



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE

Valutazione preliminare del rischio di alluvioni e definizione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvioni ai sensi degli art. 4 e 5 della Direttiva 2007/60/CE: secondo ciclo di gestione

RELAZIONE METODOLOGICA



DISTRETTO: SARDEGNA

INDICE

Introduzione	1
Aggiornamenti e variazioni introdotti nel secondo ciclo di gestione	2
1 Il nuovo assetto amministrativo	2
1.1 Competenze e coordinamento a livello nazionale e distrettuale.....	6
1.2 Il Distretto Sardegna: il nuovo assetto territoriale.....	9
2 Review della PFRA e delle APSFR.....	10
2.1 Primo ciclo di gestione	10
2.2 Secondo ciclo di gestione.....	14
La Valutazione Preliminare del Rischio	16
3 Utilizzo delle mappe di cui all'art. 4.2a ai fini della valutazione preliminare del rischio di alluvioni.....	16
3.1 Topografia.....	17
Sub_Bacino del Sulcis.....	20
Sub_Bacino del Tirso.....	21
Sub_Bacino del Coghinas-Mannu-Temo	23
Sub_Bacino del Liscia	24
Sub_Bacino Posada-Cedrina	25
Sub_Bacino Sud-Orientale.....	27
Sub_Bacino Flumendosa-Campidano-Cixerri.....	28
3.2 Uso del suolo.....	31
4 Metodologia e criteri per identificare e valutare le alluvioni del passato di cui all'art. 4.2b e 4.2c e le loro conseguenze avverse.....	32
4.1 La Piattaforma FloodCat.....	36
4.1.1 Lo schema del FloodCat	37
4.1.2 Esportazione dei dati FloodCat per il reporting PFRA	38
5 Metodologia per definire le alluvioni future di cui all'art. 4.2d e le loro potenziali conseguenze avverse.....	40
5.1 Le fonti informative per l'individuazione delle aree soggette a future flood nel Distretto Sardegna	44
6 Metodologia e dati su cui si è basata la valutazione degli impatti passati e la stima dei potenziali impatti futuri.....	49
7 Focus di approfondimento su eventi considerati di particolare interesse.....	50
7.1 Eventi passati.....	50
7.1.1 L'evento alluvionale "Cleopatra" del 18 e 19 novembre 2013	51
7.2 Eventi futuri.....	53
7.3 Bibliografia degli eventi	54
Le Aree a Potenziale Rischio Significativo	55

8	Metodologia e criteri per la determinazione del rischio significativo di alluvione.....	55
8.1	<i>Le APSFR nel Distretto Sardegna.....</i>	<i>57</i>
9	Modalità con cui le categorie di elementi a rischio sono state prese in considerazione...	57
	I cambiamenti climatici (art. 14.4).....	58
10	Approfondimenti a scala regionale e locale	60
10.1	<i>Valutazione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici</i>	<i>62</i>
10.2	<i>Le Flash Flood come effetto dei cambiamenti climatici: il metodo Arno</i>	<i>63</i>
10.3	<i>Applicazione del metodo "Arno" al Distretto della Sardegna</i>	<i>66</i>
	APPENDICE 1: corrispondenza tra Reference del reporting e capitoli.....	68
	APPENDICE 2: MAPPA PFRA PAST FLOOD EVENT	69
	APPENDICE 3: MAPPA PFRA FUTURE FLOOD EVENT	69
	APPENDICE 4: MAPPA APSFR	69
	ALLEGATO 1: INDIVIDUAZIONE DEI BACINI PREDISPOSTI A FENOMENI DI FLASH FLOOD MEDIANTE INDICATORI	69

Introduzione

L'art. 4 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (*Floods Directive - FD*) richiede agli Stati Membri (Member State - **MS**) di effettuare la Valutazione Preliminare del Rischio (*Preliminary Flood Risk Assessment - PFRA*) per ciascun Distretto Idrografico (*River Basin District - RBD*), Unità di Gestione (*Unit of Management - UoM*) o porzione di distretto/Unità di gestione internazionale ricadenti nel proprio territorio. Tale valutazione dovrà essere basata su informazioni disponibili o prontamente derivabili. In accordo con l'art. 5 della FD, l'identificazione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvione (*Areas of Potential Significant Flood Risk - APSFR*) sarà basata sugli esiti della PFRA. Nel caso di RBD o UoM internazionali le Autorità Competenti dovranno condividere tra loro le informazioni rilevanti (art. 4.3 FD) e l'individuazione della APSFR dovrà essere coordinata tra gli Stati Membri (art. 5.2 FD).

L'art. 14.1 della FD stabilisce che **entro il 22 dicembre 2018** e successivamente ogni sei anni si debba procedere al **riesame della Valutazione Preliminare del rischio di alluvioni** o, nel caso siano state adottate le misure transitorie, delle valutazioni e decisioni di cui all'art. 13.1 e, se del caso, provvedere al relativo aggiornamento. Nell'ambito di tale processo di revisione, l'art. 14.4 specifica che occorre tener conto dell'impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.

Secondo quanto specificato all'art. 15 della FD, il **22 marzo 2019** è il **termine ultimo per effettuare il reporting della PFRA e delle APSFR** per il secondo ciclo di gestione. Pertanto, entro tale data, occorre fornire quanto richiesto dalla Direttiva secondo le modalità e i formati approvati in sede di Commissione Europea (**CE**).

La presente relazione descrive nel dettaglio i contenuti della PFRA e le metodologie, i criteri e le fonti dei dati utilizzate per condurre la revisione della PFRA e la conseguente ridefinizione delle APSFR.

Aggiornamenti e variazioni introdotti nel secondo ciclo di gestione

1 Il nuovo assetto amministrativo¹

Il decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, che ha recepito nel nostro ordinamento la Direttiva Alluvioni, individua all'art. 3 le "Competenze amministrative", stabilendo che agli adempimenti della FD debbano provvedere le autorità di bacino distrettuali e che le regioni in coordinamento tra loro e con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (DPCN) provvedano per il distretto cui afferiscono, alla predisposizione e attuazione del sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

L'assetto territoriale e amministrativo che ha sostenuto l'implementazione della FD nel primo ciclo di gestione si è basato sulla suddivisione del territorio nazionale in 8 Distretti a loro volta ripartiti in 47 Unità di Gestione (*Unit of Management - UoM*) la cui definizione territoriale ricalca quella dei bacini di rilievo nazionale, regionale e interregionale della L. 183/1989 (*Figura 1*). La scelta di livello nazionale di individuare all'interno dei Distretti delle sub unità territoriali corrispondenti ai bacini della L. 183/89 rispetto alle quali riportare gli esiti dell'implementazione della direttiva alluvioni, si basa sulla necessità di disporre di un livello spaziale di analisi e gestione delle condizioni di pericolosità e di rischio sufficientemente dettagliato da consentire la corretta rappresentazione delle condizioni di omogeneità in termini di caratteristiche topografiche, geologiche, morfologiche e idrologiche. Tale scelta, pertanto, resta valida anche a valle della nuova riorganizzazione dell'assetto amministrativo.

¹ FONTE: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/dissesto-idrogeologico-in-italia-pericolosita-e-indicatori-di-rischio-edizione-2018>

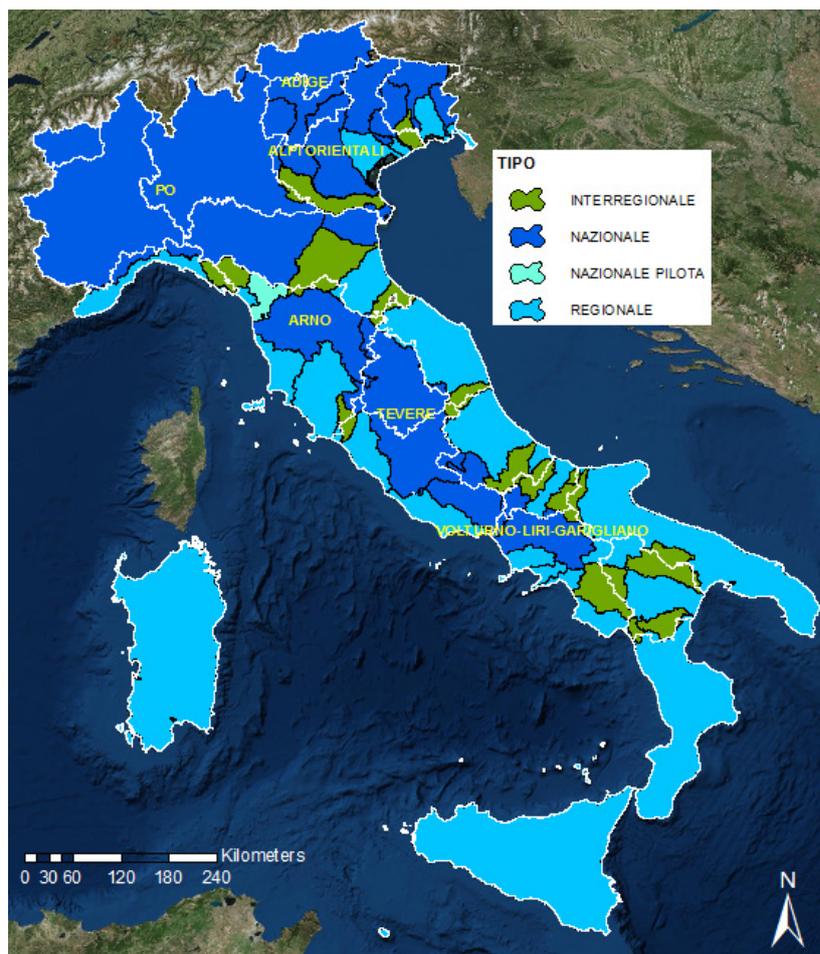


Figura 1 - Bacini di rilievo nazionale, interregionale e regionale e limiti regionali/provinciali

Le competenze in relazione agli adempimenti previsti dalla FD e dal suo decreto attuativo sono state ripartite, nel transitorio, su 54 Autorità Competenti (*Competent Authority – CA*) comprendenti Regioni, Province Autonome, Autorità di Bacino Nazionali (con funzione di coordinamento nell’ambito del distretto idrografico di appartenenza ai sensi dell’art.4 del D.Lgs. 219/2010), Interregionali e Regionali, Ministero dell’Ambiente del Territorio e del Mare (MATTM) e DPCN.



Figura 2 - Distretti, Unità di gestione e limiti regionali/provinciali - Primo ciclo di gestione

La **Legge n. 221** del 28 dicembre **2015** (c.d. Collegato Ambientale) ([Gazzetta n.13 del 18 gennaio 2016](#)) con l'art. 51, è intervenuta sostituendo sia l'art. 63 (Autorità di bacino distrettuale) che l'art. 64 (Distretti idrografici) del DLgs 152/2006. Con la modifica di quest'ultimo articolo in particolare, è stato definito un nuovo assetto territoriale per i distretti idrografici portandoli da 8 a 7 con la soppressione del Distretto del Serchio, inglobato nel Distretto dell'Appennino Settentrionale e con una diversa attribuzione ai distretti di alcune UoM: i bacini idrografici interregionali Fissero Tartaro Canalbianco (precedentemente assegnati al Distretto delle Alpi Orientali), Conca Marecchia e Reno (precedentemente assegnati al Distretto dell'Appennino Settentrionale) nonché i bacini regionali romagnoli (precedentemente assegnati al Distretto dell'Appennino Settentrionale) sono confluiti nel Distretto del Fiume Po; il bacino interregionale del Fiora (precedentemente assegnato al Distretto dell'Appennino Settentrionale) e quelli regionali delle Marche (precedentemente in parte assegnati al Distretto dell'Appennino Settentrionale) sono confluiti nel Distretto dell'Appennino Centrale.



Figura 3 - Distretti, Unità di gestione e limiti regionali/provinciali – Secondo ciclo di gestione

L'art. 63 del DLgs 152/2006, come sostituito dalla Legge 221/2015, ha previsto al comma 3 che attraverso un Decreto del Ministro dell'Ambiente, emanato di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze e con il Ministro per la Semplificazione e la Pubblica Amministrazione, fossero disciplinati l'attribuzione e il trasferimento alle Autorità di bacino distrettuali (ABD) del personale e delle risorse strumentali e finanziarie delle Autorità di bacino di cui alla L. 183/89, mentre al comma 4 è stato stabilito che entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del DM suddetto con uno o più decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri venissero individuate le unità di personale trasferite alle Autorità di Distretto e definite di conseguenza le relative dotazioni organiche. Tutto ciò è avvenuto dapprima con il **DM 294 del 25 ottobre 2016** (Gazzetta n. 27 del 2 febbraio 2017 ed entrato in vigore in data 17 febbraio 2017) e successivamente con i **DPCM del 4 Aprile 2018** (Pubblicati [su GU n.135 del 13-6-2018](#)). L'art. 4 al comma 2 del DM 294/2016 ha stabilito che l'Autorità di bacino distrettuale sia "Autorità Competente" (CA) ai sensi dell'art. 3 della Direttiva Quadro Acque (Dir. 2000/60/CE) e dell'art. 3 della FD. Inoltre, la stessa L. 221/2015 all'art. 51 comma 4 fissa la data di entrata in vigore del DM come limite temporale per la soppressione delle Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali di cui alla legge 183/1989. Pertanto dal 17 febbraio 2017 le uniche autorità di bacino vigenti sono quelle Distrettuali, aventi la natura giuridica di enti pubblici non economici, le quali svolgono il ruolo di "**primeCompetentAuthority**" ai fini

degli adempimenti delle Direttive Acque e Alluvioni. A queste 7 CA si affiancano ulteriori autorità competenti con ruoli e funzioni diverse (“otherCompetentAuthority”): le Regioni e Province Autonome (n. 21 CA), il MATTM, l’ISPRA e il DPC per un totale di 31 CA.

Con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale (GU Serie generale - n. 82 del 09 Aprile 2018) del **Decreto Ministeriale n. 52 del 26/02/2018** del Ministero dell’Ambiente di concerto con il Ministero dell’Economia sono stati approvati gli Statuti delle Autorità di bacino distrettuali: delle Alpi Orientali; del fiume Po; dell’Appennino Settentrionale; dell’Appennino Centrale e dell’Appennino Meridionale.

Per quanto riguarda i distretti idrografici della Sicilia e della Sardegna, il nuovo art. 63 comma 2 ha stabilito che “Nel rispetto dei principi di sussidiarietà, differenziazione e adeguatezza nonché di efficienza e riduzione della spesa, nei distretti idrografici il cui territorio coincide con il territorio regionale, le regioni, al fine di adeguare il proprio ordinamento ai principi del presente decreto, istituiscono l’Autorità di bacino distrettuale, che esercita i compiti e le funzioni previsti nel presente articolo; alla medesima Autorità di bacino distrettuale sono altresì attribuite le competenze delle regioni di cui alla presente parte. Il Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, anche avvalendosi dell’ISPRA, assume le funzioni di indirizzo dell’Autorità di bacino distrettuale e di coordinamento con le altre Autorità di bacino distrettuali”.

In attuazione di ciò l’istituzione dell’Autorità di bacino del distretto idrografico della **Sicilia** è avvenuta con **Legge regionale n. 8 dell’8 maggio 2018**, art. 3 commi 1 e 2. Al fine di consentire l’immediata operatività dell’Autorità di bacino, la Giunta Regionale con Deliberazione n. 271 del 25 luglio 2018 ha approvato l’Atto di indirizzo del Presidente della Regione Siciliana concernente la disciplina transitoria di cui all’articolo 3, comma 8 della legge regionale suddetta.

L’Autorità di bacino del Distretto Idrografico della **Sardegna** è stata istituita per l’insieme dei bacini regionali con l’art. 5 della **Legge regionale n. 19 del 6 dicembre 2006**. Tale legge individua compiti e funzioni dell’Autorità e, come specificato all’art. 12, l’Autorità di bacino suddetta si avvale della Direzione Generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna in qualità di segreteria tecnico-operativa.

1.1 Competenze e coordinamento a livello nazionale e distrettuale

Il nuovo assetto amministrativo consente, ai sensi dell’art. 4 comma 2 del DM 294/2016, di avere all’interno di ciascun Distretto un’unica Autorità competente ai sensi dell’art. 3.2(a) della direttiva 2007/60/CE e dell’art. 3.1 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n.49.

In particolare in attuazione del D.Lgs. 152/2016, il DM 294/2016 ha riconosciuto al MATTM funzioni d’indirizzo e coordinamento nei confronti delle Autorità di bacino distrettuali, prevedendo espressamente (art. 5) che il Ministero possa stabilire criteri e indirizzi uniformi per l’intero territorio nazionale per la predisposizione dei regolamenti e degli atti a valenza generale, anche di natura tecnica, dell’Autorità stessa, potendo in tali funzioni avvalersi dell’ISPRA, nonché funzioni di vigilanza sulle medesime.

L'art. 13 del DLgs 49/2010 stabilisce che il Portale Cartografico Nazionale del MATTM, oggi Geoportale Nazionale, ospiti gli esiti cartografici dei vari adempimenti previsti dalla FD e dei relativi aggiornamenti messi a disposizione dalle Autorità di Distretto. Queste stesse Autorità trasmettono le informazioni previste per il reporting alla CE all'ISPRA secondo modalità e specifiche dati individuate dallo stesso ISPRA, tenendo conto della compatibilità con i sistemi di gestione dell'informazione adottati a livello comunitario.

In considerazione di ciò e delle modifiche territoriali introdotte dalla L. 221/2015 è stata avviata una contestuale attività di verifica e revisione dei limiti amministrativi distrettuali condotta dalle Autorità di Distretto in accordo con Regioni e Province Autonome e la supervisione di ISPRA e del MATTM, che si è formalmente conclusa con la pubblicazione da parte del MATTM del Decreto del Direttore Generale per la salvaguardia del territorio e delle acque STA.DEC. prot. n. 416 del 8 agosto 2018. Con tale Decreto è stato approvato il nuovo strato informativo vettoriale relativo ai limiti amministrativi delle Autorità di bacino distrettuali. All'art. 3 viene specificato che tale strato informativo *costituisce la base cartografica di riferimento sia per le attività di pianificazione di bacino distrettuale, tra cui in particolare l'elaborazione del secondo aggiornamento dei piani di gestione delle acque ai sensi della direttiva 2000/60/CE e del primo aggiornamento dei piani di gestione del rischio di alluvioni ai sensi direttiva 2007/60/CE, sia per le correlate comunicazioni alla Commissione europea di cui alle medesime direttive.*

Parallelamente all'attività di verifica e revisione dei limiti amministrativi distrettuali è stata condotta analoga attività sui limiti amministrativi delle Unità di Gestione (*Unit of Management*).

Come stabilito dall'art. 2 del suddetto STA.DEC. lo strato informativo "**Limiti Amministrativi delle Autorità di Bacino Distrettuali**", così come il layer delle **Unit of Management**, sono stati pubblicati sul Geoportale Nazionale e sono scaricabili attraverso specifici servizi di rete. Di seguito sono fornite le indicazioni per accedere ai servizi di visualizzazione/download predisposti sul Geoportale Nazionale.

- Servizio di visualizzazione **WMS** raggiungibile al seguente link:

<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/>

I servizi **WMS** che permettono di visualizzare gli strati attraverso un client GIS sono i seguenti:

- http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Limiti_Ammministrativi_AdBD_2018.map
- http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/UnitOfManagement_IT_20181025.map

- Servizio di download **WFS** raggiungibile al seguente link:

<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-di-scaricamento-wfs/>

I servizi **WFS** che permettono di scaricare gli shapefile attraverso un client GIS sono i seguenti:

- http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Limiti_Amministrativi_Ad_BD_2018.map
- http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/UnitOfManagement_IT_20181025.map

- Attraverso il **webgis** all'indirizzo:

<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/> è possibile visualizzare gli strati facendo doppio click sullo strato "**Limiti Amministrativi delle Autorità di Bacino Distrettuale**" o sullo strato "**Units of Management 2018**" presenti nell'apposita sezione in basso del visualizzatore.

Nell'ambito delle attività che l'art. 13 comma 4 del DLgs 49/2010 assegna all'ISPRA, l'Istituto ha redatto un documento dal titolo "*NOTE per il reporting artt. 4 e 5 della Dir. 2007/60/CE: Valutazione Preliminare del Rischio Alluvioni e individuazione delle Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvioni*" che fornisce non solo supporto in merito alle informazioni e ai relativi standard e formati per effettuare il reporting alla CE relativamente ai due adempimenti, ma indicazioni sulle metodologie a scala nazionale da adottare per la selezione degli eventi alluvionali, l'individuazione delle APSFR e la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici. Inoltre è stata condotta una costante attività di verifica e revisione delle varie proposte di schema e delle relative *Guidance* prodotte dalla Commissione Europea per il *reporting* FD art. 4 e 5.

In base all'art. 3.2 del DLgs 49/2010 le Regioni in coordinamento tra di loro e con il Dipartimento di Protezione Civile provvedono alla predisposizione e attuazione del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idraulico ai fini di protezione civile. Nell'ambito di tali competenze la Direttiva P.C.M. 24 febbraio 2015 ha fornito i relativi indirizzi operativi e introdotto lo strumento del "Catalogo degli eventi alluvionali" la cui compilazione è parte integrante delle misure dei PGR (misure M53) nonché base informativa per la Valutazione Preliminare del rischio di Alluvioni in relazione agli eventi alluvionali del passato di cui agli art. 4.2(b) e 4.2(c) della FD.

I contenuti e la struttura della piattaforma chiamata FloodCat sono stati curati dal DPC in collaborazione con l'ISPRA, con cui sono state redatte le "*NOTE sulla compilazione del catalogo degli eventi alluvionali mediante la piattaforma FloodCat conforme agli SCHEMA per il reporting della Dir. 2007/60/CE art. 4: Valutazione preliminare del rischio alluvioni*" (di seguito *NOTE FloodCat*).

Per quanto concerne il catalogo degli eventi, oltre al DPC, che come proprietario della piattaforma informatica ne garantisce la funzionalità curandone la manutenzione e l'eventuale aggiornamento, le modalità di alimentazione di tale piattaforma sono definite da specifiche intese tra le varie strutture regionali/provinciali competenti e le autorità di distretto.

Nello specifico le Regioni/Province: definiscono l'organizzazione delle attività nonché gli strumenti e le modalità con cui le informazioni relative a un evento alluvionale che ha generato allagamenti nel territorio di competenza e danni ai beni esposti e alla popolazione, devono essere raccolte, analizzate e rese disponibili al fine di garantire l'acquisizione di dati utili a valutare i principali meccanismi dell'esondazione e l'impatto sul territorio; sono responsabili del caricamento dei dati raccolti nella piattaforma FloodCat, che deve avvenire in conformità con le indicazioni contenute nel documento *NOTE FloodCat*; possono completare la descrizione dell'evento in più fasi successive tenendo conto del progredire delle attività di ricognizione in campo e dell'acquisizione di nuovi elementi informativi riguardanti le dinamiche e gli effetti associati all'evento.

