



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

PRESIDÈNTZIA  
PRESIDENZA

Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna

Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità

## **COMITATO ISTITUZIONALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA SARDEGNA**

### **DELIBERAZIONE N. 1 DEL 11 OTTOBRE 2017**

Programmazione risorse idriche e definizione del Piano per il recupero dei costi relativi ai servizi idrici per l'acqua all'ingrosso in capo ad ENAS per l'anno 2017– Commi 1 e 2 dell'art. 17 della L.R. n. 19/2006.

Allegato A) – Rapporto sullo stato di criticità del sistema di approvvigionamento idrico multisettoriale regionale. Analisi Idrologica.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ADOTTATA .....	4
2.1 ANALISI PLUVIOMETRICA.....	4
3. VALUTAZIONE DEL KERNEL .....	8
4. L'INDICE DI HURST.....	13
5. ALTEZZE DI PIOGGIA E CURVE DI RIPARTIZIONE .....	16
6. LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI .....	24



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## 1. PREMESSA

È impossibile prevedere con assoluta precisione e in ogni suo aspetto le prestazioni di un dato sistema di approvvigionamento idrico. In generale tutti i sistemi di gestione delle risorse idriche sono soggetti alle variazioni dell'input (apporti idrici naturali) e al fatto che devono soddisfare domande caratterizzate anch'esse da fluttuazioni ed incertezze. I responsabili della gestione delle risorse idriche ed i decisori istituzionali devono confrontarsi con problematiche legate al rischio e all'incertezza.

Meglio si analizzano e si comprendono tali rischi e incertezze meglio si sviluppano gli atti di pianificazione, di progettazione e di gestione per ridurre tali fattori. Gli utenti dei servizi idrici devono essere consapevoli che non può esistere la certezza di una disponibilità di acqua illimitata senza vincoli e senza rischi (alluvioni, siccità, inquinamenti). Così come nessuno può disporre pienamente per usi ricreativi di laghi, fiumi e torrenti.

La conoscenza per trattare correttamente i rischi e le incertezze spesso deriva da passate esperienze, osservazioni e registrazioni. Comunque i dati relativi alla realtà regionale non sono abbastanza estesi nel tempo da poter prevedere adeguatamente il futuro in merito allo sviluppo demografico ed alla sua distribuzione spaziale, alla matrice dei fabbisogni idrici, allo sviluppo socio-economico ed alle fluttuazioni ed ai cambiamenti climatici.

È perciò fondamentale analizzare le incertezze per meglio circoscriverne la variabilità, includerle nei processi decisionali al fine di meglio valutare le misure da adottare al variare degli eventi. Infatti l'incertezza può dipendere dalla variabilità intrinseca del processo o dalla scarsa conoscenza del processo stesso.

A volte si devono affrontare decisioni che hanno consistenti conseguenze e che comportano spese non trascurabili senza conoscere con adeguata certezza la dimensione di tali conseguenze e spese. L'origine dell'incertezza nell'ambito dei sistemi idrici comprende la mancanza dei dati o la presenza di dati, casuali o sistematici, nell'acquisizione dei dati, l'impossibilità di predire i processi futuri che determineranno l'assetto della domanda di risorsa idrica e l'incertezza in merito alle variazioni dei processi fisici naturali del ciclo dell'acqua. Un'altra fonte di incertezza è quella relativa alle dinamiche sociali, sia sul comportamento del mercato e sia sullo sviluppo di tecniche innovative con la loro percezione ed uso e il loro impatto sull'ambiente.

Al fine di predisporre un quadro di riferimento per affrontare l'attuale situazione di criticità nelle scorte idriche regionali è stato sviluppato il presente rapporto che fornisce un quadro aggiornato dell'idrologia che ha caratterizzato la Sardegna negli ultimi 4 anni.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## 2. LA MODELLAZIONE IDROLOGICA ADOTTATA

### 2.1 Analisi Pluviometrica

L'analisi sulla stazionarietà delle serie di precipitazione e di deflusso riportate negli atti di pianificazione generale, evidenziano significativi segnali di non stazionarietà delle serie storiche delle portate dei principali corsi d'acqua della Sardegna.

Tale aspetto non può essere considerato secondario ai fini della modellazione degli schemi multi-settoriali per l'utilizzazione delle risorse idriche.

Appare quindi necessario valutare l'elasticità della media delle portate dei corsi d'acqua al variare della precipitazione media.

A tale proposito si evidenzia come nei bacini regionali ad una riduzione degli afflussi consegue una riduzione ben più marcata dei deflussi. Come meglio illustrato di seguito, a variazioni anche solo del 10% della pioggia annua consegue una variazione dal 20% al 35% del valore di deflusso annuo.

Preliminarmente è quindi necessario analizzare l'andamento delle piogge nell'isola con particolare riferimento alle aree idrografiche interessate dai principali serbatoi di regolazione del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (SIMR).

