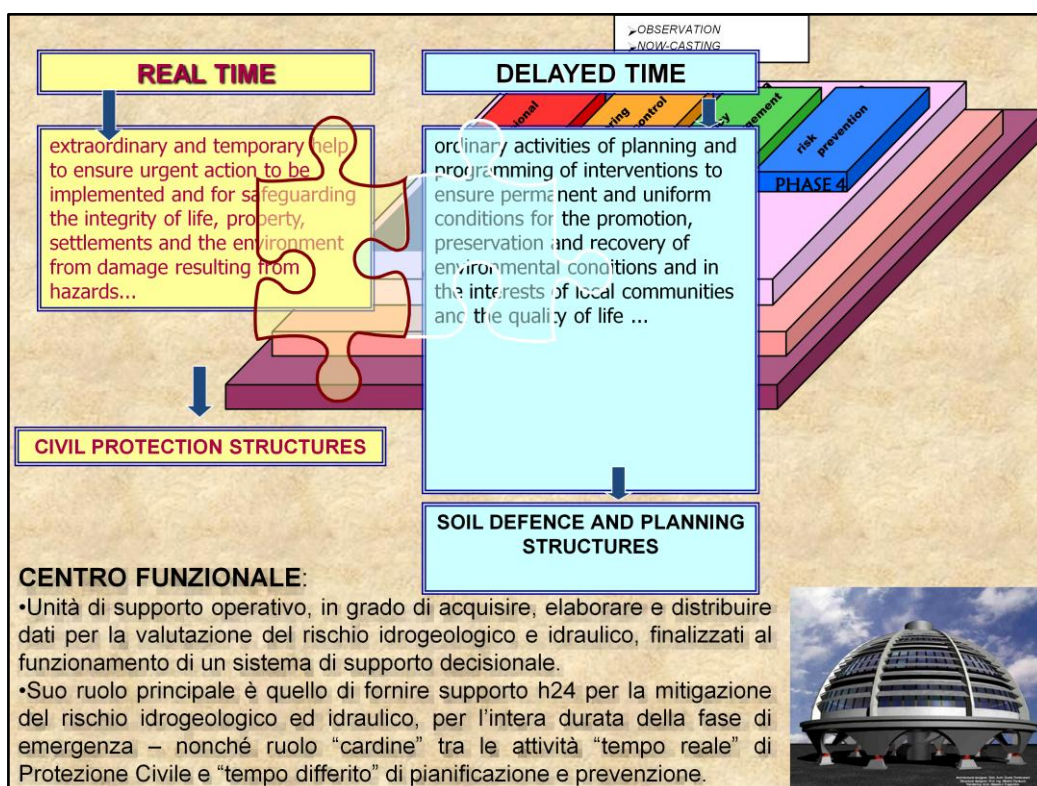
Appl.2 – scenario di rischio

Appl.3 – la frana di Torgiovanetto



Una breve descrizione del network dei Centri Funzionali: nei confronti del rischio idrogeologico, il sistema di allerta nazionale è assicurato dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DPCN), attraverso il network dei Centri Funzionali, coadiuvato da strutture tecnico/scientifiche di supporto, denominate “Centri di Competenza”.

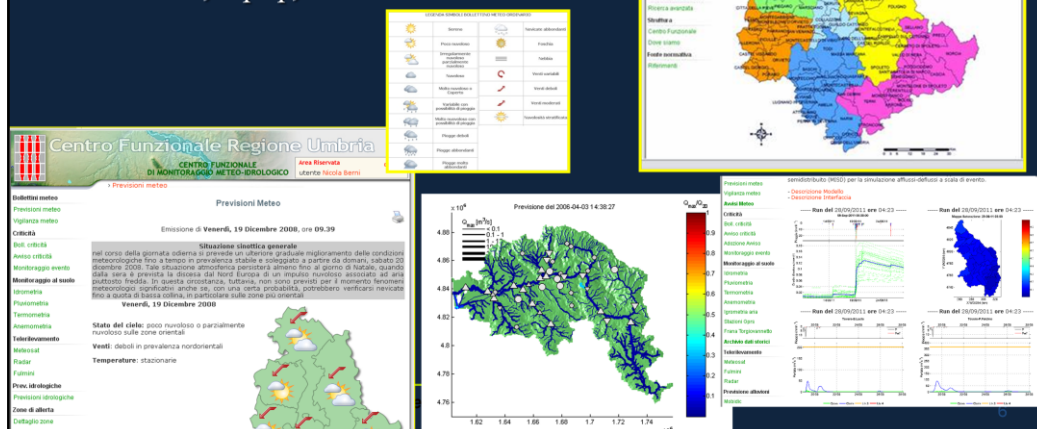
Il ruolo del Centro Funzionale (CF), è quello di supportare il sistema di allerta a scala regionale, tramite la gestione della fase previsionale e quelle di monitoraggio e controllo durante le fasi di evento, assicurando il flusso di dati e informazioni alla protezione civile per la gestione della fase di emergenza.



Online/Real Time Management – www.cfumbria.it

Web-based operational decision support tool
(developed together with Tuscan FC)

- “open-source” platform” (Php and MySql)
- data and information exchange
- bulletin and alarm dissemination
- from PC, Laptop, PDA devices. . .



Al Centro Funzionale della Regione Umbria, il proprio sito open source www.cfumbria.it rappresenta uno strumento di supporto decisionale fondamentale per la disseminazione e scambio di dati e informazioni, tra tutte le Amministrazioni e altri Soggetti coinvolti.

Il sito del CF Umbria pubblica, ad esempio, le seguenti sezioni:

- Descrizione interattiva delle zone d'allerta
- Previsioni meteorologiche
- Modelli di simulazione idraulica e idrologica
- Modelli di previsione del rischio idrogeologico
- Strumenti di nowcasting

Rischio idrogeologico nella Regione Umbria: strumenti ad oggi disponibili per le attività di early warning

- Reti di Monitoraggio “tradizionali” in tempo reale (idrometeorologico, estensimetri, ...)
- Sensori sperimentali (umidità suolo)
- Soglie pluviometriche di innesco tarate su effetti al suolo di eventi passati
- Sistemi automatici di segnalazione superamento soglie
- Procedure di allertamento
- Presidi Territoriali
- Modelli previsionali meteo quantitativi (QPFs)
- Immagini e dati radar meteorologico (DPCN) e satellitari
- Modelli di “early warning” su frane note a rischio e scenari statici/dinamici di pericolosità e rischio distribuiti a scala regionale
- Sistemi GIS di analisi/visualizzazione dati e Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) di tipo “web based”

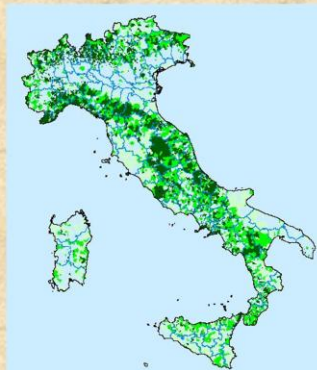
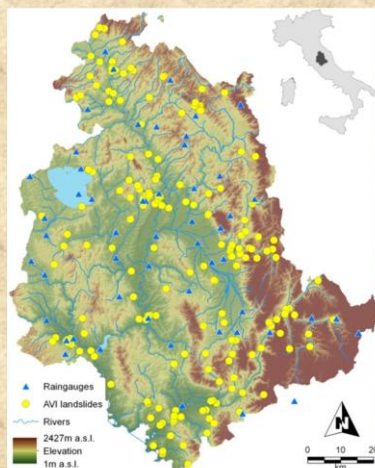
Rischio idrogeologico nella Regione Umbria

(Regione Umbria
~ 8500 km²)

• **topografia complessa:**
territorio principalmente
collinare-montuoso con
elevazione tra 50 e 2500
m.s.l.

• **geologia:** facies post-
orogeniche marine e
continentali, depositi di
flysch, calcari stratificati,
vulcaniti

• **precipitazione:**
regime Mediterraneo
con media annua
totale ~ 1000 mm



• **Progetto AVI: un inventario
dei siti storicamente affetti da
frane e inondazioni per il
periodo 1918 – 2000**

• ~ il 9% del territorio (650 km²) è affetto da **frane attive**

• Più del 70% delle frane inventariate sono di **tipo quiescente**,
soggette a riattivazione con forti precipitazioni

• Più del 70% - sono di tipo lento, traslazionale-rotazionale, circa
il 4% - frane veloci, 10% - frane profonde.

La Regione Umbria è una tra le aree più soggette a rischio idrogeologico in Italia, interessata quasi annualmente a episodi significativi di frane e alluvioni a differenti scale temporali e spaziali.

Il territorio ha condizioni particolarmente variabili di topografia: la sua geologia è costituita da facies postorogeniche marine e continentali, depositi di flysch argillosi e marnosi, calcari stratificati e vulcaniti. Tutti i Comuni della regione sono interessati da rischio idrogeologico e circa il 9% del territorio (650 km²) è interessato da frane attive. Più del 70% delle frane inventariate sono quiescenti, soggette a riattivazione in seguito a forti precipitazioni. Gran parte di esse sono traslazionali-rotazionali, circa il 4% sono frane veloci, il 10% frane profonde. Il regime di precipitazione è di tipo mediterraneo, con stagioni secche e umide distinte. I massimi valori di precipitazione mensile si registrano di solito durante la stagione autunnale-invernale, in coincidenza con la massima frequenza di frane e inondazioni.

Come esempio, durante un evento piovoso nel Dicembre 2008, sono stati registrati 300 mm in dodici giorni (media mensile circa 240mm) con 120 frane significative segnalate al Servizio di Protezione Civile.

La precipitazione media annua è di 1000 mm; temperatura media annua di 11°, precipitazioni nevose occasionali sotto i 500 s.l.m.

The Landwarn System

Purpose of the project:

Defining an operative early-warning system for rainfall-triggered shallow landslides risk prevention based on rainfall thresholds to be used at the Umbria Region Civil Protection early warning office.

