



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

## **UNIT OF MANAGEMENT ARNO**

*Stato di avanzamento del lavoro di definizione delle mappe di pericolosità e rischio per il bacino idrografico del Fiume Arno in applicazione della direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.*

*Piano di lavoro per il completamento delle attività.*

Firenze, giugno 2012



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

## PREMESSA

La presente relazione illustra lo stato di avanzamento dei lavori di realizzazione delle mappe di pericolosità e rischio idraulico per il bacino del Fiume Arno ai sensi di quanto indicato nella direttiva "alluvioni" 2007/60/CE e nel decreto di recepimento D.Lgs. 49/2010. Inoltre viene rappresentato il piano dei lavori e vengono indicati i criteri con cui, sulla base di quanto stabilito in sede di Comitato Tecnico e anche attraverso il coordinamento con le Regioni del distretto, si sta procedendo alla redazione delle mappe.

## LE FASI DI LAVORO PREVISTE DALLA DIRETTIVA PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE

Con la comunicazione alla Commissione Europea del 26 maggio 2010, le Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali sono state individuate quali Unit of Management responsabili della redazione del piano di gestione nei bacini di competenza, con esclusione della parte di piano inerente la gestione in fase di evento, per la quale la competenza è affidata alle Regioni. L'Autorità di Bacino del Fiume Arno pertanto è responsabile della redazione del Piano di Gestione, esclusa la fase di protezione civile, del bacino del fiume Arno. Inoltre, con D.Lgs. 49/2010, in attesa della definizione delle Autorità di Distretto, le Autorità di Bacino Nazionali sono state incaricate di svolgere attività di coordinamento alla scala distrettuale al fine di poter stabilire, per quanto possibile, criteri comuni alla scala di distretto per la redazione delle mappe di pericolosità e rischio. L'elenco completo delle Unit of Management è visualizzabile al portale SINTAI di ISPRA (<http://www.sintai.sinanet.apat.it/>).

La direttiva "alluvioni" e il decreto di recepimento indicano, in sintesi, che la redazione del piano di gestione avviene in tre fasi successive:

1. la fase di valutazione preliminare del rischio e di definizione delle aree significative potenzialmente interessate da rischio alluvionale, da completarsi entro il dicembre 2010;
2. la fase di redazione delle mappe di pericolosità e rischio, da completarsi entro il dicembre 2013 (anticipato al giugno 2012 per il D.Lgs. 49/2010);
3. la fase di redazione del Piano di Gestione che deve essere ultimato entro il dicembre 2015 (entro il giugno 2015 per il D.Lgs. 49/2010).

Per quanto riguarda la fase 1. gli stati membri possono avvalersi dell'art. 13 della direttiva e quindi decidere di non svolgere la valutazione preliminare del rischio. Alla scala nazionale è stato deciso di avvalersi di quanto indicato all'art. 13.1.b della direttiva 2007/60/CE e di procedere quindi direttamente alla redazione delle mappe di pericolosità e rischio conformi alle indicazioni della direttiva, sulla base dell'esperienza della pianificazione di bacino vigente, in quanto ritenuta sufficiente a fornire indicazioni ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs 49/2010 nonché della direttiva.

## LA METODOLOGIA ADOTTATA, IL BACINO PILOTA E LO STATO DI AVANZAMENTO DEL LAVORO



## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

Questa Autorità ha scelto di procedere alla fase 2. sopra indicata, inerente la realizzazione delle mappe di pericolosità e rischio, partendo dalla individuazione di un bacino pilota su cui applicare le metodologie individuate (sia di tipo modellistico ex-novo, che di trasposizione dei dati esistenti di pericolosità e rischio dei PAI secondo i requisiti richiesti dalla direttiva), e quindi, successivamente, estenderle all'intero bacino dell'Arno. Come bacino pilota è stato individuato quello dell'Ombrone Pistoiese.

Il fiume Ombrone è un affluente in riva destra dell'Arno, nel quale si immette dopo l'area metropolitana di Firenze, subito a valle dell'abitato di Signa, e presenta un bacino idrografico di circa 490 kmq. L'Ombrone nasce dal rilievo montuoso dell'Appennino Pistoiese e si sviluppa, con una ampia valle sostanzialmente pianeggiante, fino a raggiungere il tratto fiorentino dell'Arno. Il fondovalle si presenta densamente urbanizzato e con una dinamica idrologica ed idraulica assai complessa, derivante da un reticolo fortemente dipendente sia dalle vicende geologiche che dai fatti storici di cui è stato oggetto nei secoli. Al reticolo principale, importante per dimensioni e magnitudo degli eventi di piena, si sovrappone e si inserisce un capillare sistema di cosiddette "acque basse", canali ed opere di bonifica, gore e derivazioni. La complessità idraulica del bacino e la forte pressione causata dalla rilevante espansione economica ed urbanistica presente in questo fondovalle ha reso particolarmente problematica l'omogenea ricostruzione degli scenari di rischio alluvionale nel bacino di tale affluente dell'Arno.

L'area del bacino del fiume Ombrone negli studi a supporto della redazione del PAI, è stata indagata per la maggior parte attraverso la metodologia di elaborazione analitica da cui sono derivati stralci cartografici alla scala di dettaglio.

Cogliendo l'occasione fornita dalla direttiva e dalla concomitante revisione in essere del PAI, è stato quindi sviluppato un percorso metodologico di approfondimento conoscitivo e di sperimentazione nel bacino in oggetto. In altre parole, l'occasione fornita dall'aver già impostato una revisione degli attuali strumenti di definizione della pericolosità idraulica in un importante sottobacino dell'Arno, ha dato modo di testare l'utilizzo dei metodi e delle conoscenze già in uso in rapporto al nuovo impianto normativo e tecnico definito in sede europea; ancora, ha dato la possibilità di poter ulteriormente verificare l'affidabilità dei modelli predisposti e di sviluppare nuove soluzioni progettuali che tengano conto di altri scenari (come il cambiamento climatico) o di ulteriori parametri di maggior dettaglio, quali la velocità e il trasporto solido.

Si è così definito un percorso di lavoro in cui l'aggiornamento del PAI Ombrone ha rappresentato non solo un punto di arrivo, peraltro importantissimo, ma un punto di passaggio, un bacino pilota appunto, nel quale orientare la realizzazione di strumenti, quali le mappe di pericolosità e rischio, nell'impostazione di base, nelle elaborazioni e nei dati utilizzati, a soddisfare gli obblighi richiesti dalle direttive comunitarie e gli obiettivi nelle stesse individuati.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

Lo schema metodologico sviluppato per il bacino pilota nasce dalla fase di coordinamento e confronto che è stata sviluppata sia a livello distrettuale (con le Regioni e le Autorità di Bacino facenti parte del distretto dell'Appennino Settentrionale), sia con il coordinamento interdistrettuale con le altre Autorità di bacino nazionali responsabili del coordinamento negli altri distretti.

Proprio ai fini di una corretta comprensione della metodologia seguita, è opportuno richiamare in dettaglio quanto scaturito dagli incontri che si sono tenuti per il coordinamento delle attività inerenti la direttiva alluvioni alla scala di distretto. Nelle riunioni del tavolo tecnico costituito dai referenti delle Regioni appartenenti al distretto dell'Appennino Settentrionale, sono stati appunto definiti i criteri minimi comuni al fine di procedere, in maniera coordinata, alla redazione delle mappe di pericolosità e rischio per ogni bacino del distretto.

L'attività di coordinamento che è stata condotta e che sta conducendo l'Autorità di bacino del fiume Arno, ha lo scopo di definire quei criteri di omogeneità, alla scala del distretto idrografico, per poter predisporre carte di pericolosità e rischio idraulico (scadenza estate 2013) che presentino una certa coerenza tra loro, fermi restando gli obblighi specifici in capo a ciascun ente per quanto riguarda il bacino di competenza diretta. Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale interessa prevalentemente 6 Regioni (con precisione 7 ma la porzione che ricade nella Regione Piemonte riguarda solo una ridottissima porzione del rilievo appenninico), 28 bacini idrografici principali, raggruppati in 11 Autorità di bacino (una nazionale, interregionali, regionali) le quali, insieme alle Regioni e allo stesso Ministero, rappresentano di fatto le "unità di gestione" (le *Unit of Management* della 2007/60) comunicate da ISPRA alla Commissione Europea in data 24/05/2010.

L'attività di coordinamento svolta dall'Autorità di bacino si è concretizzata in primo luogo con la costituzione di un tavolo tecnico composto dai referenti indicati da ciascuna regione facente parte del distretto; in tale contesto si sono svolte diverse riunioni nel corso del 2011, anche presso le diverse sedi regionali e delle autorità di bacino regionali ed interregionali. In tali incontri è stata affrontata anche la questione inerente alla valutazione preliminare del rischio: in linea con quanto stabilito alla scala nazionale, è stato comunemente deciso, come indicato precedentemente, di procedere direttamente alla redazione delle mappe di pericolosità e rischio, ritenendo la pianificazione di bacino vigente sufficiente a fornire le indicazioni richieste dall'articolo 4 della direttiva e del d.lgs. 49/2010.

Il confronto avuto tra le Regioni e l'Adb Arno è servito ad elaborare dei criteri minimi, omogenei alla scala del distretto, sui quali impostare, da parte di ogni singola unità di gestione, le eventuali attività da sviluppare con particolare riferimento alla redazione delle mappe di pericolosità e rischio.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

I criteri di base esplicitati negli incontri, validi alla scala distrettuale, a cui fare quindi riferimento anche nel bacino pilota dell'Ombrone Pistoiese, sono i seguenti:

- 1) valorizzazione del lavoro già svolto per la definizione della pericolosità nei PAI:
  - le aree definite nei PAI rappresentano il livello minimo sufficiente sul quale, se ritenuto necessario, dalle autorità e Regioni competenti territorialmente e alla scala del singolo bacino e/o della unità di gestione, procedere per l'eventuale perimetrazione di nuove aree;
  - i criteri con cui sono state definite le classi di pericolosità dei PAI (mediante modello idraulico, criterio geomorfologico, storico-inventariale) sono validi, sulla base delle determinazioni svolte dalle autorità e Regioni competenti territorialmente, anche per la redazione delle mappe di pericolosità (e successivamente rischio) per il Piano di gestione; alla scala del singolo bacino ed in base alle caratteristiche di quest'ultimo, se ritenuto necessario, si può provvedere ad eventuali aggiornamenti o sviluppi;
- 2) adeguamento delle mappe di pericolosità ai requisiti del d. lgs 49/2010 e della direttiva 2007/60/CE
  - per adeguamento minimo necessario si intendono le eventuali operazioni di adeguamento delle classi di pericolosità definite nei PAI (vedi punto precedente) ai requisiti richiesti e la realizzazione ex-novo delle mappe di rischio;
- 3) definizione di eventuali nuove aree (non presenti nei PAI) per cui procedere alla definizione della pericolosità e del rischio:
  - i criteri di definizione delle eventuali nuove aree devono essere coerenti alla scala del singolo bacino con le aree già oggetto di perimetrazione nei PAI (vedi punto 1);
  - stante l'estrema eterogeneità, sia in termini fisiografici che di risposta idraulica, dei bacini del distretto, non appare possibile definire dei criteri tecnici di scelta omogenei, validi per tutti, per l'eventuale definizione di nuove aree da mappare; tali criteri dovranno essere identificati alla scala locale in base alle peculiarità di ogni bacino (fisiche, idrologiche, etc.) anche in considerazione della presenza di popolazione ed insediamenti a rischio;
- 4) fermo restando quanto stabilito al punto di cui sopra per la definizione delle aree a pericolosità, si ritiene invece che per la determinazione del rischio sia possibile definire criteri di base omogenei e validi per l'intero distretto.

Quanto sopra rappresenta pertanto la base comune su cui ogni unità di gestione esplica la propria attività per i bacini di competenza. Appare evidente la necessità, comune a tutti nel distretto, di mantenere la massima coerenza possibile delle future perimetrazioni con i PAI vigenti, e quindi individuare perlopiù attività di revisione ed aggiornamento delle mappe esistenti, limitando la determinazione di eventuali nuove aree solo nelle situazioni



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

in cui si ritiene necessario approfondire il quadro conoscitivo anche in seguito al verificarsi di eventi non prima documentati.

Nel bacino pilota dell'Ombrone sono pertanto stati applicati i criteri minimi sopra richiamati. È stata svolta innanzitutto una analisi preliminare centrata sui seguenti punti:

- verifica ed analisi critica delle aree a pericolosità e rischio idraulico definite nel PAI;
- identificazione della corrispondenza del reticolo di riferimento considerato in ambito PAI ed identificazione di ulteriori tratti su cui applicare eventuali approfondimenti di tipo modellistico, idrogeomorfologico o storico-inventariale;
- verifica dell'area di riferimento per la definizione di pericolosità e rischio;
- identificazione di eventuali ulteriori scenari di pericolosità non connessi a frequenza di accadimento dell'evento di piena.