Per poter contare su una serie di osservazioni disponibili, sostanzialmente, fino alla data attuale si è concentrata l'analisi sulla rete di stazioni in telelettura per le quali, per i periodi antecedenti all'entrata in servizio, si sono "associate" le più prossime e simili stazioni pluviometriche tradizionali dell'ex Servizio Idrografico della Sardegna.

L'elenco delle stazioni utilizzate, con la relativa corrispondenza tra stazione tradizionale e stazione in tempo reale, è riportato nella tabella seguente.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

<b>Stazioni analizzate</b>			
<b>N.</b>	<b>Stazione in tempo reale</b>	<b>Comune</b>	<b>Stazione associata tradizionale</b>
<b>Vari fra Tirso e Temo</b>			
1	Badde Urbara	Santulussurgiu	Santulussurgiu
2	Bauladu	Bauladu	Bauladu
3	Putzuidu	S.Vero Milis	Riola Sardo
<b>Temo</b>			
4	Badu Crabolu	Suni	Sindia
5	Bosa Marina	Bosa	Bosa Marina
6	Montresta	Montresta	Montresta
7	Pozzomaggiore	Pozzomaggiore	Pozzomaggiore
8	Villanova Monteleone	Villanova Monteleone	Villanova Monteleone
<b>Cuga e vari</b>			
9	Alghero	Alghero	Alghero aggregata
10	Stintino	Stintino	Stintino
<b>Mannu di Porto Torres e vari</b>			
11	Mannu di Porto Torres	Ittiri	Uri
12	Osilo	Osilo	Osilo
13	Ossoni	Castelsardo	S.G.Coghinas
14	Pianu	Bessude	Pianu
15	Porto Torres	Portotorres	Portotorres
16	Sassari	Sassari	Sassari
<b>Coghinas</b>			
17	Ardara	Ardara	Ardara
18	Coghinas	Perfugas	Coghinas
19	Fraigas	Ozieri	Fraigas
20	Martis	Martis	Martis
21	Oschiri	Oschiri	Oschiri
22	Torralba	Torralba	Torralba
<b>Liscia - Padrongianu e vari</b>			
23	Aglientu	Aglientu	Aglientu
24	Golfo Aranci	Golfo Aranci	Olbia
25	La Maddalena	La Maddalena	Guardia Vecchia
26	Monte Petrosu	Loiri Porto S.Paolo	Monte Pedrosu
27	Monti	Monti	Monti
28	Paduledda	Trinita' d'Agultu	Codaruina
29	Sa Pianedda	Padru	Padru
30	Tempio	Tempio Pausania	Tempio
<b>Posada e vari</b>			
31	Ala' dei Sardi	Ala' dei Sardi	Ala' dei Sardi
32	Mamone	Onani'	Lodé
33	Siniscola	Siniscola	S L.di Siniscola
<b>Cedрино</b>			
34	Farcana	Nuoro	Nuoro
35	Genna Silana	Urzulei	Genna Silana
36	Lula	Lula	Lula
37	Mamoiada	Mamoiada	Mamoiada
38	Monte Tului	Dorgali	Noce Secca
39	Orosei	Orosei	Orosei
40	Orune	Orune	Orune
<b>Vari fra Cedrino e Flumendosa</b>			
41	Baunei	Baunei	Baunei
42	Jerzu	Jerzu	Jerzu
43	Lanusei	Ilbono	Lanusei
44	Punta Tricoli	Gairo	Sicca d'Erba
45	Tertenia	Tertenia	Tertenia