Regione Umbria
Direzione Ambiente, Territorio e Infrastrutture
CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO
(ai sensi della Direttiva del PCM del 24/02/2004 e della D.G.R. n°2312 del 27/10/2007)
Bollettino di Criticità Regionale
Emissione: Giovedì, 07 Gennaio 2010 alle ore 15:24

EMESSO AVVISO RETO/CITICITÀ
Inizio validità Martedì, 05 Gennaio 2010 ore 12:00
Fine validità Venerdì, 08 Gennaio 2010 ore 23:55
Inizio validità Venerdì, 08 Gennaio 2010 ore 00:00
Fine validità Sabato, 09 Gennaio 2010 ore 23:00
Inizio validità Venerdì, 08 Gennaio 2010 ore 18:00
Fine validità Sabato, 09 Gennaio 2010 ore 20:00

PREPESO CHE: È IN CORSO L'AVVISO DI CRITICITÀ n° _____ PROT. N. _____ DEL _____

IL CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO DELLA REGIONE UMBRIA:
• SULLA BASE DEL BOLLETTINO DI VIGILANZA METEOROLOGICA REGIONALE EMESSO IN DATA OGGIORNA ALLE ORE 11:36;
• TENUTO CONTO CHE NELLE ULTIME 24 ORE (NON) SONO STATE REGISTRATE PRECIPITAZIONI (DIBOLL, MODERANTE, ELEVATE, MOLTO ELEVATE) SUL TERRITORIO REGIONALE;
VALUTA CHE:

FINO ALLE ORE 24 DI OGGI Giovedì, 07 Gennaio 2010

Tipo di rischio	Livello di criticità			Mappa di sintesi delle criticità
	Ordinario	Moderato	Elevato	
Idraulico	A - B - C - D - E - F - A - B - C - D - E - F			
Idrogeologico	A - B - C - D - E - F - A - B - C - D - E - F			
Vento				
Neve				
Ghiaccio				

PER LA GIORNATA DI DOMANI Venerdì, 08 Gennaio 2010

Tipo di rischio	Livello di criticità			Mappa di sintesi delle criticità
	Ordinario	Moderato	Elevato	
Idraulico	A - B - C - D - E - F			
Idrogeologico	A - B - C - D - E - F	A - B - E - F		
Vento	A - B - C - D - E - F			
Neve	A - B - C - D - E - F			
Ghiaccio				

CRITICITÀ ORDINARIE: Possibili allagamenti localizzati ed opera del reticolo idraulico secondario e/o fenomeni di rigurgito del sistema di smaltimento delle acque piovane con coinvolgimento delle aree urbane più depresse. Possibilità di allagamenti e danni ai locali interni, di provvisoria interruzione della viabilità, opere nelle zone più depresse, scorrimento superficiale nelle sedi stradali urbane ed extraurbane ed eventuale innescio di locali smottamenti superficiali dei versanti.

La procedura di allerta originariamente in uso al Centro Funzionale della Regione Umbria è basata su tre livelli, definiti come criticità Ordinaria, Moderata, Elevata che vengono giornalmente specificati per 6 Zone di Allerta in cui è suddiviso il territorio. Nello specifico, i tre livelli di Criticità vengono definiti sulla base di sette valori previsti di pioggia cumulata (1h, 3h, 6h, 12h, 24h, 36h, 48h) comparati ad altrettante soglie corrispondenti a tempi di ritorno di 2 anni (criticità Ordinaria), 5 anni (criticità Moderata), e 10 anni (criticità Elevata).

Tali soglie pluviometriche derivano da un processo di regionalizzazione dei database pluviometrici storici disponibili per una vasta area dell'Italia centrale, metodologicamente quindi non correlate con i database disponibili degli effetti al suolo.

In sintesi, si è deciso di sviluppare un sistema sperimentale di Early Warning per la valutazione del rischio frana in grado di supportare il lavoro quotidiano della definizione dei livelli di criticità nelle zone di allerta regionali, in grado di diminuire i sensibili margini di incertezza insiti nel sistema originario per via della mancanza di comparazione con i database degli effetti al suolo disponibili e della difficoltà nella valutazione delle condizioni di saturazione dei suoli.

Il sistema è sempre basato sulle soglie pluviometriche, che rappresentano il principale strumento di valutazione per le procedure di early warning del Sistema Nazionale di Protezione Civile per il rischio idrogeologico.

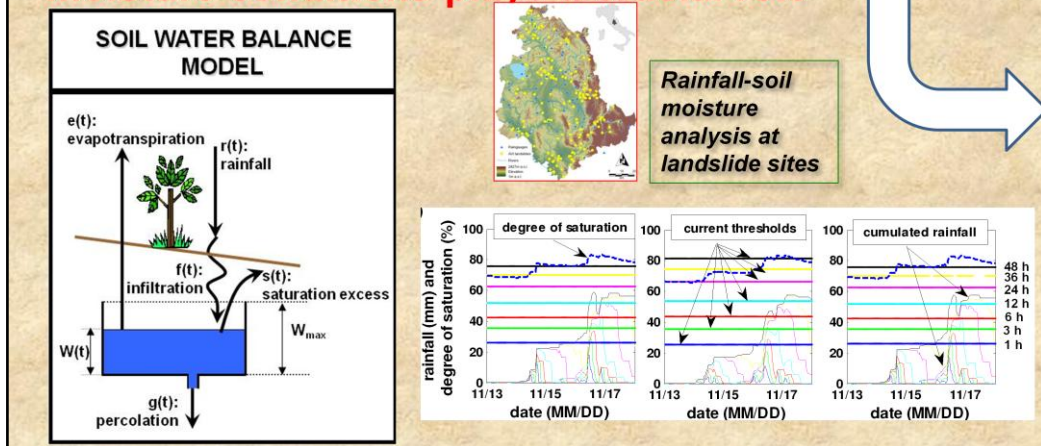
Tuttavia allo scopo di aumentare l'affidabilità del sistema, è stato adattato e applicato un modello di bilancio del contenuto d'acqua del suolo fisicamente basato, sviluppato in cooperazione con L'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del CNR (CNR-IRPI), finalizzato alla stima quantitativa delle condizioni di saturazione dei suoli in tutto il territorio regionale.

Recentemente, a tale procedura sono stati affiancati dati provenienti da reti sperimentali di sensori di umidità del suolo e lo sviluppo di una procedura di stima di umidità del suolo da dati satellitari.

Rainfall thresholds and soil moisture

For the early-warning procedures of the Italian Civil Protection System, aimed at the prediction of rainfall-triggered shallow landslides, the **rainfall thresholds** represent the main element of evaluation.

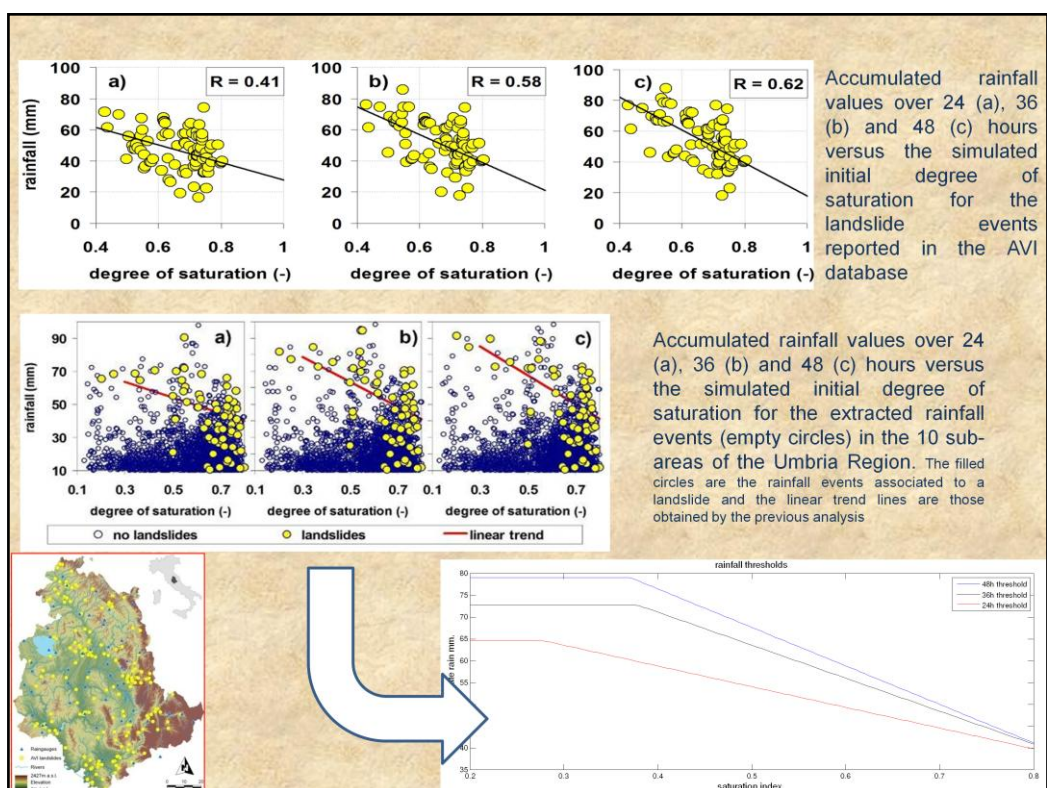
In order to improve our confidence on the risk assessment, we modified our thresholds following **the observation that the initial soil moisture conditions plays a crucial role**



Il sistema di Allerta prende spunto da un precedente lavoro di analisi che mira a definire una correlazione osservata tra saturazione dei suoli (stimata attraverso il modello di bilancio) e le soglie pluviometriche definite in base a effetti al suolo documentati, che trova applicazione per scopi di Early Warning.

Il modello di bilancio del contenuto d'acqua è stato sviluppato usando dati sperimentali di umidità dei suoli rilevati con campagne di misura su bacini idrografici del territorio regionale. In particolare, vengono utilizzati nel modello diverse espressioni per diverse componenti come infiltrazione, percolazione, evapotraspirazione.

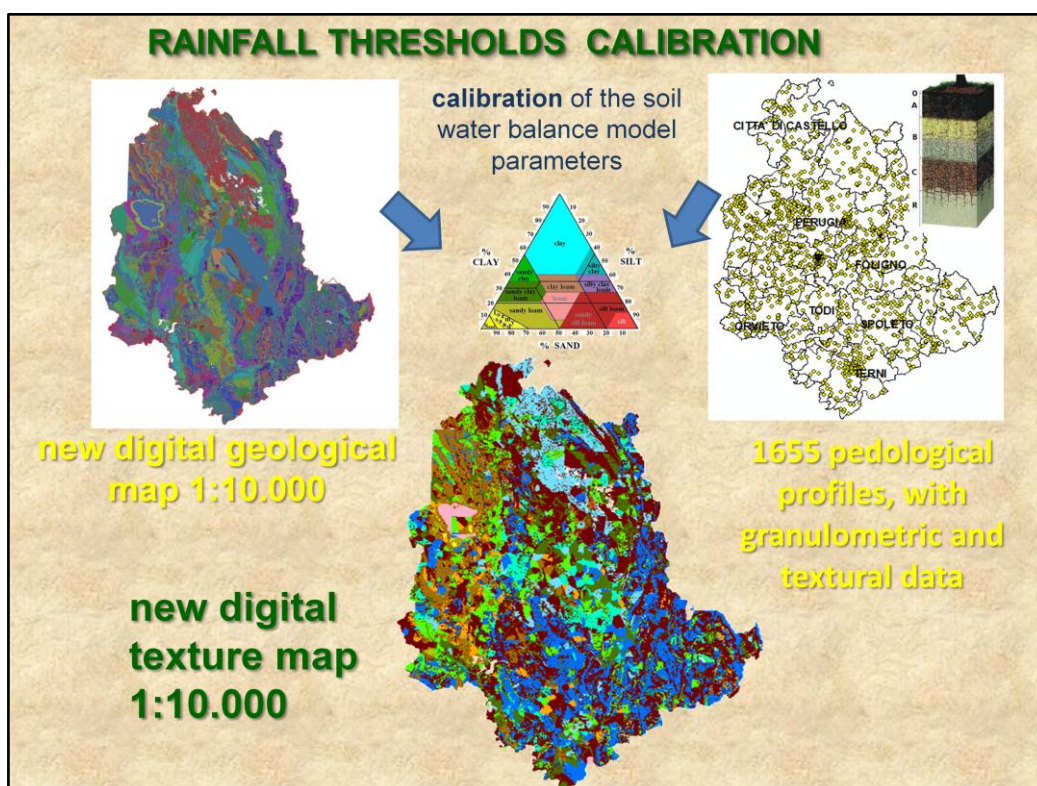
E' stata condotta una serie di analisi incrociando le valutazioni delle condizioni di saturazione dei suoli con la ricostruzione puntuale delle cumulate di pioggia in concomitanza di importanti eventi di frane diffuse sul territorio riportate nel Catalogo delle Aree Vulnerate Italiane (Progetto AVI) nel periodo 1989 – 2001.