In base a quanto scaturito dall'analisi sopra richiamata, per il bacino pilota si è stabilito di seguire il seguente percorso:

- revisione della modellazione idrologico-idraulica nell'area di fondovalle (210 kmq) mediante analisi del reticolo di riferimento per una estensione complessiva di circa 150 km;
- restituzione delle aree a pericolosità idraulica secondo tre classi di frequenza di accadimento dell'evento di riferimento, ed ovvero: Tr compreso tra 1 e 30 anni, Tr compreso tra 30 e 200 anni, Tr maggiore di 200 anni; identificazione per ogni scenario delle aree di trasferimento e di accumulo delle acque con stima delle relative velocità ed altezze d'acqua in alveo e nelle aree allagabili;
- integrazione del quadro conoscitivo di bacino mediante la determinazione di ulteriori due scenari di pericolosità riferiti alla propensione al cedimento del reticolo arginato e alla propensione del reticolo idrografico al verificarsi di eventi intensi (maggiori di 50 mm/h) e concentrati;
- identificazione degli elementi a rischio mediante l'utilizzo degli strati informativi Corine Land Cover 2000, integrati da ulteriori informazioni (numero di abitanti, infrastrutture viarie e ferroviarie, complessi ospedalieri, scuole, beni ambientali di rilevante interesse, attività economiche, beni ambientali storici e culturali, impianti IPPC, aree protette, SIC e ZPS) ottenibili mediante l'utilizzo e l'elaborazione dei dati ISTAT (dati aggregati per sezioni censuarie di ottima risoluzione e facilmente gestibili in ambiente GIS), dei dati ricavabili dalla Carta Tecnica Regionale, dei dati ricavabili da ulteriori DB (Enti Locali, Protezione Civile, etc.);
- determinazione delle mappe del rischio su base qualitativa, secondo criteri e classi uniformi alla scala di distretto (attualmente in via di definizione sulla base dell'attività di coordinamento distrettuale ed interdistrettuale);



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

- ai fini della coerenza tra le direttive “acque” ed “alluvioni”, della gestione dei dati e della loro restituzione, tutte le informazioni (areali, lineari e puntuali, oltre a quelle alfanumeriche) saranno organizzate per “corpo idrico”, identificando sia un elemento areale a questo riferibile (bacino a drenaggio diretto), che un bacino di monte.

Tale percorso metodologico permette di testare tutte le soluzioni prospettate alla scala del bacino pilota, riservandosi l'applicazione in toto o solo in parte (ad esempio la modellazione) nelle ulteriori porzioni del bacino dell'Arno.

LO STATO DI AVANZAMENTO DEL LAVORO NEL BACINO PILOTA.

In base ai criteri sopra evidenziati, il lavoro nel bacino pilota si è sviluppato partendo prioritariamente dalla codifica del reticolo di riferimento e dalla coerenza tra i corpi idrici 2000/60 e il reticolo suddetto.

Come noto, l'elemento strategico fondamentale, alla base di tutto l'impianto definito dalla direttiva “acque”, è rappresentato dal corpo idrico. Questo elemento è, in sintesi, il tratto elementare minimo, con caratteristiche omogenee, su cui valutare le pressioni, stabilire gli impatti, definire lo stato di qualità chimica, ecologica ed ambientale, inquadrare gli obiettivi, delineare gli interventi e monitorarne l'efficacia. Rappresenta l'elemento su cui è concentrata tutta l'azione pianificatoria e programmatica per far sì che sia raggiunto, mantenuto o migliorato lo stato di qualità buono.

I corpi idrici sono tratti di reticolo idrografico, laghi, ma anche tratti di costa ed acque di transizione, definiti mediante una metodologia assai complessa, che presentano una loro realtà geografica e vengono rappresentati cartograficamente da linee, punti e poligoni definiti, con attributi e metadati rigorosi. La restituzione dei dati di ogni singolo corpo idrico o di un insieme di corpi idrici appartenenti ad un bacino o ad un insieme di bacini deve essere fatta con modelli e metodiche di restituzione cartografica digitale espressamente definiti secondo i criteri dettati dal sistema WISE (*Water Information System for Europe*).

Essendo nella visione europea la direttiva “alluvioni” emanazione diretta della direttiva “acque” - per le quali viene infatti concepito un allineamento temporale negli adempimenti, definendo la coincidenza di scadenze temporali tra il primo aggiornamento del Piano di Gestione delle Acque e la prima emanazione del Piano di Gestione delle Alluvioni - è evidente allo stato dei fatti un vicendevole scambio di azioni causa-effetto circa le problematiche rischio idraulico e qualità della risorsa riconducibili al medesimo corpo idrico.

Le azioni che si esplicano nel ciclo delle acque (magre, morbide, piene) e nel loro utilizzo, sono contestualizzate (individuate) alla scala del bacino idrografico che è, appunto, lo spazio territoriale contenente l'insieme dei corpi idrici facenti parte del reticolo superficiale e delle acque sotterranee, così come definito nei principi della 2000/60/CE. Per costruire quindi una sinergia delle fasi di lavoro e per il continuo e proficuo scambio di



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

informazioni e risultati tra le due direttive, la scelta è stata quella di individuare un “contenitore” comune in cui fosse possibile inserire e gestire tutto il quadro conoscitivo e la mole dei dati derivanti dai due impianti normativi, sotto l’aspetto quantitativo e qualitativo, cartografico e modellistico, statistico e di restituzione dati.

Risulta chiaro, in prima istanza, che la primaria difficoltà nell’associare i dati di competenza delle due direttive è rappresentata dal fatto che mentre per la direttiva “acque” le problematiche qualitative della risorsa, discendenti da pressioni, qualità ed azioni, si collegano direttamente ad un corpo idrico, individuato come elemento lineare monodimensionale, la pericolosità idraulica ed il rischio di alluvioni - ex direttiva 2007/60 - sono connessi ad un’attività di propagazione delle acque sul territorio, tradotta in una mappatura, che non potrà che essere rappresentata da informazioni areali bidimensionali. Ulteriore specificità è data dal fatto, evidenziato dagli studi condotti proprio su questo bacino, che i corpi idrici individuati possono anche non essere, o essere solo in parte, espressione di rischio idraulico in quanto la possibile allagabilità di un’area può dipendere in genere da più corsi d’acqua e non solo dal corpo idrico in essa presente.

La soluzione individuata per superare le specificità appena illustrate è stata quella di associare numericamente e cartograficamente al corpo idrico un interbacino direttamente scolante in esso e il sottobacino di monte. Tale operazione, spiegata nel dettaglio nel paragrafo che segue, permette di associare al tratto in questione un’area a collegamento “diretto” in cui eventuali azioni esplicano un effetto direttamente correlato al corpo idrico, ed un’area di monte nella quale eventuali azioni o cause hanno effetti sullo stesso corpo idrico. Questa soluzione permette, pur con qualche svantaggio che vedremo in seguito, di inquadrare tutte le problematiche e le informazioni inerenti alle due direttive in un medesimo “contenitore”, di consentire elaborazioni modellistiche e restituzioni cartografiche con la stessa codifica e, di fatto, di attuare l’interconnessione e l’interoperabilità tra le due direttive, le cui informazioni risultano quindi gestite nel medesimo geodatabase. Tutto ciò naturalmente osservando i requisiti WISE richiesti dalle direttive.

Nel paragrafo seguente è spiegata nel dettaglio la procedura utilizzata.

## LA COERENZA CON I CORPI IDRICI DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE E LA DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO

Come più volte ricordato la direttiva 2007/60/CE, al capo 5, prevede espressamente il coordinamento con la direttiva 2000/60. Pertanto viene fatto esplicito riferimento al fatto che le informazioni derivanti dagli strumenti operativi previsti dalle due direttive, devono essere coerenti tra loro e devono consentire il riesame congiunto dei risultati raggiunti, tenendo conto anche degli obiettivi ambientali assegnati ai corpi idrici ai sensi della 2000/60.

Appare pertanto molto utile che, una volta definiti pericolosità e rischio idraulico sul territorio, sia possibile effettuare una stima dei risultati ottenuti anche a livello di corpo

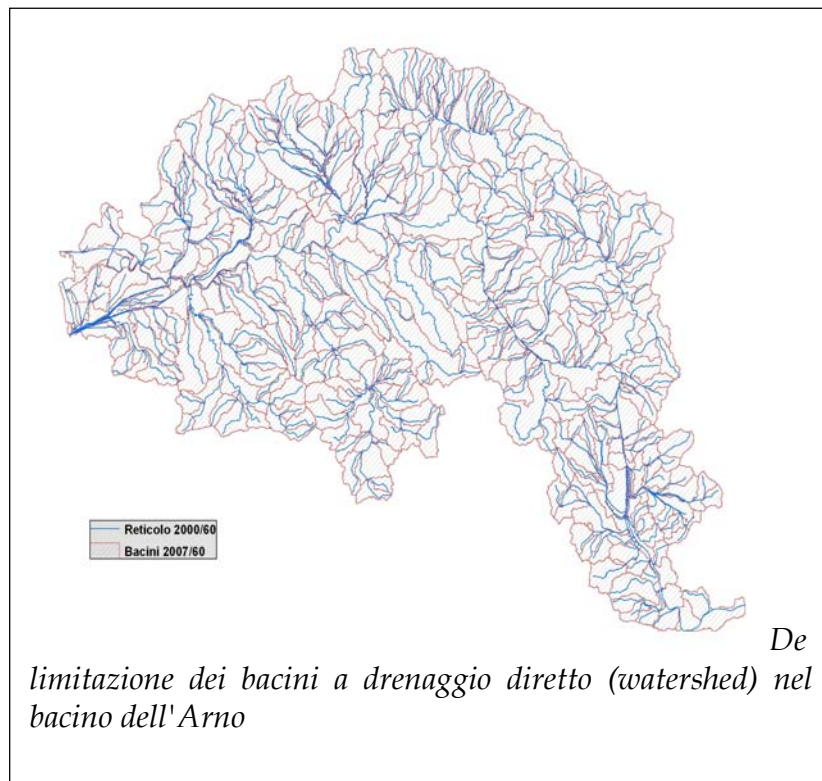




# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

idrico di cui alla direttiva 2000/60. Ovviamente, visto che le elaborazioni previste dalla 2007/60 interesseranno anche ambiti fluviali non codificati come corpi idrici, è opportuno procedere alla definizione dei bacini sottesi a questi ultimi, in modo da riferire le varie elaborazioni su pericolosità e rischio idraulico a tali ambiti e creare una relazione diretta tra i due strumenti di pianificazione.

In particolare, con riferimento sia all'aggiornamento del Piano di Gestione delle Acque che alla predisposizione del Piano di gestione del rischio alluvioni, appare evidente come sia importante definire, per ogni corpo idrico, sia il bacino a drenaggio diretto, in modo da considerare gli effetti diretti dei vari fenomeni esaminati, che l'intero bacino a monte del suo punto di chiusura, in modo da poter effettuare stime cumulate dei parametri



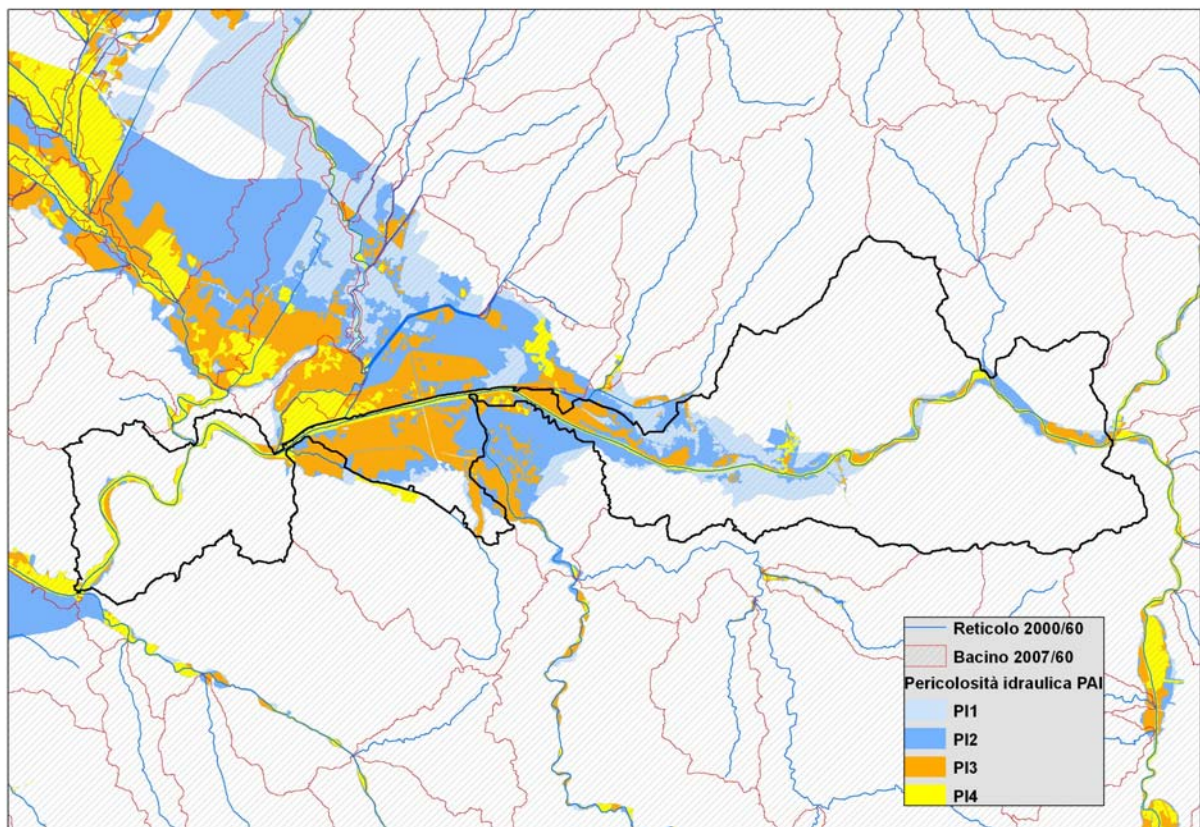
considerati.