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

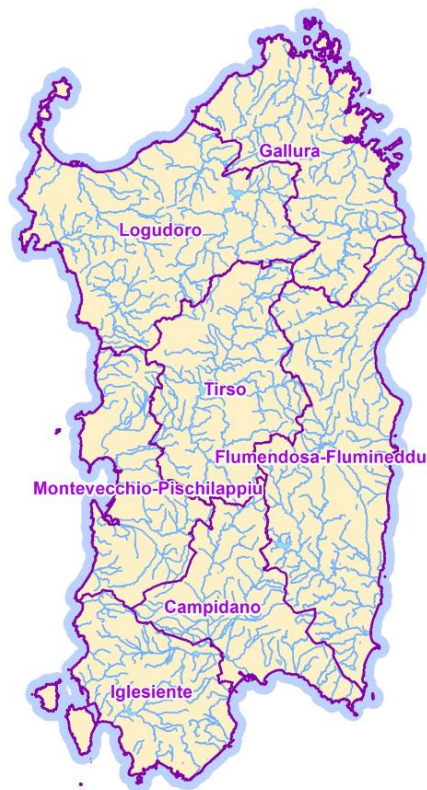
<b>Stazioni analizzate - Anni idrologici dal 1922-23 al 2014-2015</b>			
<b>N.</b>	<b>Stazione in tempo reale</b>	<b>Comune</b>	<b>Stazione associata tradizionale</b>
<b>Flumendosa</b>			
46	Ballao	Ballao	Ballao
47	Bau Mandara	Villagrande Strisaili	Bau Mandara
48	Escalaplano	Escalaplano	Escalaplano
49	Flumini Uri a S. Vito	S. Vito	Muravera
50	Monte sa Scova	Aritzo	Cossatzu
51	Sadali	Sadali	Sadali
<b>Picocca e vari</b>			
52	Campuomu	Sinnai	Campuomu
53	Minni Minni	Villasimius	Castiadas
54	San Priamo	S.Vito	M. Acuto
55	Serpeddi' Meteo	Sinnai	Burcei
<b>Fluminimannu</b>			
56	Cagliari	Cagliari	Cagliari
57	Fluminimannu a Decimomannu	Decimomannu	Decimomannu
58	Fluminimannu a Furtei	Furtei	Villamar
59	Mandas	Mandas	Mandas
60	Nuraminis	Nuraminis	Nuraminis
61	Sanluri O.N.C.	Sanluri	Sanluri
62	Senorbi	Senorbi'	Senorbi'
63	Vallermosa	Vallermosa	Vallermosa
64	Villasor	Villasor	Villasor
<b>Cixerri</b>			
65	Campanasissa	Siliqua	Campanasissa
66	Iglesias	Iglesias	Iglesias
<b>Vari fra Cixerri e Palmas</b>			
67	Capoterra	Capoterra	Capoterra
68	Is Cannoneris	Pula	Is Cannoneris
69	Porto Pino	Sant'Anna Arresi	Porto Pino
70	Pula	Pula	Pula
71	Sant'Antioco	Sant'Antioco	Sant'Antioco
<b>Palmas e Flumentepido</b>			
72	Flumentepido	Carbonia	Flumentepido
73	Santadi	Santadi	Santadi
<b>Mogoro e vari</b>			
74	Santa Maria di Neapolis	Guspini	Uras
75	Sardara	Sardara	Sardara
76	Terramaistus a Gonnosfanadiga	Gonnosfanadiga	Gonnosfanadiga
77	Villa Verde	Villaverde	Villa Verde
<b>Tirso</b>			
78	Abbasanta	Abbasanta	Abbasanta
79	Flumineddu ad Allai	Allai	Allai
80	Fonni	Fonni	Fonni
81	Laconi	Laconi	Laconi
82	Macomer	Macomer	Macomer
83	Orani	Orani	Orani
84	Oristano	Oristano	Oristano
85	Osidda	Osidda	Osidda
86	Samugheo	Samugheo	Samugheo
87	Sedilo	Sedilo	Sedilo
88	Tirso a rifornitore Tirso	Illorai	Rifornitore Tirso



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Con lo scopo di differenziare l'analisi per le diverse zone dell'isola si è ritenuto sufficientemente rappresentativo fare riferimento alle zone di allerta oggi utilizzate dalla Regione Sardegna ai fini di Protezione Civile, nel seguito elencate e rappresentate nella successiva figura.

<b>Codice</b>	<b>Nome</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>
Sard-A	Iglesiente	2510
Sard-B	Campidano	2540
Sard-C	Montevecchio Pischilappiu	2350
Sard-D	Flumendosa-Flumineddu	5080
Sard-E	Tirso	3340
Sard-F	Gallura	3290
Sard-G	Logudoro	4750





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

### 3. VALUTAZIONE DEL KERNEL

Al fine di procedere all'analisi sono state quindi calcolate le serie storiche delle altezze di pioggia annue per anno idrologico (ottobre-settembre) estese per 94 anni dal 1922-23 al 2016-17 per ciascuna area idrografica sopra descritta e per l'intera regione.

Nello studio idrologico adottato nel Piano Stralcio Direttore delle Risorse Idriche, si è proceduto ad individuare la struttura del "kernel" ("nucleo") della variabile statistica, evidenziando la sua evoluzione nel corso del periodo osservato. Il kernel smoothing è uno strumento statistico standard utilizzato per filtrare il rumore a più alta frequenza di una serie temporale per evidenziare le variazioni a bassa frequenza.

Si è utilizzato un kernel quadratico (o di Epanechnikov). L'ampiezza di banda è  $\lambda n$ , e, a titolo di esempio, per  $\lambda = 0.2$  ed  $n = 94$ , vale  $0,2 \cdot 94 = 18.8$  anni. La procedura è pertanto simile ad una media mobile di +/- 19 ritardi. Ma, poiché i pesi tendono a ridursi con l'aumentare della distanza temporale dall'istante interessato, l'estensione dell'intervallo è sostanzialmente inferiore a quella della corrispondente media mobile convenzionale.