L'Autorità di distretto coordina le attività di popolamento di *FloodCat* svolte dalle Regioni/Province col supporto del DPC e di ISPRA, valuta la rispondenza dei dati ai criteri di completezza e coerenza rispetto all'evoluzione nota dell'evento a livello spaziale e temporale alla scala dei sottobacini interessati e del distretto nel suo complesso e al criterio di conformità rispetto alle specifiche dei dati e alle impostazioni metodologiche e di qualità definite ai fini del *reporting* alla CE.

1.2 Il Distretto Sardegna: il nuovo assetto territoriale

A seguito delle modifiche sopra riportate il Distretto Sardegna ha attualmente un'estensione di 24.000 km².

L'assetto territoriale del Distretto è rappresentato nella *Figura 4*.



2 Review della PFRA e delle APSFR

Nei successivi paragrafi si descrive quanto fatto ai fini della PFRA e per l'individuazione delle APSFR nel primo ciclo di gestione e quali sono le variazioni e aggiornamenti introdotti nel secondo ciclo di gestione.

2.1 Primo ciclo di gestione

Nel primo ciclo di gestione l'Italia si è avvalsa delle misure transitorie di cui all'art. 13.1(b) della FD, scegliendo quindi di non effettuare il *reporting* della valutazione preliminare del rischio di alluvioni e di procedere, così come previsto dall'art. 13.1(b) della FD, direttamente alla redazione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni ai sensi dell'art. 6.

La scelta di avvalersi delle misure di cui all'art. 13.1(b) nel primo ciclo di gestione è stata fondata sull'attività e i prodotti realizzati ed esistenti già prima dell'entrata in vigore della FD e che si ritengono equivalenti a quanto richiesto dalla FD non solo in termini di informazioni ma anche di perseguimento delle finalità primarie della FD che sono quelle di valutazione e gestione del rischio di alluvione.

Nel seguito si riporta un breve excursus delle attività suddette derivanti dalle norme promulgate nel corso degli anni a livello nazionale.

L'art. 12 della legge 4 dicembre 1993, n. 493, integrando quanto previsto dall'art. 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183, prevedeva la possibilità di redigere il Piano di bacino per piani stralcio relativi a settori funzionali. A questo riguardo il decreto-legge n. 180 del 1998 stabiliva che le Autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni, per i restanti bacini, adottassero Piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (detti PAI) e che tali Piani dovessero contenere in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico. Il DPCM 29/9/1998 fornì i criteri per l'individuazione e la perimetrazione di tali aree e in particolare per quelle dove la maggiore vulnerabilità si legava a maggiori pericoli per le persone, le cose e il patrimonio ambientale, con lo scopo dichiarato di realizzare prodotti il più possibile omogenei e confrontabili a scala nazionale.

Nel DPCM sono considerati come elementi a rischio innanzitutto l'incolumità delle persone e inoltre, con carattere di priorità, almeno:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica; le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale e i beni culturali di interesse rilevante;

- le aree sede di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive ed infrastrutture primarie.

Secondo il DPCM, elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità è "la localizzazione e la caratterizzazione di eventi avvenuti nel passato". Esso fornisce indicazioni sul processo di delimitazione delle aree a rischio prevedendo in prima istanza, l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto. In tale fase di indagine vengono individuati, in cartografia in scala opportunamente prescelta in funzione delle dimensioni dell'area e comunque non inferiore a 1:100.000, i tronchi di rete idrografica per i quali deve essere eseguita la perimetrazione delle aree a rischio. Per ciascun tronco fluviale o insieme di tronchi è prevista la compilazione di una scheda che riporti sinteticamente:

- la tipologia del punto di possibile crisi, le caratteristiche idrauliche degli eventi temuti (colate detritiche, piene repentine, alluvioni di conoide, ecc. nei bacini montani; piene dei corsi d'acqua maggiori, piene con pericolo di disalveamento, piene con deposito di materiale alluvionale, sostanze inquinanti o altro, ecc. nei corsi d'acqua di fondo valle o di pianura);
- la descrizione sommaria del sito e la tipologia dei beni a rischio;
- la valutazione dei fenomeni accaduti e del danno temuto in caso di calamità;
- le informazioni disponibili sugli eventi calamitosi del passato;
- i dati idrologici e topografici e gli studi già eseguiti utilizzabili nelle successive fasi di approfondimento.

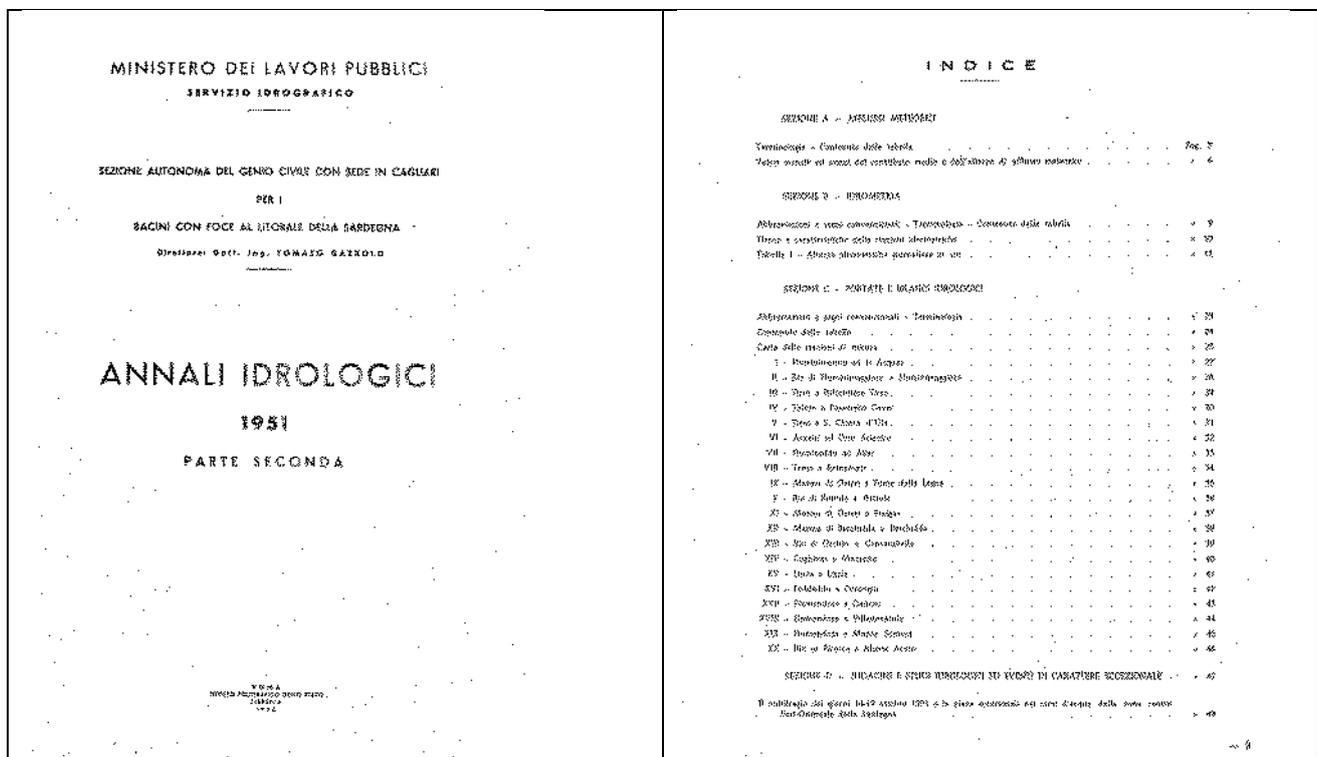
In tale fase è inoltre suggerito di avvalersi di informazioni già disponibili (la valutazione preliminare secondo l'art. 4 della FD, prevede analogamente di utilizzare informazioni disponibili o di facile reperimento) presso le strutture tecniche delle autorità di bacino e delle regioni sugli elementi suddetti, reperibili in loco o raccolte con l'interpretazione geomorfologica di osservazioni in sito, delle foto aeree, ecc., comprese le informazioni archiviate dal Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (GNDCI-CNR), nell'ambito del progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI).

Il progetto AVI, commissionato nel 1989 dal Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile al (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) aveva come obiettivo iniziale la realizzazione di un censimento delle aree storicamente colpite da eventi di inondazione e di frana in Italia nel periodo 1918-1991, periodo successivamente ampliato fino al 2001. Il censimento è consistito nella raccolta di notizie inerenti frane e inondazioni reperite attraverso la sistematica consultazione di varie fonti, fra le quali quotidiani locali e nazionali, monografie, rapporti tecnici, articoli scientifici e la realizzazione di interviste a esperti e tecnici del settore. I dati storici raccolti sono stati organizzati in un archivio cartaceo e in un corrispondente archivio digitale, che a tutt'oggi rappresenta un'ampia fonte di informazioni relativamente agli eventi idrogeologici calamitosi occorsi in Italia nel corso del XX secolo.

Una delle primarie fonti di informazioni riguardo alla descrizione delle caratteristiche idrologiche degli eventi di piena sono stati gli **Annali Idrologici**² redatti per ciascun Compartimento (aggregazioni di bacini idrografici) dai pertinenti uffici del Servizio Idrografico. Gli Annali contenevano già dai primi del '900 una sezione della parte II riservata all'analisi dei caratteri idrologici con approfondimenti dedicati alle piene significative verificatesi nell'anno in esame. Tale sezione è presente anche nella struttura editoriale consolidata a partire dal 1951 degli Annali Idrologici dove è indicata come *INDAGINI, STUDI IDROLOGICI ED EVENTI DI CARATTERE ECCEZIONALE*.

L'analisi di eventi eccezionali in genere avveniva attraverso un primo inquadramento dell'evento sia dal punto di vista spaziale che temporale (individuazione dei bacini interessati, delle località particolarmente colpite e dei giorni in cui l'evento si era verificato) seguito dalla descrizione del fenomeno dal punto di vista delle condizioni meteorologiche e idrometriche anche con rappresentazione grafica dell'andamento delle varie grandezze misurate durante l'evento (portata, pioggia, temperatura, pressione, direzione e velocità del vento), della localizzazione delle aree allagate e della loro estensione, talvolta con l'ausilio di apposita planimetria delle zone allagate e di materiale fotografico. Al termine dell'analisi erano riportate alcune considerazioni complementari anche alla luce dei maggiori eventi occorsi nel periodo di misura precedente (**Figura 5**).

Di seguito è riportato un esempio tratto dagli Annali Idrologici relativo al Distretto della Sardegna.



² <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/acque-interne-e-marino-costiere-1/progetto-annali>

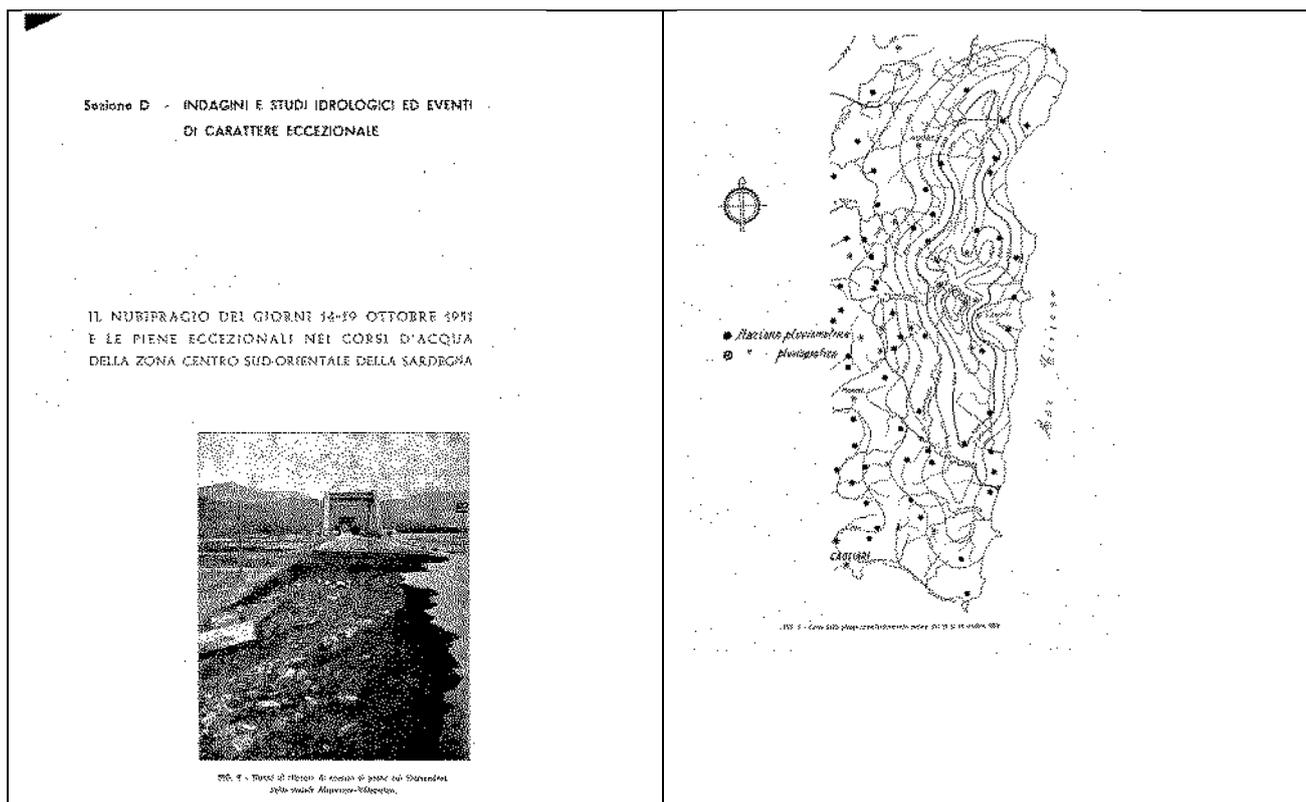


Figura 5 – Esempio di Analisi di eventi significativi in Annale idrologico del 1951 afferenti il nubifragio accaduto nell’ottobre di quell’anno riferito alla zona geografica dell’Ogliastra

Oltre agli Annali Idrologici nel corso degli anni e in specie per eventi particolarmente significativi in termini di impatto provocato e estensione dell’area interessata, sono stati redatti studi e indagini specifiche i cui risultati sono stati utilizzati per integrare la qualità e la quantità di informazioni disponibili sulla distribuzione delle aree a rischio idraulico e sul livello di rischio a cui tali aree sono soggette. Si citano a tal proposito, per il distretto della Sardegna si cita lo studio Hydrodata dell’evento in Comune di Capoterra avvenuto nell’anno 2008 (DELIBERA DEL COMITATO ISTITUZIONALE N. 1 DEL 22.04.2010)

<http://www.regione.sardegna.it/autoritadibacino/atti/studiericerche/>

Con il trasferimento delle competenze dei Servizi Idrografici alle Regioni in attuazione del DLgs 112/98 e del DPCM 24/07/2002, sono i Centri Funzionali di Protezione Civile, che curano la redazione e pubblicazione degli Annali Idrologici, in raccordo con le strutture nazionali competenti. Essi fra l’altro redigono studi di climatologia e in occasione di fenomeni meteorologici significativi, specifici Rapporti di Evento, in cui è contenuta la descrizione dell’evento meteo-idrogeologico e degli gli effetti al suolo da esso prodotti.

Sulla base degli elementi precedentemente descritti, il DPCM 29/9/1998 prevede la redazione di mappe di pericolosità secondo tre scenari mediante metodologie basate su modellistica idrologico-idraulica e in assenza di essa sulla base di informazioni storiche o criteri geomorfologici e successivamente la valutazione del livello di rischio rispetto al quale

sono definite norme di vincolo e in generale le misure di piano. Negli anni tali mappe sono state integrate con perimetrazioni di aree allagate nel corso di eventi alluvionali (indicate ad es., come siti o aree di attenzione) o con fasce di “salvaguardia” identificate in corrispondenza delle porzioni di reticolo non ancora indagate. In alcuni casi tali aree a cui non è associato in modo rigoroso un livello di probabilità\tempo di ritorno, ai fini della mappatura delle aree di pericolosità, sono state attribuite per lo più allo scenario di pericolosità elevato. Le mappe redatte per i PAI sono dunque la sintesi di tutte le informazioni raccolte e delle elaborazioni effettuate al fine di individuare le **aree a potenziale rischio idraulico**.

2.2 Secondo ciclo di gestione

Dato che è possibile avvalersi delle misure transitorie solo nel primo ciclo di gestione, a partire dal secondo ciclo è necessario provvedere all’elaborazione della PFRA e all’identificazione delle Aree a potenziale rischio significativo (Areas of Potential Significant Flood Risk – APSFR) i cui esiti, in accordo con quanto specificato all’art. 15 della FD, dovranno essere riportati alla Commissione Europea (CE) (*reporting*) entro il 22 marzo 2019 secondo le modalità e i formati adottati dalla CE a norma dell’art. 12.2 della FD.

Concluse, a marzo del 2016, le attività relative al primo ciclo di gestione con l’invio alla CE delle informazioni richieste per il *reporting* dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA), sono state avviate le attività necessarie alla revisione/aggiornamento degli adempimenti della FD relativamente al secondo ciclo di gestione, partendo dalla Valutazione Preliminare del Rischio di Alluvione (Preliminary Flood Risk Assessment – PFRA).

A supporto della PFRA è stato concepito il catalogo degli eventi alluvionali **FloodCat** (*Flood Catalogue*) piattaforma web-GIS realizzata dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) in collaborazione con l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e la fondazione CIMA (Centro Internazionale Monitoraggio Ambientale) per consentire la raccolta sistematica delle informazioni sugli eventi alluvionali del passato (*past flood*) ai sensi degli articoli 4.2(b) e 4.2(c) della FD.

In ottemperanza con quanto previsto al punto 8 della Direttiva P.C.M. 24 febbraio 2015, la piattaforma *FloodCat* è stata realizzata e messa a disposizione delle Regioni, delle Province Autonome e delle Autorità di bacino distrettuali, non solo al fine di catalogare le informazioni sugli eventi alluvionali in modo unitario e omogeneo a livello nazionale, ma anche per poter riutilizzare tali dati, ai fini del reporting per la PFRA, mediante un semplice tool di esportazione.

La struttura del database di *FloodCat* è stata definita in prima istanza in modo conforme a quanto prescritto dal documento [“Technical support in relation to the implementation of the Floods Directive \(2007/60/CE\) – A user guide to the floods reporting schemas”](#) e della [Guidance Document No. 29](#) della Commissione Europea (CE) nel 2013. Successivi adeguamenti sono stati effettuati alla luce: delle osservazioni derivanti dalla fase di testing avviata da subito su regioni pilota; delle modifiche agli schema introdotte a partire dal 2017 (FD – Reporting Guidance e Spatial Data Reporting Guidance); delle indicazioni contenute nelle “NOTE per il reporting artt. 4 e 5 della Dir. 2007/60/CE: Valutazione Preliminare del

Rischio Alluvioni e individuazione delle Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvioni”, redatte da ISPRA. Inoltre, prendendo in considerazione le esigenze proprie del Paese e le caratteristiche di alcuni database già disponibili a livello nazionale e regionale, sono state apportate diverse integrazioni rispetto alla struttura-dati definita attraverso gli schema per il “reporting alla CE”, le quali consentono di preservare la notevole mole di informazioni aggiuntive disponibili. Per maggiori informazioni sulla struttura adottata in FloodCat e la restituzione, ai fini del reporting, dei dati in essa immagazzinati si veda il [paragrafo 4.1](#).

Il MATTM, in collaborazione con ISPRA e DPC, ha organizzato incontri con le Autorità competenti per ciascun Distretto Idrografico, per verificare eventuali criticità nel coordinamento delle attività di raccolta e sistematizzazione delle informazioni sugli eventi del passato tra il livello Regionale e quello distrettuale. Inoltre nell’ambito di tali incontri sono stati definiti e condivisi a livello nazionale i criteri per l’individuazione degli eventi alluvionali del passato sensu artt. 4.2(b) e 4.2(c) della FD e fornite indicazioni per la definizione delle *future flood* (art. 4.2d) e la delimitazione delle APSFR (art. 5) come illustrato nei paragrafi esplicativi delle metodologie e criteri utilizzati.

La Valutazione Preliminare del Rischio

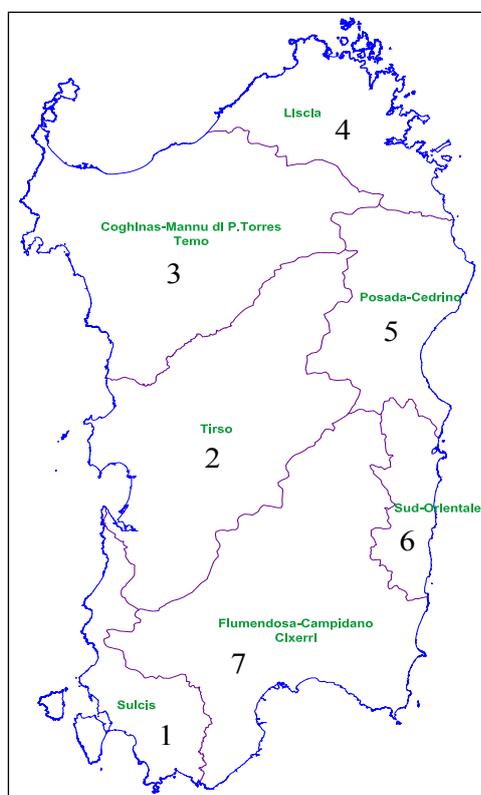
3 Utilizzo delle mappe di cui all'art. 4.2a ai fini della valutazione preliminare del rischio di alluvioni

L'articolo 4.2 (a) della FD richiede agli Stati Membri di fornire, come parte integrante della PFRA, mappe del distretto idrografico alla scala appropriata comprendenti i limiti di bacini, sottobacini e, ove esistenti, delle aree costiere dalle quali risultino topografia e uso del suolo. I MS dovrebbero riferirsi a specifici documenti o link dove sono contenute tali mappe. Nello specifico occorre fornire link alla/e mappa/e (il che include hyperlink a mappe all'interno di portali nazionali o link a sezioni all'interno di specifici documenti caricati su WISE) e la documentazione che si riferisce a come le mappe siano state usate per la valutazione preliminare del rischio di alluvioni.

Come detto nel *paragrafo* 1 riguardo all'assetto amministrativo, l'adozione delle UoM coincidenti con i bacini della L. 183/89 risponde a esigenze di caratterizzazione del territorio in termini di topografia e condizioni geologiche, morfologiche e idrologiche le quali influenzano le modalità di formazione dei deflussi nonché il loro propagarsi nelle diverse aree del territorio distrettuale, mentre la significatività dei fenomeni è legata oltre che alla probabilità di accadimento degli eventi alla presenza di elementi esposti. Per quanto concerne gli elementi esposti è indubbio che la caratterizzazione del territorio in oggetto in termini di uso del suolo oltre che di consumo di suolo consenta di rappresentare gli effetti della presenza antropica e delle attività che da essa si sono generate e che nel tempo hanno condizionato di fatto sia gli aspetti di pericolosità (impermeabilizzazione dei suoli e più in generale interferenza con il ciclo idrologico) che di rischio associati al territorio.