Per individuare i bacini a drenaggio diretto è necessario disporre di un modello digitale del terreno ideologicamente corretto e coerente con il sistema fluviale di riferimento. Una volta trasformato il reticolo fluviale dei corpi idrici in formato raster, assegnando ad ognuno di essi un identificativo numerico, è sufficiente individuare automaticamente gli spartiacque (watershed) utilizzando tale reticolo come punti di scorrimento (pour point).



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

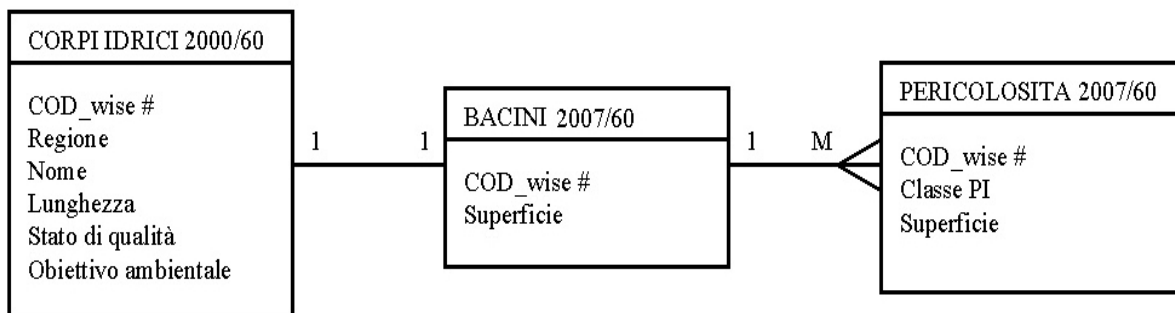
Per testare questa procedura e verificare la sua effettiva funzionalità per le finalità di raccordo tra le due direttive, sono stati innanzi tutto estratti i bacini a drenaggio diretto riferibili ai 344 corpi idrici della direttiva 2000/60 ricadenti nel bacino idrografico del fiume Arno.



Nella figura sopra riportata viene evidenziato il bacino di riferimento per il corpo idrico CI\_N002AR081fi3, corrispondente al tratto fiorentino del fiume Arno che va da Pontassieve a Montelupo. In questa figura è riportata altresì la perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità idraulica individuate nel Piano Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino dell'Arno. I bacini interessati da pericolosità idraulica risultano 188 su 344 totali.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*



Per mettere in relazione gli aspetti di pericolosità idraulica con quelli di qualità ambientale, aspetti a cui fanno riferimento le due direttive, è stato scelto di utilizzare un database relazionale di tipo spaziale che, nello specifico, è costituito da un personal geodatabase di ArcGIS.

Nel modello concettuale è possibile osservare che la relazione 1:1 tra corpi idrici 2000/60 e bacini di riferimento 2007/60 da essi derivati, permette di avere un collegamento univoco tra le due direttive con possibilità di associare ad ogni corpo idrico le superfici delle aree a diverso grado di pericolosità idraulica previste dalla direttiva 2007/60, oltre a tutte le ulteriori elaborazioni su infrastrutture a rischio, popolazione residente, etc.

All'interno di questo DBMS sono stati inseriti gli strati informativi riguardanti corpi idrici, bacini a drenaggio diretto, pericolosità idraulica PAI e stato/obiettivi di qualità ambientale ai sensi della direttiva 2000/60. Tramite l'identificativo del corpo idrico, codificato secondo lo standard europeo, sono state quindi create le relazioni che ci consentono di effettuare richieste congiunte sulle diverse informazioni in riferimento al medesimo corpo idrico, come riportato nel seguente schema.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

## **Corpi idrici 2000/60**

COD\_wise: CI\_N0024R135fi2  
Regione: Toscana  
Nome: Fiume Sieve  
Lunghezza: 15,6 km  
Stato di qualità: buono  
Obiettivo ambientale: buono al 2015

## *Bacini* 2007/60

COD\_wise: CI\_N0024R135fi2  
Superficie; 75,37 kmq

## Pericolosità 2007/60

Superficie aree a pericolosità bassa (PI1): 214 ha  
Superficie aree a pericolosità media (PI2): 279 ha  
Superficie aree a pericolosità elevata (PI3): 153 ha  
Superficie aree a pericolosità molto elevata (PI4): 142 ha

Oltre alla sua utilità come strumento di raccordo tra le due direttive europee, il processo di definizione dei bacini precedentemente illustrato, individuando un'entità areale di riferimento per ogni corpo idrico, permette anche di analizzare in modo più concreto e realistico tanto l'impatto dei vari elementi di rischio distribuiti sul territorio, che l'efficacia degli interventi. Ciò naturalmente sia per quanto riguarda gli aspetti di interesse della direttiva acque che quelli della direttiva alluvioni.

Il poter raffigurare i dati, i quadri conoscitivi, le pressioni e le azioni di piano, il monitoraggio e l'efficacia delle opere relative agli ambiti delle due direttive allo stesso corpo idrico e quindi allo stesso geodatabase, consente pertanto la relazione diretta tra le attività di piano derivanti da 2007/60 e 2000/60, raggiungendo così la coerenza ed integrazione espressamente richieste. Sotto l'aspetto pratico ciò permette peraltro, come rilevato in precedenza, di redigere analisi statistiche adeguate e riferite ad ambiti geografici ben precisi (bacini a diretto di riferimento del corpo idrico, insieme dei bacini di monte, sottobacino, etc.) con valutazione di efficacia degli interventi esplicitamente mirata all'ambito di riferimento prescelto.

Come è evidente da quanto sopra, la procedura è stata immediatamente sviluppata non solo per il bacino pilota ma anche per l'intero bacino dell'Arno.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

## ANALISI DEL METODO DI ASSOCIAZIONE TRA LE DUE DIRETTIVE COMUNITARIE

I vantaggi del tipo di rappresentazione e codifica utilizzata sono stati evidenziati più volte. Tuttavia appare opportuno dar conto altresì di quali possano essere anche gli aspetti negativi di tale metodologia.

Innanzitutto è necessario rilevare che, secondo le specifiche della 2000/60/CE, i bacini di ridotte dimensioni - con criteri che variano da Regione a Regione - sfuggono alla tipizzazione e, quindi, alla successiva definizione dei corpi idrici. Di conseguenza, ad esempio, si può verificare il caso di bacini soggetti a rischio idraulico, che sono direttamente scolanti in mare e che, quindi, sfuggono ad una classificazione rigorosa in quanto non risultano come corpi idrici. Questo fatto nello specifico ha scarso interesse per il bacino dell'Arno ma ha sicuramente una certa importanza per i bacini di tipo ligure che presentano ridotte dimensioni (e quindi esulano in molti casi dalla tipizzazione e classificazione) ma che hanno un rilevante rischio di alluvioni.

Altra osservazione è che solitamente le aree allagabili dipendono dal verificarsi di eventi che derivano da molteplici scenari e dall'insufficienza idraulica di più corsi d'acqua. Questo fatto comporta che la perimetrazione di un'area allagabile, ricadente all'interno di un'area idrograficamente afferente ad un corpo idrico, non dipende esclusivamente da quello che accade in quel tratto specifico, ma è determinata da più situazioni che possono interessare i corpi idrici di monte (esondazioni che si verificano in altri corpi idrici del medesimo corso d'acqua e che vanno ad interessare e/o accumularsi in un'area afferente diversa posta più a valle), che possono interessare corpi idrici riferiti a corsi d'acqua limitrofi diversi, che possono interessare corpi idrici di valle (del medesimo corso d'acqua o di diversi corsi d'acqua) e che hanno effetti di rigurgito sulle aree di monte. Questo è evidentemente presente anche con riferimento allo stato di qualità del corpo idrico ex 2000/60/CE, che non deriva esclusivamente da quello che accade in quel corpo idrico ma dipende anche (e in molti casi in maniera preponderante) dalle pressioni e dagli interventi esercitati nei tratti di monte e/o di valle, e nei corpi idrici limitrofi. Pertanto la associazione di aree allagabili ad un determinato bacino afferente ad un corpo idrico deve essere compiuta con attenta ponderazione, ponendo particolare attenzione nello specificare, nel database associato al corpo idrico, le opportune indicazioni e note necessarie per la corretta definizione di pericolosità e rischio. In ogni caso la gerarchizzazione dei corsi d'acqua consente di raggruppare più corpi idrici (e le rispettive aree di interesse) in interbacini e sottobacini che, ai sensi di 2000/60 e 2007/60, possono descrivere ottimamente, rispettando le specifiche WISE, i requisiti richiesti dalle suddette direttive.

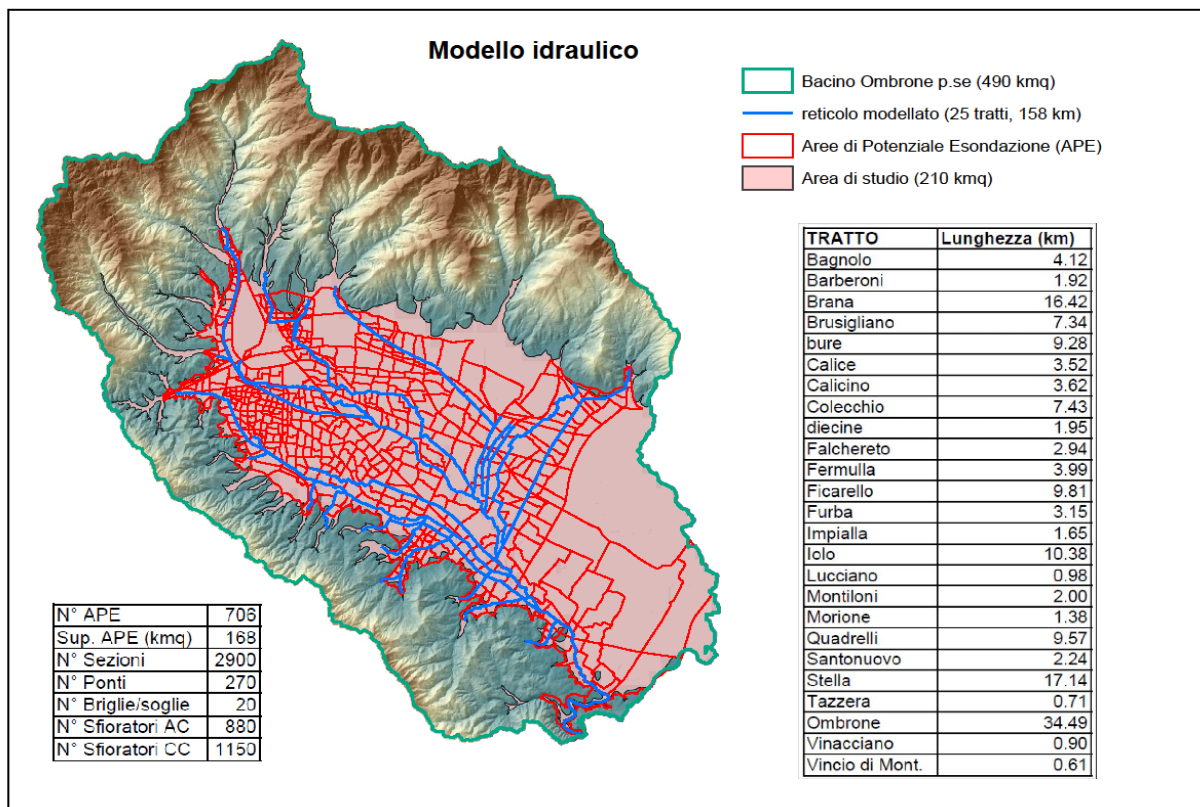
Ulteriore osservazione ascrivibile è quella che eventuali affluenti di un determinato corpo idrico, affluenti non classificati come corpi idrici a se stanti ma che di fatto concorrono alla determinazione delle aree allagabili, non assumono una precisa codifica ai sensi della direttiva 2000/60. E questo, ad esempio, accade frequentemente proprio nel bacino del fiume Ombrone. Si deve tuttavia significare che questi sono ricompresi nelle aree afferenti





# Autorità di Bacino del Fiume Arno

al corpo idrico (che ricordiamo è la porzione di bacino idrografico direttamente scolante nel corpo idrico) e che, pertanto, possono essere accuratamente descritti e considerati nei dati e nelle informazioni riferiti a tale area.