Il valore del kernel smoothing all'istante  $t$  vale:

$$y_t = \frac{\left( \sum_{s=1}^n y_s K\left(\frac{s-t}{\lambda n}\right) \right)}{\left( \sum_{s=1}^n K\left(\frac{s-t}{\lambda n}\right) \right)}$$

dove la funzione kernel simmetrica è la quadratica (o di Epanechnikov) funzione data da

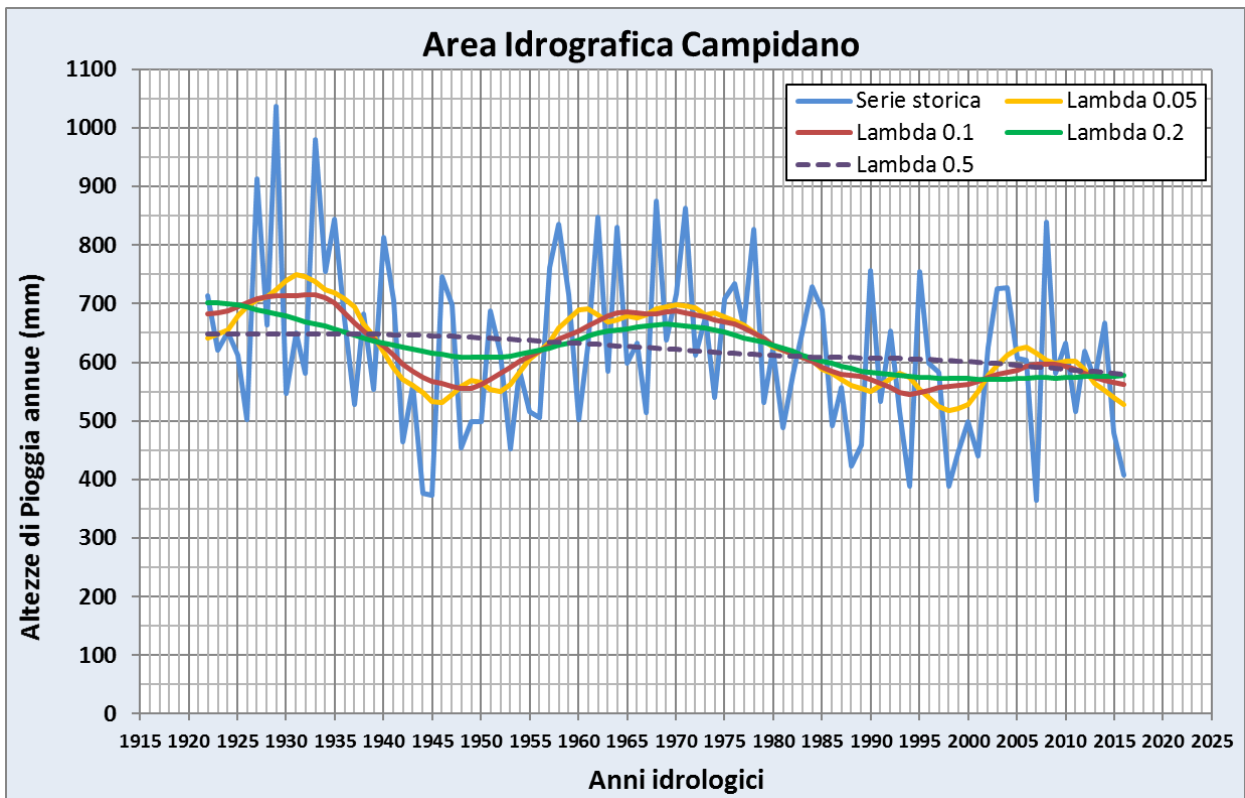
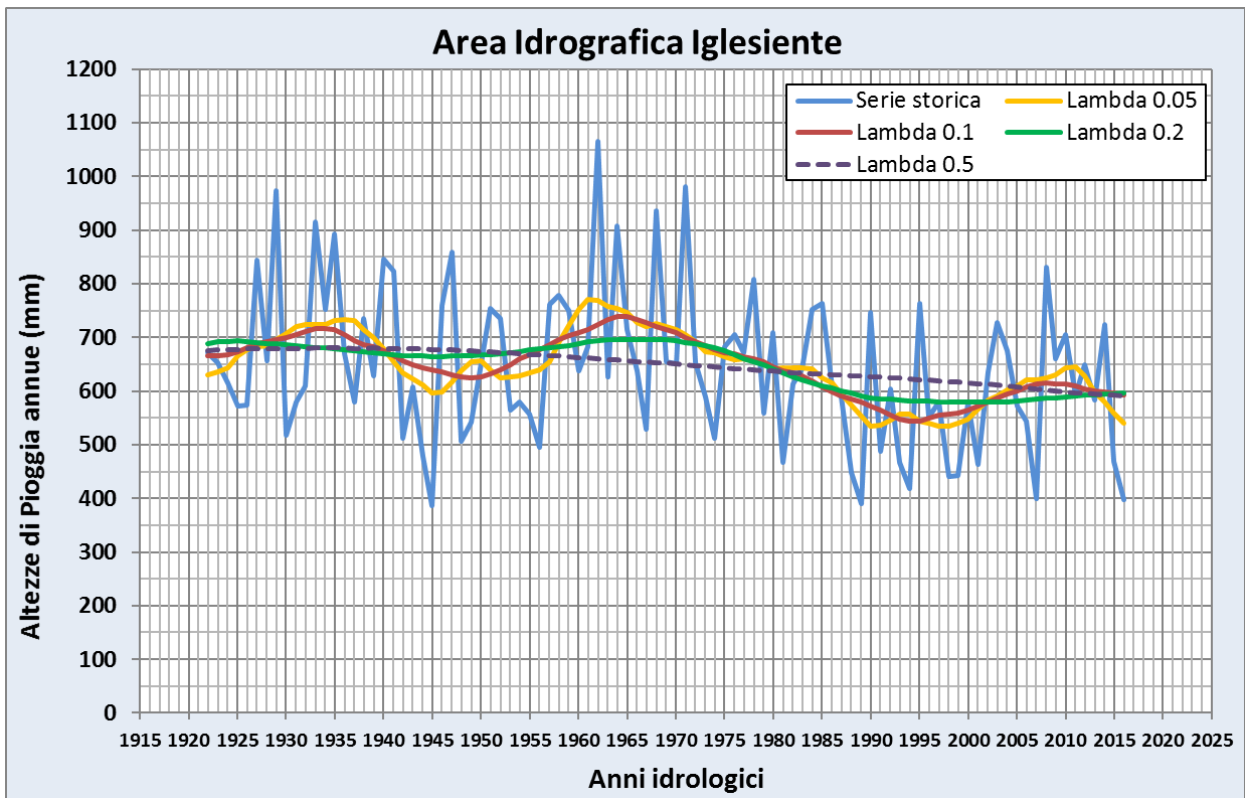
$$K(x) = \max(0, (1 - x^2))$$