In base all'analisi dei principali eventi di frana occorsi in Umbria e disponibili nel database AVI, è stata definita una correlazione tra i valori di saturazione dei suoli e le quantità di pioggia cumulata riferite agli eventi di frana, evidenziando il ruolo dell'umidità dei suoli nell'innescare di frane.

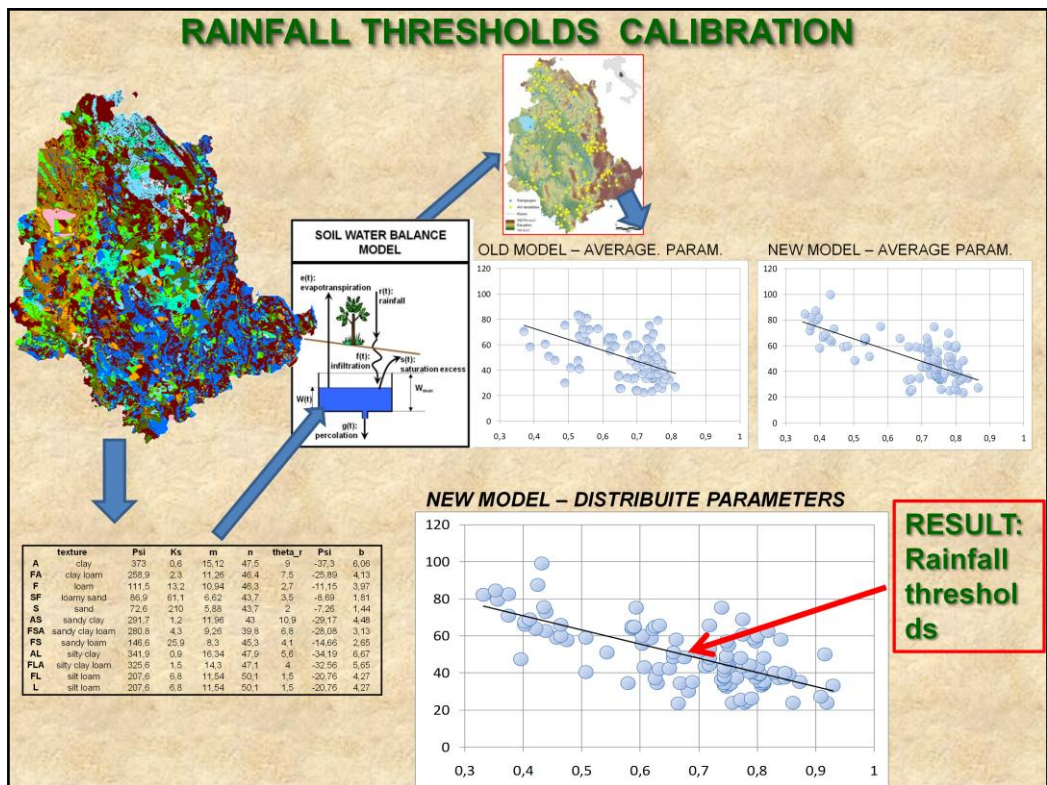
Il risultato principale dell'analisi è costituito dalla quantificazione del trend decrescente tra i valori massimi di pioggia cumulata per valori di 24, 36 e 48 ore e le condizioni di saturazione dei suoli subito prima degli eventi di pioggia collegati all'innescare delle frane. Il trend permette di modificare dinamicamente il valore delle soglie pluviometriche utilizzate per le valutazioni di Early Warning.

Questo risultato viene considerato di grande interesse per le attività del Centro Funzionale collegate alla valutazione in tempo reale del rischio idrogeologico perchè permette di abbassare le incertezze legate all'applicazione delle soglie pluviometriche a valore fisso, o all'adozione empirica di un valore di abbattimento in condizioni di suolo saturo. Anche considerazioni basate sulle valutazioni e la scelta di determinate piogge antecedenti possono venir superate, poichè il processo di determinazione dell'indice di saturazione tramite il modello di bilancio tiene implicitamente conto di tutta la storia pregressa delle precipitazioni.



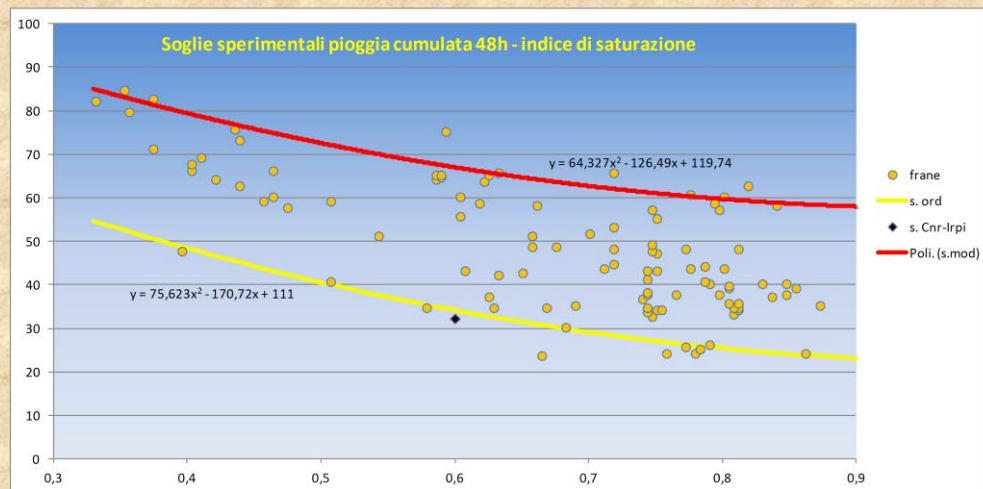
Un recente lavoro di elaborazione dati permette ora di valutare il contributo al modello di bilancio dell'infiltrazione, percolazione, evapotraspirazione, etc. usando parametri fisicamente basati ottenuti attraverso la caratterizzazione di rocce e suoli, per tutto il territorio regionale.

E' stata utilizzata la recente carta geologica digitale in scala 1:10.000, combinata con le informazioni sulla granulometria e tessitura contenute in circa 1650 profili pedologici. Ciò ha permesso di coprire il territorio con decine di migliaia di poligoni a cui è stata attribuita una classe di tessitura, e quindi di permettere al modello di bilancio di lavorare con parametri distribuiti.

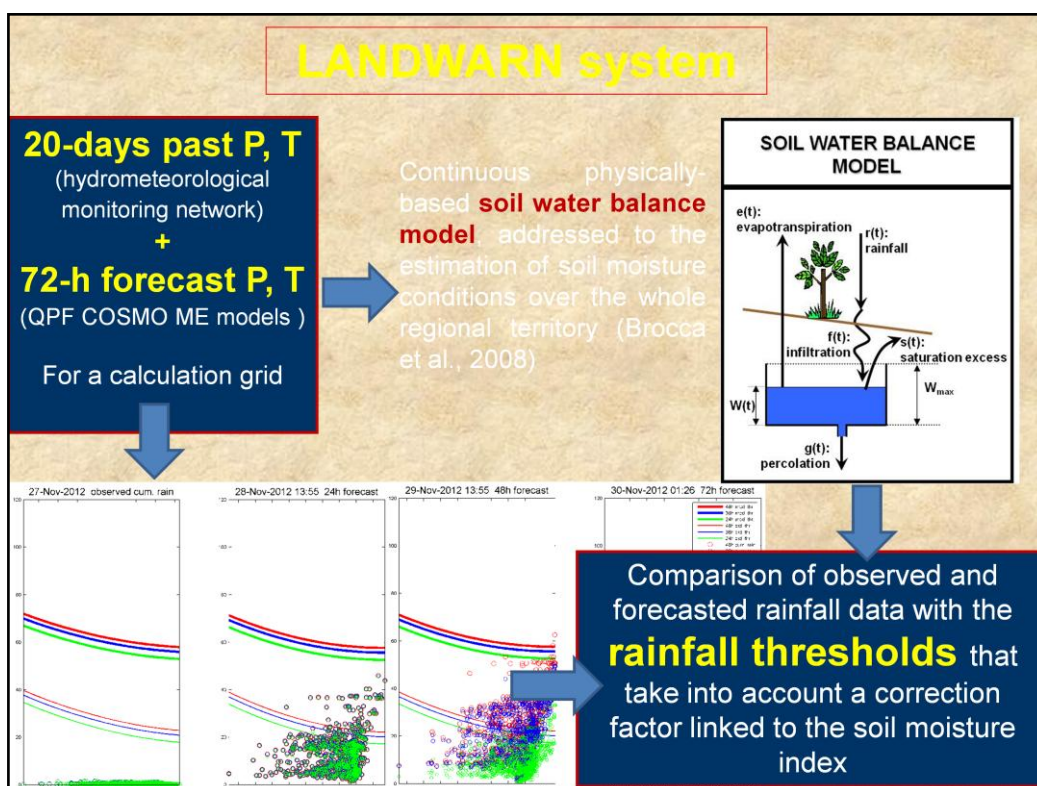


La comparazione del vecchio modello con il nuovo utilizzando parametri distribuiti, finalizzata alla ridefinizione delle soglie, mostra un significativo miglioramento delle correlazioni tra piogge cumulate e indici di saturazione per il dataset delle frane analizzate.