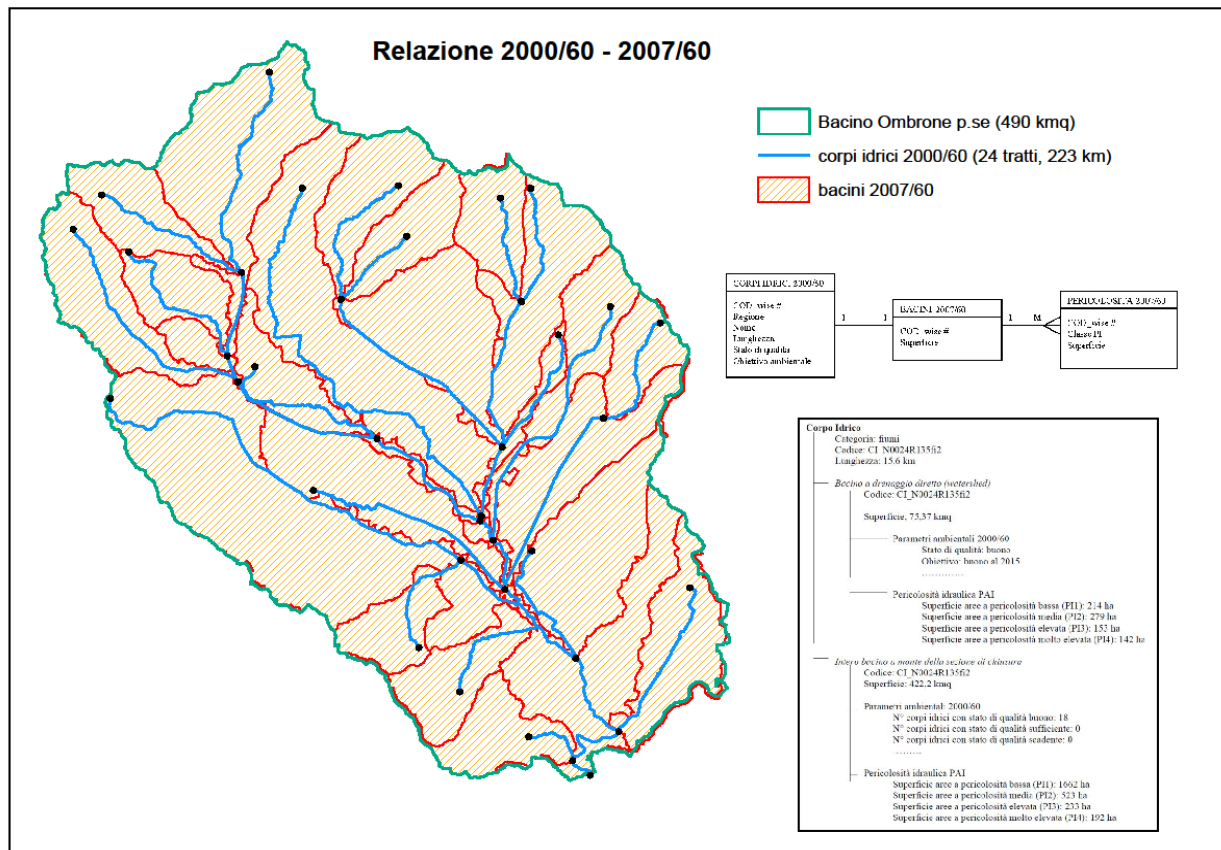
*Reticolo modellato e APE individuate per la definizione della pericolosità idraulica dell'Ombrone*

Nell'immagine sopra riportata sono tracciati i corsi d'acqua che sono stati considerati nella definizione della pericolosità dell'Ombrone e le relative celle di esondazione. Se si confronta tale immagine con la seguente, che riporta i 24 corpi idrici definiti per il bacino dell'Ombrone si vede chiaramente che alcuni corsi d'acqua modellati non sono indicati, ma si vede anche chiaramente che i corsi d'acqua suddetti ricadono interamente nelle aree afferenti ai corpi idrici.

Sulla base dell'esperienza svolta si ritiene comunque che il metodo sviluppato abbia indubbi vantaggi ai fini della associazione tra le due direttive e che inoltre consenta di rappresentare e gestire anche le informazioni 2007/60 in maniera coerente rispetto all'elemento "corpo idrico".



# Autorità di Bacino del Fiume Arno



LA MODELLAZIONE SVOLTA, I DATI DI BASE E LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA NEL BACINO PILOTA

Il PAI individua, per tutto il bacino dell'Arno, la pericolosità idraulica. Tale pericolosità è definita su due livelli di approfondimento, storico-inventariale in scala 1:25.000, e su base analitica mediante modellazione idraulica in scala 1:10.000. Le classi individuate sono 4, da pericolosità moderata a molto elevata, distinte per tempi di ritorno (frequenza di accadimento) e, per la parte modellata nelle classi elevata e molto elevata, altresì in base al battente statico. La direttiva 2007/60/CE pone tra i requisiti per la definizione della pericolosità la frequenza di accadimento, consigliando di definire tre scenari di tempo di ritorno, indicando come sia facoltà degli enti individuati dagli Stati membri come *unit of management*, considerare anche altri parametri, tra i quali il battente correlato agli scenari considerati, la velocità dell'acqua, etc. Pone inoltre come fondamentale la considerazione degli scenari di cambiamento climatico.

L'insieme di questi elementi, al momento della definizione dell'approccio modellistico da utilizzare per la determinazione della pericolosità idraulica dell'Ombrone, è stato attentamente valutato al fine di individuare uno strumento che consentisse, nel transitorio, di rispondere ai requisiti del PAI vigente e, nelle fasi successive, di ottenere le risposte a quanto richiesto dalla 2007/60. Tutto ciò richiamando inoltre anche i requisiti minimi



## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

comuni che sono stati definiti alla scala di Distretto dell'Appennino Settentrionale, mediante l'attività di coordinamento svolta dall'AdB Arno. Nel successivo capitolo "La pericolosità idraulica e le mappe di rischio secondo la direttiva alluvioni" sono spiegate in dettaglio le questioni affrontate, relative alla definizione delle mappe di pericolosità e rischio ai sensi della direttiva.

Ai fini di una corretta impostazione modellistica è estremamente importante la valutazione della consistenza dei dati di base. La risposta che può fornire l'applicazione di un modello si avvicina maggiormente alla possibile realtà quando, oltre alla qualità del modello utilizzato, si può contare su set di dati di base correttamente implementati e validati. Tra i dati di base fondamentali per la modellazione idrologica ed idraulica risultano prioritari i seguenti:

- distribuzione e serie dei dati corrispondenti agli afflussi;
- distribuzione e serie dei dati corrispondenti ai deflussi;
- dettaglio del DTM e del DSM del terreno;
- distribuzione spaziale e temporale delle sezioni idrauliche;
- distribuzione e conoscenza delle singolarità idrauliche (ponti, traverse, sottopassi, opere idrauliche, portelle, connessioni, etc.).

Per quanto riguarda la modellazione idrologica - ovvero la trasformazione da afflussi a deflussi - è oramai prassi comune fare riferimento, per quanto riguarda i bacini toscani, ad uno standard oramai affermato e consolidato quale il modello *ALTO* (Alluvioni in Toscana), sviluppato in collaborazione dalla Regione Toscana e l'Università di Firenze; tale modello fornisce la stima regionale per le portate di piena di tutti i corsi d'acqua toscani, fornendo i contributi idrologici in svariate sezioni del reticolo idrografico.

Per quanto riguarda DTM e sezioni, invece, il fatto di avere dati recenti e di dettaglio costituisce il presupposto fondamentale per una corretta analisi di previsione dei fenomeni alluvionali. Per altro una delle voci di costo più elevate quando si va a realizzare cartografia di pericolosità e rischio idraulico è proprio quella relativa al rilevamento in campagna e relativa restituzione digitale di sezioni e rilievi.

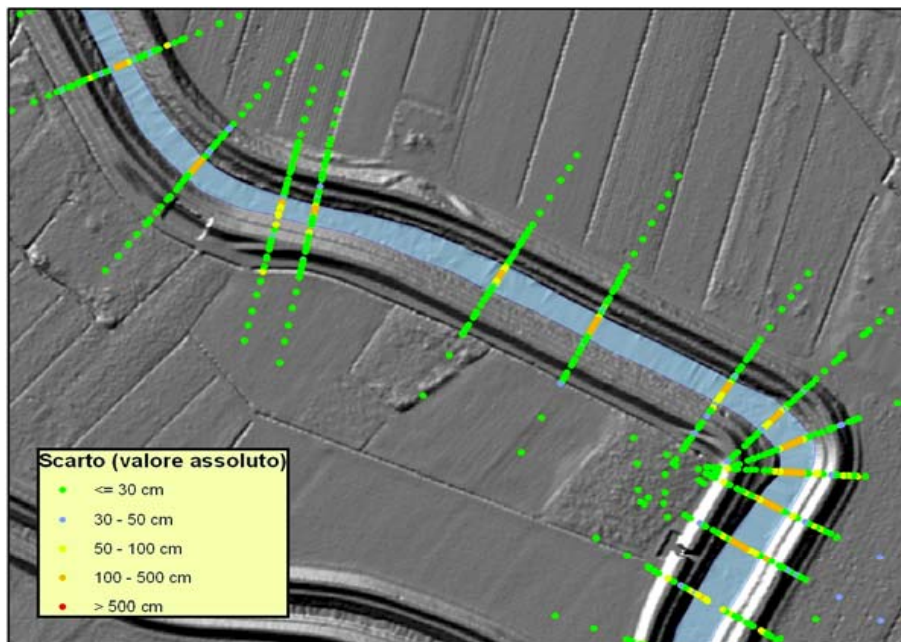
Per affrontare tale aspetto è stata innanzitutto valutata la consistenza spaziale dei rilievi esistenti, considerando come elemento prioritario la data di realizzazione. Sono stati quindi acquisiti i rilievi e le sezioni idrauliche realizzate da altri enti per scopi simili e sono stati confrontati sia tra loro, che con la cartografia digitale esistente (C.T.R. Regione Toscana) e il relativo "Sistema delle Acque" (una elaborazione realizzata da questa AdB in collaborazione con la Regione Toscana) che riporta in dettaglio in forma vettoriale tutte le informazioni di carattere idrografico, compreso il DTM maglia 10 x 10 m, ricavabili dalla CTR. Questa operazione ha presentato diversi lati non propriamente positivi, in quanto frequentemente i rilievi realizzati da enti diversi, in tempi diversi, hanno evidenziato difformità sia tra loro che con la CTR. In base a tale risultato è stato preso in





## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

considerazione un'altra possibilità, ovvero di utilizzare, sia ai fini della modellazione che della restituzione, i dati ricavabili dalle immagini LIDAR di recente acquisizione per tutto il bacino dell'Ombrone - ma di fatto disponibili per tutto il bacino dell'Arno tramite sia dati elaborati dalla Regione Toscana che dal Ministero dell'Ambiente (Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale) - . Da tali immagini, che hanno l'indubbio vantaggio di avere dati omogenei per tutto il bacino, si può ricavare sia DTM che DSM a maglia 1 x 1 m, punti quotati, sezioni topografiche ed idrauliche secondo qualsiasi direzione possa interessare. Anche se a livello locale si possono, raramente, rilevare degli errori relativi di quota derivanti da particolari singolarità, la distribuzione omogenea e la possibilità di confronto e taratura diretta con capisaldi e sezioni di riferimento, rende il LIDAR uno strumento formidabile per l'utilizzo modellistico idraulico. Anche l'osservazione relativa al fatto che un segnale laser non può oltrepassare le superfici liquide, e quindi non risultano rilevabili i fondo alvei dei fiumi, viene superata mediante la considerazione che circa l'80% del reticolo idraulico superficiale dell'Ombrone rilevato dal LIDAR, e considerato per la modellazione, si presenta in stato di magra, con altezze del battente idraulico in alveo al massimo di qualche centimetro. In ogni caso per superare tale incertezza è stato effettuato il raccordo, per gli alvei geometricamente consistenti, con le



*Immagine LIDAR con esempi di sezioni ricavate e validazione*

sezioni esistenti al fine di ricostruire anche la porzione sotto battente.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

## LO SCHEMA DI CALCOLO

Una volta definiti gli *input* relativi ai dati di base, siamo passati alla scelta del modello idraulico che potesse soddisfare sia il “transitorio” (PAI) che il “definitivo” (mappe di pericolosità e rischio secondo la direttiva alluvioni). Considerate le caratteristiche morfologiche del bacino del fiume Ombrone Pistoiese, la complessità del reticolo idraulico, la presenza di numerosi corsi d’acqua definibili come “acque basse”, regolati da portelle, porte vinciane, ecc. e la presenza di importanti opere idrauliche, quali casse di espansione con sfioratore a soglia fissa o mobile, si è ritenuto necessario adottare uno schema di moto vario unidimensionale in alveo.