3.1 Topografia

Negli atti di pianificazione dell'assetto idrogeologico (PAI), l'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.



Superficie dei Sub_bacini Regionali Sardi

N°	Sub_Bacino	Superficie [Km ²]	%
1	Sulcis	1646	6.8
2	Tirso	5327	22.2
3	Coghinas-Mannu-Temo	5402	22.5
4	Liscia	2253	9.4
5	Posada - Cedrino	2423	10.1
6	Sud-Orientale	1035	4.3
7	Flumendosa-Campidano-Cixerri	5960	24.8
Totale		24'046	100.0

Dal punto di vista demografico, la Sardegna è caratterizzata da un elevato flusso migratorio estivo legato all'industria del turismo, che comporta un incremento della densità abitativa concentrato in particolare nelle zone costiere e per periodi brevi nell'arco dell'anno. La densa infrastrutturazione ed urbanizzazione del territorio in prossimità dei centri di attrazione turistica genera seri problemi dal punto di vista della difesa del suolo in quanto si osserva assai frequentemente come non vengano rispettate le condizioni necessarie ed un'evoluzione naturale dei bacini a causa dei vincoli apposti sul territorio dalla rete viaria, dalla intercettazione dei deflussi dovuta agli insediamenti, dall'incremento delle superfici impermeabili, etc. Inoltre, lo sviluppo del turismo costiero ha costituito una forte causa di migrazione interna con conseguente abbandono delle campagne e, perciò, della cura e manutenzione del territorio.

L'idrografia regionale è caratterizzata dalla quasi totale assenza di corsi d'acqua perenni. Infatti, i soli fiumi classificati come tali sono costituiti dal Tirso, dal Flumedosa, dal Coghinas, dal Cedrino, dal Liscia e dal Temo, unico navigabile nel tratto terminale. Inoltre, la necessità di reperire risorse idriche superficiali da tutti i corsi d'acqua disponibili ha portato alla costruzione di numerosissimi invasi artificiali che di fatto hanno completamente modificato il regime idrografico, tanto che anche i fiumi succitati, a valle degli sbarramenti sono asciutti per lunghi periodi dell'anno.

La maggior parte dei corsi d'acqua, presenta caratteristiche torrentizie che, per la conformazione geomorfologica dei bacini imbriferi, presentano pendenze elevate per la maggior parte del loro percorso, con tratti vallivi, brevi che si sviluppano nei conoidi di deiezione o nelle piane alluvionali. Di conseguenza nelle parti montane si verificano intensi processi erosivi dell'alveo, mentre nei tratti di valle si osservano fenomeni di sovralluvionamento che danno luogo a sezioni poco incise con frequenti fenomeni di instabilità planimetrica anche per portate non particolarmente elevate.

Rimandando ai numerosi ed approfonditi studi sull'idrologia della Sardegna, si ricordano in sintesi le principali caratteristiche del regime idrologico del Bacino Unico Regionale, che presenta clima semiarido con un'elevata variabilità temporale della precipitazione ed intensità orarie di elevata intensità tipiche dei regimi idrologici pluviometrici marittimi. In Tabella I sono riportati la media e la deviazione standard della precipitazione annuale per alcune stazioni pluviometriche, mentre in Tabella II, a titolo di esempio, si riportano le intensità orarie registrate durante il tragico evento del novembre 1999 nel basso Campidano confrontate con i corrispondenti valori medi annui.

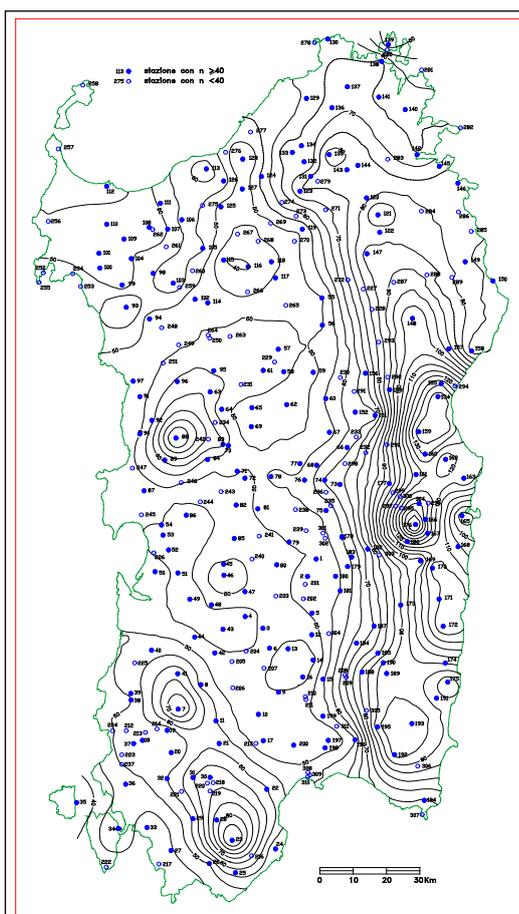
Tabella I Media e deviazione standard della piovosità annua [mm] in alcune stazioni pluviometriche nel periodo 1922- 1992.

Stazione	Cagliari	Oristano	Sassari	Nuoro	Tempio	Is Cannoneris
Media	430.1	581.3	593.2	714.8	800.0	1134.7
Dev.st.	114.6	128.8	123.9	213.0	186.8	266.5

Tabella II Precipitazione registrata durante l'evento alluvionale del novembre '99 in alcune stazioni e confronto con i valori di precipitazione media annua

Stazione	24h	12h	6h	3h	1h	Anno	Dev. st.
Uta	464.4	448.6	313.8	179.4	105.8	526.5	127.9
Decimomannu	474.2	429.8	314.0	203.0	79.0	495.4	139.2

Alla variabilità temporale della precipitazione si aggiunge anche quella spaziale caratterizzata dalla forte influenza dell'orografia con le principali direzioni dei flussi di umidità indotte dalle perturbazioni atmosferiche come si evince dalla distribuzione spaziale della media giornaliera (vedi figura). Tale variabilità si manifesta anche sul valore annuale di precipitazione (Tabella II) dove si può osservare come la precipitazione media annua varia dai 430 mm di Cagliari, praticamente al livello del mare, sino agli oltre 1100 mm di Is Cannoneris, ubicata a quota 700 m circa e ad appena 30 Km di distanza dalla precedente;



Distribuzione spaziale della altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

Nell'ultimo quinquennio, inoltre, si è assistito ad un progressivo abbassamento della media annua, mentre nel contempo si sono manifestati alcuni eventi di eccezionale intensità difficilmente inquadrabili negli schemi modellistici attualmente disponibili.

In conseguenza di tali regimi pluviometrici, oltre che per la nota dipendenza dai fattori litologici del bacino, i deflussi nei corsi d'acqua risultano ancor più irregolari, con bassi o quasi nulli valori nel periodo estivo, ma con picchi di portata talvolta assai intensi in limitati periodi della stagione autunno-vernina.

Facendo riferimento alla suddivisione in Sub-Bacini, sono elencati i corsi d'acqua principali del reticolo idrografico regionale.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle condizioni geologiche e geomorfologiche dei singoli sub-bacini.

Sub_Bacino del Sulcis.

Il Sulcis-Iglesiente si estende per 1640 Km², pari a circa il 7% dell'intero territorio sardo, ed è interessato da due invasi in esercizio. I corsi d'acqua più rilevanti sono costituiti dai seguenti rii:

- Rio Palmas, alimentato dalla confluenza del Rio Mannu di Narcao, del rio Gutturu de Ponti e del Rio Mannu di Santadi; il suo bacino imbrifero ricopre il territorio per la maggior parte.
- Rio Santu Milanu, attraversante la zona meridionale dell'abitato di Carbonia.
- Rio Cannas, attraversante la zona settentrionale dell'abitato di Carbonia.
- Rio Flumentepido, compreso fra Carbonia e Gonnese.
- Rio Mannu di Fluminimaggiore, che riceve i contributi del Rio Bega, del Rio Antas e del Rio is Arrus.
- Rio Piscinas, che si sviluppa nella stretta vallata fra Monteponi e Montevecchio.

La rete idrografica è completata da alcuni rii minori, di breve corso sviluppatisi, in genere, perpendicolarmente alla linea di costa.

La maggior parte dell'ossatura geologica del Sulcis è costituita dai terreni metamorfici della sequenza cambrica, per una potenza visibile di 2000 metri. Alla fine del Cambriano questi sedimenti sono emersi dal mare dopo essere stati deformati e dislocati dai prodromi del ciclo orogenetico caledonico che vanno sotto il nome di "Fase sarda". Alla fase tettonica è seguita la deposizione di altri depositi che vengono successivamente interessati dal corrugamento ercinico, al quale è da ricollegare la messa in posto della massa granitica tardo orogenetica, con annesse fasce termometamorfiche e corteo filoniano, sviluppati soprattutto sui lati nord e nord orientale.

Nella successiva fase continentale, che localmente continua anche nel Mesozoico, si verifica lo smantellamento progressivo dei rilievi formati e un intenso carsismo di quelli calcarei, facilitato anche dalle favorevoli condizioni climatiche presenti nella regione in questo periodo. Nel Trias medio, al di sopra di queste spianate si instaurano condizioni ambientali da

lagunare confinato a evaporitico, rappresentate da una più o meno spinta dolomitizzazione epigenetica (dolomia gialla) e da depositi conglomeratico dolomitici in genere poco potenti, come a Campumari. Si susseguono poi di cicli di emersione e trasgressione marina fino al Paleocene superiore per una nuova trasgressione marina di grande estensione (fino ai primi rilievi paleozoici interni, che delimitano verso nord e nord est il cosiddetto “bacino lignitifero del Sulcis” e spintasi verso est nella depressione tettonica del Cixerri) a cui si affiancano ulteriori episodi vulcanici. I depositi quaternari, localizzati ai piedi dei rilievi e nelle zone pianeggianti circostanti, sono costituiti da alluvioni ciottoloso-sabbiose-argillose, che assumono colorazione rossastra nei termini più antichi, terrazzati e, lungo le coste ed in particolare nell'Arburese, da depositi eolici sabbiosi.

Dal punto di vista morfologico il Sulcis presenta un rilievo poco marcato, con morfologie generalmente dolci, in particolare in corrispondenza degli argilloscisti, leggermente più accentuato nelle arenarie, nella “puddinga” ordoviciana e nei graniti. Nelle zone calcaree e dolomitiche si hanno invece forme talora aspre, con pareti verticali. L'area risente di un'erosione protrattasi per tempi molto lunghi, culminata localmente con una peneplanazione e successiva ingressione triassica, e seguita da dislocazioni che non hanno tuttavia cancellato la morfologia antecedente ad ampi penepiani, presenti in particolare nell'area a sud della miniera di San Giovanni.

Le valli principali e minori sono influenzate dalle direttrici tettoniche E-W e N-S, che hanno determinato, in particolare a sud e sud est dell'area in esame, la formazione di bacini subsidenti riempiti da sedimenti eo-oligocenici e quaternari, e dai lineamenti tettonici E-W che li tagliano trasversalmente.

Sub_Bacino del Tirso

Il sub bacino del Tirso si estende per 5327 Km² pari al 22% del territorio regionale; sono presenti tredici opere di regolazione in esercizio e numerose derivazioni. La rete idrografica è costituita dai seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Tirso, che rappresenta, insieme al Flumendosa, la maggiore risorsa idrica superficiale della regione.
- Rio Mannu di Benetutti, affluente in sinistra dell'alto Tirso.
- Rio Liscoi-Badu Ozzastru, affluente in sponda sinistra, parallelo al precedente.
- Rio Murtazzolu, affluente in sponda destra poco a monte del Lago Omodeo.
- Fiume Taloro, tributario più importante del Tirso in sponda sinistra. Confluisce direttamente nel lago Omodeo ed è interessato da importanti opere di invaso ad uso plurimo.
- Rio Govossai, affluente del Taloro.
- Rio Siddu, tributario della sponda destra del lago Omodeo.
- Rio Araxixi, denominato anche Rio Flumineddu di Allai e Rio Massari, costituisce il secondo importante affluente del Tirso, in sponda sinistra, a valle del Lago Omodeo e in corrispondenza del nuovo lago della diga Cantoniera.

- Rio Imbessu, affluente in sponda sinistra dell'Araxixi.
- Rio Mannu di Simaxis, affluente in sponda sinistra del basso Tirso, poco a monte di Oristano.
- Rio Mannu di S.V. Milis, che riceve il Mannu di Tramatzza e il Rio di Cispiri per alimentare lo stagno di Cabras, insieme al Rio Iscas e a piccoli rii minori.
- Rio Salighes, Rio di S. Caterina, Rio Pischinappi; costituiscono una serie di corsi d'acqua costieri dell'estremo nord del bacino.
- Rio di S. Giusta, al di sotto del tratto terminale del Tirso, alimenta l'omonimo stagno.
- Rio Mogoro, che si sviluppa principalmente nella parte settentrionale del Campidano, e sfocia nella laguna costiera di Marceddì, diventandone il principale tributario di acqua dolce. E' regolato da un invaso per la laminazione delle piene.
- Rio Sassu, compreso fra il rio Mogoro, il Mannu di Simaxis e il basso Tirso, è collegato alla rete di bonifica di Arborea-Terralba ed alimenta lo stagno di interesse naturalistico di S'Ena Arrubia.
- Flumini Mannu di Pabillonis, che riceve i due principali tributari costituiti dal Flumini Bellu e il Flumini Malu; l'insieme drena i deflussi dell'Arburese-Guspinese e della piana di Sardara e S.Gavino e alimenta la laguna di Marceddì.
- Rio Sitzzerri, già affluente montano in sponda sinistra del Mannu di Pabillonis, separato artificialmente nella parte terminale; insieme a quest'ultimo sfocia nella laguna di Marceddì.

I lineamenti geologici salienti del sottobacino regionale "Tirso" si contraddistinguono per una considerevole varietà di associazioni litologiche e morfo-strutturali, ben evidente dal cartogramma sinottico nel seguito riportato. Procedendo nella descrizione dai termini formazionali più antichi verso i più recenti, occorre considerare il vasto areale interno di affioramento del basamento metamorfico di età Paleozoica, in corrispondenza delle catene montuose del Gennargentu e della Barbagia di Ollolai-Belvi, del Goceano-Marghine e, nel settore meridionale, del M.Linas. La serie ignea Permo-Carbonifera, a prevalente composizione granitoide, occupa estese superfici nel settore centro-settentrionale del bacino, nella zona compresa tra il Mandrolisai, il medio-basso bacino del F.Taloro e l'area in sinistra idrografica del F.Tirso tra Orotelli-Benetutti.

La serie carbonatica mesozoica presenta un carattere localizzato, limitato a lembi isolati tra il Sarcidano e la Barbagia di Belvi'.

Le vulcaniti oligo-mioceniche sono disposte secondo un ellissoide con asse SW-NE, che si interpone tra la serie igneo-metamorfica, l'altopiano di Abbasanta (settore centro-occidentale dell'area di studio) e la catena del M.te Arci; in questi ultimi affiorano i terreni vulcanici basaltico-andesitici e trachitico-fonolitici di età Pliocenica, associati a serie terrigene conglomeratico-arenacee e subordinatamente carbonatico-siltitiche.

Nella porzione centro-meridionale del sottobacino in esame, approssimativamente identificabile con le zone interne del bacino del Mogoro e la Marmilla, si rinviene una successione di terreni sedimentari oligo-miocenici (conglomerati, arenarie, calcareniti, siltiti).

I principali sistemi di pianura quaternaria corrispondono al retroterra del Golfo di Oristano e al graben del Campidano (compreso tra San Gavino Monreale – San Nicolò Arcidano); le piane alluvionali interne sono poco sviluppate da un punto di vista areale.

Sub_Bacino del Coghinas-Mannu-Temo

Il Sub_Bacino si estende per 5402 Km², pari al 23% del territorio regionale; in esso sono presenti nove opere di regolazione in esercizio e cinque opere di derivazione. I corsi d'acqua principali sono i seguenti.

- Rio Mannu di Porto Torres, sul quale confluiscono, nella parte più montana, il Rio Bidighinzu con il Rio Funtana Ide (detto anche Rio Binza 'e Sea).
- Il Rio Minore che si congiunge al Mannu in sponda sinistra.
- Rio Carrabusu affluente dalla sinistra idrografica.
- Rio Mascari, affluente del Mannu di Portotorres in sponda destra, si innesta nel tratto mediano del rio presso la fermata San Giorgio delle Ferrovie Complementari.
- Fiume Temo, regolato dall'invaso di Monteleone Roccadoria, riceve i contributi del Rio Santa Lughia, Rio Badu 'e Ludu, Rio Mulino, Rio Melas, affluenti di sinistra che si sviluppano nella parte montana del bacino. Negli ultimi chilometri il Temo, unico caso in Sardegna, è navigabile con piccole imbarcazioni; il suo sbocco al mare, sulla spiaggia di Bosa Marina, avviene tramite un ampio estuario. In particolari situazioni meteomarine il deflusso del Temo viene fortemente condizionato causando non rari allagamenti della parte bassa dell'abitato di Bosa; per gli stessi motivi riveste particolare rilevanza il reticolo idrografico che circonda il centro urbano, il cui torrente principale è rappresentato dal Rio Sa Sea.
- Il Rio Sa Entale, che si innesta nel Temo in destra idrografica, e il Rio Ponte Enas, in sinistra, costituiscono gli affluenti principali per estensione del rispettivo bacino.
- Fiume Coghinas, il cui bacino occupa una superficie di 2.453 Km² ed è regolato da due invasi, riceve contributi dai seguenti affluenti: Rio Mannu d'Ozieri, Rio Tilchiddesu, Rio Butule, Rio Su Rizzolu, Rio Puddina, Rio Gazzini, Rio Giobaduras.

E' da annoverare, inoltre, una serie di rii minori che si sviluppa nella Nurra e nell'Anglona, e, segnatamente:

- Rio Barca.
- Fiume Santo.
- Rio Frigiano.
- Mannu di Sorso.

Il Sub_Bacino Coghinas-Mannu-Temo può essere suddiviso in tre grandi sotto insiemi:

- il settore Orientale e Sud-Orientale è prevalentemente paleozoico; una sequenza vulcano-sedimentaria permiana ricopre i terreni paleozoici e depositi detritici quaternari delimitano ad ovest il corpo intrusivo suddetto. La sequenza stratigrafica dell'area è chiusa dai depositi alluvionali del fiume Coghinas, da sabbie litorali e localizzati depositi eluvio-colluviali e di versante. Le alluvioni del Coghinas sono presenti con continuità tra i rilievi di Badesi - La Tozza – Monte Ruiu - Monte Vignola e la linea di costa. Lungo la costa i depositi

francamente alluvionali lasciano il posto ad eolianiti e sabbie litorali. I depositi eluvio-colluviali, prodotti dal disfacimento delle litologie presenti nell'area, localmente pedogenizzati, rivestono, con sottili spessori i versanti e localmente lasciano il posto a detrito di versante.

-il settore Centrale è prevalentemente terziario. Il potente complesso vulcanico oligo-miocenico, che occupa quasi interamente e senza soluzione di continuità il settore centrale, costituisce il substrato della regione e poggia in parte sulla piattaforma carbonatica mesozoica della Nurra, ribassata di circa 2000 m dal sistema di faglie che ha dato origine alla "fossa sarda", ed in parte sul basamento cristallino paleozoico. Il Complesso vulcanico oligo-miocenico è stato ricoperto dalla "Serie sedimentaria miocenica (un complesso lacustre di transizione ai depositi marini calcareo-arenacei e marnoso-arenacei). Infine i prodotti del vulcanismo plio-quadernario e i depositi detritici quadernari in corrispondenza delle incisioni vallive ed in prossimità dei corsi d'acqua

-il settore Nord-Occidentale è costituito dallo zoccolo cristallino dell'*horst* della Gallura paleozoico e dalle formazioni carbonatiche mesozoiche che culminano con i rilievi del Doglia e del sistema di Punta Cristallo e di Capo Caccia. Le intrusioni granitiche erciniche affiorano solo nella propaggine settentrionale, costituita dall'isola dell'Asinara

Dal punto di vista geomorfologico, le creste rocciose, le dorsali e i massicci rocciosi, separati da vaste zone di spianamento ed incisioni fluviali, seguono l'andamento delle principali linee tettoniche e sono il risultato dell'azione congiunta dei processi di alterazione chimica e meccanica ad opera degli agenti atmosferici, e di dilavamento ad opera delle acque superficiali. Nel settore Orientale, le forme tipiche che ne risultano sono i "Tor", rilievi rocciosi, emergenti da qualche metro ad alcune decine di metri dalla superficie circostante, suddivisi in blocchi dalle litoclasti allargate dai fenomeni di disfacimento, e le "cataste di blocchi sferoidali"; nel settore Centrale, vi è l'alternanza di rilievi vulcanici, dalla forma conica e smussata in cima, da colline tronco-coniche, vaste aree ondulate, modellate nei sedimenti miocenici, separati da numerose valli tortuose e strette e vaste conche di erosione pianeggianti.

Sub_Bacino del Liscia

Il Sub_Bacino si estende per 2253 Km², pari al 9.4% del territorio regionale; in esso è presente un'opera di regolazione in esercizio. I corsi d'acqua principali sono i seguenti.

- Rio Vignola, per il quale è prevista la costruzione di un invaso ad uso potabile.
- Fiume Liscia, sul quale insiste la diga omonima avente una capacità utile di 104 Mm³.
- Rio Surrau, con foce a Palau.
- Rio San Giovanni di Arzachena.
- Rio San Nicola e il Rio De Seligheddu, che attraversano il centro abitato di Olbia,
- Fiume Padrogianus, che in sinistra idrografica ha gli apporti del Rio Enas e del Rio S. Simone provenienti dalle pendici del Limbara, mentre in destra il Rio Castagna proveniente da M. Nieddu.

Il bacino del Liscia è contrassegnato dalla prevalenza di rocce granitoidi di epoca ercinica (Leucograniti, Granodioriti, Monzograniti,) spesso associati a cortei filoniani di varia natura ed orientazione (più spesso SW-NE e SSW-NNE). Meno rappresentati i termini del complesso metamorfico (Migmatiti e ortogneiss in prevalenza). Sulle facies granitoidi è molto evidente in

estesi tratti, di solito depressi, la presenza di una superficie d'alterazione in sabbioni, talvolta potente qualche metro. Sacche di arenizzazione sono comunque rilevabili un po' ovunque, soprattutto nelle aree a massima tettonizzazione, sebbene nei rilievi più pronunciati di solito scarseggiano. Solo a NW (Lu Colbu e Vignola in comune di Trinità d'Agultu) sul substrato granitoide giacciono termini sedimentari e vulcanici del Terziario. Nei fondovalle alluvionali sono ancora presenti sedimenti quaternari, talvolta di una certa entità e terrazzati (Padrogianus). Lungo le coste, se si escludono certi tratti presso S.ta Teresa e Capo Testa, Capo Figari (Golfo Aranci), Tavolara e Molaria (Olbia), scarseggiano le testimonianze del Pleistocene marino. Diffusi ma solo di rado ampi (S.Teodoro, Palau) i tratti di arenile.