dove

$$x = (s - t) / \lambda n$$

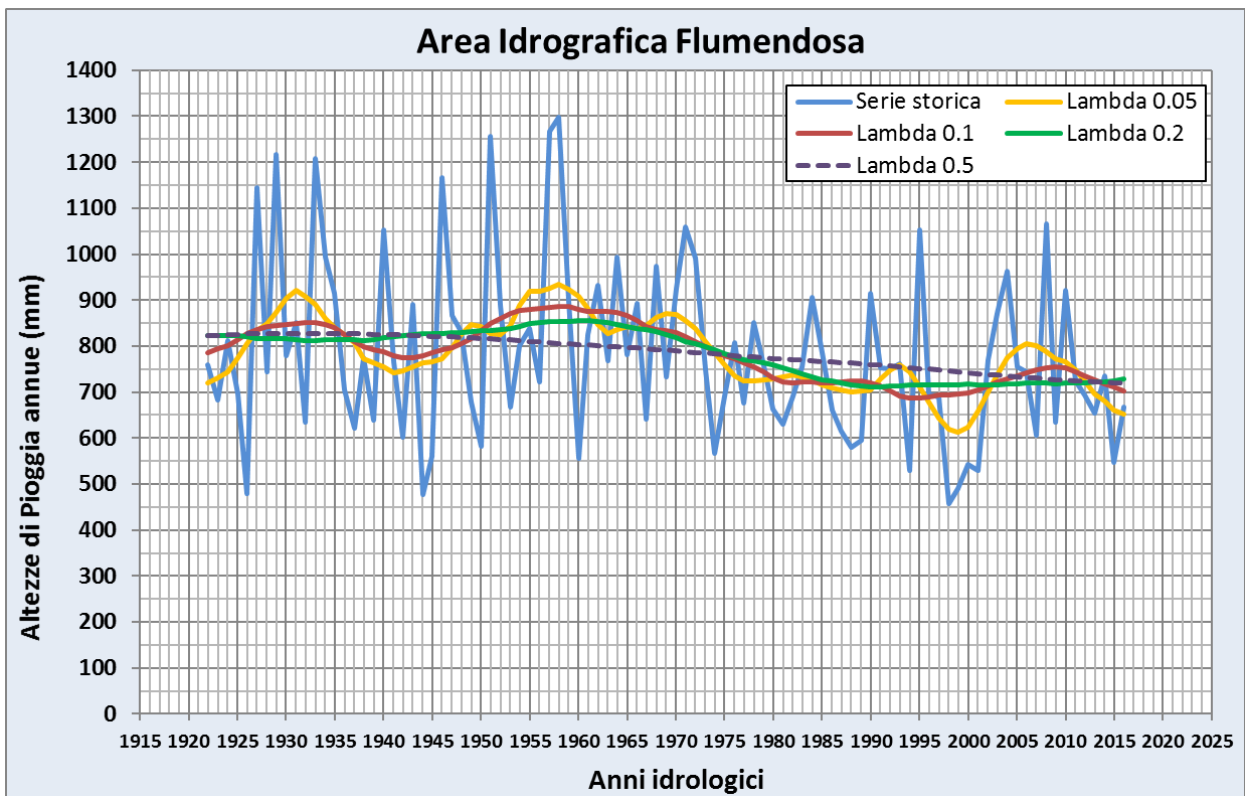
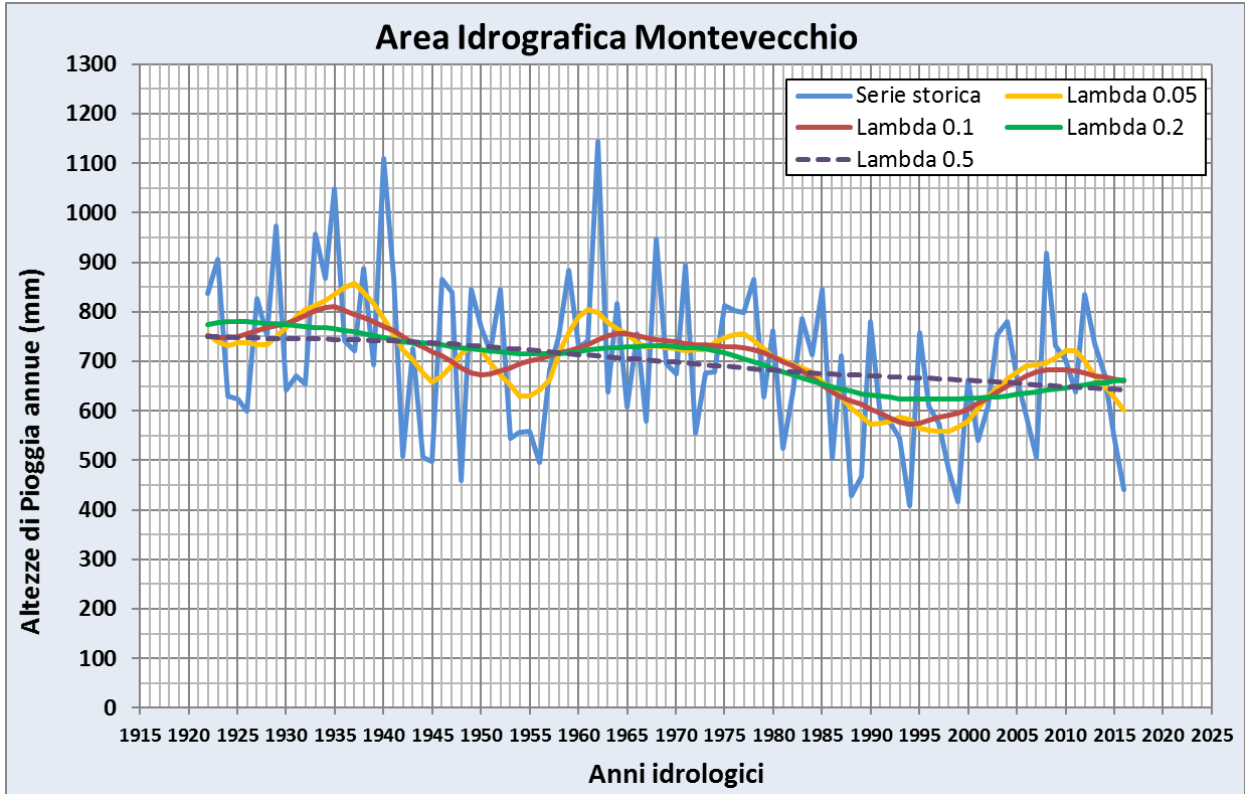
Sulla base di quanto sopra scritto si è quindi proceduto ad effettuare l'analisi della funzione e nei grafici seguenti sono mostrati, per le diverse aree idrografiche sopra citate, gli andamenti delle funzioni Kernel rispettivamente per i valori di  $\lambda$  pari a 0,2 – 0,1 e 0,05.