Criticità moderata - ordinaria

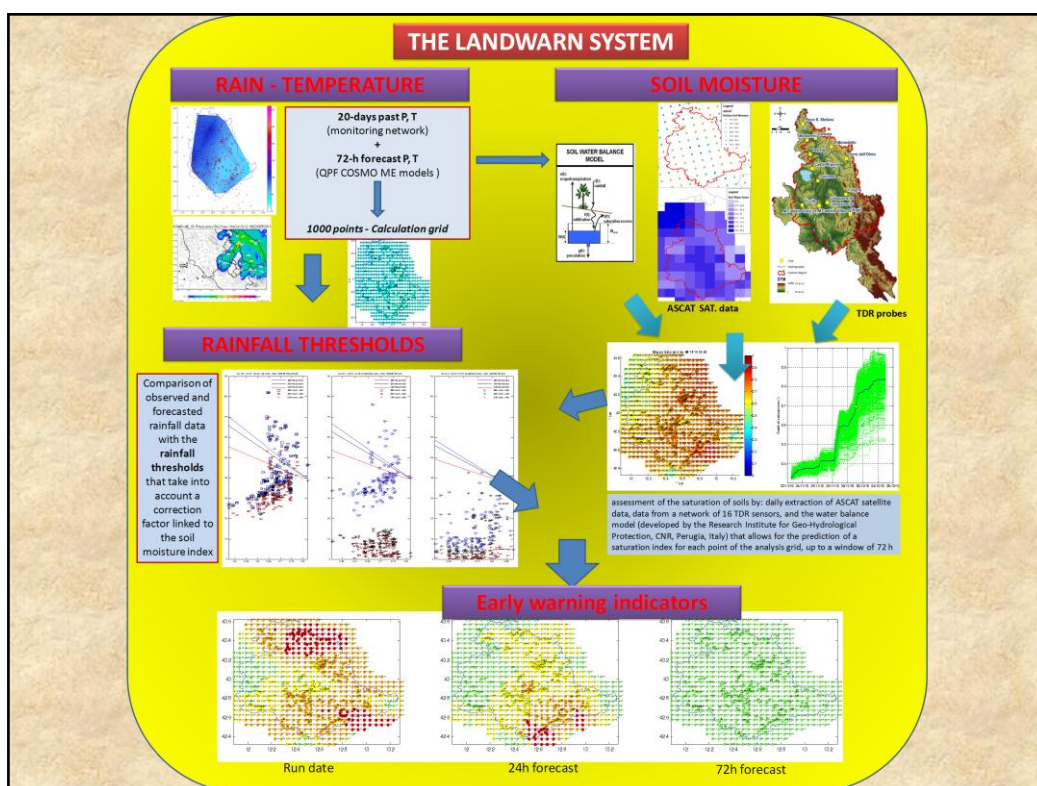


In questo esempio i valori di pioggia cumulata a 48h per gli eventi di frana è comparata agli indici di saturazione dei siti corrispondenti: la regressione al 5% è presa come soglia di criticità moderata, mentre la regressione al 95% viene utilizzata come soglia di criticità ordinaria. Quest'ultima risulta in buon accordo con i valori di soglia intensità-durata (qui nell'ipotesi di condizioni di media saturazione) definiti in un recente lavoro del CNR-IRPI per l'Umbria.



Su queste basi è stato costruito il sistema di Early Warning per il supporto alla valutazione degli stati di criticità. Il sistema esegue i seguenti step:

- stima (usando algoritmi di interpolazione spaziale) dei sette valori di pioggia cumulata e temperatura per i 20 giorni precedenti, uniti a 72 ore di previsione, per ogni punto di una griglia di calcolo (che può essere la coordinata di una singola frana, un numero di frane selezionate, od una griglia densa su tutto il territorio regionale). Ciò viene eseguito utilizzando i dati della rete idrometeorologica della Regione Umbria uniti ai risultati dei modelli quantitativi di previsione meteorologica a scala locale COSMO ME;
- calcolo dei valori dell'indice di saturazione per gli stessi punti attraverso il modello di bilancio del contenuto d'acqua;
- comparazione dei valori di pioggia cumulata osservati e previsti con le soglie pluviometriche, comprensive del fattore di correzione che tiene conto dell'indice di saturazione;
- dai risultati della comparazione, definizione di quattro indicatori di early warning per ogni punto della griglia (normale, attenzione, preallarme, allarme).



La struttura del sistema di Early Warning permette così di costruire mappe distribuite di indicatori di pericolosità dal presente fino a 72 ore di previsione, finalizzati alla valutazione degli stati di criticità nelle Aree di Allerta regionali.

Il sistema è stato realizzato in diverse versioni con differenti applicazioni, e si aggiorna automaticamente su step temporali definiti e modificabili dall'utente (tipicamente da un'ora a 24 ore).

Attualmente sono in atto numerosi aggiornamenti, che riguardano:

- la ridefinizione delle soglie pluviometriche, anche tramite l'aggiornamento e la rielaborazione dei database degli eventi di frana;
- l'inserimento di routine dedicate all'elaborazione di dati indipendenti finalizzati alla valutazione degli indici di saturazione (dati satellitari, sensori di soil moisture);
- il completamento delle routine dedicate al funzionamento con parametri distribuiti del modello di bilancio;
- la definizione di scenari di rischio tramite la combinazione con layer di suscettibilità da frana e di vulnerabilità;
- l'inserimento di routine dedicate per il verificarsi di casi specifici di particolare criticità, come i recenti debris – flow sulla strada statale 3 Flaminia.

METOP Satellite

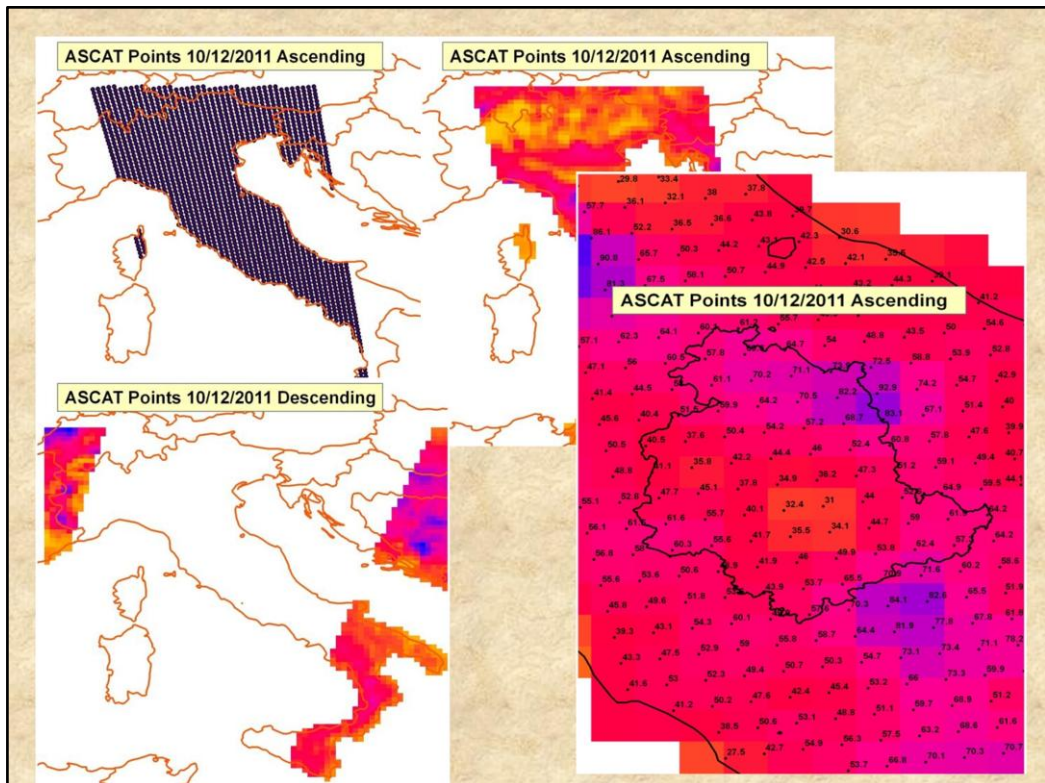
Sensor ASCAT Advanced SCATterometer
Footprint resolution 25/12.5km

Organization:	EUMETSAT
Mission type:	Earth Science
Satellite of:	Earth
Launch:	October 19, 2006 at 16:28:00 UTC
Launch vehicle:	Soyuz ST Fregat
Mission duration:	October 25, 2006 - planned 5 years
Mass:	4093 kg
Payload Mass:	812 kg
Webpage:	European Space Agency
Orbital elements	
Dimensions:	6.2 × 3.4 × 3.4 metres (under the launcher fairing) 17.6 × 6.5 × 5.2 metres (deployed in orbit)
Orbit:	Sun-synchronous orbit
Inclination:	98.7° to the Equator
Orbital period:	101 minutes

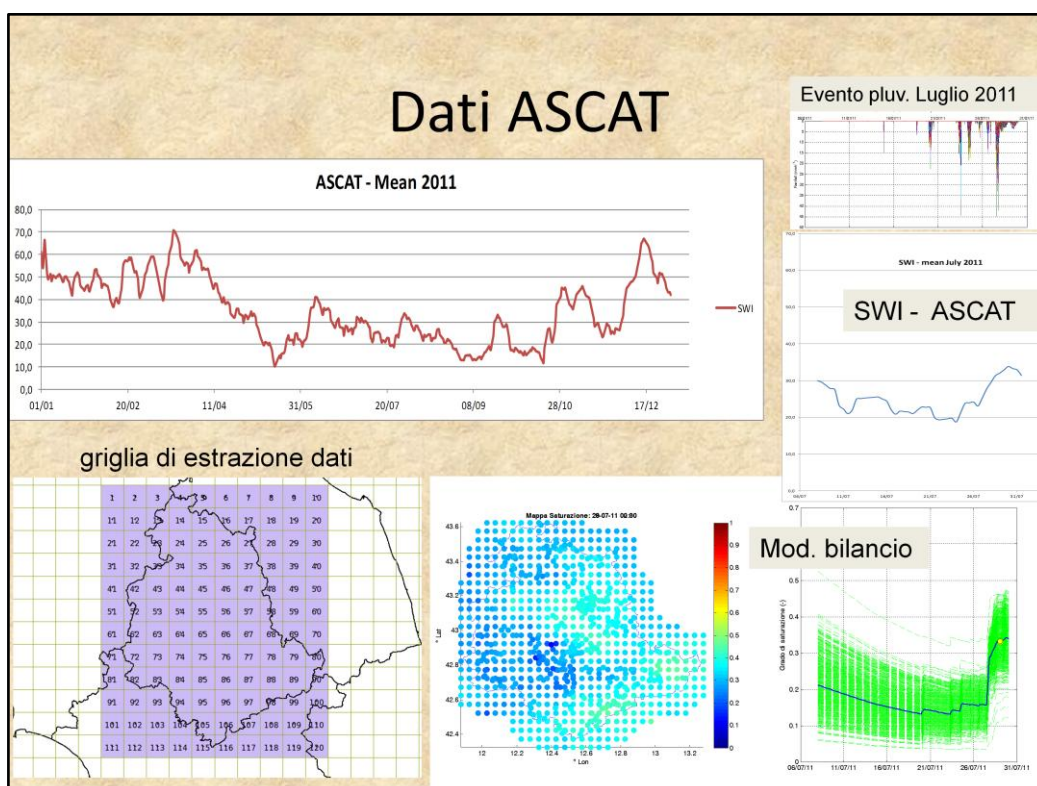


Un recente sviluppo di notevole interesse è infatti costituito dall'utilizzo dei dati satellitari del satellite METOP.

Il sensore ASCAT (Advanced SCATterometer) a bordo del satellite MOTOP permette l'acquisizione di due passaggi giornalieri, con una risoluzione al suolo di un punto ogni 25 km, aumentata tramite downscaling a 12.5 km.