Dal punto di vista geomorfologico gli effetti delle varie fasi orogenetiche hanno prodotto, su vasta scala, un'articolazione in *rilievi elevati*, *altopiani* e *serre*. Queste ultime, disposte a varie quote e con dislivelli sempre intorno ai 200-300 m, danno luogo ai tratti più aspri ed acclivi di tutta la regione.

In generale domina una fisiografia a terrazzi e gradinate morfologiche, interrotta da forme residuali, adunate in campi di "Tor" e di più rari e isolati "Inselberg".

Le aree alluvionali pedemontane e i bacini intramontani fanno parte dell'assetto oro-idrografico dell'area studiata ma non sono molto diffusi. Hanno estensioni varie e si insinuano a varia altitudine fra gli elementi precedenti, senza contatti continui con la costa, fungendo da raccordo fra alcuni Altipiani e le Serre circostanti. Vi scorrono alcuni dei corsi più importanti, (Vignola e Liscia). Spiccano in particolare a N il Bacino di Bassacutena (200 m, fra Luogosanto e Palau), al centro la piana di M.giu Santu (250 m, per lo più coincidente oggi con l'invaso del Liscia) e il Bacino di Padru (Rio Lerno).

Le piane costiere bordano il territorio studiato e si raccordano ai sistemi di spiagge attraverso lagune o stagni costieri.

Sub_Bacino Posada-Cedrino

Il Sub_Bacino si estende per 2423 Km², pari al 10.1% del territorio regionale; in esso sono presenti due opere di regolazione in esercizio, di cui una dedicata alla laminazione delle piene. I corsi d'acqua principali sono i seguenti.

- Fiume Cedrino, che costituisce il corso d'acqua principale, regolato dalla diga di Pedra e Othoni, destinata alla laminazione delle piene e, in modesta parte, all'approvvigionamento idropotabile ed irriguo della valle del Cedrino. A monte della diga è la sorgente di Su Cologone, dichiarata monumento naturale di interesse nazionale. Gli affluenti principali sono il Rio Flumineddu di Dorgali, Il Rio Sa Oche, il Rio Sologo.
- Rio Sos Alinos, sfociante a cala Liberotto.
- Rio di Berchidda.
- Rio di Siniscola.
- Rio di Posada, regolato dalla diga di Macheronis.
- Rio Codula di Sisine.

- Rio Codula de Luna.

Come per il Fiume Cedrino, i primi quattro rii, pur sottendenti bacini di modesta estensione, presentano particolari problemi nelle parti terminali del loro corso per motivi orografici e legati all'antropizzazione, mentre gli ultimi due sono stati presi in considerazione in virtù della loro notevole importanza naturalistica. Analogamente, sono stati considerati i due canali artificiali seguenti in quanto soggetti a frequenti esondazioni:

- Canale "Su Cantaru", a Lodè.
- Canale di guardia di Oliena.

Il sub bacino Posada-Cedrino presenta diverse associazioni di forme e processi morfologici strettamente correlate alla tipologia delle formazioni litologiche presenti in affioramento, estremamente eterogenee sia per quanto attiene all'età che per quanto riguarda l'origine e la tipologia. Il territorio in oggetto è caratterizzato fundamentalmente da litotipi a carattere lapideo costituenti il basamento (granitoidi e metamorfiti), le coperture carbonatiche mesozoiche e quelle vulcaniche plio-pleistoceniche. Solo in minima parte, circa il 5% della superficie totale, l'affioramento diretto è rappresentato da terreni di copertura recente ed attuale.

La serie basale è rappresentata dalle litologie del complesso cristallino-metamorfico, paleozoico, costituito per lo più da micascisti e filladi in facies a scisti verdi entro cui si sono intruse le plutoniti tardotettoniche del ciclo orogenetico ercinico. Sopra questi si ritrovano le formazioni calcareo-dolomitiche depostesi in un bacino sedimentario mesozoico. A metà del Cenozoico si svilupparono tra le maggiori deformazioni tettoniche che determinarono l'emersione delle assise carbonatiche e del basamento metamorfico cristallino, conferendo a questi una marcata strutturazione che facilitò l'evoluzione morfologica, principalmente lungo le linee di faglia e di fratturazione, secondo tipici processi di erosione superficiale a carattere fluviale.

Tra il Terziario e il Quaternario vaste aree orientali del bacino furono interessate da un'intensa ed abbondante azione vulcanica effusiva, secondo schemi continentali di tipo plateaux, con il riempimento e la fossilizzazione di numerose forme precedenti. Nel Quaternario si formarono le serie sedimentarie recenti pleistoceniche associate ai principali corsi d'acqua.

Le rocce presentano nella maggior parte dei casi stati di alterazione limitata e di spessore non considerevole anche se sono frequenti situazioni puntuali di alterazione avanzata con abbondante fratturazione; i terreni di copertura sono sciolti e localizzati quasi esclusivamente nelle piane alluvionali, nei fondo valle principali e nelle aree morfologicamente depresse al piede dei rilievi.

Dal punto di vista morfologico prevalgono le forme montagnose e collinari aspre nella porzione meridionale ed occidentale, mentre in quella settentrionale ed orientale si ha la prevalenza di forme morbide collinari e pianeggianti. Analoga suddivisione può essere in linea di massima fatta per quanto attiene alle pendenze; le aree a pendenze più elevate si

riscontrano nel settore sud-occidentale, mentre quelle a pendenza più limitata sono individuabili nel settore nord-orientale del bacino.

Per quanto attiene alla strutturazione tettonica, appare prevalente la direttrice SSO-NE, secondo cui si sviluppano le due faglie principali che caratterizzano il bacino: la faglia “Nuoro-Posada” e quella del “Flumineddu”.

Sub_Bacino Sud-Orientale

Il Sub_Bacino si estende per 1035 Km², pari al 4.1% del territorio regionale; in esso è presente un'opera di regolazione in esercizio. I corsi d'acqua principali sono i seguenti.

- Rio di Quirra, che rappresenta il corso d'acqua maggiore del bacino; esso scorre prevalentemente in direzione parallela alla costa per riversarsi in mare nella parte più meridionale del Sub_Bacino. Il segmento finale del rio è costituito dal Flumini Durci (o Rio di San Giorgio). La parte iniziale del rio di Quirra è denominata Rio Pardu.
- Rio de Alustia, che prende poi il nome di Rio Cabriolu, affluente in destra del Quirra.
- Rio Corongiu che affluisce nell'asta principale pochi chilometri a Sud di Tertenia.
- Rio Corr'e Cerbus, che con il nome di Baccu Locci lambisce l'omonima miniera di piombo.
- Rio Tuvulu, affluente di destra del Rio di San Giorgio.
- Rio Pramaera, che sfocia nella piana di Tortolì.
- Rio Sa Teula, che sfocia nello stagno di Tortolì dopo aver ricevuto le acque turbinate dalla centrale idroelettrica dell'Alto Flumendosa.
- Rio Pelau, sfociante nella costa a nord di Gairo.

Nel territorio del bacino Sud Orientale sono testimoniati il Paleozoico, il Cenozoico, il Mesozoico ed il Quaternario. L'ossatura e il basamento sono costituiti dal complesso scistoso cristallino e paleozoico, con prevalenza degli scisti, alternati a vulcaniti di diversi cicli più o meno metamorfosate nel Salto di Quirra, mentre gradualmente, spostandoci verso il settore settentrionale riaffiorano predominanti i graniti, con varie iniezioni tardive filoniane, principalmente costituite da micrograniti e porfidi riolitici.

Il basamento paleozoico, che costituisce la maggior parte del territorio, è stato interessato con varia intensità da diversi movimenti orogenetici.

Tutto il territorio è attraversato da N a S dalla grande discontinuità che, parallela alla costa, costituisce la guida tettonica dell'approfondimento della valle del Pardu-Quirra. Una lunga sequenza di faglie NNW a SSE costituisce il *pattern* dominante sul quale si è isoorientata l'idrografia principale del settore settentrionale del bacino Sud Orientale. Le fratture di età alpina hanno scomposto l'antico rilievo in diversi blocchi tettonici variamente sollevati e depressi, aventi nel settore settentrionale un'aspetto falciforme. Nel suo complesso il settore composto dal Sarrabus-Gerrei, dall'area dell'Ogliastra e del settore dei Tacchi, costituisce un pilastro tettonico composto fra la Fossa del Campidano e più generalmente la Fossa Sarda, a W, ed il mare, ad E.

La morfologia attuale, prevalentemente accidentata montuosa, essendo l'effetto delle diverse fasi erosive succedutesi nei tempi, mette in evidenza le caratteristiche geologico-strutturali del substrato roccioso del Sub_Bacino Sud Orientale. Molti elementi del rilievo sono totalmente o in parte impostati secondo direttrici tettoniche erciniche. La gran parte dei corsi d'acqua del settore settentrionale sono isoorientati secondo NNW – SSE

Le formazioni carbonatiche mesozoiche mostrano generalmente una morfologia molto particolare, caratterizzata da superfici sub-pianeggianti interessate da un sistema idrografico superficiale sovente catturato da manifestazioni carsiche, bordate generalmente da scarpate strapiombanti, di altezze anche di oltre il centinaio di metri; tali processi di dissesto sono diffusi in modo generalizzato.

Sub_Bacino Flumendosa-Campidano-Cixerri

Il Sub_Bacino si estende per 5960 Km², pari al 24.8 % del territorio regionale; è l'area più antropizzata della Sardegna ed il sistema idrografico è interessato da diciassette opere di regolazione in esercizio e otto opere di derivazione. I bacini idrografici di maggior estensione sono costituiti dal Flumendosa, dal Flumini Mannu, dal Cixerri, dal Picocca e dal Corr'e Pruna; numerosi bacini minori risultano compresi tra questi e la costa. Nell'ambito del presente studio si sono considerati i seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Flumendosa, è considerato attualmente il corso d'acqua di maggiore importanza in Sardegna per la complessità e dimensione del sistema di utilizzazione della risorsa idrica da esso costituito. Il fiume è regolato da un sistema di invasi di grandi capacità per usi multipli.
- Rio Mulargia, affluente in destra del Flumendosa, in località Monte Su Rei è sbarrato da una diga che crea un invaso di capacità utile pari a 310 milioni di m³ e raccoglie anche le acque dell'invaso sul Medio Flumendosa, al quale è collegato da una galleria a gravità.
- Rio Flumineddu, affluente in sinistra del Flumendosa, è stato sbarrato con una opera di derivazione in località Silicheri, di modesta capacità, e collegato, in sollevamento, ai due invasi sul Flumendosa e sul Mulargia.
- Rio Cixerri, un tempo affluente del Flumini Mannu, è stato artificialmente separato in prossimità dello sbocco nella laguna di S.Gilla. In località Genna Is Abis, presso Siliqua, è stato realizzato un invaso per usi irrigui. Il Rio Arriali e Rio de su Casteddu costituiscono gli affluenti principali del Cixerri; il secondo è sbarrato in località Medau Zirimilis da un invaso di capacità utile 16,65 milioni di m³.
- Rio Canonica, affluente del Rio Arriali, sbarrato dall'invaso di Punta Gennarta.
- Rio Bellicai, sbarrato dall'invaso di Monteponi, con una capacità d'invaso di 1,02 milioni di m³.
- Flumini Mannu, maggior tributario dello stagno di Santa Gilla, sfocia nella zona portuale di Cagliari; il corso d'acqua principale nasce a circa 800 metri di quota. Il primo nome assunto dal fiume è quello di Rio di Sarcidano, cambia denominazione in Rio San Sebastiano, Rio Mannu e finalmente, nei pressi di Isili, Flumini Mannu. In località "Is Barroccus" è stata recentemente realizzato un lago artificiale 11,7 milioni di m³. Nell'alta Marmilla il Flumini Mannu riceve, dalla destra idrografica e provenienti dalla

Giara di Gesturi, il Rio Sellu e il Rio Pazzola, mentre dal territorio di Tuili riceve il Rio Fanari e il Rio Forada Manna.

- Rio Lanessi, che con le sue articolazioni costituisce il reticolo idrografico affluente in sponda sinistra del Flumini Mannu.
- Rio Malu, affluente in sinistra del corso d'acqua principale.
- Rio Mannu di S.Sperate, che si congiunge la Flumini Mannu all'altezza di Decimomannu.
- Torrente Leni e rio Bidda Scema, affluenti del Flumini Mannu, interessati da opere di invaso.
- Rio di Capoterra.
- Rio di S. Lucia.

Numerosi altri corsi d'acqua minori, inoltre, attraversano le rimanenti parti del Sub_Bacino; essi, seppure con bacini imbriferi modesti, meritano particolare attenzione per l'interferenza tra reticolo idrografico, insediamenti urbani e la rete dei trasporti.

Inoltre, l'intero Campidano è attraversato da importanti reti di approvvigionamento idropotabile, da grandi reti irrigue, da numerose opere di captazione e di regolazione che hanno alterato in maniera sostanziale l'idrografia naturale del territorio.

Dal punto di vista geologico il Sub_Bacino del Flumendosa-Campidano-Cixerri è suddivisibile in cinque grandi aree geologiche in parte coincidenti con i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali che ad esso danno nome:

- Sarrabus-Gerrei-Barbagie: la geologia del Sarrabus-Gerrei è varia e complessa, sia per i rapporti litologici e stratigrafici fra le diverse formazioni, sia per l'insieme delle deformazioni tettoniche che le rocce che vi si trovano hanno subito. La morfologia attuale è prevalentemente accidentata montuosa; molti elementi del rilievo sono totalmente o in parte impostati secondo direttrici tettoniche erciniche. La gran parte dei corsi d'acqua del settore settentrionale sono isoorientati secondo NNW-SSE
- Sarcidano-Marmilla: le metamorfite paleozoiche costituiscono il termine più antico che affiora nell'area. I sedimenti marini miocenici costituiscono la maggior parte dei terreni affioranti (facies arenacee e marnose e, subordinatamente, calcaree, con spessore fino a circa 1500 m). Nel Plio-Quaternario la ripresa dell'attività tettonica, che ha determinato la formazione del graben Campidanese, è stata seguita da un nuovo ciclo vulcanico durante il quale sono state depositate le lave basaltiche, che costituiscono il pianoro sommitale della giara di Gesturi e della Giara di Siddi e di quella di Serri, prossime all'area in esame. Durante il Quaternario, l'attività erosiva ha prodotto il materiale detritico che ha colmato la fossa campidanese.
- Campidano: il cui assetto geologico non è particolarmente vario e coinvolge una serie di formazioni geologiche appartenenti ad un arco temporale ristretto che va dall'Oligocene sino al quaternario recente: alluvioni antiche terrazzate (rappresentano la base di tutte le formazioni sedimentarie quaternarie del Campidano settentrionale); alluvioni medie rimaneggiate (dal disfacimento delle alluvioni antiche cementate); suoli argillosi e palustri recenti ed attuali delle aree palustri bonificate testimonianza della presenza ormai quasi cancellata di una serie di specchi d'acqua interni costituenti talvolta bacini areici e talvolta veri e propri laghi oggi totalmente prosciugati (p.e. "stagno" di Sanluri); alluvioni attuali. Nella fascia campidanese del Sub_Bacino

Flumendosa-Campidano-Cixerri, dal punto di vista geomorfologico, si possono distinguere il paesaggio delle "conoidi" tipico nel sistema Campidano dei settori occidentali; il paesaggio delle "alluvioni terrazzate" attorno agli abitati di Guspini, di Sardara e di Sanluri; il paesaggio della "pianura" ormai modificato dalle attività agricole e dalle opere di bonifica.

- Linas-Sulcis: è costituito da 3 grandi unità omogenee:
 - l'area valliva del Cixerri e delle fasce pedemontane: le fasi di sedimentazione possono essere distinte in quella pre-pliocenica collegata all'apertura della "Fossa sarda" (il bacino terziario è stato colmato da oltre 500 m di sedimenti alternati a vulcaniti calco-alcaline) e quella sintettonica plio-quadernaria legata all'apertura del graben campidanese (oltre 800 m di sedimenti marini e continentali alternati a vulcaniti alcaline);
 - i rilievi vulcanici del castello dell'Acquafredda ed altri rilievi vulcanici;
 - le metamorfite e le intrusioni paleozoiche (lo zoccolo scistoso, affiorante solo sporadicamente caratterizza le pendici montane).

- Sulcis e coste del golfo: l'attuale conformazione geo-strutturale deriva da una serie di complesse vicende geologiche, orogenesi antiche, fasi d'immersione ed emersione, fasi tettoniche compressive e distensive, attività vulcanica e fasi di erosione e sedimentazione, susseguite nel tempo. L'area è caratterizzata da un paesaggio ondulato con rilievi collinari, e forme prevalentemente dolci e arrotondate. Essa costituisce una piccola porzione del settore meridionale della grossa struttura tettonica oligo-miocenica, nota come "Fossa sarda". Ai suoi margini meridionali, le forme più aspre legate alla presenza delle formazioni calcaree organogene emergono dalla piana per una serie di eventi tettonici e di modellazione morfologica che sono autrici dell'attuale paesaggio

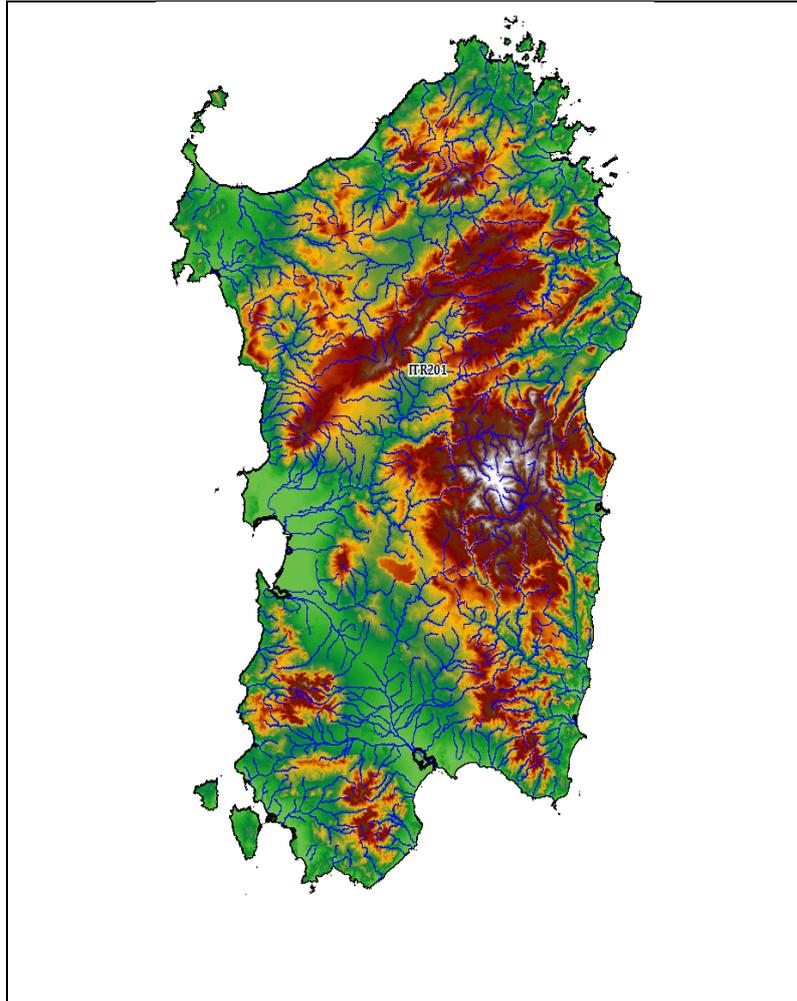


Figura 6 Caratteristiche fisiografiche (DEM 20x20), reticolo idrografico (SurfaceWaterBody WFD 2016) e limiti di bacino - UoM.

3.2 Uso del suolo

Dal punto di vista pedologico, rimandando ai numerosi studi esistenti, si può qui brevemente ricordare che i suoli sardi sono generalmente caratterizzati da una notevolissima variabilità tipologica, scarsità della massa, elevato grado di pietrosità e rocciosità, intensa erosione superficiale. Tali non elevate qualità, legate certamente alle caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche della regione, sono tuttavia frutto anche di un prolungato e talvolta imprevedibile uso del territorio.

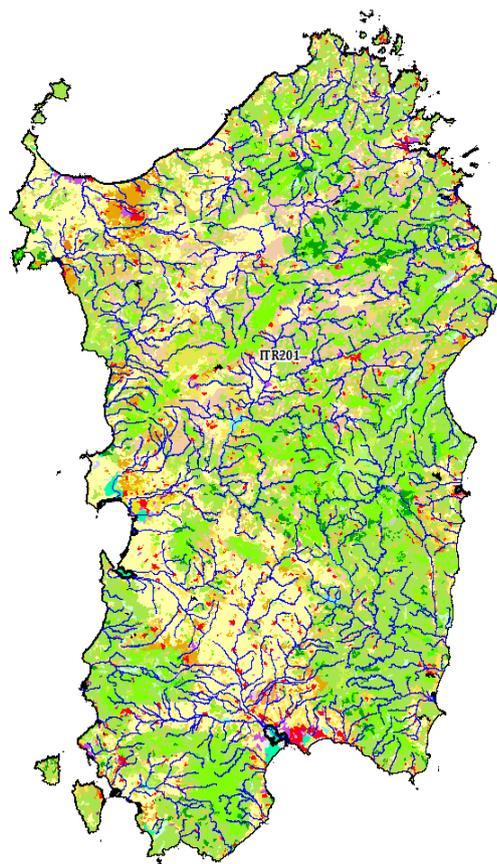
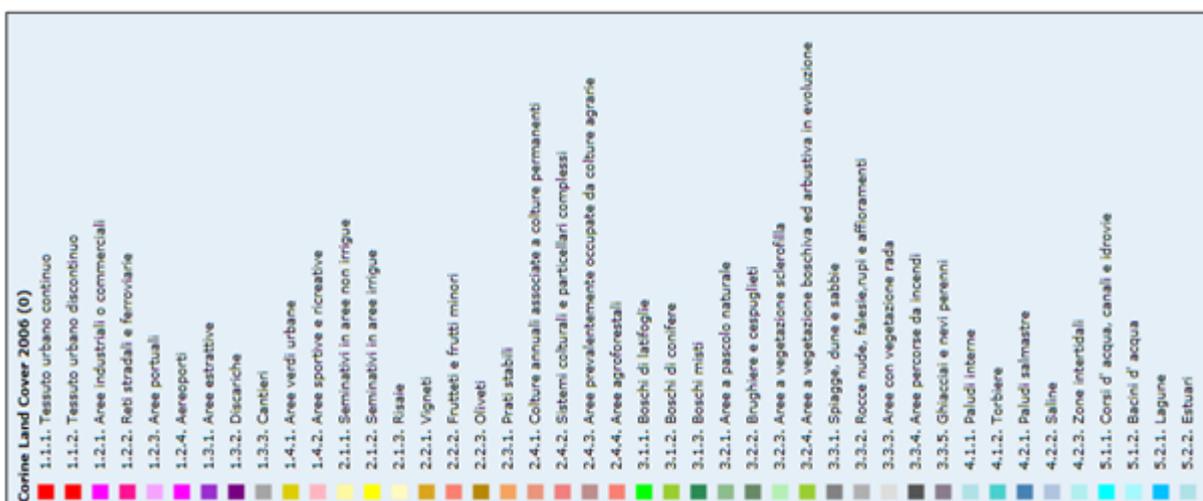


Figura 7 - Caratteristiche di uso del Suolo CLC 12-3LIV



4 Metodologia e criteri per identificare e valutare le alluvioni del passato di cui all'art. 4.2b e 4.2c e le loro conseguenze avverse

Secondo le specifiche della FD-Guidance gli Stati Membri (MS) nel secondo ciclo di gestione devono effettuare il *reporting* PFRA **obbligatoriamente** per **past flood** o **past event** occorsi a partire dal **22 dicembre 2011** ma hanno la possibilità di effettuare una sorta di

reporting retroattivo per eventi occorsi precedentemente a tale data, sia per aggiornare informazioni precedentemente riportate, sia per aggiungere tali informazioni qualora non fossero state riportate nel ciclo precedente.