Per descrivere i fenomeni di tracimazione e di allagamento del territorio, è stato adottato lo schema quasi-bidimensionale, con l’individuazione di **aree di potenziale esondazione** (APE) collegate con il corso d’acqua e tra loro tramite sfioratori. Il perimetro delle APE, le relative curve di invaso e le caratteristiche geometriche degli sfioratori sono state ricavate, come già evidenziato, dall’analisi del territorio tramite LIDAR.

In questo contesto è stata scartata l’applicazione, su tutto il territorio di interesse, di uno schema di moto vario bidimensionale in quanto la preparazione dei dati di *input* ed i *run* del modello richiederebbero un onere di lavoro tale da far concludere, presumibilmente, il lavoro in tempi superiori rispetto a quelli fissati. Inoltre l’applicazione del modello bidimensionale su aree di estensione così ampia non è ancora stata testata ed in ogni caso necessiterebbe di un centro di calcolo di dimensioni rilevanti. I casi conosciuti riguardano aree di estensione molto più contenuta e celle di calcolo di dimensioni superiori (almeno 20x20 m) rispetto a quelle disponibili con il lidar (1x1 m).

È apparso invece ragionevole, sia in termini di correttezza dello schema e dei risultati che di oneri di potenzialità e tempo di calcolo, adottare il modello di moto quasi-bidimensionale, riservandoci, eventualmente, in un secondo momento la valutazione di uno schema di calcolo bidimensionale su aree limitate di studio che si possono rivelare di particolare interesse, specie per la determinazione del rischio, lì dove è importante conoscere la distribuzione spaziale dei flussi idrici nonché le velocità di scorrimento.

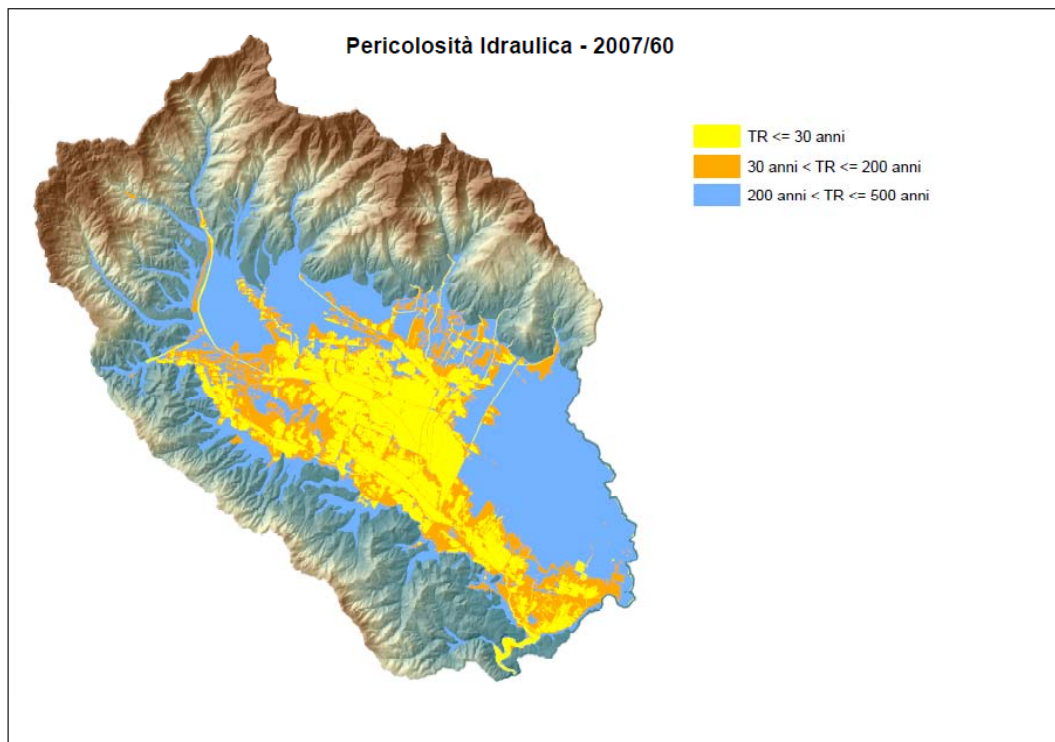
Nell’ottica di sviluppare un lavoro osservabile e condivisibile tra gli stakeholder, e volendo inoltre mettere a punto un modello facilmente aggiornabile in futuro e che presentasse in ogni caso la possibilità di soddisfare i requisiti richiesti dalla 2007/60/CE, si è ritenuto opportuno scegliere Hec-Ras come software da applicare all’intero bacino dei fiumi Ombrone Pistoiese e Bisenzio.

## LA PERICOLOSITÀ IDRAULICA E LE MAPPE DI RISCHIO SECONDO LA DIRETTIVA ALLUVIONI NEL BACINO PILOTA

Lo schema di lavoro sviluppato e la modellazione svolta permette di affrontare in maniera estremamente soddisfacente quanto richiesto dalla 2007/60/CE per la definizione delle mappe di pericolosità e rischio. In tal senso il bacino dell’Ombrone ha rappresentato pertanto un ottimo banco di prova per testare, come bacino pilota, i metodi definiti.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*



La carta sopra riportata rappresenta la distribuzione di pericolosità ricavata per il bacino pilota secondo le tre classi di frequenza di accadimento dell'evento che ricordiamo sono:

- fascia alluvioni frequenti quella con Tr compreso tra 1 e 30 anni,
- fascia alluvioni poco frequenti quella con Tr compreso tra 30 e 200 anni,
- fascia alluvioni rare quella con Tr superiore a 200 anni.

Questa schematizzazione consente di ottenere una omogeneità di scenari per tutto il sistema di bacini compresi tra il fiume Magra a nord ed il fiume Fiora a sud. Sotto l'aspetto fisico, questi bacini presentano caratteri morfologici, morfometrici e idrogeologici tra loro sufficientemente simili da poter essere rappresentati in maniera tecnicamente corretta in tale suddivisione di scenari. Solo il bacino dell'Arno presenta, come è noto, una ulteriore suddivisione, ponendo un'ulteriore demarcazione con l'introduzione dello scenario riferito al Tr centennale. In tal senso si tratta, pertanto, di passare, per il bacino pilota



## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

dell'Ombrone (e successivamente per tutto il bacino dell'Arno), dagli attuali quattro scenari di fasce di Tr ai tre sopra indicati, eliminando lo scenario con Tr compreso tra 100 e 200 anni. Tale risultato è facilmente ottenibile con la metodologia adottata. Nella figura seguente sono indicati i tre scenari per l'Ombrone.

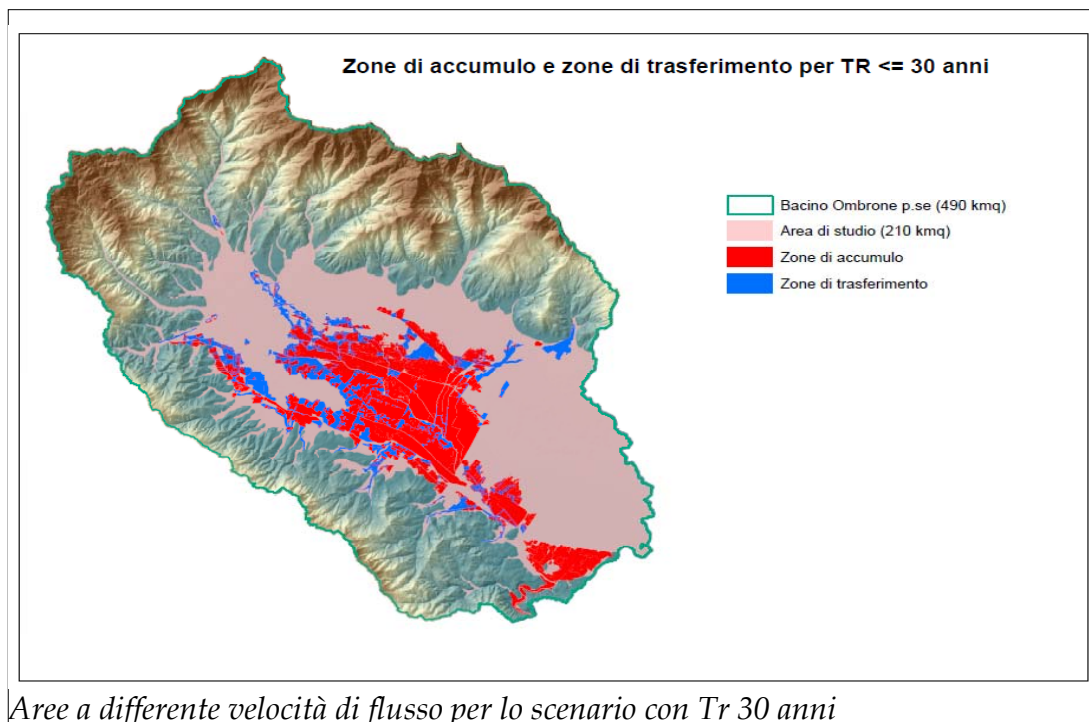
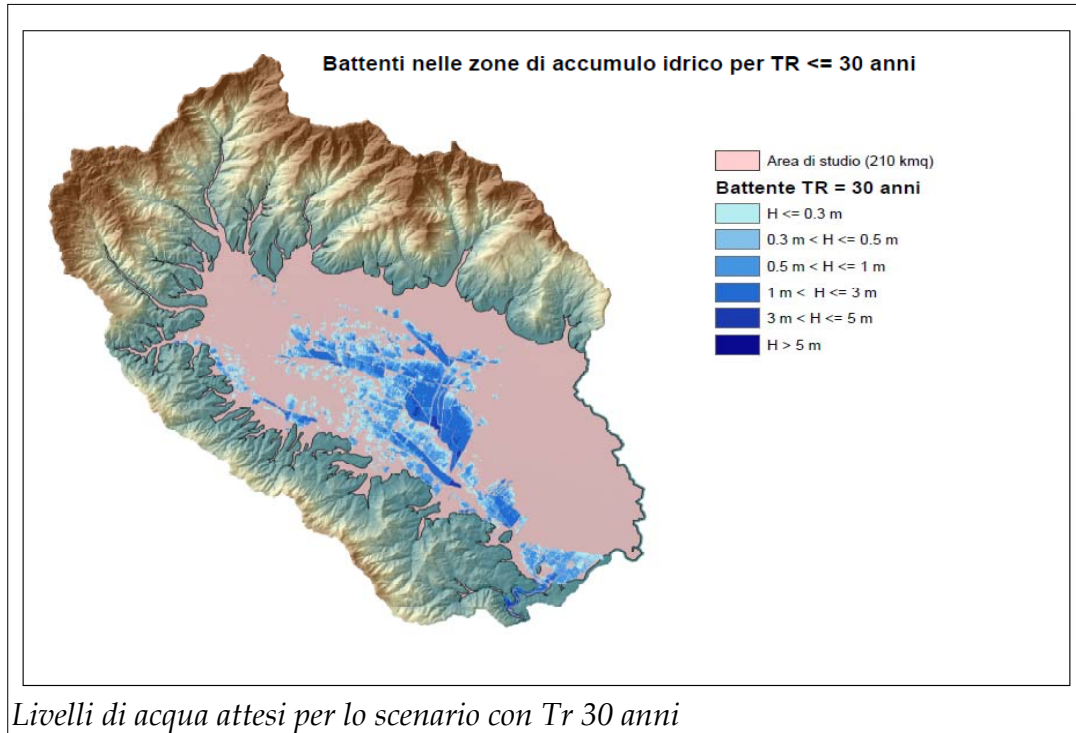
La modellazione quasi-bidimensionale adottata, nello schema assai dettagliato delle oltre 700 APE definite, consente per ogni scenario sopra individuato di associare alle aree suddette i livelli di acqua attesi da modello. Inoltre è possibile definire due scenari di velocità che sono associati concettualmente alle aree di accumulo e di transito, specificando che:

- le aree di accumulo sono quelle APE in cui si deposita il volume esondato da corsi d'acqua sia facenti parte della stessa area o proveniente da altri corsi d'acqua in altre aree; in tali APE viene definito il livello statico e la velocità come valore inferiore ad un valore soglia, caratteristico di ogni scenario;
- le aree di transito sono quelle APE in cui si può anche non verificare un accumulo finale di volumi e che pertanto le interessano solo in maniera dinamica, in un ridotto intervallo di tempo compreso tra la tracimazione e l'accumulo in un'altra o in più aree; in tali APE viene definita la velocità di trasferimento come valore atteso superiore ad un valore soglia, caratteristico di ogni scenario.