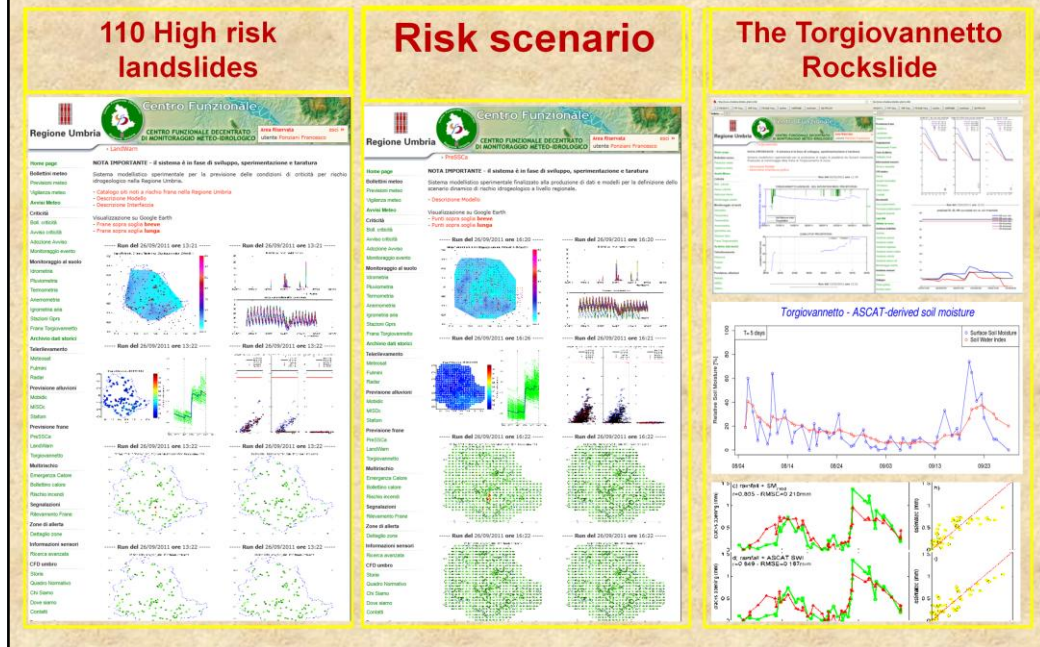


Il Centro Funzionale è da quest'anno in grado di acquisire i dati del satellite, che tramite una procedura specifica (calcolo dell'indice SWI, Soil Wetness Index, messa a punto dall'Istituto di Fotogrammetria e Remote Sensing di Vienna), permette la stima dell'indice di saturazione sei suoli in maniera totalmente indipendente dalla valutazione tramite modello di bilancio, fornendo una stima mediata ma piuttosto robusta delle condizioni dei suoli.



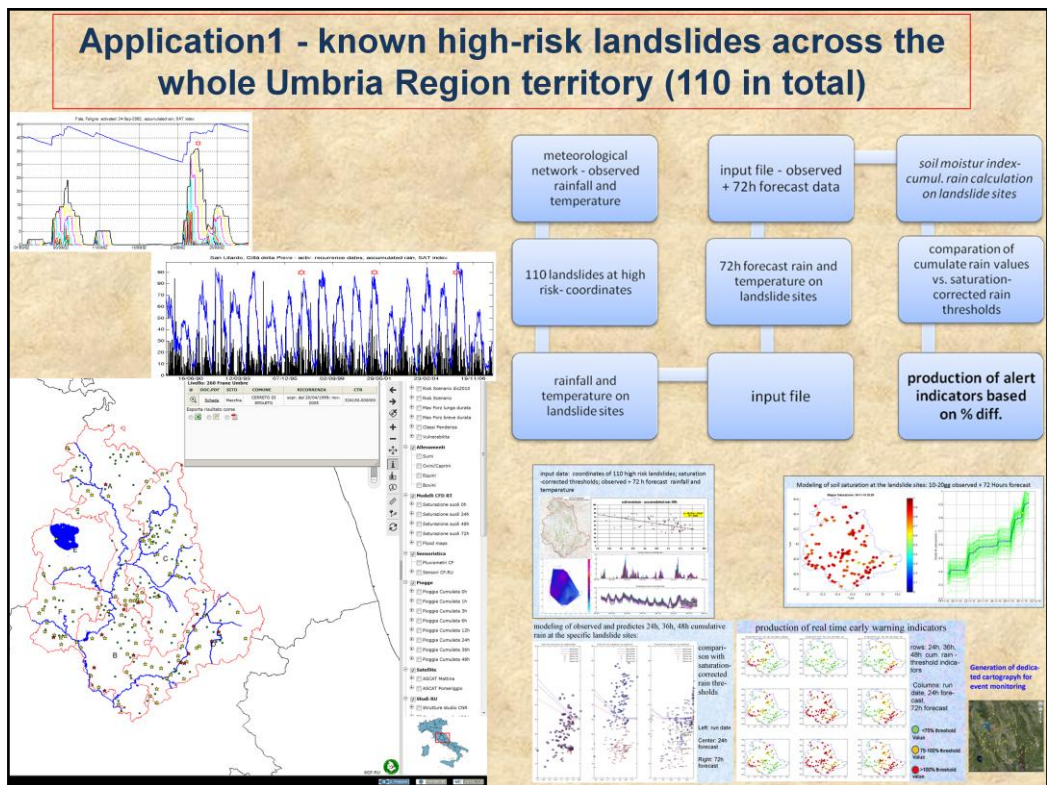
L'elaborazione congiunta dei dati satellitari, della rete sensoristica dei TDR e del modello di bilancio dovrebbe portare in breve tempo a fornire una stima affidabile delle condizioni di saturazione per tutto il territorio regionale, anche se mediata.

LANDWARN system - Applications



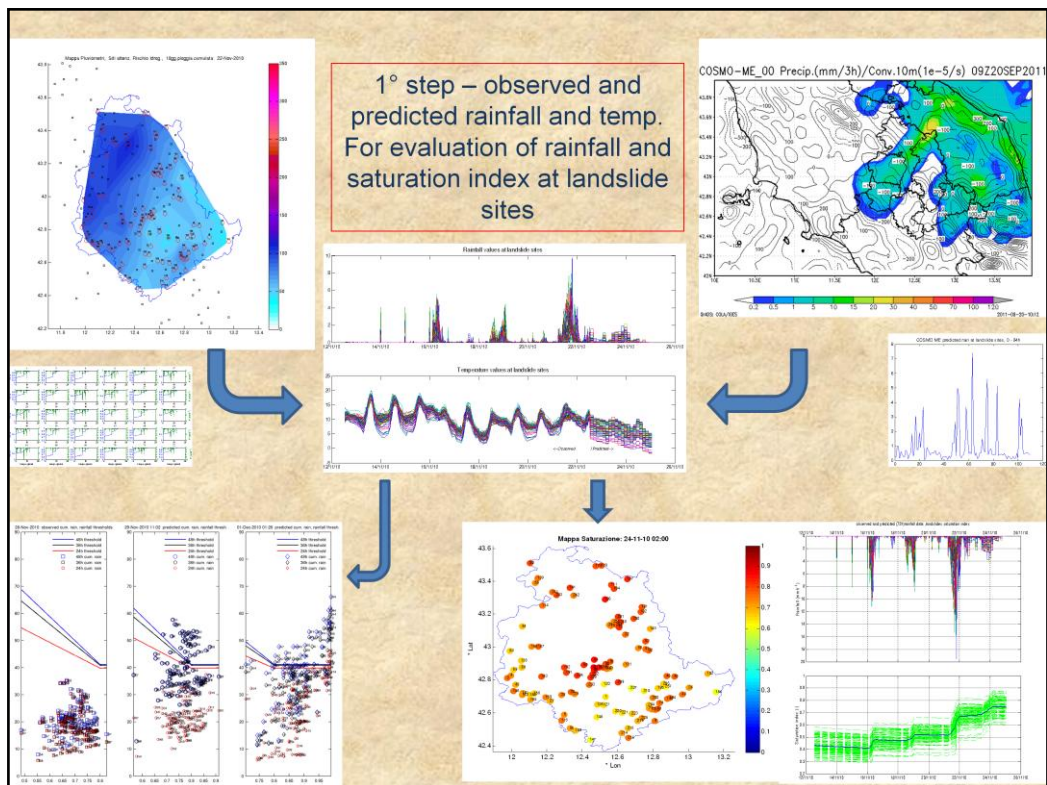
Al momento attuale il sistema è sviluppato secondo tre diverse applicazioni principali:

- per una serie di frane individuate come a più alto rischio;
- per l'intero territorio regionale, unito alla definizione di uno scenario dinamico di rischio, usando layers di suscettibilità e vulnerabilità;
- per una grande frana in roccia, in parallelo con un sistema tradizionale di monitoraggio estensimetrico.

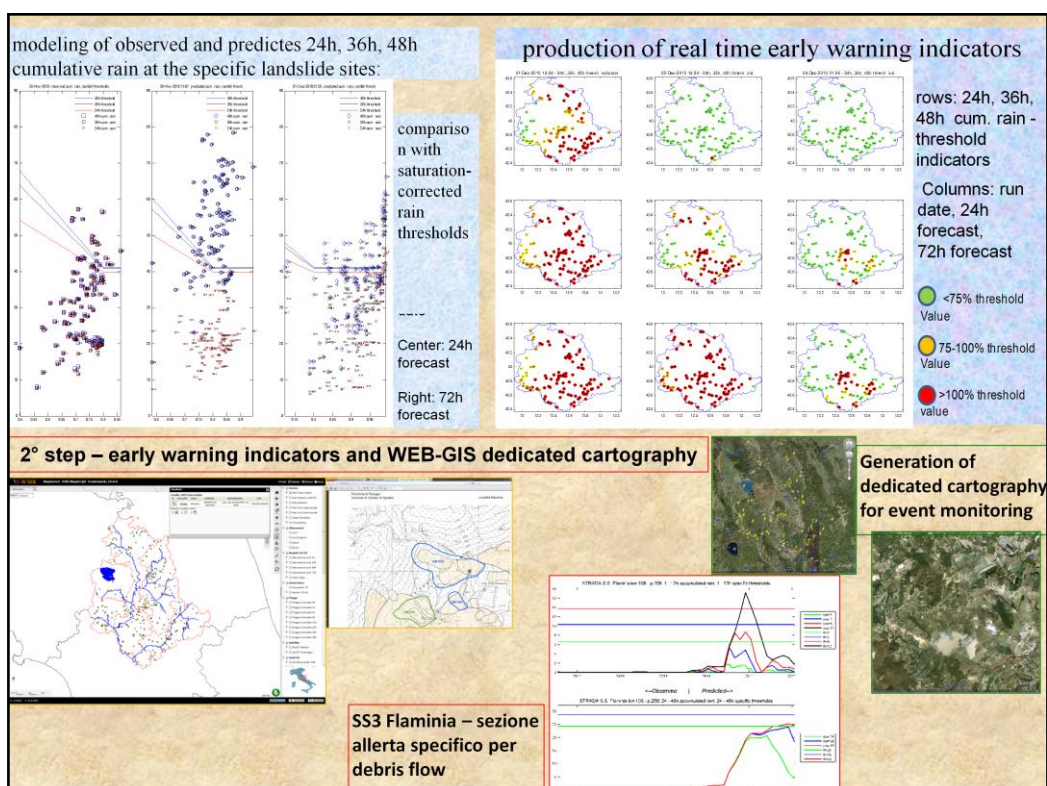


La prima sezione del sistema di early warning è finalizzata al monitoraggio di 110 frane a più alto rischio presenti nel territorio regionale, individuate con un precedente lavoro di classificazione di tutte le situazioni conosciute di rischio frana.