L'articolato della FD distingue nell'ambito delle *past flood* tra due tipologie di eventi in relazione agli impatti prodotti e alle potenziali conseguenze avverse:

1. L'art. 4.2(b) richiede la descrizione di ***past floods with significant adverse impacts, with likelihood of repetition***, vale a dire di alluvioni caratterizzate dall'aver avuto nel passato impatti avversi significativi in determinati luoghi in cui si sono verificate e dall'aver una probabilità non nulla di ripetersi "in futuro" negli stessi luoghi.
2. L'art. 4.2(c) richiede la descrizione di ***significant past floods without known significant adverse impacts with likelihood for significant adverse consequences in the future***, vale a dire di piene del passato "significative" che si sono verificate in determinati luoghi senza provocare impatti avversi significativi noti ma caratterizzate da una probabilità non nulla che il loro verificarsi negli stessi luoghi possa comportare "in futuro" conseguenze avverse significative.

Per quanto concerne le due tipologie di eventi del passato la FD-Guidance chiede di ricondurre la propria metodologia, applicata per stabilire cosa costituisca un impatto avverso significativo o una piena significativa, a una lista di possibili criteri. Di seguito si riportano i criteri proposti e l'indicazione per ciascuno di essi dell'eventuale utilizzo nella metodologia adottata:

CRITERI FD-GUIDANCE	DESCRIZIONE	SELEZIONE
Flooded area	Estensione dell'area inondata	√
Number of residents in flooded area	Numero di residenti nell'area inondata	√
Number of buildings affected	Numero di edifici colpiti	√
Affected area with commercial or industrial use	Estensione dell'area a uso commerciale e industriale interessata dall'inondazione	√
Level of damage caused (e.g. high, medium, low)	Livello di danno causato (alto, medio, basso)	√
Required amount of money in compensation	Risarcimento economico richiesto	√
Return period or probability of occurrence	Periodo di ritorno o probabilità di accadimento	√
Infrastructure affected	Infrastrutture interessate	√
Community assets affected	Beni pubblici interessati	√
Duration of occurrence	Durata dell'evento	√
Speed of onset of flood	Rapidità della piena	√
Whether a specific flood warning level was triggered	Se è stato attivato un certo livello di allertamento	√
Specific weighting systems/benchmark defined to assess significance	Specifici sistemi/soglie di valutazione ponderata definiti per valutare la significatività	
Expert Judgement	Giudizio esperto	
Other	Altro	

La metodologia di livello nazionale definita per identificare le due tipologie di eventi del passato fa riferimento alla classificazione utilizzata nel sistema di protezione civile per gli eventi calamitosi e i relativi livelli emergenziali.

In Italia, infatti, gli eventi calamitosi sono classificati, ai fini dell'attività di protezione civile, in tre diversi tipi, in base a estensione, intensità e relativo modello organizzativo necessario ad affrontare l'emergenza.

Facendo riferimento all'art. 7 del Codice di Protezione Civile, di cui al D. Lgs. 2 gennaio 2018 n.1, gli eventi suddetti sono distinti in:

- eventi di tipo a: emergenze connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che possono essere fronteggiati mediante interventi attuabili, dai **singoli enti e amministrazioni competenti** in via ordinaria;
- eventi di tipo b: emergenze connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che per loro natura o estensione comportano l'intervento coordinato di più enti o amministrazioni, e debbono essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo, disciplinati dalle **Regioni e dalle Province autonome di Trento e di Bolzano** nell'esercizio della rispettiva potestà legislativa;
- eventi di tipo c: emergenze di rilievo **nazionale** connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che in ragione della loro intensità o estensione debbono, con immediatezza d'intervento, essere fronteggiate con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo ai sensi dell'articolo 24.

Tale suddivisione ricalca una concezione per cui l'intervento emergenziale è organizzato secondo livelli territoriali, a partire da quello più vicino all'evento (livello comunale) e coinvolgendo in proporzione alle caratteristiche dell'evento il livello immediatamente superiore fino a quello nazionale, applicando il principio di sussidiarietà.

A valle delle emergenze vengono raccolte a livello di enti locali, per poi essere trasmesse agli uffici competenti regionali, le segnalazioni di danno in modo da costruire un quadro regionale di sintesi, sulla base del quale la regione procede alla dichiarazione del livello di emergenza regionale (livello b) dell'evento ovvero alla richiesta dello stato di calamità al Governo (livello c).

Lo stato di emergenza di rilievo nazionale (livello c) viene deliberato dal Consiglio dei Ministri, su proposta del Presidente del Consiglio, o su richiesta del Presidente della Regione o Provincia autonoma interessata e comunque acquisitane l'intesa. Nella delibera del Consiglio dei Ministri viene altresì autorizzata l'emanazione delle ordinanze di protezione civile quale strumento per il coordinamento dell'attuazione degli interventi da effettuare durante lo stato di emergenza di rilievo nazionale. In particolare, nelle ordinanze di protezione civile, emanate previa acquisizione dell'intesa delle Regioni e Province autonome territorialmente interessate, si dispone tra l'altro, secondo quanto indicato dall'art. 25.2e del Codice di Protezione Civile, **alla ricognizione dei fabbisogni** per il ripristino delle strutture e delle infrastrutture, pubbliche e private, danneggiate, nonché dei danni subiti dalle attività economiche e produttive, dai beni culturali e paesaggistici e dal patrimonio edilizio.

Ciò premesso a livello nazionale è stato concordato di censire tutti gli eventi per i quali siano disponibili informazioni certificate (fonte ufficiale accreditata) sulla tipologia ed entità dell'evento e dei danni occorsi facendo riferimento prioritariamente agli eventi per i quali è stato richiesto lo stato di emergenza e stabilendo in particolare che:

- Si attribuiscono alla categoria degli eventi di tipo 4.2(b): gli eventi che, ai fini dell'attività di protezione civile sono classificati di *livello c* (eventi di livello nazionale)
- Si attribuiscono alla categoria degli eventi di tipo 4.2(c): gli eventi che, ai fini dell'attività di protezione civile sono classificati di *livello b* (eventi di livello provinciale e regionale); di *livello a* (eventi di livello comunale); altri eventi certificati e comunque tutti gli eventi che hanno comportato almeno una vittima.

Tali eventi e le informazioni su di essi disponibili circa la fenomenologia e i danni prodotti sono caricati nella piattaforma **FloodCat** dalle Regioni per il tramite dei Centri Funzionali di Protezione Civile e se del caso integrati dalle autorità di Distretto, qualora in possesso di informazioni aggiuntive rispetto a eventi già inseriti o meno nella piattaforma stessa.

Per “fenomenologia” si intendono: caratterizzazione temporale dell'evento (inizio e durata); caratterizzazione spaziale dell'evento (localizzazione/estensione dell'area inondata o del tratto di corso d'acqua interessato); intensità dell'evento (tempo di ritorno); tipo di alluvione (origine, caratteristiche e meccanismo). Per quanto attiene la fenomenologia la descrizione degli eventi del passato viene effettuata sulla base delle seguenti fonti di informazione:

- ✓ Rapporti di Evento redatti dai Centri Funzionali di Protezione Civile
- ✓ Ricognizioni su campo, rilievi GPS, materiale fotografico, geocoding delle segnalazioni di danno
- ✓ Prodotti cartografici da Programma Copernicus: Emergency Management Service (EMS) – Mapping (*Figura 8*)

In [Appendice 2](#) è rappresentata a scala distrettuale la mappa delle localizzazioni associate ai *past event*.

LATEST NEWS · 2018-11-07 | [EMSR334] Wind Storm in north-east of Italy

- EMS - MAPPING**
 - Service Overview
 - Who can use the service
 - How to use the service
 - Products: Rapid Mapping
 - Products: Risk and Recovery
 - Quality control / Feedback
 - User Guide
- RAPID MAPPING**
 - List of Activations
 - Map of Activations
 - GeoRSS Feed
- RISK AND RECOVERY**
 - List of Activations
 - Map of Activations
 - GeoRSS Feed
- OTHER**
 - Map of Activations of Other Organizations
 - Map Coverage Planner
 - Meetings, Workshops
 - Citation Guidelines
 - Citations

List of EMS Rapid Mapping Activations

Title
Contains

Activation Status
- Any -

Event Type

- Storm
- Transportation accide
- Volcanic activity
- Wildfire
- Forest fire, wild fire
- Flood

Event Date (UTC)

Start date

E.g., 2018-11-16

End date

E.g., 2018-11-16

Affected Countries

- Hungary
- Iceland
- India
- Indonesia
- Iraq
- Ireland
- Italy

Select multiple countries with Ctrl/Cmd

Act. Code	Title	Event Date	Type	Country/Terr.	Feed
EMSR333	Flood in Sicily, Italy	2018-11-02	Flood	Italy	 
EMSR332	Flood in Veneto, Italy	2018-10-30	Flood	Italy	 
EMSR330	Flood in Sicily, Italy	2018-10-18	Flood	Italy	 
EMSR329	Flood in southern Sardinia, Italy	2018-10-10	Flood	Italy	 
EMSR260	Flood in Northern Italy	2017-12-12	Flood	Italy	 
EMSR238	Flood in Tuscany, Italy	2017-09-10	Flood	Italy	 
EMSR192	Floods in Northern Italy	2016-11-24	Flood	Italy	 
EMSR141	Flooding and landslides in Campania, Italy	2015-10-14	Flood	Italy	 
EMSR138	Flooding and landslides in Emilia Romagna...	2015-09-14	Flood	Italy	 
EMSR083	Floods in Marche, Italy	2014-05-03	Flood	Italy	 
EMSR067	Floods in Emilia Romagna and Liguria, Italy	2014-01-18	Flood	Italy	 
EMSR062	Flood in Central and Southern Italy	2013-12-01	Flood	Italy	 
EMSR061	Flood in Sardinia, Italy	2013-11-18	Flood	Italy	 
EMSR060	Flood in Marche and Umbria, Italy	2013-11-11	Flood	Italy	 
EMSR053	Flood in Italy	2013-10-07	Flood	Italy	 

Displaying 1 - 15 of 15 items

Figura 8 - Lista delle attivazioni del servizio EMS Rapid mapping per eventi alluvionali in Italia

4.1 La Piattaforma FloodCat³

FloodCat (Flood Catalogue) è una piattaforma web-GIS ad accesso riservato che svolge la funzione di catalogo nazionale degli eventi alluvionali a disposizione delle Autorità Competenti (*Competent Authority - CA*) per l'implementazione della Direttiva Alluvioni in Italia. Tale piattaforma, raggiungibile all'indirizzo www.mydewetra.org, è di proprietà del Dipartimento della protezione civile (DPC) ed è stata realizzata per la parte informatica dal CIMA Research Foundation.

I contenuti e la struttura dell'attuale versione di FloodCat (3.0) sono stati curati dal DPC in collaborazione con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

³ NOTE sulla compilazione del catalogo degli eventi alluvionali mediante la piattaforma FloodCat conforme agli SCHEMA per il reporting della Dir. 2007/60/CE art. 4: Valutazione preliminare del rischio alluvioni. http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/file/NOTE_FloodCat_PFR09_novembre_2018.pdf

Tale piattaforma è stata realizzata per consentire la catalogazione sistematica delle informazioni sugli eventi alluvionali del passato (*past flood*) ai sensi degli articoli 4.2(b) e 4.2(c) della FD in modo unitario e omogeneo a livello nazionale ma anche per poter disporre di uno strumento di esportazione dei dati conformi alle specifiche e ai formati richiesti ai fini del *reporting* PFRA.

4.1.1 Lo schema del FloodCat

La struttura di **FloodCat** si basa su tre oggetti principali denominati “**Evento**”, “**Fenomeno**” e “**Danno**”.

Un **Evento** è caratterizzato dall’aver un’unica “Origine” (ad es., fluviale, pluviale, marina) e dall’aver interessato una specifica Unità di Gestione (*Unit of Management - UoM*). Ciò implica che se, ad esempio, una data area ha subito un’inondazione di origine fluviale e marina la catalogazione dovrà avvenire come se gli eventi fossero due; lo stesso vale nel caso in cui tale area appartenga a due UoM. Ciascun Evento si articola ed è descritto mediante uno o più Fenomeni.

A questo livello è possibile specificare se l’evento è di tipo 4.2(b) o 4.2(c) e tale informazione viene mantenuta anche in fase di esportazione sia all’interno del codice dell’evento che del codice delle Flood Location che a esso sono associate (**Figura 9**).

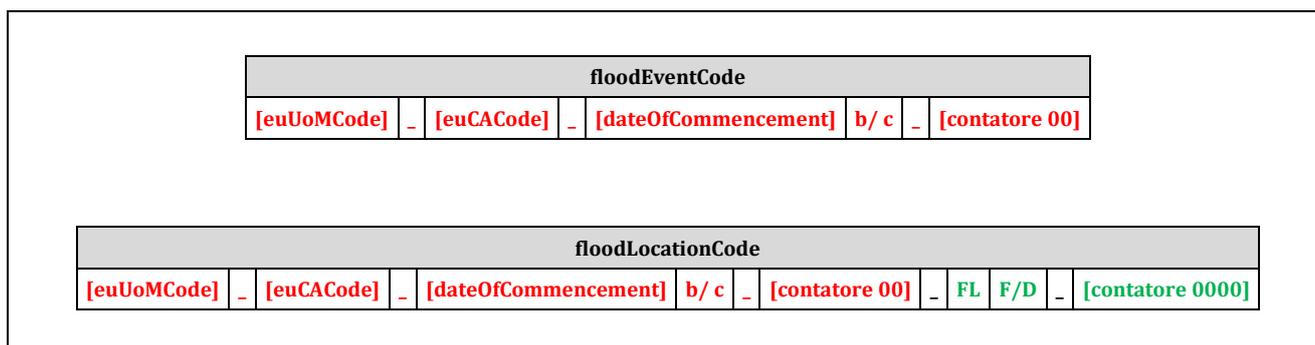


Figura 9 - Sintassi dei codici degli eventi e delle flood location

Un **Fenomeno** è caratterizzato dall’aver un’unica “Caratteristica” (ad es., *flash flood*, colata detritica, piena da fusione nivale) associata a un determinato Evento, ma può avere più di un “Meccanismo” (ad es., superamento della capacità di contenimento in alveo, superamento della capacità di contenimento delle opere di difesa). A ciascun Meccanismo si possono associare uno o più Danni.

Il **Danno** rappresenta la descrizione dell’impatto sugli elementi esposti che vengono classificati mediante una o più categorie (ad es. edifici civili, impianti industriali) e relative sottocategorie (case monofamiliari, impianti IPPC).

In FloodCat è possibile inserire un evento alluvionale associandolo a delle macro-caratteristiche d’inquadramento e poi andare a caratterizzarlo effettuando una sorta di *downscaling*, distinguendo meccanismi e caratteristiche nelle diverse aree inondate e gli impatti sul territorio in termini di danni agli elementi esposti.

Per ciò che concerne specificatamente le informazioni spaziali, sia per FloodCat che ai fini del *reporting* alla CE è prevista oltre alla descrizione del luogo in cui è avvenuto l'evento (*Flood Location - FL*) e dei conseguenti impatti in esso verificatisi anche la sua geolocalizzazione, attraverso oggetti grafici georiferiti quali punti, linee, poligoni, contenuti in appositi *shapefile*. In FloodCat le informazioni spaziali sono raccolte in relazione a:

- dinamica d'evento (area inondata) – le informazioni sono associate all'oggetto *Fenomeno*;
- impatti – le informazioni sono associate all'oggetto *Danno* (ad es. localizzazione del punto o di un tratto dove si è verificata una rottura arginale, localizzazione di un edificio danneggiato).

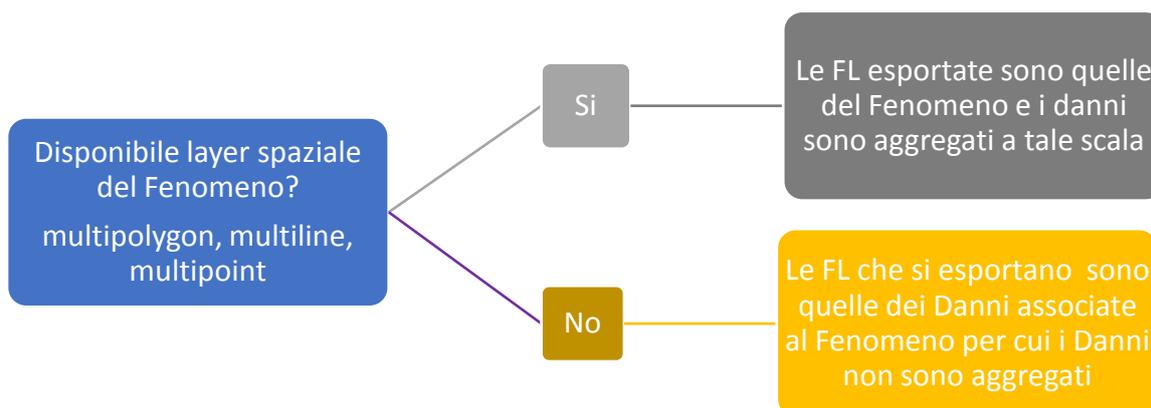
Rispetto a quanto richiesto dal reporting, FloodCat consente di descrivere il tipo di danno mediante categorie e sottocategorie molto più dettagliate. Ad esempio, nel caso di danni alle attività economiche i *reporting schema* prevedono il tipo “*B44 - Economic Activity*”, mentre in FloodCat si può dettagliare maggiormente tale rappresentazione specificando se il danno è stato arrecato ad “ATTIVITÀ ECONOMICHE SETTORE INDUSTRIA” o “ATTIVITÀ ECONOMICHE SETTORE COMMERCIO”.

Ai dati inseriti sono associate le REFERENCE ossia documenti da cui sono state tratte le informazioni, caricabili sulla piattaforma sia come link che come file.

4.1.2 Esportazione dei dati FloodCat per il reporting PFRA

La piattaforma consente di esportare ai fini del reporting PFRA un database access, gli *shapefile* (uno per ogni tipo di geometria disponibile) delle Flood Location (FL) e una cartella con i documenti e/o i link che sono stati utilizzati come *reference* (fonti dei dati) relativamente ai “FloodData” e alle “FloodLocation”. Per effettuare l'esportazione occorre specificare la UoM e l'intervallo di date rispetto a cui interessa raccogliere le informazioni sugli eventi alluvionali del passato.

Come specificato nel precedente paragrafo, in FloodCat esistono due livelli spaziali e quindi due possibili tipologie di Flood Location, quelle derivanti dai “Fenomeni” e quelle associate ai “Danni”. Sono state pertanto definite in FloodCat le modalità di esportazione dell'insieme delle FL a cui sono associate gli impatti dovuti all'evento alluvionale, ai fini del *reporting* alla CE. Tali modalità sono illustrate sinteticamente dal diagramma di seguito riportato.



In sostanza si privilegia la localizzazione fornita a livello di Fenomeno alla quale vengono ricondotte le informazioni sui danni; in mancanza di tale localizzazione, le FL sono quelle inserite a livello di danno. Mediante una tabella di corrispondenze⁴ la categoria/sottocategoria di danno è ricondotta al tipo di potenziale conseguenza avversa (*TypeofPotentialConsequences/Detail*) conforme alle liste di selezione previste dagli schema per il reporting FD (ad es., Lista *TypeHumanHealth_Enum*).

Nel processo di aggregazione alla scala del Fenomeno per ciascuna *TypeofPotentialConsequences* si sommano i valori economici e le eventuali vittime e in caso di rappresentazione mediante classe di danno si utilizza la classe più gravosa.

Il caso in cui a una FL non sia associato, per una delle 4 tipologie di elementi esposti (salute umana, attività economica, ambiente, patrimonio culturale), alcun tipo di danno, corrisponde all'eventualità in cui quel tipo di elementi esposti non è stato danneggiato, ovvero non è presente nell'area inondata. In questi casi il FloodCat in fase di esportazione e per conformità con quanto richiesto dagli schema del reporting, attiva il completamento automatico dell'informazione, impostando il *TypeofPotentialConsequences* sul corrispondente valore di "non applicabile" (ad es., *TypeHumanHealth* = *B14 - Not applicable*).

⁴ Si veda Allegato 2 della Guida FloodCat

5 Metodologia per definire le alluvioni future di cui all'art. 4.2d e le loro potenziali conseguenze avverse

L'art. 4.2(d) della FD estende l'ambito spaziale, che per gli artt. 4.2(b) e (c) è limitato a quei luoghi all'interno del Distretto ove si sono verificate inondazioni, a tutto il territorio distrettuale consentendo di identificare quelle aree per le quali non ci sono notizie di alluvioni (significative) nel passato ma in cui potrebbero verificarsi future alluvioni (non comprese tra quelle identificate ai sensi del 4.2(b) e 4.2(c)) con potenziali conseguenze avverse non necessariamente "significative".

La Direttiva stabilisce che, a differenza degli adempimenti di cui agli artt. 4.2 (b) e 4.2 (c), quanto richiesto dall'art. 4.2 (d) non sia obbligatorio (*depending on the specific needs of Member States*). L'Italia, tuttavia, non ha specifiche esigenze che giustifichino la non ottemperanza all'art.4.2(d), pertanto si è stabilito a livello nazionale che le **future flood** siano considerate e riportate.

La FD-Guidance richiede di descrivere quale metodologia sia stata adottata per valutare cosa costituisca **potenziali conseguenze avverse**. Nello specifico occorre descrivere se la metodologia sia basata su criteri riconducibili a quelli di **Tabella 5.1** (*criteriaUsed*) e se in essa si sia tenuto conto di una serie di elementi (*issues*) di cui alla

Tabella 5.2. Nelle suddette tabelle sono indicati nel campo “SELEZIONE” i criteri/elementi utilizzati a livello distrettuale. La spunta in tale campo non implica l’utilizzo contemporaneo di tutti i criteri/elementi selezionati.