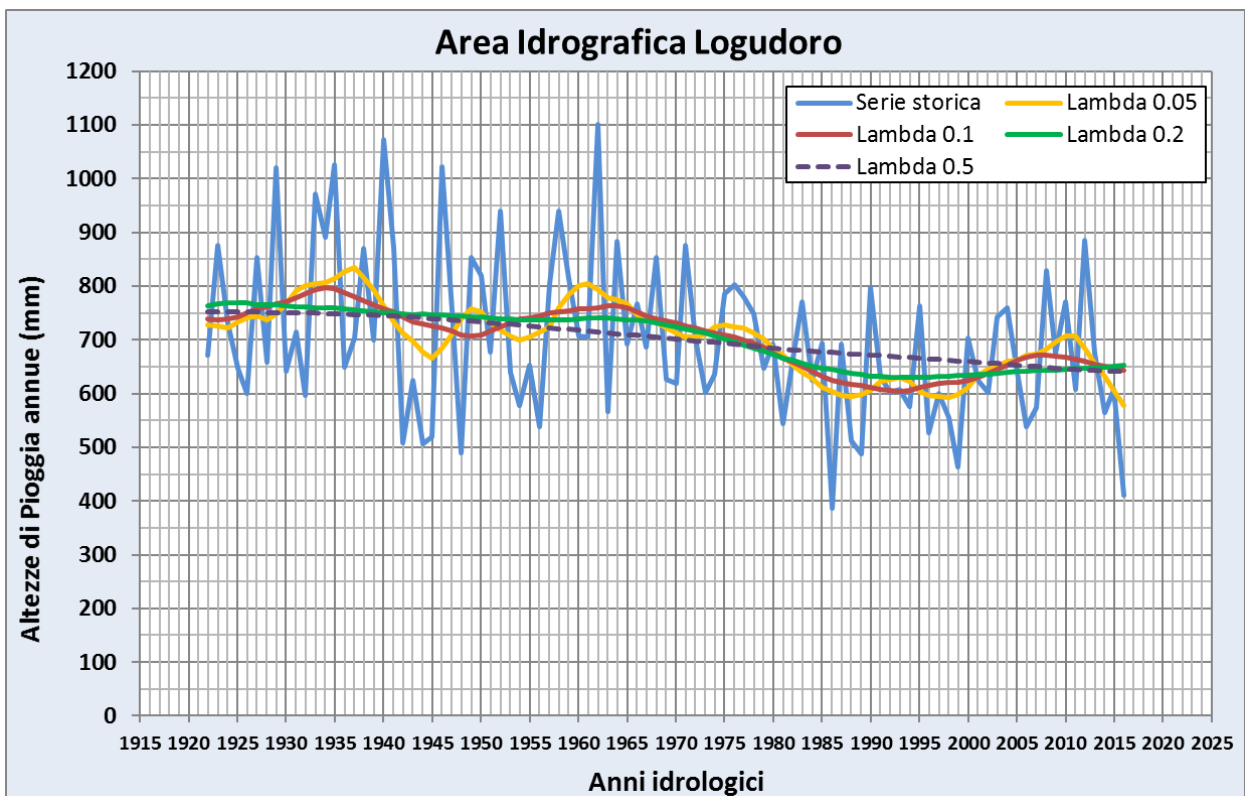
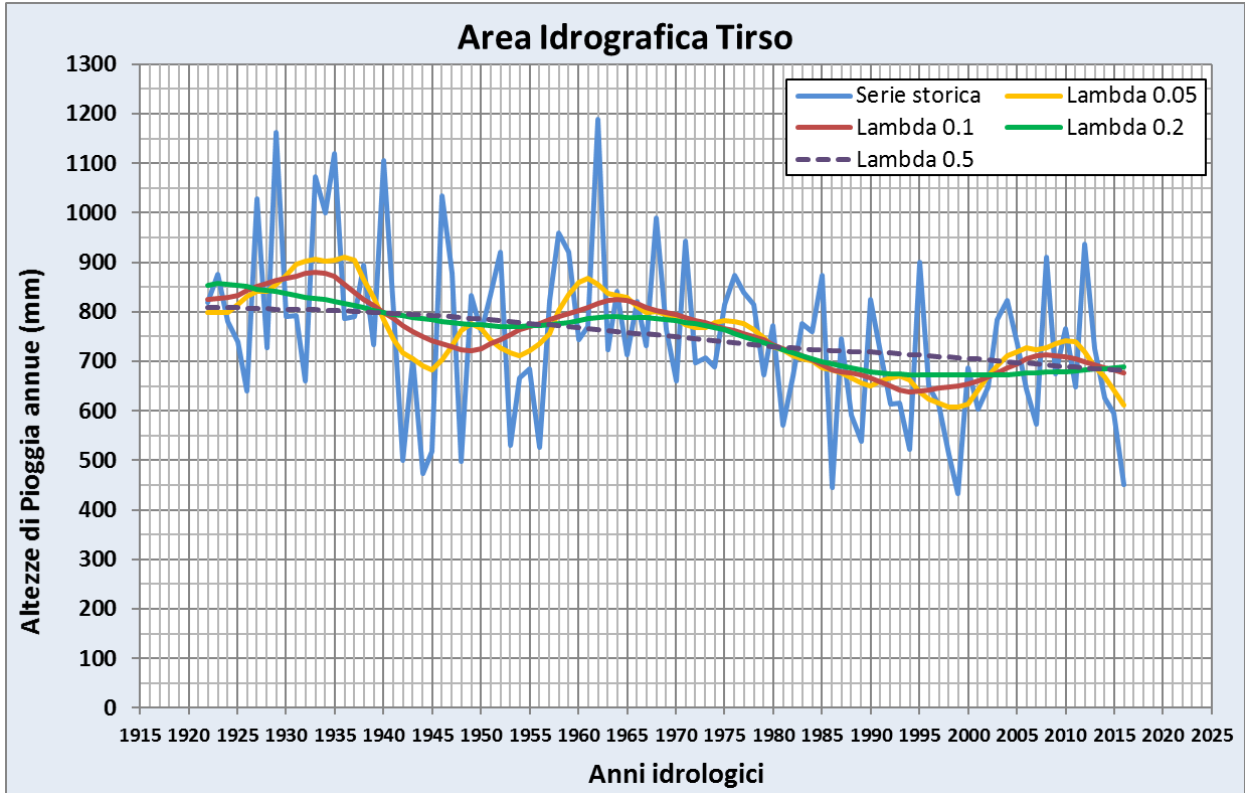