Per ogni scenario di tempo di ritorno è possibile quindi associare dei sotto-scenari in cui si discretizzano livelli attesi e campi di velocità per ogni APE. Con tale schematizzazione è possibile pertanto definire le classi di pericolosità secondo lo schema che si ritiene più opportuno adottare. Qui di seguito è riportata la mappa relativa ai livelli attesi per lo scenario con Tr fino a 30 anni.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*





## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

Nell'immagine immediatamente successiva invece vengono rappresentate, sempre per lo scenario con Tr fino a 30 anni, le zone di trasferimento dei volumi di acqua esondati e di accumulo. Queste due aree rappresentano anche le due aree in cui si possono, su base probabilistica, presentare dei campi di velocità inferiori o superiori ad un valore di soglia caratteristico per ogni scenario.

Un ulteriore aspetto da affrontare è quello concernente la necessità di evidenziare, secondo quanto prescrive il decreto di recepimento, anche gli aspetti relativi al volume dei sedimenti e alle colate detritiche legate ai fenomeni alluvionali. In tale ottica, l'impostazione metodologica del PAI attuale non aiuta, in quanto tali fenomeni non sono stati considerati, almeno per quanto riguarda il bacino dell'Arno, nella definizione delle pericolosità idrauliche. Peraltro tale tema viene tecnicamente affrontato, specialmente nelle aree alpine e sub-alpine dove tali fenomeni si presentano in maniera più evidente, con criteri e modelli disgiunti dalla usuale modellazione idraulica e pertanto esula dagli schemi classici prima richiamati.

È opportuno ricordare, a tale proposito, alcune considerazioni che sono state avanzate nel corso della definizione della metodologia più opportuna da adottare. Sia la direttiva che il decreto legislativo richiedono che siano valutati gli effetti del cambiamento climatico e siano considerati eventuali scenari di adattamento. In ambito europeo sono numerosi i richiami in tal senso e numerosi sono anche i lavori scientifici che tendono ad evidenziare un diverso comportamento in frequenza, distribuzione ed intensità degli eventi meteo-climatici, con conseguenti diversi effetti al suolo. Il dibattito è tuttora molto aperto e gli scenari di adattamento non risultano ancora ben chiari, specialmente per ciò che riguarda l'idrologia di piena. Nel bacino pilota del fiume Lee in Irlanda, nell'ambito dello sviluppo del piano di gestione del bacino, per quanto riguarda gli scenari di cambiamento a medio termine, è stata proposta una impostazione metodologica che stabilisce tout court un aumento del 20% delle portate e un innalzamento del livello del mare di circa mezzo metro, al fine di comprendere in tale intervallo gli effetti del cambiamento climatico. Tale impostazione ha il vantaggio di essere di facile applicazione, ma rappresenta, specialmente nei bacini mediterranei che sono oggetto di una marcata eterogeneità meteo-climatica, un approccio troppo semplicistico e non confortato da osservazioni adeguate. Inoltre estenderebbe dei criteri di tutela, validi a scala locale, anche ad aree che statisticamente non paiono, alla luce anche dei recenti eventi in Liguria, Toscana e Sicilia, interessate da evidenze concrete di un cambio di frequenza e distribuzione degli eventi. Da considerare inoltre che l'applicazione di scenari simili nei nostri bacini comporterebbe, viste le loro caratteristiche, un rilevante e generalizzato aumento delle aree a rischio, con conseguente aumento dei costi sociali di prevenzione.

Si deve inoltre considerare che a livello nazionale, benchè sia stata intrapresa una strategia di adattamento al cambiamento climatico, non ci sono ancora indicazioni in merito a come affrontare le problematiche connesse all'idrologia di piena. Ciò impone una certa cautela alla scala di bacino, in attesa di indicazioni unitarie. Si deve anche richiamare il fatto che la





# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

Guidance n. 24 “*River Basin Management in a Changing Climate*” fornisce indicazioni in tal senso, mantenendo tuttavia incertezza su come affrontare le problematiche che sono estremamente differenti tra Stato e Stato data l'enorme eterogeneità fisica e climatica.

Per ciò che riguarda espressamente il bacino dell'Arno, nel corso di questi ultimi anni sono state svolte da questa Autorità ricerche in merito al cambiamento climatico, con particolare riguardo alla stima degli effetti di tale cambiamento sul regime delle magre e sul deflusso minimo vitale, ai fini della definizione del Piano di bacino, stralcio Bilancio Idrico. Per quanto riguarda l'idrologia di piena per il bacino pilota dell'Ombrone, e il bacino dell'Arno in generale, ci siamo concentrati, anche seguendo quanto intrapreso dalla Regione Emilia-Romagna, sulla analisi delle intensità e distribuzione degli eventi meteorici anche in riferimento agli eventi di breve durata, sulla verifica delle *lspp* (Linee Segnalatrici Possibilità Pluviometrica) e sull'eventuale, se necessario, aggiornamento degli eventi di progetto. Come evidenziato precedentemente, gli input idrologici alla eventuale modellazione idraulica sono forniti dal modello di regionalizzazione AITo (Aluvioni in Toscana, Regione Toscana, 2000). Tale modello di regionalizzazione è un ottimo strumento che fornisce gli idrogrammi idrologici in numerosissime sezioni del reticolo idrografico regionale e quindi anche dell'Arno. Con tale modello è stato realizzato il PAI, è stata rivista la modellazione idraulica del bacino pilota dell'Ombrone e sarà realizzata la pericolosità idraulica per la 2007/60/CE alla scala del bacino dell'Arno ma anche per gli altri bacini toscani. Al momento sono in corso analisi per confermare la correttezza di tale approccio. Tutto ciò anche in attesa delle indicazioni a livello nazionale in merito a strategie di adattamento al cambiamento climatico ed idrologia di piena.

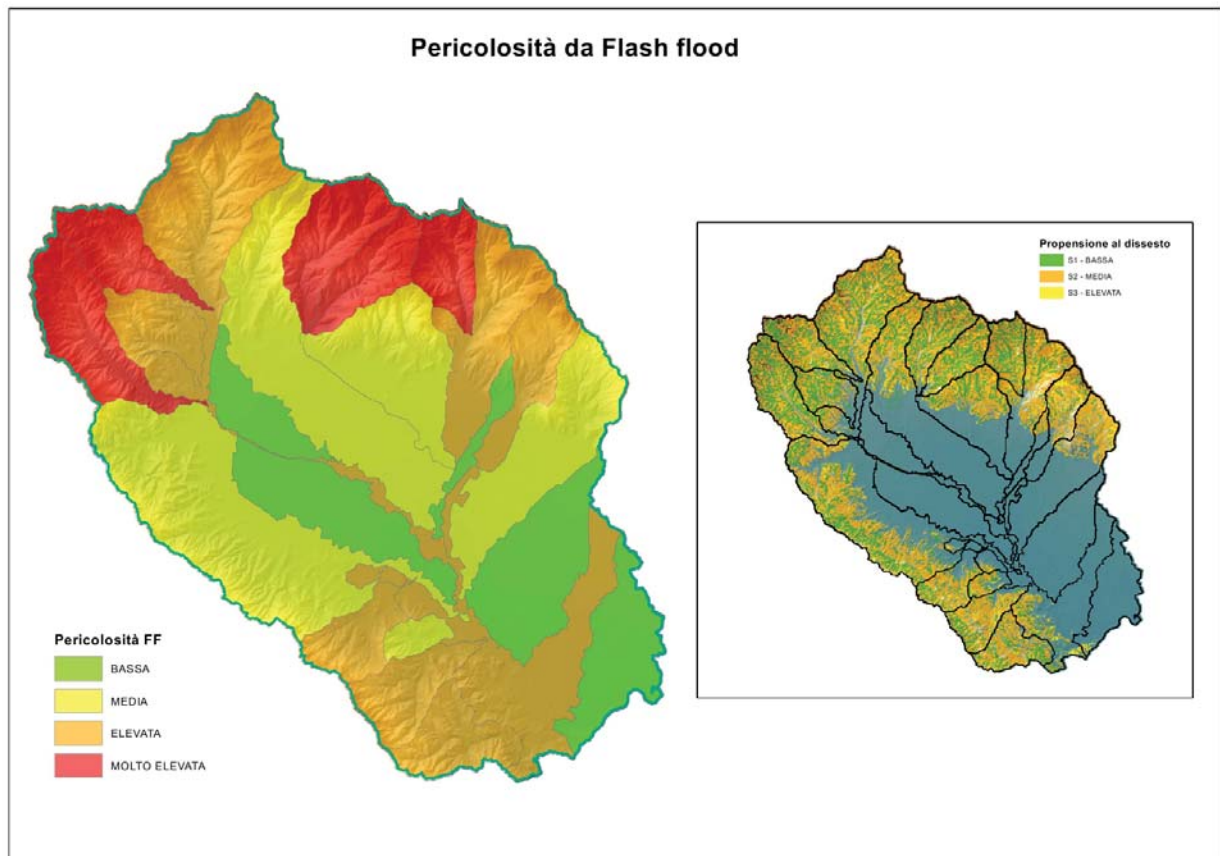
Inoltre, sempre a livello dell'intero bacino idrografico dell'Arno, si deve considerare quanto deriva dall'analisi della distribuzione degli eventi concentrati nello spazio, molto intensi, di durata inferiore ad un'ora o a tre ore, i quali solitamente non vengono considerati per la modellazione delle piene e che invece sono connessi molto frequentemente con fenomeni di *flash flood*, trasporto solido e colate distruttive. Tali eventi sono oltretutto diffusi nel bacino mediterraneo e rappresentano una manifestazione ricorrente degli eventi alluvionali nella nostra nazione. Un ulteriore campo di ricerca, con riferimento specifico alla distribuzione degli eventi meteo intensi, è stato quindi quello che ha condotto alla individuazione di una metodologia per la determinazione della pericolosità potenziale dei fenomeni di tipo *flash flood* nel bacino. Poiché tali fenomeni sono una delle manifestazioni frequenti nel versante ligure/tirrenico, in termini di effetti al suolo, del cambiamento climatico in atto, si ritiene che tale approccio possa essere ulteriormente sviluppato ed approfondito nel piano di gestione alluvioni. Ciò anche analizzando in maniera critica la fenomenologia e la distribuzione degli eventi di questi giorni, che hanno colpito il bacino del Magra e la Liguria.

Nel bacino pilota dell'Ombrone è quindi stata analizzata statisticamente la propensione del bacino al verificarsi di fenomeni intensi e concentrati e la risposta idrologica del bacino a tali tipi di fenomeni; ovvero è stata messa in relazione la distribuzione degli afflussi



# Autorità di Bacino del Fiume Arno

estremamente intesi, con la capacità degli impluvi (per caratteristiche morfologiche ed idrologiche) a restituire alle sezioni sottese piene improvvise e potenzialmente pericolose. Nella seguente figura è riportata, per il bacino pilota, la potenziale propensione all'accadimento di fenomeni tipo *flash flood*.