Tabella 5.1 - Criteri per valutare le potenziali conseguenze avverse di future alluvioni (FD-Guidance)

CRITERI FD-GUIDANCE	DESCRIZIONE	SELEZIONE
Potential number of permanent residents affected by the flood extent in flood plains	Numero potenziale di residenti (permanenti) interessati dall'alluvione nelle piane inondabili	√
Potential value/area of property affected (residential and non-residential)	Potenziale valore/area delle proprietà private interessate (residenziali e non residenziali)	
Potential number of buildings affected (residential and non-residential)	Numero potenziale di edifici interessati (residenziali e non residenziali) dall'inondazione	√
Potential adverse consequences to infrastructural assets	Potenziali conseguenze negative sui beni infrastrutturali	√
Damage potential exceeds specific threshold (area)	Danno potenziale che supera una specifica soglia (area)	
Potential economic damage	Danno economico potenziale	√
Potential adverse consequences on water bodies	Potenziali conseguenze negative sui corpi idrici	√
Potential sources of pollution triggered from industrial installations	Potenziali fonti di inquinamento derivanti da impianti industriali	√
Potential adverse consequences to rural land use	Potenziali conseguenze negative per l'uso rurale del suolo (attività agricole, silvicoltura, attività mineraria e pesca)	√
Potential adverse consequences to economic activity (e.g. manufacturing, service and construction industries)	Potenziali conseguenze negative per le attività economiche (ad es. industrie manifatturiere, dei servizi ed edili)	√
Potential adverse impacts on cultural assets and cultural landscapes	Potenziali impatti avversi sul patrimonio culturale e paesaggistico	√
Recurrence periods or probability of exceedance	Tempi di ritorno o probabilità di superamento	√
Recurrence periods or probability of exceedance in combination with land use	Tempi di ritorno o probabilità di superamento in combinazione con l'uso del suolo	
Community assets affected	Beni pubblici interessati	√
Water level or depth	Livello idrico o altezza d'acqua	√
Water velocity	Velocità della corrente	√
Whether floods have occurred in the past	Se le inondazioni si sono verificate in passato	√
Specific weighting systems defined to assess significance	Specifici sistemi di valutazione ponderata definiti per valutare la significatività	
Expert Judgement	Giudizio esperto	
Other	Altro	
The specific needs of the of the MS do not require an assessment under Article 4.2(d)	Le necessità specifiche dello Stato Membro non richiedono una valutazione ai sensi dell'art. 4.2(d)	

Tabella 5.2 – Elementi (*issues*) di cui si è tenuto conto nel valutare le potenziali conseguenze avverse di future alluvioni (FD-Guidance - IssuesArticle4_2_d_Enum)

ISSUES FD-GUIDANCE	DESCRIZIONE	SELEZIONE
Topography	Topografia	√
Position of watercourses and their general hydrological and geomorphological characteristics	Posizione dei corsi d'acqua e loro caratteristiche idrologiche e geomorfologiche generali	√
Floodplains as natural retention areas	Piane inondabili come aree di naturale espansione delle piene	√
The effectiveness of existing man-made flood defence infrastructures	L'efficacia delle infrastrutture artificiali esistenti per la difesa dalle alluvioni	√
The position of populated areas	La localizzazione delle aree popolate	√
Areas of economic activity	Aree dove sono presenti attività economiche	√
Impacts of climate change on the occurrence of floods	Impatti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle inondazioni	√
Long-term developments; development of settlements (private, public and commercial)	Sviluppi di lungo termine; sviluppo di insediamenti (privati, pubblici e commerciali)	
Long-term developments; development of infrastructure (transport, water, energy and telecoms)	Sviluppi di lungo termine; sviluppo di infrastrutture (trasporti, acqua, energia e telecomunicazioni)	
Long-term developments; rural land-use change	Sviluppi di lungo termine; cambiamenti nell'uso rurale del suolo	
The specific needs of the MS do not require an assessment under Article 4.2(d)	Le necessità specifiche dello Stato Membro non richiedono una valutazione ai sensi dell'art. 4.2(d)	---

La metodologia di livello nazionale definita per identificare le **future flood** - art. 4.2(d) parte dal presupposto che in tale categoria si possono considerare tutte le aree a cui non sia possibile associare un'effettiva inondazione nel passato (o sia possibile farlo solo in parte) ma che a causa degli elementi (*issues*) di cui alla lista di selezione [IssuesArticle4_2_d_Enum](#) potrebbero essere sede di inondazione e registrare conseguenze avverse (non necessariamente significative). Occorre quindi tener conto delle caratteristiche topografiche e morfologiche (pendenze, vicinanza a un corso d'acqua, appartenenza alla pianura alluvionale, o ad es., alle fasce fluviali di dinamica morfologica), del livello di antropizzazione attuale o futuro (sviluppi di lungo termine), dell'inefficacia di opere di difesa esistenti e degli effetti dei cambiamenti climatici. Si tratta di scenari previsti, ricostruiti, modellati (ad es., scenari che simulano brecce arginali, aree topograficamente depresse soggette ad allagamento per effetto diretto delle piogge) che possono o meno interessare aree già censite nell'ambito delle *past flood*, ai quali, non trattandosi di eventi in senso stretto, non è possibile attribuire una collocazione temporale (data di inizio e durata dell'evento). Va infatti considerato che molti degli studi di dettaglio e delle modellazioni idrologico-idrauliche vengono condotti proprio su aree che nel corso degli anni sono state interessate da eventi alluvionali (*past flood*).

In questa categoria si possono inserire tutte le perimetrazioni (aree allagate o allagabili) non fornite in fase di reporting nel 2014 o modificate successivamente, per le quali siano stati

calcolati o meno i tempi di ritorno. In quest'ultimo caso la metodologia consiglia, ove non sia possibile effettuare una stima della probabilità di inondazione con altri tipi di valutazione, di associare a tali aree un intervallo di tempo di ritorno corrispondente alla pericolosità più alta in favore di sicurezza.

Nelle *future flood* possono essere inclusi tratti "critici", quali ad esempio: tratti del reticolo minore (corsi d'acqua temporanei o effimeri) interferenti con elementi esposti, tratti tombati, tratti di costa con spiccati fenomeni erosivi. Inoltre andrebbero considerati ambiti in cui i processi di versante potrebbero interferire con il deflusso d'alveo, comprese le aree di conoide (tutte le aree di conoide attive o quiescenti rintracciabili su carte geomorfologiche).

La metodologia nazionale suggerisce, infine, di far riferimento alle seguenti tipologie di fonti dei dati: PAI, PGRA, studi acquisiti/realizzati, carte geologiche e geomorfologiche.

5.1 Le fonti informative per l'individuazione delle aree soggette a future flood nel Distretto Sardegna

Seguendo le indicazioni di livello nazionale, nel Distretto Sardegna sono state utilizzate le seguenti principali fonti informative ai fini dell'individuazione delle aree potenzialmente allagabili da *future flood*:

1. Studi recenti (2018) redatti su aree di particolare interesse ai fini dell'aggiornamento del PAI/PGRA condotti a scala comunali ai sensi delle NA del PAI:

- Delibera del Comitato Istituzionale n.4 del 06.11.2018

Comune di Seulo - Studio di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8, comma 2 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI relativo al territorio comunale – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 06.11.2018

Comune di Quartu Sant'Elena - Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI previgenti al Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 35 del 27.04.2018 relativo alla variante urbanistica al Piano attuativo "Domus de Foxi" – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.8 del 06.11.2018

Comune di Alghero - Studio di compatibilità idraulica e geologico-geotecnica ai sensi dell'art. 8, comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo alla variante al PRG di Adozione del programma di conservazione e valorizzazione dei beni paesaggistici della bonifica di Alghero (P.C.V.B.) - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 09.08.2018

Comune di Alà dei Sardi - Studio di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica ex art. 8, comma 2, delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, nell'ambito della "Variante al Piano di Fabbricazione del Comune di Alà dei Sardi".

- Delibera del Comitato Istituzionale n.3 del 09.08.2018

Comune di San Teodoro - Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8, comma 2 delle NA del PAI, relativo al Piano di Lottizzazione "Isuledda" - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.4 del 09.08.2018

Comune di San Sperate - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI relativo alla variante al Piano Urbanistico Comunale di San Sperate per il trasferimento volumetrico ex art. 38 della L.R. 8/2015 - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 09.08.2018]

Comune di San Sperate - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI relativo al progetto di lottizzazione "Bia Noa" dell'area compresa nella zona di espansione residenziale del PUC di San Sperate - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.6 del 09.08.2018

Comune di San Sperate - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI relativo al progetto di lottizzazione dell'area compresa nella zona di espansione residenziale C°4 e C°4°a del PUC di San Sperate in via Pixinortu - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.11 del 09.08.2018

Comune di Quartucciu - Studio di compatibilità idraulica e compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. relativo alla proposta di Piano attuativo di "Lottizzazione a scopo edificatorio delle aree site in Loc. Sa Mallorca denominata I Mandorli e la Rosa" zona urbanistica C4 del vigente - P.U.C. - Approvazione.

- Delibera del Comitato Istituzionale n.12 del 09.08.2018

Comune di Cheremule - Studio di compatibilità idraulica e geologico- geotecnica ai sensi dell'art. 8, comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo al Piano Particolareggiato del centro storico - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 03.07.2018

Comune di Oristano - Studio di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 delle Norme di Attuazione del P.A.I. relativo a tutto il territorio comunale - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 03.07.2018

Comune di Trinità d'Agultu e Vignola - Studio di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica ai sensi dell'art 8 delle Norme di Attuazione del P.A.I., a corredo del "Piano di lottizzazione adottato con Delibera CC n. 41 del 26.10.2016. Ditta: Pileri Francesca Maria et al." - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.6 del 03.07.2018

Comune di Musei - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica del territorio comunale ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.04 del 19.06.2018

Comune di Cagliari - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 delle Norme di Attuazione del PAI relativo alla realizzazione di un piano di lottizzazione in via San Giuliano - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.06 del 19.06.2018

Comune di S. Antioco – Studio di compatibilità idraulica e geologica geotecnica ai sensi dell'art. 8 delle NA del PAI - Zona G - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.10 del 19.06.2018

Comune di Tadasuni – Studio di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica del centro inerente il Piano particolareggiato del centro di antica e prima formazione del Comune di Tadasuni ai sensi dell'art. 8 delle Norme di Attuazione del P.A.I. – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.11 del 19.06.2018

Comune di Ula Tirso - Proposta di variante al PAI ai sensi dell'art. 37 comma 3 lett. b delle N.A. del P.A.I., per la perimetrazione di aree di pericolosità da frana e idraulica nel territorio comunale. Adozione preliminare

- Delibera del Comitato istituzionale n.3 del 27.02.2018

Comune di Anela – Studio di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica ai sensi dell'art 8, comma 2, a corredo del “Piano particolareggiato del Centro di antica e prima formazione in adeguamento al PPR”. - Approvazione.

- Delibera del Comitato istituzionale n.4 del 27.02.2018

Comune di Cagliari - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI per il Piano attuativo relativo alla realizzazione di un nuovo complesso residenziale tra la via Messina e la via Bolzano - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 27.02.2018

Comune di Bulzi - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI per il Piano particolareggiato del centro matrice – APPROVAZIONE

- Delibera del Comitato Istituzionale n.6 del 27.02.2018

Comune di San Sperate - Studio di compatibilità idraulica e geologica - geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI relativo alla “Variante al PUC per il cambio di destinazione urbanistica di un'area attualmente in zona E (agricola) in zona G sita in loc. Sa Nuscedda” - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 09.01.2018

Comune di THIESI - Studio di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 , comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, relativo all'adozione della Variante al Programma di fabbricazione vigente Simon- Marras - Comparto D1- Caseificio Pinna- APPROVAZIONE

- Delibera del Comitato Istituzionale n.4 del 09.01.2018

Comune di Ozieri – Studio di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica ex Art. 8, comma 2 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI riferito al “Piano particolareggiato del centro di antica e prima formazione in adeguamento al PPR“.

- Delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 09.01.2018

Comune di Padru – Studio di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica del territorio comunale di Padru ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.6 del 09.01.2018

Bacino del Rio E'Cresia in Comune di Bottidda. Studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 c. 6 delle N.A. del P.A.I. – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.7 del 09.01.2018

Comune di Riola Sardo – Variante al Piano Urbanistico Comunale, verifica art. 8, comma 2 delle N.T.A. del PAI, finalizzato alla realizzazione di un ecocentro comunale – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.8 del 09.01.2018

Comune di Meana Sardo – Studio di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica del territorio comunale di Meana Sardo ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.9 del 09.01.2018

Comune di Uta – “Studio di dettaglio del Rio S'Isca de Arcosu” ai sensi dell'art. 24, comma 6 delle N.A. del P.A.I. – Approvazione

- Delibera del Comitato Istituzionale n.10 del 09.01.2018

Bacino del Riu San Girolamo in Comune di Capoterra – “Studio della pericolosità idraulica del compluvio minore tra il Rio San Girolamo e il Rio Masone Ollastu” ai sensi dell'art. 24 c. 6 delle N.A. del P.A.I. – Approvazione

2. Aree o fasce di attenzione individuate secondo le seguenti modalità:

Con la deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 1 del 27 febbraio 2018 sono state modificate ed integrate le norme di attuazione del Piano di Assetto

Idrogeologico (PAI) della Sardegna ed è stato introdotto l'art. 30 ter, avente per oggetto "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia".

Con l'articolo 30 ter, per l'intero territorio regionale, per i tratti del reticolo idrografico regionale per i quali non sono stati ancora individuate aree di pericolosità idraulica a seguito di modellazione, e con l'esclusione delle aree di pericolosità determinate con il solo criterio geomorfologico, è stata istituita una fascia di prima salvaguardia, su entrambi i lati a partire dall'asse del corso d'acqua, di ampiezza variabile in funzione dell'ordine gerarchico dello stesso tratto di corso d'acqua.

Al fine di permettere l'applicazione di quanto stabilito dalla norma, è stata effettuata la gerarchizzazione del reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015.

Ad ogni tratto di corso d'acqua è stato assegnato un ordine gerarchico, secondo la metodologia Horton - Strahler, applicata attraverso gli strumenti di classificazione semi-automatica messi a disposizione dai più comuni client GIS.

Si riporta di seguito il testo dell'articolo 30 ter delle Norme del PAI:

Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia

1. *Per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:*

ordine gerarchico (numero di Horton- Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

2. *Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, i proponenti sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.*
 3. *Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 delle NA.*
 4. *Gli studi di cui al comma 2 sono approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006.*
 5. *Per le parti del territorio comunale diverse da quelle che possiedono significativa pericolosità idraulica ai sensi degli articoli 22 e 26 delle NA (quali a titolo esemplificativo le aree edificate, gli agglomerati industriali, commerciali e turistici e le aree con presenza di infrastrutture), gli studi previsti dall'articolo 8, commi 2 e 2bis, possono prescindere dalle analisi idrauliche e confermare le sole aree di pericolosità di prima salvaguardia istituite ai sensi del precedente comma 1.*
3. Sottobacini che manifestano particolare propensione al verificarsi di piene improvvise (*flash flood*).

I sottobacini di cui al punto 5 sono stati individuati mediante opportuna metodologia che prende spunto da uno studio effettuato dall'ex Autorità di Bacino dell'Arno (oggi Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale) e presentato nell'ambito del Workshop "*Flash Floods and Pluvial Flooding*" tenutosi a Cagliari nel 2010. La metodologia originale prevede l'utilizzo di alcuni parametri "predisponenti" (Area del bacino idrografico, Lag Time, Distribuzione del tempo di ritorno della precipitazione di progetto) alla scala del singolo bacino/sottobacino idrografico, attraverso i quali è possibile valutare la maggiore o minore probabilità che questa particolare tipologia di eventi cosiddetti "impulsivi" si manifesti. Per maggiori informazioni in proposito si veda il capitolo ***I cambiamenti climatici (art. 14.4)***.

In [Appendice 3](#) è rappresentata a scala distrettuale la mappa delle localizzazioni associate ai *future event*.

6 Metodologia e dati su cui si è basata la valutazione degli impatti passati e la stima dei potenziali impatti futuri

Nell'ambito del popolamento del catalogo nazionale degli eventi alluvionali (**FloodCat**) la valutazione degli impatti prodotti da eventi del passato è stata effettuata sulla base delle seguenti fonti di informazione:

- Ricognizioni dei fabbisogni attivate dalle Ordinanze del Capo di Dipartimento Protezione Civile (OCDPC)
- Rapporti periodici sul rischio posto alla popolazione italiana da frane e inondazioni (CNR-IRPI)

La valutazione degli impatti prodotti da eventi futuri viene effettuata sulla base delle seguenti fonti di informazione:

- Dataset DTM (Digital Terrain Model), a copertura nazionale passo 20m, e DTM LiDAR risoluzione a terra da 1 a 4 metri (PST-A e MIADRA, in GEOPORTALE NAZIONALE)
- Layer dell'uso del suolo: Corine Land Cover al maggior dettaglio disponibile
- Layer dei corpi idrici superficiali: SurfaceWaterBody Reporting GIS WFD 2016
- Layer Aree Protette: WFD Protected Areas
- Layer impianti IED: European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR)
- Popolazione residente: 15° Censimento della Popolazione ISTAT 2011
- Attività economiche: 9° Censimento Industria e Servizi ISTAT 2011
- banca dati dei Beni Culturali - Vincoli In Rete VIR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro - ISCR)⁵
- Infrastrutture ferroviarie - Tratte ferroviarie, Strati Prioritari di Interesse Nazionale (DBPrior10k in GEOPORTALE NAZIONALE⁶)
- Database geotopografici regionali

tenendo conto del livello di pericolosità di alluvione (tempi di ritorno), dei battenti idrici e delle velocità ove disponibili in relazione alla topografia delle aree considerate. Inoltre, come detto precedentemente, gli studi di dettaglio e le modellazioni idrologico-idrauliche vengono condotti su aree in cui nel corso degli anni si sono registrati eventi alluvionali (*past flood*), pertanto le valutazioni sulle aree potenzialmente interessate da *future flood* partono già dall'assunto che esse siano state interessate anche solo parzialmente dal verificarsi di inondazioni.

7 Focus di approfondimento su eventi considerati di particolare interesse

Nei paragrafi che seguono sono analizzati eventi passati e futuri che si ritiene di particolare interesse a causa degli impatti o delle potenziali conseguenze negative ad essi associati.

7.1 Eventi passati

Con riferimento al periodo compreso tra il 22 dicembre 2011 e il 30 novembre 2018 (data quest'ultima assunta a livello nazionale per la chiusura del censimento dei *past event* su **FloodCat** ai fini del *reporting*) nel Distretto Sardegna è stata censita una serie di eventi

⁵ <http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>

⁶ Servizio WFS http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Rete_ferroviaria.map

alluvionali. Nella tabella di seguito riportata si illustra la loro distribuzione rispetto alle due tipologie di eventi del passato previste dalla FD (tipo 4.2b e 4.2c), al tipo di origine della piena (*SourceofFlooding*) e alle UoM in cui è suddiviso il territorio distrettuale.

N. eventi per TIPO		N. eventi per origine della piena					
Art. 4.2(b)	Art. 4.2(c)	F	P	GW	SW	AW	
	1	1					Evento "Cleopatra"

F= Fluvial (Fluviale); P= Pluvial (Pluviale); GW= Groundwater (Da acque sotterranee); SW = Sea Water (Marine); AW = Artificial Water-Bearing Infrastructure (Inondazione/allagamento da insufficienza delle infrastrutture di collettamento)

Nell'ambito dei suddetti eventi quello verificatosi in vaste aree del territorio regionale della Sardegna nei giorni 18 e 19 novembre 2013 è stato uno dei più significativi per estensione dell'area interessata e danni prodotti. Il paragrafo seguente fornisce una breve sintesi descrittiva dell'evento.

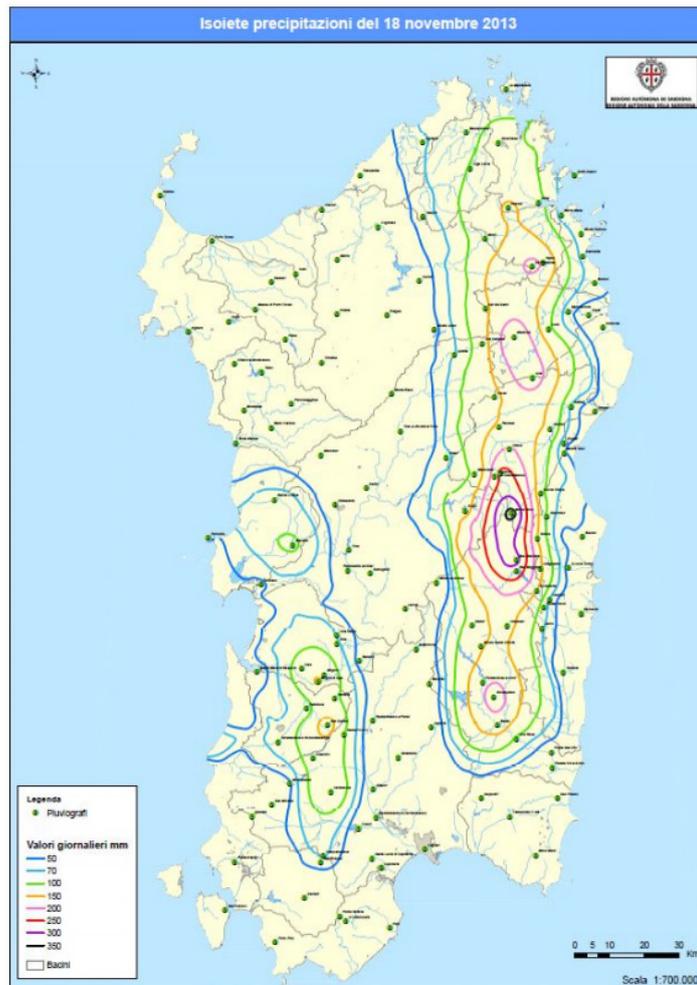
7.1.1 L'evento alluvionale "Cleopatra" del 18 e 19 novembre 2013

Il giorno 18 Novembre 2013 la Sardegna è stata interessata da un evento meteorico che ha causato precipitazioni di carattere eccezionale. Le precipitazioni più intense hanno interessato la Sardegna Orientale, dal bacino del Flumendosa al bacino del Liscia, e vaste aree del Campidano, dalla bassa valle del Cixerri all' alto Oristanese. Nei due giorni precedenti l'area costiera della Gallura era già stata interessata da precipitazioni che il giorno sabato 16 avevano interessato anche le Baronie e la Barbagia di Nuoro, e che, a Siniscola, hanno raggiunto valori superiori a 100mm. Nelle aree interessate dall' evento sono presenti stazioni di rilevamento della Direzione Generale agenzia regionale del Distretto idrografico della Sardegna, appartenenti alla rete con registrazione digitale e trasmissione dei dati via radio e stazioni della rete di tipo tradizionale. La figura riporta l'ubicazione delle stazioni della rete dell' ARDIS, integrate con le stazioni gestite dall' ENAS, e consente, per mezzo delle isoiete delle precipitazioni cumulate del giorno 18 novembre. L'esame delle isoiete evidenzia come tutte le aree non costiere della Sardegna orientale, dal bacino del Flumendosa fino al bacino del Liscia, siano state interessate da precipitazioni superiori a 100mm, con ampie zone che presentano valori prossimi o superiori a 200 mm. L' addensarsi delle isoiete evidenzia l'epicentro delle precipitazioni nell' area compresa tra la parte alta del bacino del Flumendosa e la parte alta del bacino del Cedrino, nell' area delimitabile tra il lago di Bau Muggeris e la diga di Combidanovu.