La sezione, in fase di sviluppo, dovrà venire calibrata ove i dati disponibili lo permetteranno, con soglie pluviometriche specifiche.



La comparazione delle piogge cumulate, indici di saturazione, e corrispondenti valori di soglia porta alla produzione di indicatori di EW per quattro step temporali: real time, 24h, 48h, 72h di previsione.

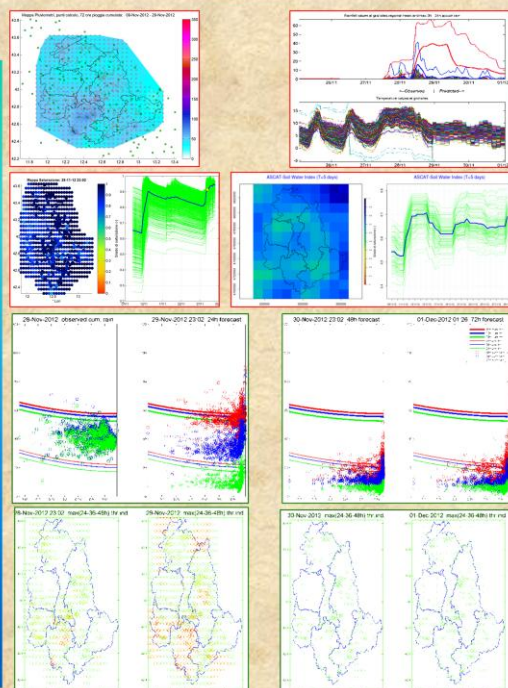


Il sistema consente inoltre la visualizzazione di cartografia dedicata e la generazione di file Google Earth per la visualizzazione rapida delle situazioni emergenti dagli indicatori di EW.

Una recente estensione dell'applicazione è dedicata al monitoraggio specifico di una zona ad aumentato rischio di debris flow in seguito a grave incendio boschivo.

Application 2 – Risk Scenario

1. Grid of 1000 input data point
2. evaluation of the rainfall impact on data grid
3. evaluation of the soil saturation
4. modeling of observed and predicts cumulative rain at the data grid, comparison with saturation corrected-thresholds
5. production of real time early warning indicators



1° step – observed and predicted rainfall and temperature for evaluation of accumulated rain and saturation index at the grid points

2° step – production of early warning indicators

La seconda applicazione, finalizzata alla generazione dello scenario di rischio, è basata sulla stessa metodologia usata dalla sezione precedente, ma usa una maglia di punti di calcolo molto più densa (circa 1000), al fine di estendere spazialmente l'analisi ed il monitoraggio all'intero territorio regionale. Attualmente il sistema si aggiorna ogni ora, pubblicando le piogge cumulate osservate su una finestra temporale di 72h, la pioggia e temperatura prevista dai modelli Cosmo Me, la stima dell'indice di saturazione usando il modello di bilancio, i dati ASCAT e una rete di sensori di umidità al suolo, la comparazione tra piogge cumulate osservate e previste e le soglie pluviometriche sperimentali, e la distribuzione spaziale dei corrispondenti indicatori di EW.

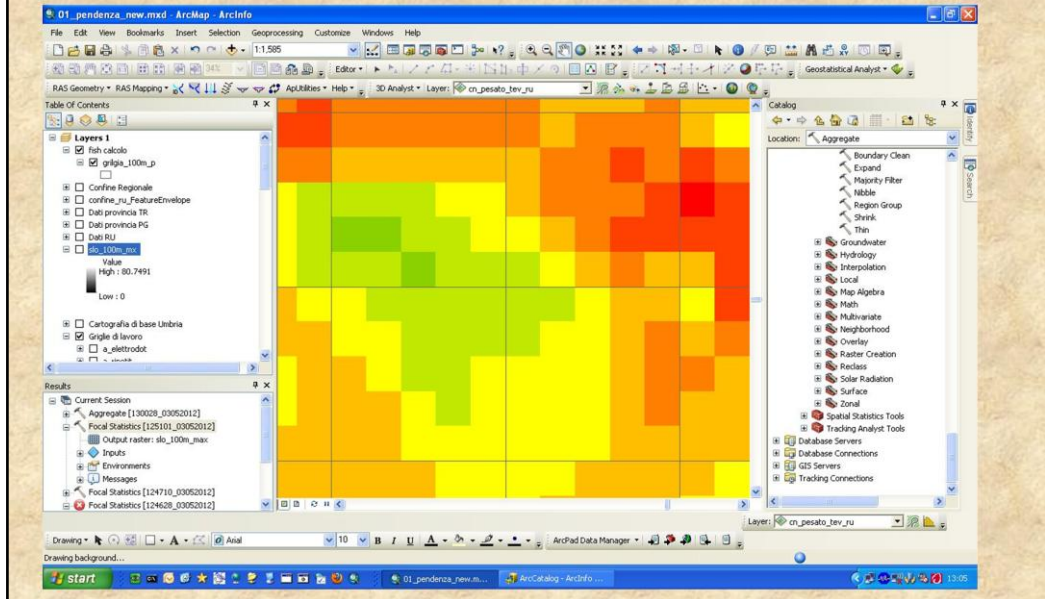
La matrice degli indicatori (forzante meteo) è combinata con layer specificatamente sviluppati di suscettibilità e vulnerabilità, al fine di costruire un prototipo di scenario dinamico di rischio fino a 72h di previsione.

Susceptibility Layer

- un layer di quattro livelli di pendenza ottenuto da un DEM 20 x 20m (viene costruito un grid 100x100m contenente i valori massimi di pendenza ricostruiti dai valori originari di quota del DEM originale dell'Istituto Geografico Militare, con passo 20x20m e precisione metrica del valore di quota. Da questo DEM sono stati calcolati i valori di pendenza allo stesso passo, e con un algoritmo in ambiente GIS (AGGREGATE) si è passati al grid finale con passo 100x100m e valore di pendenza assegnato uguale al valore massimo tra quelli delle celle 20x20m presenti all'interno di ogni cella del grid finale. I valori discreti di pendenza (min. 0%, max 80%) sono stati infine raggruppati in 4 classi);

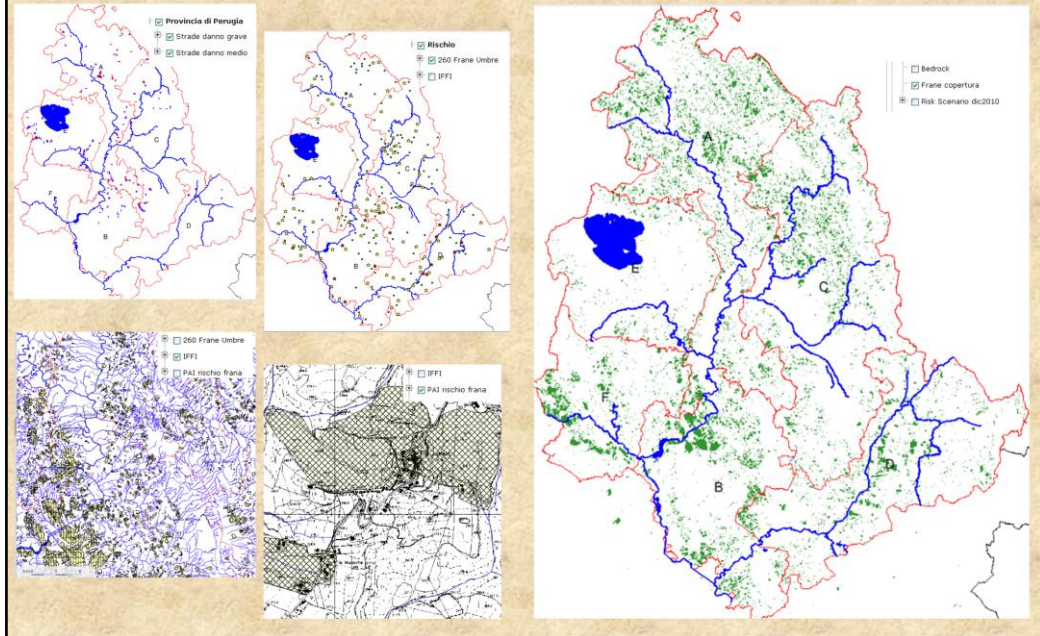
25

Susceptibility Layer



Come primo layer di test viene costruito un grid 100x100m contenente i valori massimi di pendenza ricostruiti dai valori originali di quota del DEM originale dell'Istituto Geografico Militare, con passo 20x20m e precisione metrica del valore di quota. Da questo DEM sono stati calcolati i valori di pendenza allo stesso passo, e con un algoritmo in ambiente GIS (AGGREGATE) si è passati al grid finale con passo 100x100m e valore di pendenza assegnato uguale al valore massimo tra quelli delle celle 20x20m presenti all'interno di ogni cella del grid finale. I valori discreti di pendenza (min. 0%, max 80%) sono stati infine raggruppati in 4 classi.