Nei suddetti bacini, che presentano appunto, su base statistica, una predisposizione maggiore (per distribuzione di eventi e caratteri morfometrici ed idrografici) al verificarsi di eventi intensi e concentrati, possono essere valutate e definite quelle condizioni fisiche (geologia, tipo di suolo, pendenza, presenza di dissesti in atto, bacino drenante di monte, etc.) che sono i fattori predisponenti alla formazione sia di frane di neoformazione, che di elevato trasporto di sedimenti e formazione di colate detritiche. Un possibile sviluppo in tale direzione, attualmente in corso di valutazione è quello che si può ottenere mediante la sovrapposizione tra la propensione al verificarsi di fenomeni tipo *flash flood* alla suscettibilità da frana sempre relativa al bacino e/o alla distribuzione delle coperture (tipo ed uso del suolo). In tale maniera si ottiene, in via teorica, una distribuzione di aree potenzialmente oggetto, sotto l'azione di determinate forzanti, di innesco di fenomeni di movimentazione di masse (frane, colate detritiche, trasporto di sedimenti in genere nel reticolo minore e negli alvei incanalati) secondo una classificazione su base qualitativa.





# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

L'analisi applicata per il bacino pilota in merito alla predisposizione al verificarsi di eventi alluvionali intensi e repentini è già stata applicata all'intero bacino dell'Arno come è desumibile dalla mappa sotto riportata.

## L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO NEL BACINO PILOTA

Per la predisposizione delle mappe di rischio è stato necessario prima definire gli elementi a rischio da considerare. Questo è ancora più importante se si considera che l'individuazione degli elementi a rischio è una elaborazione da compiere *ex novo*, che riguarda tutto il bacino dell'Arno interessato da fenomeni alluvionali.

Secondo la direttiva, le mappe del rischio devono contenere le conseguenze negative delle alluvioni espresse in termini di:

- numero di abitanti interessati,
- tipo di attività economiche,
- impianti di cui al d. lgs. 59/2005 (recepimento direttiva IPCC) potenzialmente interessati dagli eventi,
- altre informazioni considerate utili, tra le quali volume dei sedimenti trasportati, colare detritiche.

Il decreto di recepimento aggiunge che la definizione delle aree a rischio deve essere fatta secondo le quattro classi di rischio indicate nel d.p.c.m. 29 settembre 1998 ed include tra i termini da valutare anche le infrastrutture e le strutture strategiche (autostrade, ferrovie, scuole, ospedali, etc.), i beni ambientali, storici e culturali e le aree protette.

Considerando quanto sopra, in prima analisi sono state considerate le informazioni contenute negli strati informativi di Corine Landcover 2006. Agendo in maniera opportuna sui vari livelli, è stata definita una legenda che identifica la destinazione di uso del suolo derivata da Corine secondo classi che riteniamo abbiano il vantaggio di una rappresentazione sufficientemente dettagliata nel territorio delle diverse tipologie, e che inoltre possano essere rappresentate in maniera chiara ed omogenea in termini di danno atteso e quindi di rischio. Una legenda possibile è la seguente:



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*



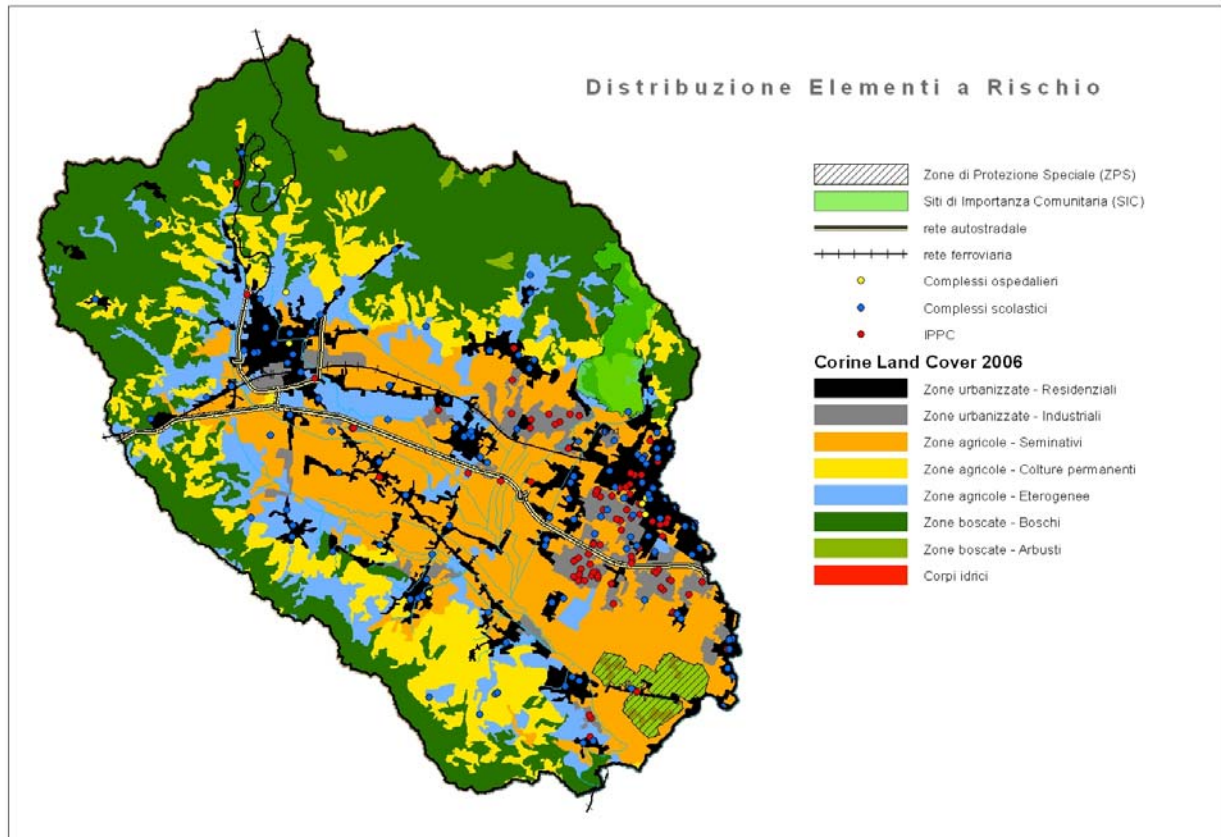
Le aree colorate della colonna di sinistra rappresentano pertanto le distinte classi di uso del suolo da considerare come elementi a rischio omogenei areali.

A tale classificazione, che corrisponde pertanto all'uso del suolo, si sovrappongono gli ulteriori elementi (puntuali, lineari o areali) prima richiamati ed ovvero: infrastrutture stradali e ferroviarie principali, ospedali, scuole, IPPC, SIC, ZPS, beni culturali.

Una prima rappresentazione della distribuzione degli elementi a rischio nel bacino pilota dell'Ombrone si può visualizzare nella mappa seguente:



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*



La mappa, rappresentabile fino ad un dettaglio 1:25.000, fornisce una distribuzione degli elementi che nel bacino possono subire conseguenze per effetto di un'alluvione. Ai sensi di quanto richiesto da direttiva e decreto, tale distribuzione deve essere integrata dalle informazioni relative ai beni culturali che sono in fase di acquisizione e di cui è necessario anche avere in ogni caso indicazioni su scala nazionale in merito sia alle informazioni disponibili che su quali informazioni dettagliare.

Il criterio sopra indicato è già stato esteso a tutto il resto del bacino dell'Arno.

I criteri sopra indicati per la definizione degli elementi a rischio dovranno essere necessariamente confrontati con le indicazioni che verranno in base alla linee guida su scala nazionale.

## LE PROPOSTE PER LA DEFINIZIONE DEL RISCHIO SECONDO LA DIRETTIVA

I Piani di Assetto Idrogeologico, nella maggior parte dei bacini idrografici italiani, individuano la pericolosità idraulica ma non approfondiscono, se non in sporadici casi, il tema del rischio fino a giungere alla delimitazioni di aree cartograficamente definite. Questo è vero anche per il bacino dell'Arno dove informazioni sul rischio atteso, in maniera qualitativa, si possono ricavare solo indirettamente, mediante la sovrapposizione della pericolosità con la distribuzione degli elementi a rischio e le infrastrutture ricavate



## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

dalla CTR regionale. Pertanto l'individuazione di classi di rischio e l'accorpamento sulla base di livelli di danno (qualitativo e/o quantitativo), secondo quanto richiesto dalla direttiva, è una elaborazione compiuta *ex novo* che dovrà riguardare tutto il bacino dell'Arno potenzialmente interessato da fenomeni alluvionali.

Il decreto di recepimento indica che la definizione delle aree deve essere fatta secondo le quattro classi di rischio indicate nel d.p.c.m. 29 settembre 1998 ed include, come indicato precedentemente per quanto riguarda gli elementi a rischio, tra i termini da valutare anche le infrastrutture e le strutture strategiche (autostrade, ferrovie, scuole, ospedali, etc.), i beni ambientali, storici e culturali e le aree protette.

Nella suddivisione in 4 classi prevista dall'atto di indirizzo si può notare però che non si tiene conto, di fatto, della frequenza di accadimento, ovvero, non viene preso in considerazione il tempo di ritorno che è, invece, il parametro discriminante utilizzato ai fini della identificazione delle classi di pericolosità. Da ciò ne deriva una difficoltà oggettiva a ricavare, partendo dalle classi di pericolosità, delle corrispondenti e/o coerenti classi di rischio. In tal senso è opportuno che giungano quanto prima dal Ministero indicazioni in merito sia alla matrice di rischio da utilizzare, sia agli elementi a rischio da considerare.

L'orientamento per la redazione delle mappe del rischio nel bacino dell'Arno, da sviluppare sia nell'ambito del bacino pilota del fiume Ombrone sia nell'intero bacino al momento, è quello di andare verso la definizione di 4 classi di rischio individuate su base qualitativa. Questa elaborazione, che in ogni caso sarà sviluppata nel corso del 2013, terrà conto di quanto stabilito uniformemente in merito alle classi di rischio sia alla scala del distretto dell'Appennino Settentrionale, che alla scala nazionale. In tal senso è opportuno ribadire la necessità di linee guida per l'attuazione della direttiva che, partendo dall'esperienza acquisita con i Piani di Assetto Idrogeologico, definiscano metodi e criteri omogenei alla scala dell'intero territorio nazionale in merito alle classi di uso del suolo da considerare, per la stima della vulnerabilità da assegnare ad ogni classe e per le macrocategorie per le quali è necessario procedere alla determinazione del rischio.

Se necessario saranno valutati approfondimenti di tipo quantitativo, per le aree urbane di maggior importanza, mediante lo sviluppo di un metodo, già intrapreso a livello di lavoro scientifico per una porzione dell'area del centro storico di Firenze, che associ il danno atteso alle altezze di acqua stimate per ogni scenario di riferimento. L'obiettivo è pertanto quello di determinare, per particolari aree urbanizzate, delle stime quantitative, massime e minime, di danno atteso (in euro) per alcune macrocategorie (edifici civili, attività economiche, edifici pubblici, etc.) per ogni scenario considerato, così da ottenere una determinazione quantitativa del rischio.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

CONCLUSIONI: IL PIANO DI LAVORO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO PER LA REDAZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO DELL'INTERO BACINO.

In base al lavoro svolto sino a questo momento è stato possibile stabilire un programma di attività che consenta di rispettare le scadenze dettate dalla 2007/60 e, al contempo, di fornire carte di pericolosità e rischio corrispondenti ai requisiti richiesti.

Il piano di lavoro potrà subire modifiche in seguito alla emanazione delle linee guida in merito alla direttiva alluvioni che il Ministero sta attualmente predisponendo con il supporto di ISPRA. In tal senso è già stato attivato da parte di questa AdB un confronto estremamente costruttivo sia con il Ministero che con ISPRA che ha in corso di elaborazione la proposta di linee guida.