Le isoiete evidenziano come anche le aree dell'alto Oristanese, del medio Campidano e la bassa valle del rio Cixerri siano state interessate da notevoli precipitazioni, tenuto anche conto che si tratta di aree con valore medio della serie dei massimi giornalieri generalmente decisamente inferiori a quelli dell'area orientale della Sardegna. Con riferimento all' area orientale le maggiori precipitazioni sono state registrate dalla stazione di Monte Novo (469 mm), di Bau Mandara (370,0 mm) e Cumbidanovu (339,8mm). Valori prossimi o superiori ai 250 mm sono stati rilevati più a nord, nel bacino del rio di Posada, delle stazioni di Mamone (294,2mm), Lula (259,4 mm), e nel bacino del rio Padrongianu (Sa Pianedda in area del comune di Padru, 247,4mm).

Da segnalare che la stazione di Olbia ha registrato nella giornata di lunedì 18 un valore di 117,6 mm, dopo aver registrato 89,6 mm il giorno 16. La stazione tradizionale di Putzolu, frazione prossima ad Olbia, ha registrato 190mm. Valori superiori o prossimi ai duecento mm sono stati rilevati anche nel medio bacino del Flumendosa, a Escalaplano (246,0mm) e Ballao (199,4mm). Nell' alto Oristanese è da segnalare la stazione di Bauladu che ha registrato 130,6 mm. Nel medio campidano, le maggiori precipitazioni sono state rilevate dalla stazione di San Gavino con ben 244,8mm e dalla stazione posta in prossimità della diga sul rio mogoro (193mm), seguite da Uras (129 mm), Sardara (91,2mm) e Sanluri (82,2mm). Nel basso Campidano- Cixerri, le maggiori precipitazioni sono state rilevate dalle stazioni di Vallermosa con ben 188,2 mm e di Campanasissa (Siliqua) con 102,0 mm.

Si evidenzia che circa l'88% delle precipitazioni sono state registrate tra le 5 del mattino e le 17,00 e che la quasi totalità delle precipitazioni si è riversata in un tempo inferiore a 12 ore e che per molte stazioni ubicate nell' alto e medio Campidano più dell' 80% della precipitazione si è riversato nelle sei ore più piovose, nelle altre aree nelle sei ore si è registrato generalmente un valore tra il 60 e il 70% del totale. Si tratta dunque di precipitazioni persistenti fino a 12 ore, che, volendo generalizzare, sono caratterizzate da intensità non molto forte sulle brevi durate, ma che per la loro continuità risultano sufficienti per indurre le massime portate correlate, oltre che nei bacini più piccoli, anche nelle sezioni finali di bacini imbriferi di ampia superficie come quelli del Cedrino (1.089 kmq alla foce) o del rio di Posada(675 kmq). Si rileva inoltre che solo nelle stazioni di Monte Novo e Cumbidanovu si registrano valori superiori a 100mm in un'ora e solo a Lula e San Gavino risulta superata la soglia dei 70mm di precipitazione. Per le durate di 3 ore sono ancora le stazioni di Monte Novo (222.2 mm) e Cumbidanovu (201.4 mm) a registrare le precipitazioni massime superiori ai 200mm. Nelle precipitazioni massime per la durata di sei ore compare, tra le stazioni che hanno registrato precipitazioni superiori a 200 mm, anche la stazione di San Gavino. Una prima analisi delle precipitazioni dal punto di vista probabilistico, effettuato col ricorso alla modellazione TCEV applicata alla Sardegna (Analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna - proff. Deidda,Piga,Sechi -L' Acqua 5/2000) evidenzia come in diverse stazioni i tempi di ritorno ottenuti siano anche molto superiori a 1000 anni. Le precipitazioni con maggior tempo di ritorno risultano quelle registrate dalla stazione di San Gavino, seguita dalle stazioni di Cumbidanovu e Monte Novo.



7.2 Eventi futuri

Per quanto concerne le *future flood* si ritiene di particolare interesse segnalare gli scenari coordinati e strategici sviluppati dalla Università di Cagliari – DICAAR nell’ambito della redazione del PGRA relativi ai seguenti corsi principali della Sardegna, i cui documenti sono disponibili sul sito istituzionale:

- rio Budoni
- Fiume Cedrino
- Fiume Coghinas
- Riu Foddeddu
- Rio Mannu di Fluminimaggiore
- Rio Pelau
- Fiume Temo
- Fiume Tirso
- Fiume Flumendosa

- Rio Fluminimannu di Pabillonis
- Rio Fluminimannu di Porto Torres
- Rio Girasole
- Fiume Posada
- Riu Pramaera
- Rio di San Giovanni di Arzachena
- Rio di Siniscola
- Rio Mogoro
- Rio Palmas
- Rio Cixerri
- Rio di San Teodoro

Tra questi, si riporta come allegato 1) la relazione descrittiva dello scenario definito per il fiume Posada.

7.3 Bibliografia degli eventi

Elencare tutte le fonti dati utilizzate per le informazioni sugli eventi passati e futuri sopra descritti.

Le Aree a Potenziale Rischio Significativo

La Direttiva Alluvioni specifica all'art. 5.1 che sulla base degli esiti della PFRA, gli Stati Membri (MS) devono individuare, per ciascun Distretto (RBD), o Unità di Gestione (UoM), o porzione di distretto internazionale ricadente nel proprio territorio, quelle aree (APSFR) per le quali ritengono che esista un rischio potenziale significativo di alluvioni o per le quali tale rischio è probabile che si generi.

8 Metodologia e criteri per la determinazione del rischio significativo di alluvione

Nella FD_Guidance (par. 5.1) si sottolinea che l'identificazione delle APSFR deve essere basata sugli esiti della PFRA ma che possono essere utilizzati vari approcci tra i quali quelli che fanno uso di "modelli predittivi" purché, attraverso gli schema, i MS forniscano una descrizione dei diversi approcci e metodologie impiegate. Inoltre viene specificato che i MS possono designare APSFR relativamente ampie rispetto alle aree effettivamente allagate. La stessa gestione del rischio di alluvione (di cui all'art. 7 della FD) usualmente richiede di prendere in considerazione aree molto più ampie di quelle che possono essere effettivamente inondate.

Secondo le specifiche della FD-Guidance i MS nel secondo ciclo di gestione devono descrivere la metodologia complessiva adottata per determinare il rischio significativo di piena riconducendola a una lista di possibili criteri (*criteriaUsed*). Di seguito si riportano i criteri proposti e nel campo "SELEZIONE" l'indicazione per ciascuno di essi dell'eventuale utilizzo nella metodologia adottata a livello distrettuale. La spunta in tale campo non implica l'utilizzo contemporaneo di tutti i criteri selezionati.

CRITERI FD-GUIDANCE	DESCRIZIONE	SELEZIONE
Number of permanent residents affected by the flood extent	Numero di residenti permanenti interessati dall'estensione dell'inondazione	√
Value/area of property affected (residential area and non-residential area)	Valore o area delle proprietà private interessate (residenziali e non residenziali)	
Number of buildings affected (residential and non-residential)	Numero di edifici interessati (residenziali e non residenziali)	
Adverse consequences to infrastructural assets	Conseguenze negative per le attività infrastrutturali	√
Damage exceeds specific threshold (area)	Danni superiori a una soglia specifica (area)	
Economic damage	Danno economico potenziale	√
Adverse consequences on water bodies	Conseguenze negative sui corpi idrici	√
Sources of pollution triggered from industrial installations	Fonti di inquinamento derivanti da impianti industriali	√
Adverse consequences to rural land use	Conseguenze negative per l'uso rurale del suolo (attività agricole, silvicoltura, attività mineraria e pesca)	√
Adverse consequences to economic activity (e.g. manufacturing, service and construction industries)	Conseguenze negative per le attività economiche (ad es. industrie manifatturiere, dei servizi ed edili)	√
Adverse impacts on cultural assets and cultural landscapes	Impatti negativi sul patrimonio culturale e paesaggistico	√
Recurrence periods or probability of exceedance	Tempi di ritorno o probabilità di superamento	√
Recurrence periods or probability of exceedance in combination with land use	Tempi di ritorno o probabilità di superamento in combinazione con l'uso del suolo	
Community assets affected	Beni pubblici interessati	√
Water level or depth	Livello idrico o altezza d'acqua	√
Water velocity	Velocità della corrente	√
Whether floods have occurred in the past	Se le inondazioni si sono verificate in passato	
Specific weighting systems defined to assess significance	Specifici sistemi di valutazione ponderata definiti per valutare la significatività	√
Expert Judgement	Giudizio esperto	
Other	Altro	
Flood extent	Estensione dell'alluvione	√
Flood duration	Durata dell'alluvione	√
Number of past flood events	Numero di eventi alluvionali avvenuti nel passato	√
Damage caused in past flood events	Danni causati dagli eventi alluvionali del passato	√

La metodologia di livello nazionale definita per identificare le APSFR prevede che in esse vengano incluse le seguenti tipologie di aree:

1. Involuppo delle aree a rischio idraulico derivanti dal 1° ciclo di gestione
2. Aree interessate da *past o future flood* qualora non ricomprese nelle aree di cui al punto 1
3. Aree interessate da *past o future flood* che seppure ricomprese nelle aree di cui al punto 1 sono associate a scenari di evento di particolare interesse

Pertanto i criteri che definiscono la significatività del rischio nell'individuazione delle APSFR derivano da quelli che sono stati applicati per identificare e valutare le alluvioni del passato di cui all'art. 4.2b e 4.2c e le loro conseguenze avverse e per definire le alluvioni future di cui all'art. 4.2d e le loro potenziali conseguenze avverse.

8.1 Le APSFR nel Distretto Sardegna

Per gli eventi del passato in cui non sono disponibili perimetrazioni delle aree inondabili ma esclusivamente la localizzazione dei danni si è provveduto a individuare in via approssimata l'involuppo dell'area complessivamente interessata.

Per quanto concerne le aree di cui al punto 3 della metodologia nazionale, sono state incluse le seguenti aree:

In [Appendice 4](#) è rappresentata a scala distrettuale la mappa delle APSFR identificate.

9 Modalità con cui le categorie di elementi a rischio sono state prese in considerazione

Secondo le specifiche della FD-Guidance agli Stati Membri viene richiesto di fornire una descrizione di come ciascuna delle quattro categorie di elementi a rischio (tra salute umana, attività economiche, ambiente e patrimonio culturale) sia stata considerata ai fini dell'identificazione delle APSFR, se siano stati adottati criteri specifici relativamente a una qualsiasi di esse o se una data categoria non sia stata presa in considerazione.

Come specificato nel [paragrafo 8](#) l'identificazione delle APSFR prevede l'utilizzo di volta in volta degli elementi informativi derivanti dalle aree individuate in fase di PFRA oltre che sulla base delle pianificazioni precedenti. Ne consegue che le categorie di elementi a rischio considerate ai fini dell'identificazione delle APSFR sono quelle che risultano essere state danneggiate da *past event* o che potrebbero esserlo in seguito a *future event* e che gli unici casi in cui una certa categoria di elementi esposti è esclusa sono quelli in cui 1) la categoria non è presente nell'area interessata 2) la categoria è presente ma non subisce danni.

I cambiamenti climatici (art. 14.4)

Nel report dell'EEA (2017) si sottolinea come la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera abbia raggiunto nel 2016, le 400 parti per milioni (ppm), corrispondenti al 40% in più del livello pre-industriale (metà – fine 19esimo secolo), con un aumento del valore globale della temperatura di superficie, nella decade 2006-2015, di 0.83-0.89 °C rispetto allo stesso periodo di riferimento. In Europa le temperature superficiali in realtà sono aumentate di circa 1.5 °C e le proiezioni forniscono indicazioni di una crescita ulteriore. Si rileva inoltre che in specie nell'Europa meridionale, nei periodi estivi, si sono verificate con sempre maggiore frequenza ondate di calore estreme, che le precipitazioni sono aumentate nella maggior parte dell'Europa del Nord soprattutto in inverno mentre sono diminuite in gran parte dell'Europa del Sud, soprattutto in estate. Eventi caratterizzati da intense precipitazioni sono aumentati in diverse regioni europee nelle ultime decadi in particolare nel nord e nord-est dell'Europa.

Riguardo alle alluvioni, viene specificato che, allo stato attuale, la mancanza di un dataset consistente in Europa non consente di individuare chiaramente un trend riguardo al numero e all'intensità degli eventi intensi e soprattutto non è attualmente possibile quantificare il contributo derivante dall'incremento di precipitazioni intense osservato in alcune parti d'Europa rispetto a quello derivante dai cambiamenti di uso del suolo.

Si sottolinea infine che, senza ulteriori azioni, i cambiamenti climatici potranno portare a un aumento della magnitudo e della frequenza degli eventi di piena in larga parte d'Europa e in particolare è probabile che tipologie di piene, quali le *pluvial flood* e le *flash flood*, che sono innescate da eventi di precipitazione intensi e concentrati, possano diventare molto più frequenti in tutta Europa.

In linea con la Strategia Europea di Adattamento al Cambiamento Climatico (SEACC), adottata dalla CE il 16 aprile 2013, il Ministero dell'Ambiente ha adottato, con decreto della DG Direzione Clima ed Energia n. 86 del 16/06/2015, la **Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC)**, in cui sono individuati i percorsi comuni da intraprendere per far fronte agli impatti previsti.

Nel documento illustrativo della SNACC (2015) si riconosce che in Italia gli impatti attesi più rilevanti nei prossimi decenni saranno conseguenti all'innalzamento eccezionale delle temperature (soprattutto in estate), all'aumento della frequenza degli eventi meteorologici estremi (ondate di calore, siccità, episodi di precipitazioni intense) e alla riduzione delle precipitazioni annuali medie e dei deflussi fluviali annui. Nel novero dei "potenziali impatti attesi dei cambiamenti climatici e principali vulnerabilità per l'Italia" sono comprese possibili alterazioni del regime idrologico che potrebbero aumentare il rischio di frane, colate detritiche, crolli di roccia e alluvioni improvvise (*flash flood*). Nell'ambito delle zone maggiormente esposte al rischio idrogeologico sono indicate la valle del fiume Po (con un aumento del rischio di alluvione) e le aree alpine e appenniniche (con il rischio in particolare di alluvioni improvvise).

Come noto le *flash flood* sono piene che si sviluppano ed evolvono rapidamente, in genere per effetto dell'insorgere di precipitazioni intense su un'area relativamente ristretta. L'aspetto distintivo di tali fenomeni è la rapida concentrazione e propagazione dei deflussi idrici che, in specie nei contesti montani, in cui l'abbondante disponibilità di sedimento mobilizzabile si combina con la notevole capacità di trasporto di tali deflussi, può dare origine al ben più distruttivo fenomeno delle colate detritiche (*debris flow*). La rapidità di concentrazione e propagazione dei deflussi oltre che dai meccanismi precipitativi (intensità e distribuzione spaziale delle piogge) e dalle caratteristiche topografiche del territorio (morfologia e pendenza) è fortemente influenzata dalla permeabilità dei suoli.

Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo in Italia, pubblicato nel recente rapporto ISPRA (2018) e disponibile grazie ai dati aggiornati al 2017 da parte del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), rivela che nel 2017 il consumo di suolo ha continuato a crescere in Italia e che le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 54 km² di territorio rispetto al 2016 (**Figura 10**), che si riducono a 52 km² portando a bilancio alcune aree cosiddette "ripristinate" che hanno cioè subito una trasformazione da suolo consumato a suolo non consumato (in genere ripristino di cantieri). I dati della nuova cartografia SNPA mostrano come, a livello nazionale, la copertura artificiale del suolo sia passata dal 2,7% stimato per gli anni '50 al 7,65% del 2017, con un incremento di 4,95 punti percentuali e una crescita percentuale di più del 180%.

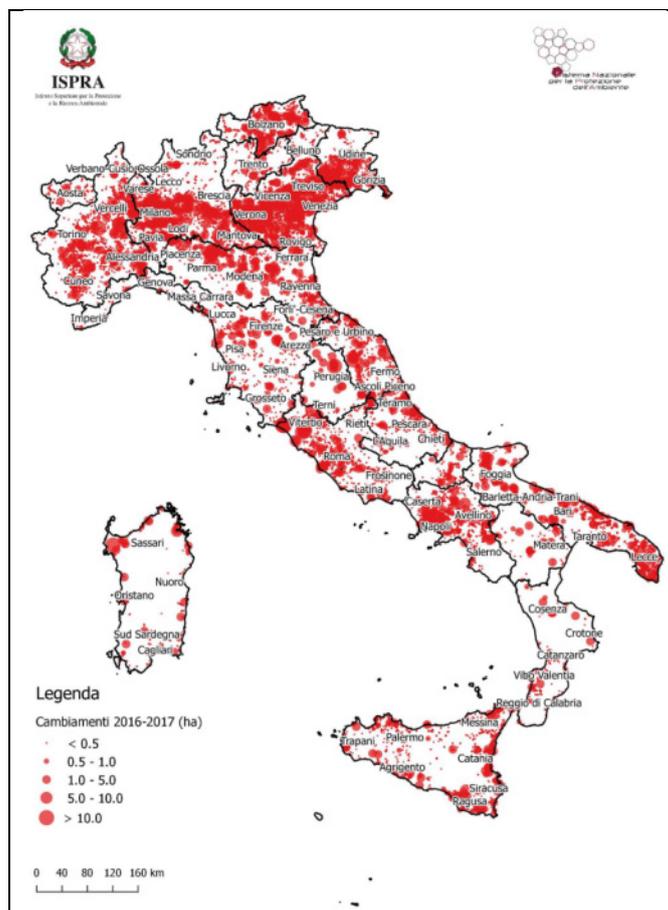


Figura 10 - Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al nuovo consumo di suolo tra il 2016 e il 2017. Fonte: ISPRA (2018).

Il consumo di suolo è espressione della progressiva occupazione, da parte di una copertura artificiale di terreno, di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale, con conseguente impermeabilizzazione del terreno. Ciò avviene per effetto delle dinamiche insediative e infrastrutturali, sviluppi di lungo termine che si attuano attraverso la costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, l'espansione delle città, la densificazione o la conversione di terreno entro un'area urbana, l'infrastrutturazione del territorio (ISPRA, 2018).

L'incremento di consumo di suolo, come sopra detto, implica aumento delle superfici artificiali e quindi terreni sempre più impermeabili. In questo quadro, fenomeni come le *flash flood* che risentono fortemente della risposta in termini di concentrazione dei deflussi che il terreno è in grado di fornire alla forzante meteorologica, diventano ancora più rilevanti.

Per i motivi sopra descritti, il MATTM nell'ambito delle sue funzioni d'indirizzo e coordinamento nei confronti delle Autorità di bacino distrettuali, valutata la rilevanza in termini di frequenza e di impatti degli eventi intensi e concentrati sul territorio nazionale così come rilevato dalla stessa SNACC, ha fornito indicazioni alle ABD di analizzare la predisposizione dei relativi bacini/sottobacini alle *flash flood* come effetto dei cambiamenti climatici, partendo, su indicazione dell'ISPRA, dalla metodologia implementata dall'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale (detta "metodo Arno").

10 Approfondimenti a scala regionale e locale ⁷

(Capitolo oggetto di aggiornamento - si rimanda all'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

Nell'ambito del processo di approvazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017), le Regioni e le Province autonome hanno condiviso la necessità di utilizzo di linee guida, modelli e studi di scala regionale esistenti⁸. Tali approfondimenti possono essere messi alla base del processo nazionale di attuazione del PNACC e dunque dell'integrazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici nelle pianificazioni di settore.

Ad esempio, l'analisi climatica effettuata dal PNACC a livello di Macroregione 6, in cui ricade la Regione Sardegna, evidenzia un aumento delle precipitazioni invernali (valore medio dell'aumento pari all'8%) ma una riduzione significativa di quelle estive (valore medio della riduzione pari al 25%). In generale si ha un aumento significativo sia dei fenomeni di precipitazione estremi (R95p) sia dei summer days (di 14 giorni/anno).