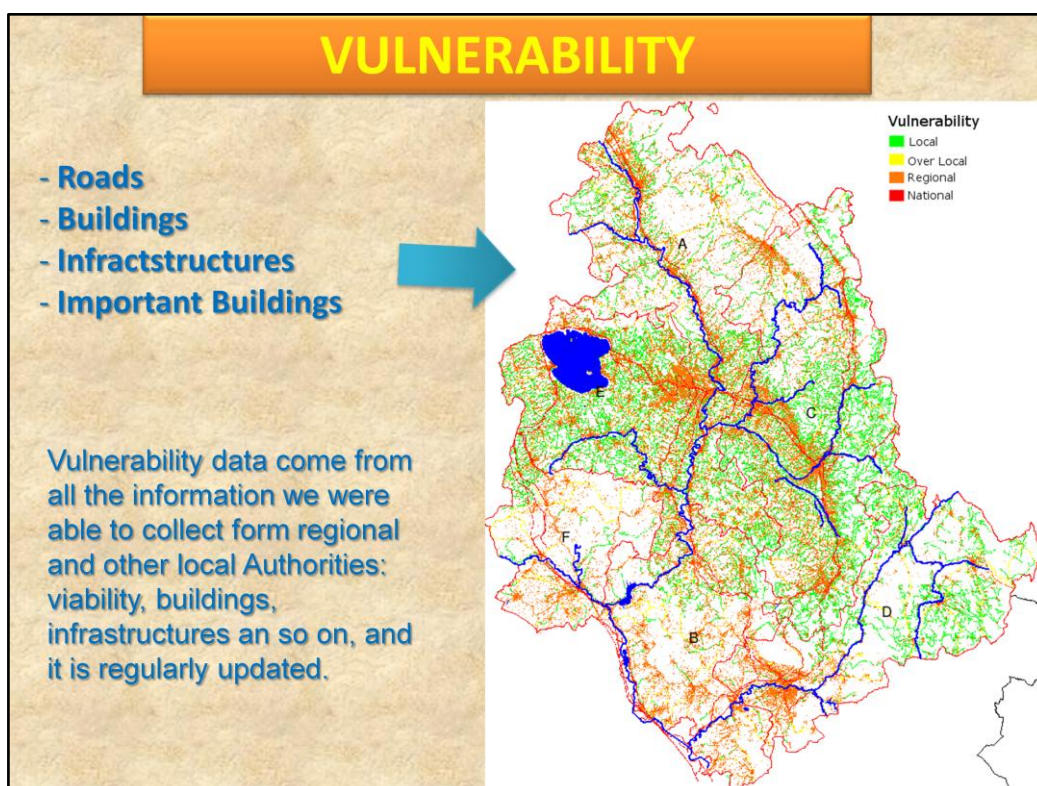
Susceptibility Layer



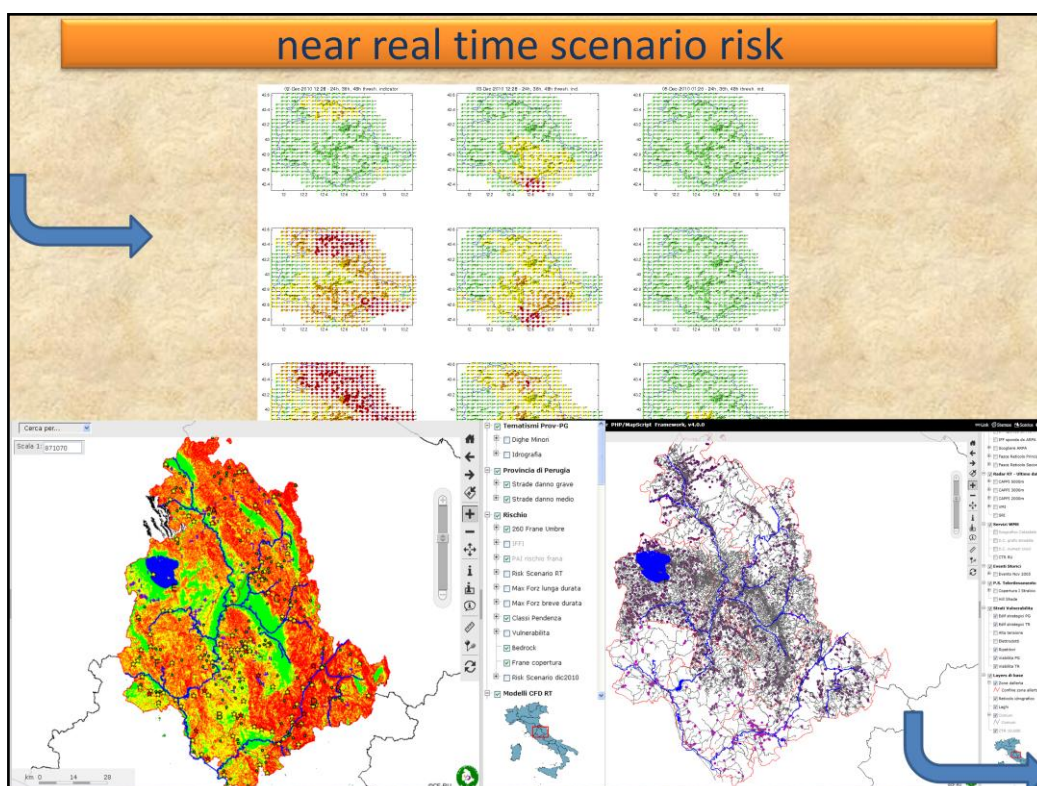
un layer di frane catalogate: IFFI, PAI, Siti di Attenzione definiti dal Servizio Geologico Regionale, frane del database del Servizio Viabilità della Provincia di Perugia. La presenza dei poligoni delle frane, interpolate sempre sulla stessa griglia 100 x 100m, comporta un aumento percentuale dell'indice di rischio finale.

I valori e le percentuali che concorrono alla definizione del valore finale dell'indice di rischio e quindi dell'indicatore sul WEBGIS (verde, giallo, arancione, rosso) sono del tutto preliminari e in via di definizione.

Una carta di suscettibilità per tutto il territorio regionale finalizzata a questo scenario è in sviluppo tramite una convenzione con il CNR-IRPI attraverso fondi POR-FESR.



Il layer di vulnerabilità è costruito in base a tutte le informazioni ottenute presso gli uffici regionali e gli altri Enti locali sulla viabilità, edificato, infrastrutture ed è regolarmente aggiornato.

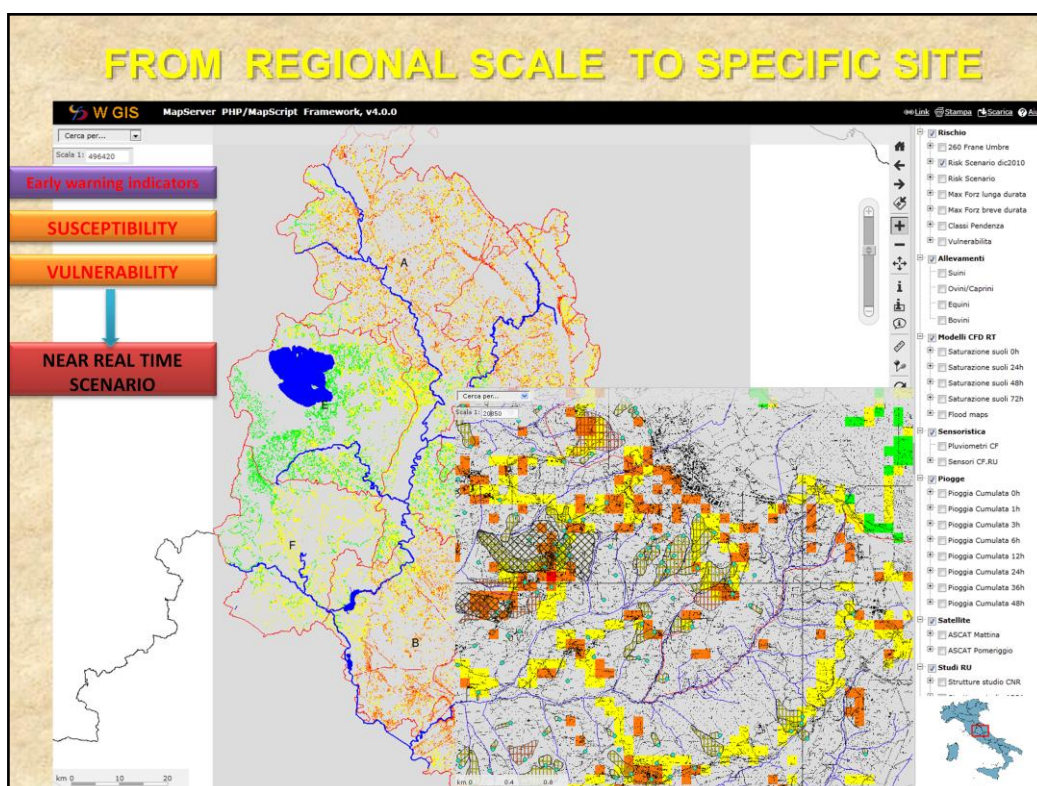


Gli indicatori sono combinati con layer di suscettibilità da frana e vulnerabilità al fine di costruire uno scenario di rischio su una maglia interpolata di 100 x 100m.

Il calcolo della matrice di rischio è eseguito con queste modalità:

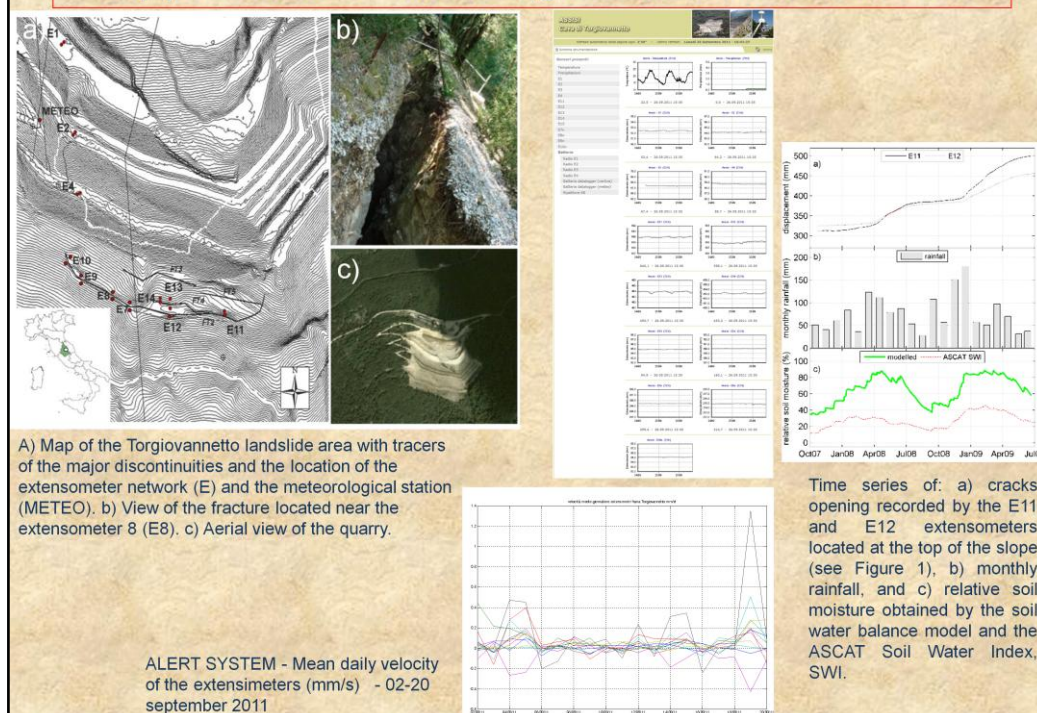
- la forzante meteorologica assume i seguenti valori, in funzione della distanza tra piogge cumulate e corrispondenti valori delle soglie – saturazione: 0, 1, 2, 4;
- il layer di suscettibilità come descritto precedentemente;
- il layer di vulnerabilità con classi 1, 2, 3, 4

La qualità dello scenario è naturalmente fortemente dipendente dalla qualità dei layer di suscettibilità e vulnerabilità, per i quali sono previsti progetti specifici di sviluppo.