Il piano di lavoro segue le indicazioni avute dal Comitato Tecnico che, ricordiamo, si espresso in merito alle problematiche inerenti la direttiva alluvioni nelle sedute indicate nell'elenco che segue:

- Comitato Tecnico del 18 febbraio 2011: nella seduta vengono illustrati i compiti dell'AdB per ciò che riguarda la direttiva alluvioni e vengono condivisi tecnicamente i contenuti della relazione presentata dalla Segreteria Tecnica in merito ai criteri per la definizione delle mappe nel bacino dell'Arno; la relazione indica, in sintesi, che la direttiva verrà applicata richiamando la coerenza con i corpi idrici individuati per la direttiva "acque" e prevedendo in via preliminare l'adeguamento secondo i criteri della direttiva di circa 800 km lineari di reticolo modellati nel PAI, la realizzazione di nuove modellazioni per circa 400 km lineari di reticolo, l'adeguamento ai criteri della direttiva dei restanti 600 km lineari di reticolo idraulico perimetrato con criteri geomorfologico e storico-inventariale; nella relazione vengono anche indicata la stima dei fabbisogni necessari per la realizzazione, il cui esame viene rinviato alla seduta successiva;
- Comitato Tecnico integrato alle Regioni del distretto del 28 febbraio 2011: in tale sede viene illustrato il cronoprogramma delle attività e la stima dei fabbisogni necessari per la realizzazione delle mappe di pericolosità e rischio alla scala di distretto;
- Comitato Tecnico dell'11 maggio 2011: viene illustrato al Comitato lo stato di avanzamento del lavoro svolto sia come attività di coordinamento che ha condotto in collaborazione con le Regioni competenti alla stesura del cronoprogramma delle attività e della stima dei fabbisogni necessari, sia come attività specifica come Autorità competente per l'applicazione della direttiva nel bacino dell'Arno;
- Comitato Tecnico del 30 novembre 2011: in tale sede viene presentato e condiviso dal Comitato il lavoro svolto dalla Segreteria Tecnica nel bacino pilota dell'Ombrone Pistoiese per l'applicazione della direttiva 2007/60/CE ai fini della mappatura di pericolosità e rischio e per l'aggiornamento della PAI sempre in tale



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

bacino; tale lavoro è propedeutico allo sviluppo della mappatura nel resto del bacino dell'Arno.

Il piano di lavoro è pertanto stato predisposto in funzione di quanto stabilito sia nelle sedute di Comitato Tecnico sopra richiamate, sia negli incontri ulteriori che si sono tenuti a livello di coordinamento di Distretto. Contrariamente a quanto indicato inizialmente in Comitato, sia per la realizzazione della nuova modellazione per il bacino pilota, che per le ulteriori fasi di sviluppo di nuova modellazione (area Arno fiorentino prevista per la fine di questo anno), che dell'adeguamento ai requisiti della direttiva delle mappe del PAI esistenti (dettaglio e sintesi), si è fatto ricorso e si farà ricorso esclusivamente all'utilizzo di personale interno all'AdB Arno e di strumenti ed informazioni (dati di base, modelli, sezioni topografiche, cartografie, etc.) già disponibili e gestibili attraverso il know-how a disposizione dell'AdB. Tale scelta è maturata in conseguenza della carenza di risorse economiche disponibili, sia in funzione della necessità di rispettare i tempi previsti dalla direttiva e dal cronoprogramma. Sono state quindi riconsiderate alcune attività di modellazione ex-novo che pertanto sono state e saranno sviluppate solo laddove strettamente necessario (bacino pilota dell'Ombrone, circa 160 km lineari di aste già completato; tratto dell'Arno fiorentino, circa 80 km lineari, da completare). Il piano seguente, quindi, verrà attuato principalmente attraverso l'utilizzo di sole risorse interne; in funzione di eventuali risorse che dovessero rendersi disponibili sarà eventualmente possibile attuare ulteriori sviluppi non considerati in questa fase.

Il piano è distinto in due punti: il primo riguardante la sintesi dello stato di avanzamento dei lavori e la loro conclusione nel bacino pilota, il secondo lo stato di avanzamento e la conclusione dei lavori per l'intero bacino dell'Arno.

## **1) Stato di avanzamento dei lavori e piano delle attività nel Bacino pilota Ombrone Pistoiese:**

Allo stato attuale risultano completate per il bacino pilota i seguenti strati informativi:

- cartografia scala 1:10.000 della pericolosità idraulica, realizzata mediante modellazione idraulica applicata all'intero reticolo idrografico principale del bacino, secondo tre scenari di riferimento;
- cartografia scala 1:10.000 delle aree di transito e di accumulo (diverse velocità) per gli scenari Tr30 e Tr200;
- cartografia scala 1:10.000 dei battenti statici attesi per gli scenari Tr30 e Tr 200;
- cartografia della distribuzione della propensione al dissesto arginale;
- cartografia in scala 1:10.000 della prima individuazione della propensione al verificarsi nel bacino di eventi intensi e concentrati tipo *flash flood*;



## *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

- cartografia in scala 1: 10.000 della distribuzione degli elementi a rischio (con esclusione dei beni culturali e di alcuni approfondimenti in merito alla distribuzione degli edifici scolastici) secondo la legenda sopra richiamata.

Si devono invece completare:

- cartografia definitiva della propensione al verificarsi di fenomeni intensi e concentrati tipo *flash flood*;
- completamento cartografia distribuzione degli elementi a rischio; tale mappatura, secondo i criteri già sperimentati e con le integrazioni per quanto riguarda i beni culturali;
- cartografia scala 1:10.000 del rischio qualitativo.

Tali attività saranno completate tutte entro la fine dell'anno in corso, tale ipotesi potrà essere rivista in funzione di quanto sarà indicato nelle Linee guida per l'applicazione della direttiva "alluvioni" che devono essere emanate quanto prima dal Ministero.

### ***2) Stato di avanzamento dei lavori e piano delle attività per la restante porzione del bacino idrografico del fiume Arno***

In base ai criteri minimi unitari stabiliti attraverso il coordinamento svolto alla scala distrettuale e sulla base delle indicazioni scaturite attraverso la sperimentazione nel bacino pilota dell'Ombrone, il piano prevede, e si sta svolgendo, secondo i punti successivi, divisi per mappe di pericolosità e rischio, e che verrà applicato per l'intera area già a suo tempo oggetto di indagine per il PAI (scala di sintesi 1:25.000 e di dettaglio 1:10.000), illustrata nella mappa che segue:



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*



## *Mappe di pericolosità*

- per le aree classificate nel PAI alla scala di sintesi (1:25.000), per le quali la perimetrazione è avvenuta mediante criteri geonorfologici e storico-inventariali, si procederà all'adeguamento della cartografia secondo i tre scenari di riferimento, attraverso l'analisi critica delle aree perimetrate alla luce degli eventuali accadimenti recenti, fornendo stime qualitative in merito al battente atteso; si prevede il completamento per febbraio 2013;
- per le aree classificate nel PAI alla scala di dettaglio (1:10.000), con esclusione dell'area dell'Arno fiorentino compreso tra il ponte della Direttissima Firenze-Roma e la confluenza dell'Ombrone, si procederà all'adeguamento delle mappe di pericolosità esistenti secondo i tre scenari evidenziati per il bacino pilota, mediante analisi critica della modellazione, identificazione delle aree di transito e di accumulo (diversa velocità) e dei battenti stati per gli scenari Tr30 e Tr200 e adeguamento di tali dati ai requisiti della direttiva; allo stato attuale sono in via di adeguamento le aree del valdarno inferiore e superiore; si prevede il completamento per la fine del 2012;





# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

- per l'area dell'Arno fiorentino, compresa tra il ponte della Direttissima Firenze-Roma e la confluenza dell'Ombrone, si procederà alla modellazione idrologico-idraulica ex-novo secondo la metodologia analitica utilizzata per il bacino pilota secondo i tre scenari di riferimento e i dati ad essi connessi; si prevede l'ultimazione di tale modellazione e la definizione degli scenari di pericolosità alla scala 1:10.000 (dettaglio) entro la fine del 2012
- verifica degli idrogrammi di progetto utilizzati sia nel PAI che per le modellazioni ex-novo; si prevede il completamento di tale attività entro il febbraio 2012;
- definizione della propensione al verificarsi di eventi intensi e concentrati tipo *flash flood* in tutto il bacino dell'Arno alla scala 1:25.000 secondo la metodologia sviluppata nel bacino pilota; la prima stesura della cartografia è già ultimata alla scala di bacino; si prevede la stesura definitiva entro la fine del 2012;
- definizione per il reticolo arginato di fondovalle del bacino dell'Arno, con particolare riferimento ai tratti dell'asta principale classificati in seconda categoria ai sensi del R.D. 523/1904, di cui si hanno informazioni di tipo geometrico della propensione al cedimento arginale secondo la metodologia sviluppata nel bacino pilota; tale documentazione farà eventualmente parte del quadro conoscitivo di bacino;

## **Mappe di rischio**

- definizione della cartografia della distribuzione degli elementi a rischio in scala 1:10:000 (dettaglio) e in scala 1:25:000 (sintesi), per la porzione di bacino interessato dalla pericolosità idraulica; tale mappatura, secondo i criteri sperimentati nel bacino pilota e condivisi alla scala di distretto, sarà completata entro marzo 2013; tale ipotesi dovrà essere rivista se sopraggiungeranno indicazioni diverse in conseguenza delle linee guida;
- definizione della cartografia del rischio in scala 1:10.000 (dettaglio) e in scala 1:25:000 (sintesi), per l'intero bacino; si prevede il completamento di tale informazione per il maggio 2013; anche tale scadenza in ogni caso dipende strettamente dalle indicazioni che scaturiranno dalle linee guida sopra richiamate.

La restituzione quindi delle informazioni relative alla pericolosità e del rischio per l'intero bacino interessato, sia alla scala 1:10.000 (livello di dettaglio) che alla scala 1:25.000, secondo le modalità GIS previste dalla "GIS Guidance for reporting of Flood hazard maps and Flood risk maps" e il loro trasferimento ad ISPRA è prevista per il giugno 2013. Nel contempo saranno resi fruibili tutte le informazioni mediante la loro pubblicazione nel sito del distretto, nell'area dedicata al bacino idrografico dell'Arno, sia mediante immagini, relazioni, dati fruibili, cartografia in formato PDF, visualizzazioni webgis.



# *Autorità di Bacino del Fiume Arno*

### **3) Consultazione e partecipazione pubblica**

Il processo di lavoro che ha interessato il bacino pilota dell'Ombrone Pistoiese è stato partecipato, in tutto il suo percorso, insieme agli enti locali interessati (comuni, province, consorzi di bonifica, regione); questo anche in funzione delle modifiche che tale lavoro sta comportando al piano di assetto idrogeologico dell'area. Tutta la documentazione tecnica inerente il bacino pilota, elaborata sia secondo i requisiti della direttiva alluvioni sia secondo le indicazioni del PAI, è disponibile nel sito del distretto <http://www.appenninosettentrionale.it/dist/>, nell'area appositamente dedicata all'Unità di Gestione AdB Arno [http://www.appenninosettentrionale.it/dist/?page\\_id=217](http://www.appenninosettentrionale.it/dist/?page_id=217). La documentazione, sia consultabile che scaricabile, comprende anche lo stato di avanzamento dei lavori per la restante area del bacino. Tali informazioni sono continuamente aggiornate sia in funzione delle elaborazioni in corso, sia in funzione delle osservazioni degli *stakeholder*. Inoltre le metodologie utilizzate e i risultati raggiunti sono stati illustrati in diversi eventi pubblici tra i quali si ricordano il workshop "Valutazione del rischio idraulico in ambito montano ed applicazione della direttiva alluvioni" organizzato nei giorni del 3 e 4 maggio 2012 dalla Libera Università di Bolzano, in collaborazione con ISPRA e la Provincia Autonoma di Bolzano, e il convegno "Conoscere i nostri fiumi - Consistenza delle opere idrauliche e buon regime delle acque", organizzato dalla Regione Toscana il 25 maggio 2012 nell'ambito dell'iniziativa "Terra Futura".

Si prevede inoltre per il prossimo autunno l'organizzazione di apposite giornate e workshop di consultazione pubblica sui risultati raggiunti e sulle tematiche ancora da sviluppare.

### **4) Cronoprogramma delle attività**

Il seguente cronoprogramma sintetizza le attività sopra descritte, sino ad arrivare alla scadenza per la realizzazione delle mappe di pericolosità e rischio idraulico, prevista per giugno 2013:



# Autorità di Bacino del Fiume Arno

	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	05/13	06/13
<b>Bacino Pilota Ombrone.</b> Cartografia definitiva della propensione al verificarsi di fenomeni intensi e concentrati tipo flash flood													
<b>Bacino Pilota Ombrone.</b> Cartografia distribuzione degli elementi a rischio													
<b>Bacino Pilota Ombrone.</b> Cartografia scala 1:10.000 del rischio qualitativo													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Adeguamento delle mappe di pericolosità esistenti scala dettaglio (1:10.000)													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Modellazione idrologico-idraulica ex-novo area dell'Arno fiorentino													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Verifica degli idrogrammi di progetto													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Adeguamento delle mappe di pericolosità esistenti scala sintesi (1:25.000)													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Cartografia definitiva della propensione al verificarsi di fenomeni intensi e concentrati tipo flash flood													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Cartografia distribuzione degli elementi a rischio													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Cartografia scala 1:10.000 del rischio qualitativo													
<b>Intero Bacino Arno.</b> Completamento strati informativi													