⁷ (Capitolo aggiornato in virtù della Delibera della Giunta Regionale della Sardegna, n. 6/50 del 5 febbraio 2019, con la quale è stata adottata la Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SRACC), e sia stata effettuata, e per effetto dell'attività di analisi relativa all'individuazione dei bacini predisposti a fenomeni di tipo Flash Flood, elaborata dall'ARPA Sardegna in stretta collaborazione con l'Ass.to Regionale della Difesa dell'Ambiente e col Distretto Idrografico Sardegna. Per l'aggiornamento vedasi l'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

⁸ Verbale dell'incontro del Gruppo misto della Conferenza Ambiente ed energia del 6 novembre 2018 e della Conferenza politica del 21 novembre 2018

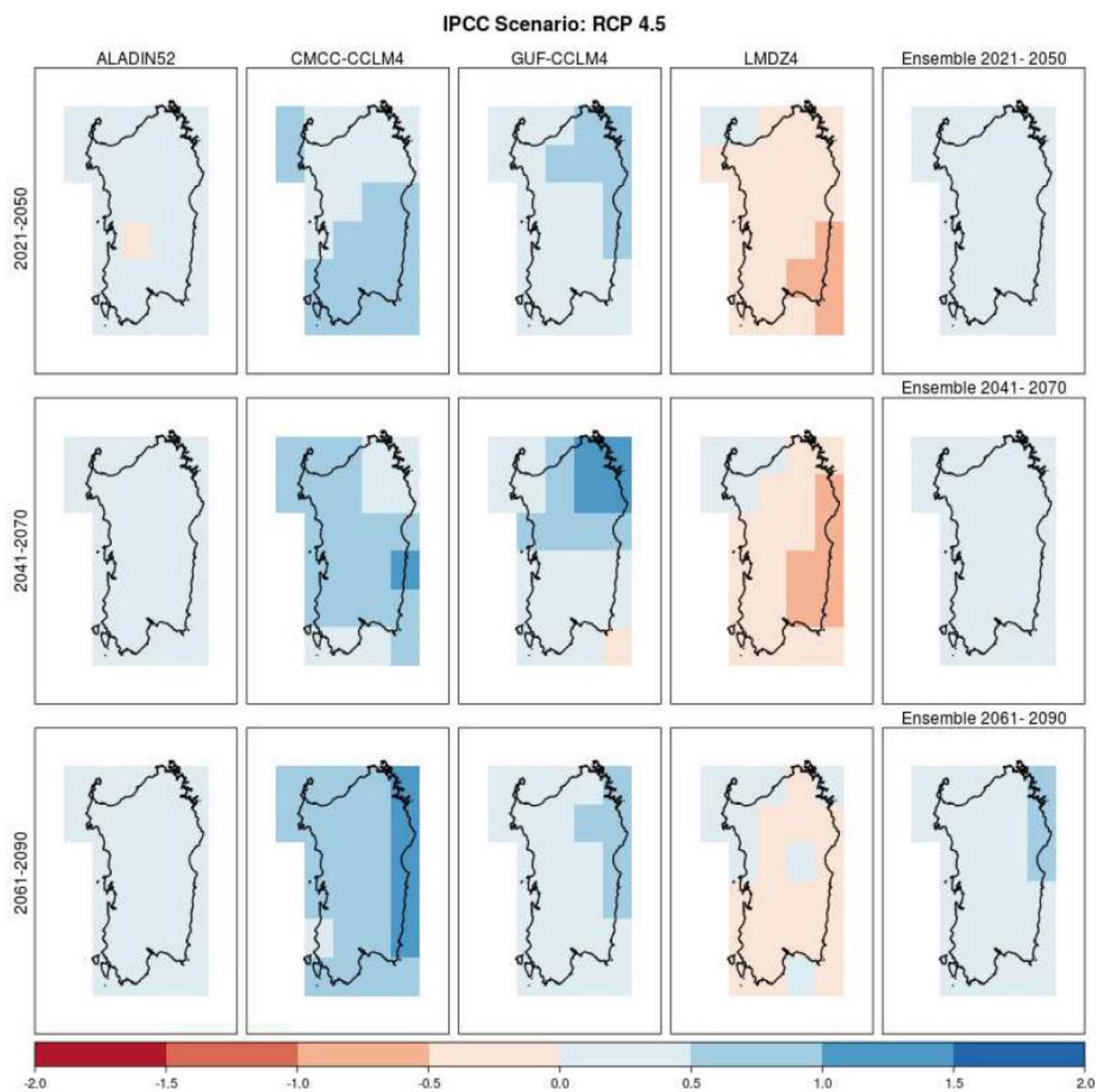
Questa tendenza è stata maggiormente dettagliata dall'analisi specifica regionale per la Sardegna effettuata nell'ambito del progetto europeo LIFE MASTER ADAPT⁹, nel quale è stato elaborato uno studio del trend climatico nel periodo 1961-2015 e le proiezioni di evoluzione climatica in tre orizzonti temporali (2021-2050, 2041-2070 e 2071-2100), secondo gli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5 definiti dall'IPCC. Da tali scenari emerge un incremento entro fine secolo delle temperature medie compreso tra 1,9 e 3,0 °C (RCP 4.5) e tra 3,5 e 5,2 °C (RCP 8.5), con aumenti anche delle temperature massime fino a 5,5 °C (RCP 8.5). L'analisi dei giorni secchi consecutivi (CDD) evidenzia un probabile aumento di periodi secchi. L'aumento più significativo è previsto con lo scenario RCP 8.5: nel periodo 2061-2090 le proiezioni indicano da +1,9 a +42,1 giorni rispetto alla media del periodo 1971-2000.

Quasi tutta la Regione Sardegna è classificata come "semi-arida", ad eccezione di alcune aree nord occidentali e sud-orientali, che sono classificate come "sub-umide-secche". L'indice Consecutive Dry Days mostra un trend statisticamente significativo di 3-4 giorni/decennio.

Infine, le proiezioni future indicano un aumento del valore medio per l'Indice di intensità giornaliera semplice (precipitazione annuale totale divisa per il numero di giorni umidi nell'anno): entro il 2061-2090 l'aumento previsto è di 0,3 mm/giorno nello scenario RCP4,5 e 0,5 mm/giorno nello scenario RCP8.5. L'aumento di tale indice (SDII) indica una probabile concentrazione di precipitazioni in eventi meno frequenti e più intensi nel futuro.

Di seguito si rappresenta un estratto delle mappe dei modelli predittivi utilizzati nello studio (variazioni e media dell'insieme dei modelli), per i periodi 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga) per l'indice SDII nello scenario RCP 4.5.

⁹ Il progetto europeo LIFE MASTER ADAPT "MAInSTreaming Experiences at Regional and local level for ADAPtation to climate change" (LIFE15 CCA/IT/000061) sviluppa una metodologia per attivare un'azione di *mainstreaming* e un sistema di *governance* dell'adattamento ai cambiamenti climatici.



10.1 Valutazione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici ¹⁰

(Per l'aggiornamento si rimanda all'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

La necessità di effettuare valutazioni di vulnerabilità ai cambiamenti climatici è cresciuta negli ultimi decenni in conseguenza della maggiore attenzione rivolta alle politiche di adattamento, che si basano imprescindibilmente sulla conoscenza della vulnerabilità dei settori economici, dei sistemi ambientali e dei sistemi sociali rispetto agli eventi associati ai cambiamenti climatici. Una comprensione più approfondita di come un settore, un sistema o un territorio si comporti rispetto ai cambiamenti climatici contribuisce, infatti, a stabilire gli obiettivi ed i target dell'adattamento, a fornire gli elementi necessari alla pianificazione delle

¹⁰ (Paragrafo aggiornato, vedasi l'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

misure di adattamento, ad aumentare la consapevolezza della comunità e a monitorare e valutare le politiche di adattamento.

Per quanto possa apparire ancora prematuro, si reputa necessario introdurre già in questa fase preliminare la valutazione delle vulnerabilità agli effetti dei cambiamenti climatici, quale ulteriore elemento imprescindibile per la successiva fase di attuazione dei Piani di gestione del rischio alluvioni.

La vulnerabilità di un territorio ai cambiamenti climatici, definiti sulla base dell'analisi climatica e degli eventi storici registrati nel territorio di riferimento, può essere espressa secondo un Indice Globale di Vulnerabilità, calcolato secondo i principali indicatori di Esposizione, Sensitività e Capacità Adattativa¹¹.

In tal modo, accanto alla quantificazione e mappatura del rischio si introduce la capacità di risposta dei territori (intesi come sistemi socio-economici e ambientali) ai fenomeni alluvionali, visione che può essere di notevole aiuto nella definizione delle priorità di intervento in fase di attuazione e allocazione di risorse.

Per la Sardegna è già disponibile un'analisi di vulnerabilità per i settori Incendi e Siccità¹².

Uno studio di dettaglio, propedeutico all'elaborazione della *Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* della Sardegna, verrà a breve prodotto dalla Regione Sardegna nell'ambito di un accordo di collaborazione con le Università di Cagliari e Sassari¹³. Lo studio comprende un'analisi climatica a scala 8x8 km (in coerenza con il PNACC), e riporta un'analisi di vulnerabilità sviluppata anche in relazione al settore "*Assetto e rischi di natura idrogeologica del territorio*".

10.2 Le Flash Flood come effetto dei cambiamenti climatici: il metodo Arno

Il metodo cosiddetto "Arno" presentato nell'ambito del Workshop "*Flash Floods and Pluvial Flooding*" tenutosi a Cagliari nel 2010 (*Brugioni et al., 2010*) dall'allora Autorità di Bacino del fiume Arno (oggi Distretto dell'Appennino Settentrionale) prende le mosse dalla necessità di identificare metodologie per la mappatura della pericolosità e del rischio

¹¹ Il citato progetto LIFE MASTER ADAPT ha sviluppato un metodo per la valutazione di vulnerabilità a scala regionale e locale basato sulle indicazioni dell'ultimo rapporto dell'IPCC (AR5, 2014). Le linee guida, i principi e le procedure standardizzate sono disponibili sul sito di progetto (*masteradapt.eu/strumenti*).

Nel medesimo territorio, la vulnerabilità ai fenomeni climatici, essendo calcolata sulla base di indicatori socio-economici e ambientali differenti per ciascun settore, è differente a seconda del settore analizzato. Per l'elaborazione di una valutazione di vulnerabilità specifica a scala di bacino e sottobacino, è possibile utilizzare il metodo e le linee guida proposti.

¹² L'analisi di vulnerabilità condotta per la Sardegna nel progetto LIFE MASTER ADAPT si è concentrata su due dei principali impatti potenziali che possono essere acuiti dai cambiamenti climatici (Incendi e Siccità), individuati sulla base dell'analisi climatica e sull'analisi degli eventi storici registrati nella regione (e sulla base di interviste ad esperti settoriali). Per ognuno di questi impatti è stata mappata la vulnerabilità su scala comunale. Il risultato completo dello studio "*Climate Analysis and Vulnerability Assessment results in the pilot Region (Sardinia) and in the Areas targeted in Action C3*", con la mappatura della vulnerabilità per la Sardegna, è disponibile nel sito di progetto (*masteradapt.eu/strumenti*).

¹³ I tempi di consegna dello studio sono fissati dalla convenzione al 15 dicembre 2018.

specifiche per gli eventi intensi e concentrati, basate cioè su particolari caratteristiche di intensità di pioggia e di dimensioni dei sottobacini drenanti all'interno del bacino dell'Arno. La procedura (inserita nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del 2015 per ciò che concerne il bacino dell'Arno) è stata quindi estesa dalla stessa autorità di bacino al territorio della regione Toscana ricadente nel distretto dell'Appennino Settentrionale. Questa applicazione è basata sui risultati di uno studio svolto dalla stessa Autorità di distretto sul trend climatico associato alla frequenza degli eventi intensi e concentrati nella Regione Toscana e sull'analisi della distribuzione spaziale di tali eventi nel territorio, analisi finalizzata all'individuazione delle zone della Regione maggiormente predisposte al verificarsi di *flash flood*.

La metodologia identifica l'evento di *flash flood* con riferimento a 2 dei principali fattori origine: (1) precipitazione intensa – definizione di evento critico o evento target (2) area di dimensioni ridotte su cui si concentra l'evento – definizione di una soglia d'area al fine di valutare la tendenza o propensione di piccoli bacini a trasformare eventi di pioggia intensi e concentrati in piene repentine. La metodologia adotta quindi la soglia dei 50 mm/h come riferimento di evento critico in grado di innescare fenomeni tipo *flash flood* in ambiente antropizzato (EEA, 2012) e come soglia di area 500 km² (sottobacini con area inferiore ai 500 km²).

Partendo da queste premesse la procedura si articola nei seguenti step:

1. suddivisione della zona di studio in sottobacini mediante funzioni di analisi idrologica contenute in toolbox operativi in ambiente GIS applicate a DTM e calcolo delle aree dei sottobacini (**A**);
2. valutazione del tempo di risposta del sottobacino (Lag Time): il **Tlag** valutato nella sezione di chiusura di ciascun sottobacino, rappresenta il tempo di ritardo dell'onda di piena rispetto al baricentro della precipitazione e può essere stimato in funzione del tempo di corrivazione. Come per lo step precedente anche in questo possono essere adottate procedure semiautomatiche basate sull'uso di toolbox operativi in ambiente GIS a partire dai dati del DTM;
3. valutazione della distribuzione spaziale dei tempi di ritorno della pioggia critica (precipitazione minima in grado di innescare fenomeni di piena improvvisa) partendo dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica associate ai pluviometri afferenti all'area oggetto di valutazione¹⁴. Il **TRcrit** da associare al

¹⁴ Nella determinazione delle variabili progettuali è inoltre opportuna una riflessione più generale.

Attualmente, la pratica ingegneristica e i riferimenti normativi per la progettazione strutturale delle difese da inondazioni si basano sul concetto di "tempo di ritorno". Tale concetto fa implicitamente riferimento alla stazionarietà statistica dei processi considerati nella progettazione.

L'ipotesi di stazionarietà deve essere attentamente valutata in un contesto di cambiamento climatico. Mentre numerosi processi di cambiamento possono essere l'espressione di fenomeni stazionari, occorre discernere con particolare attenzione i fenomeni imputabili a non-stazionarietà, per i quali il concetto di tempo di ritorno potrebbe risultare inadeguato. Attualmente, la letteratura scientifica sta proponendo concetti alternativi che possono essere utilizzati anche in presenza di serie non stazionarie. Diversi concetti sono stati avanzati, fra i quali il "tempo di vita di progetto" (Design Life Level), e il derivato "tempo di vita minimo e massimo di progetto" (MinMax Design Life Level), così come l'utilizzo di strumenti per la quantificazione dei

singolo sottobacino può esser ricavato come media della spazializzazione dei dati puntuali su ogni stazione pluviometrica;

4. calcolo della distribuzione di frequenza cumulata dei parametri considerati (**A**, **Tlag**, **TRcrit**) e definizione dei limiti delle classi (si veda l'es. di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per il parametro **A**), facendo riferimento ad esempio ai percentili 25, 50 e 75esimo;

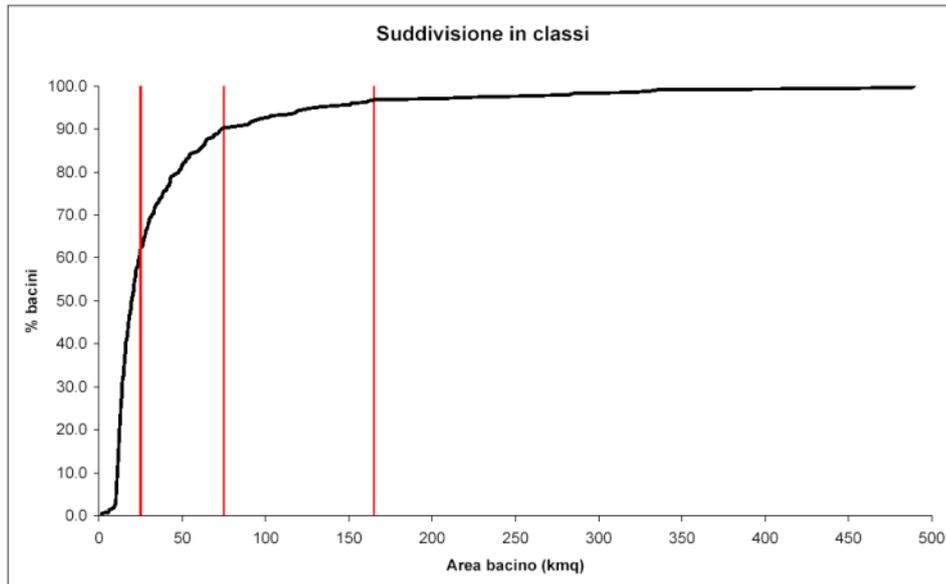


Figura 11 - Suddivisione in classi di frequenza (C1, C2, C3, C4) della distribuzione delle aree dei sottobacini nel bacino dell'Arno. Fonte ADB Arno (2013)

5. attribuzione dei punteggi da 1 a 4 per ciascun parametro in base alla sua posizione rispetto alle classi precedentemente definite e calcolo dell'indice di predisposizione o propensione alle *flash flood* i_{FF} come sommatoria dei punteggi dei singoli parametri in ciascun sottobacino;
6. classificazione dei sottobacini in termini di predisposizione relativa in base alla distribuzione di frequenza cumulata dell'indice i_{FF} analogamente a quanto fatto al punto 4 (**Figura 12**);

cambiamenti, fra i quali i diagrammi di rischio (Risk Plots), i diagrammi a rischio costante (Constant Risk Plots) (Rootzen & Katz, 2012), il fattore di magnificazione decennale (Decadal Magnification Factor), o il concetto di Recurrence Reduction (Villarini et al., 2009). È necessario considerare attentamente le ipotesi formulate durante il processo di progettazione per la quantificazione del rischio e per il calcolo delle variabili di progetto (dal "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia", MATTM 2014).

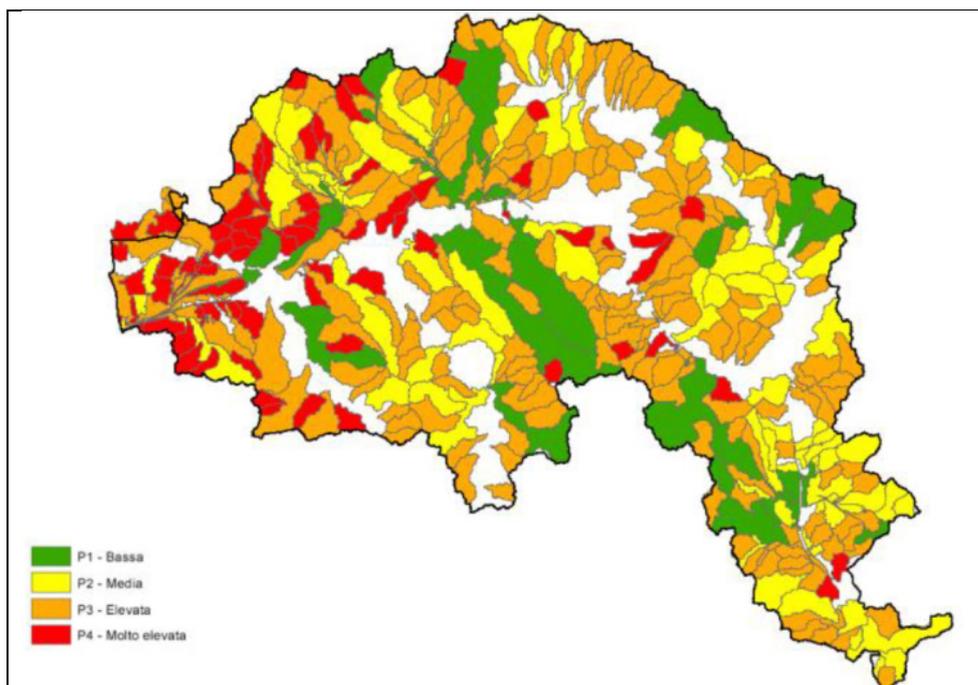


Figura 12 - Predisposizione relativa dei sottobacini considerati al verificarsi di eventi di tipo *flash flood* nel bacino dell'Arno. Fonte ADB Arno (2013)

10.3 Applicazione del metodo "Arno" al Distretto della Sardegna ¹⁵

(Per l'aggiornamento si rimanda all'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

In riferimento all'applicazione del metodo "Arno" al Distretto della Sardegna si segnala che è in corso di avviamento tale analisi anche attraverso il contributo di enti deputati alla raccolta e monitoraggio dei dati pluviometrici e all'analisi e rielaborazione delle stesse informazioni, quali l'Arpa Sardegna e l'Università. Al termine di tale attività sarà predisposto una relazione illustrativa che riporterà le risultanze ottenute e sarà implementata la documentazione di analisi della valutazione preliminare del rischio con tali risultati.

Bibliografia

¹⁵ (Paragrafo aggiornato, vedasi l'allegato 1 - Aggiornamento giugno 2019)

- EEA (2012) - Urban adaptation to climate change in Europe. European Environment Agency Report No 2/2012. ISBN 978-92-9213-308-5.
[https://orca.cf.ac.uk/64905/1/EEA-Report-2-2012 Urban adaptation to climate change.pdf](https://orca.cf.ac.uk/64905/1/EEA-Report-2-2012%20Urban%20adaptation%20to%20climate%20change.pdf)
- EEA (2017) - Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. European Environment Agency Report No 1/2017. ISBN: 978-92-9213-835-6:
<https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- SNACC (2015) - Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici:
http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/documento_SNAC.pdf
- ISPRA (2018) - Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2018. Rapporti ISPRA 288/2018:
http://www.isprambiente.gov.it/public_files/ConsumoSuolo2018/Rapporto_Consumo_Suolo_2018_2.pdf
- M. Brugioni, B. Mazzanti and S. Franceschini (2010). How meaningful is flash flood risk mapping? - Arno River Basin Authority. WG F Thematic Workshop on Implementation of the Floods Directive 2007/60/EC "FLASH FLOODS AND PLUVIAL FLOODING", 26th – 28th May 2010, Cagliari, Italy.
<http://www.isprambiente.gov.it/files/acque/p4-paper-brugioni-et-al.pdf>
- ADB Arno (2013) - Metodologia per la definizione della predisposizione al verificarsi di fenomeni tipo Flash Flood nel bacino del fiume Arno. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno:
http://www.appenninoseptentrionale.it/scarica/metodologia_FF_new.pdf

APPENDICE 1: corrispondenza tra Reference del reporting e capitoli

REFERENCE RICHIESTE	OBBLIGO	CAPITOLO/PARAGRAFO
PFRA_OverallApproachReview_Article14_1_Reference		AGGIORNAMENTI E VARIAZIONI INTRODOTTI NEL SECONDO CICLO DI GESTIONE
PFRA_Article4_2_a_Maps_Reference		3 - Utilizzo delle mappe di cui all'art. 4.2a ai fini della valutazione preliminare del rischio di alluvioni
PFRA_Article4_2_b_PastAdverseConsequences_Reference		4 - Metodologia e criteri per identificare e valutare le alluvioni del passato di cui all'art. 4.2b e 4.2c e le loro conseguenze avverse
PFRA_Article4_2_c_SignificantAdverseConsequences_Reference		
PFRA_Article4_2_d_PotentialAdverseConsequences_Reference		5 - Metodologia per definire le alluvioni future di cui all'art. 4.2d e le loro potenziali conseguenze avverse
PFRA_Article4_2_d_Issues_Reference		
PFRA_PFRainformation_CulturalHeritage_Reference		6 Metodologia e dati su cui si è basata la valutazione degli impatti passati e la stima dei potenziali impatti futuri
PFRA_PFRainformation_EconomicActivity_Reference		
PFRA_PFRainformation_Environment_Reference		
PFRA_PFRainformation_HumanHealthSocial_Reference		
PFRA_FloodData_Reference	OPZ	7 - Focus di approfondimento su eventi considerati di particolare interesse
PFRA_FloodLocation_Reference	OPZ	
PFRA_TypeofFlood_Reference	OPZ	
APSFRCriteriaForDeterminationSignificantFloodRisk_Reference		8 - Metodologia e criteri per la determinazione del rischio significativo di alluvione
APSFRConsiderationsOfConsequences_methodology_Reference		9 - Modalità con cui le categorie di elementi a rischio sono state prese in considerazione
PFRA_Article4_3InternationalInformationExchange_Reference	COND	COORDINAMENTO E CONDIVISIONE DELLE INFORMAZIONI NELLE UoM TRASFRONTALIERE
APSFRCriteriaForDeterminationSignificantFloodRisk_Reference	COND	
APSFRCriteriaForDeterminationSignificantFloodRisk_Reference		AGGIORNAMENTI E VARIAZIONI INTRODOTTI NEL SECONDO CICLO DI GESTIONE
PFRA_Article14_4ConsiderationOfClimateChange_Reference		I CAMBIAMENTI CLIMATICI (ART. 14.4)
PFRA_OtherRelevantInformation_otherRelevantInformation_Reference	OPZ	---
APSFRCriteriaForDeterminationSignificantFloodRisk_Reference	OPZ	---

APPENDICE 2: MAPPA PFRA PAST FLOOD EVENT

APPENDICE 3: MAPPA PFRA FUTURE FLOOD EVENT

APPENDICE 4: MAPPA APSFR

ALLEGATO 1: INDIVIDUAZIONE DEI BACINI PREDISPOSTI A FENOMENI DI FLASH FLOOD MEDIANTE INDICATORI