Una piattaforma web-gis è utilizzata per pubblicare lo scenario dinamico, che nelle intenzioni del Centro Funzionale dovrebbe essere finalizzato all'uso presso la sala operativa del Servizio Protezione Civile regionale per individuare più velocemente possibili situazioni a rischio e migliorare la gestione dell'emergenza.

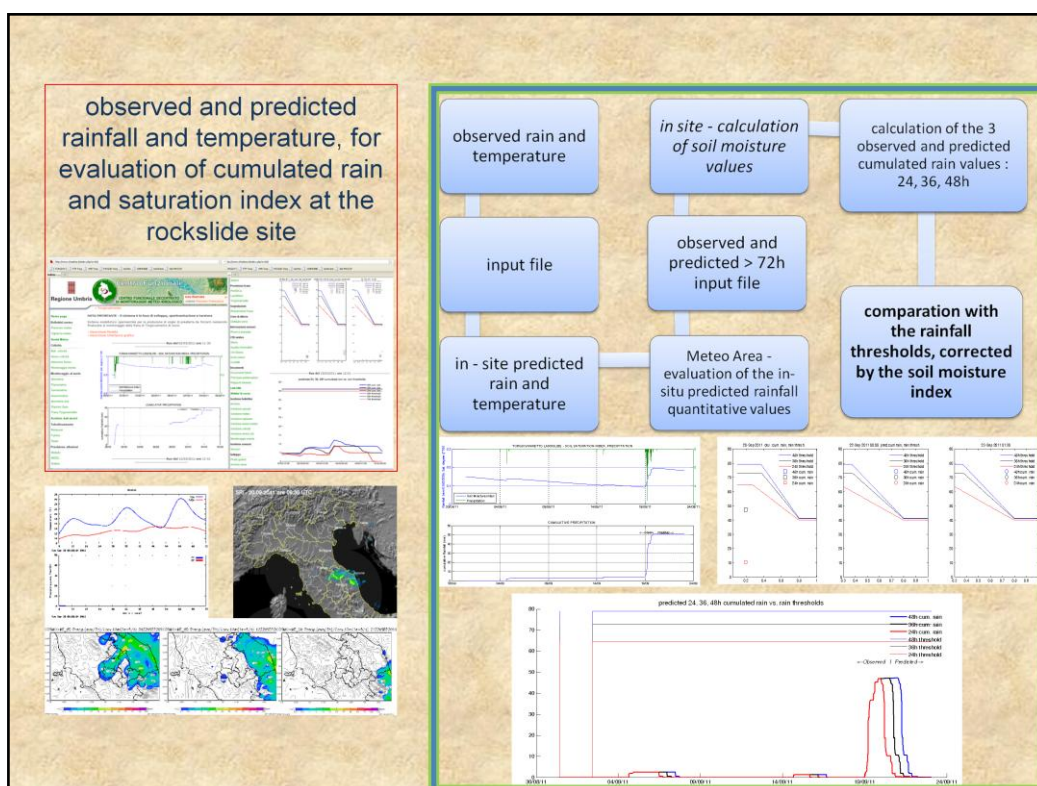
Application 3 - the Torgiovannetto Rockslide



La frana di Torgiovannetto è situata in una cava dismessa nei pressi della Città di Assisi. La stratigrafia è costituita da calcari stratificati con intercalazioni di sottili livelli argillosi, con pendenze di 30/38°. La frana è costituita da un grande blocco nella parte superiore della cava, delimitato da fratture di tensione larghe fino ad un metro e lunghe più di 100, soggetto a lievi movimenti correlati a periodi prolungati di pioggia.

Il rischio è costituito dalla presenza di due strade al di sotto dell'area di cava. La frana è monitorata da una stazione meteorologica, una rete estensimetrica e, recentemente, da un accelerometro ad alta dinamica. Il dataset accumulato fino ad oggi dimostra la chiara influenza della pioggia sui movimenti della frana.

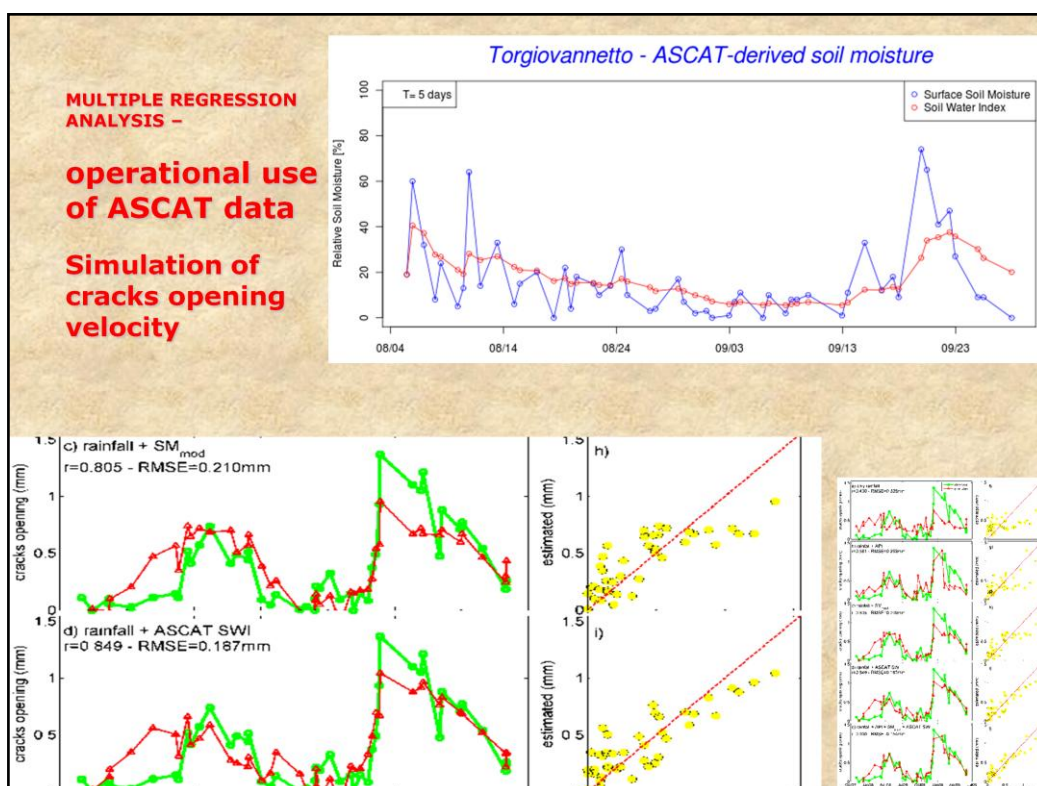
Il sistema di allerta, inizialmente gestito dall'Università dei Firenze, è basato sul controllo delle velocità di apertura delle fratture (con soglie pari a 1mm o 0.5mm in funzione della posizione degli estensimetri) misurate dalla rete di monitoraggio estensimetrica, ed una procedura di allerta basata su quattro livelli di criticità.



La terza applicazione del sistema Landwarn, finalizzata al supporto del monitoraggio di questa frana, esegue giornalmente I seguenti step:

- il calcolo della pioggia osservata in sito dalla stazione meteorologica, e di quella prevista nei tre giorni successivi usando il modello previsionale COSMO-ME;
- il calcolo dell'indice di saturazione utilizzando il modello di bilancio precedentemente descritto;
- la comparazione tra pioggia cumulata osservata e prevista e una soglia pluviometrica corretta per l'indice di saturazione.

I risultati, costituiti dalla valutazione in tempo reale della pioggia osservata e prevista e delle condizioni di saturazione nel sito di frana, sono usati come soglia di preallerta in caso di evento meteorologico intenso, supportando la procedura di allerta basata sulla rete estensimetrica.



Recentemente, è stato introdotto l'uso dei dati satellitari di umidità del suolo, ed eseguita un'analisi finalizzata a valutare la possibilità di stima delle velocità di apertura delle fratture.

E' stata eseguita un'analisi di regressione multipla utilizzando la valutazione delle piogge osservate e previste insieme alla stima delle condizioni di saturazione locali tramite le varie metodologie disponibili.

L'equazione di regressione lineare multipla è stata calibrata analizzando una serie di eventi di pioggia registrata nel periodo 2007-2009, durante il quale sono disponibili dati di buona qualità sull'apertura delle fratture. Nello specifico, insieme ai risultati del modello di bilancio per la valutazione dell'indice di saturazione, sono stati usati anche i dati del sensore ASCAT del satellite METOP. I risultati indicano che il Soil Water Index (SWI) stimato dai dati satellitari può essere usato per la predizione dell'apertura delle fratture grazie al buon accordo tra le osservazioni e le stime di apertura. I risultati della regressione multipla decrescono se al posto del dato satellitare SWI viene utilizzato il solo modello di bilancio e gli Indici di Pioggia Antecedente.

Le relazioni individuate dall'analisi sono in corso di implementazione nei sistemi di allerta dedicati alla frana.

References:

- Baum, R.L. and Godt, J.W. (2009). Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in the USA. *Landslides*, 7(3), 259-272.
- Brocca, L., Melone, F., Moramarco, T. (2008). On the estimation of antecedent wetness condition in rainfall-runoff modeling. *Hydrological Processes*, 22, 629-642.
- Brocca, L., Ponziani, F., Moramarco, T., Melone, F., Berni, N., Wagner, W. (2012). Improving landslide forecasting using ASCAT-derived soil moisture data: A case study of the torgiovanetto landslide in central Italy. *Remote Sensing*, 4(5), 1232-1244.
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., and Stark, C. P. (2007) Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 98, 239-267.
- Iverson, R.M. (2000). Landslide triggering by rain infiltration, *Water Resour. Res.*, 36, 1897-1910.
- Ponziani F. , Berni N. , Stelluti M. , Zauri R., Pandolfo C. , Brocca L. , Moramarco T., Salciarini D., Tamagnini C. (2012) Landwarn: An Operative Early Warning System for Landslides Forecasting Based on Rainfall Thresholds and Soil Moisture. In : C. Margottini et al. (eds.), *Landslide Science and Practice*, Vol. 2, DOI 10.1007/978-3-642-31445-2_82, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, In press.
- Ponziani F. , Pandolfo C. , Stelluti M. , Berni N. , Brocca L. , Moramarco T. (2011). Soil moisture and rainfall thresholds assessment for hydrogeological risk prevention in a regional operational warning centre. *Landslides*, 10.1007/s10346-011-0287-3.
- Ponziani. F., Berni, N., Pandolfo, C., Stelluti, M., Brocca, L. (2010). An integrated approach for the real-time monitoring of a high risk landslide by a regional civil protection office. Proc Int. Conf. EGU Leonardo Topical Conference Series on the hydrological cycle 2010, 10-12 November 2010, Luxembourg.
- Ray, R.L. and Jacobs, J.M. (2007). Relationships among remotely soil moisture, precipitation and landslide events. *Natural Hazards*, 43(2), 211-222.
- Salciarini, D., Tamagnini, C., Conversini, P., Rapinesi, S. (2011). Spatial distributed rainfall thresholds for the initiation of shallow landslides. *Nat. Hazards*, 2011.