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



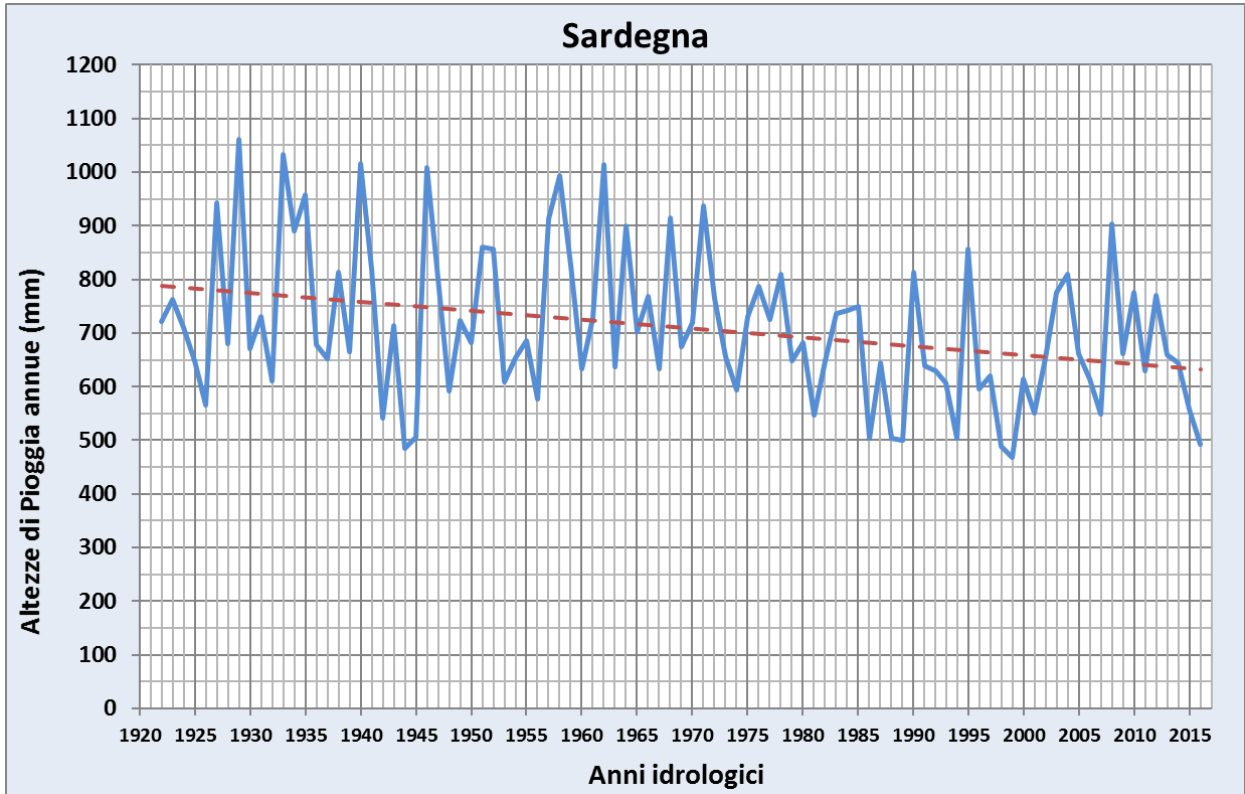


REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

#### 4. L'INDICE DI HURST

Come si può notare risultano evidenti due elementi, il primo è la **fluttuazione del valor medio**, con un significativo carattere di persistenza, ed il secondo l'esistenza di un complessivo **trend lineare negativo** su tutte le aree.

Per il primo elemento (fluttuazione del valor medio) di seguito verranno forniti alcuni elementi di approfondimento.

Per il secondo elemento (trend lineare negativo) il fenomeno viene evidenziato sulla serie storica dei valori medi regionali che mostrano un trend dovuto ad una riduzione delle altezze di pioggia di circa 150 mm in 94 anni di osservazione, con una riduzione dal valore iniziale di quasi il 20% e una tendenza negativa di circa 1,66 mm all'anno.

Per il primo aspetto si evidenzia che, al fine di valutare le reali capacità di erogazione dei sistemi di approvvigionamento multisettoriale dell'isola, come noto basati su grandi serbatoi a regolazione pluriennale in parte tra loro interconnessi, una particolare attenzione meritano le caratteristiche di correlazione seriale dei valori di afflusso e deflusso annui, per anno idrologico, che ove rivelino un certo grado di persistenza o di periodicità pluriennale, ancorché debole, possono influire in misura non trascurabile sulle effettive risorse disponibili.

Onde approfondire la questione, così come già effettuato nell'ambito dello Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (Casmez, RAS, Ente Flumendosa, 1981 – Carlo Cao Pinna, et al.) si è ritenuto interessante utilizzare l'analisi suggerita per la prima volta da Hurst (The Long-Term Storage Capacity of Reservoirs, 1951) che consente di avere una misura parametrica del fenomeno in modo del tutto diretto.

Viene, infatti, analizzata la variabile "capacità del serbatoio necessaria alla regolazione totale" determinata in base all'andamento dei totali annui della grandezza in studio, e rappresentato il relativo comportamento al variare del numero degli anni di osservazione.

La formula di Hurst determinata teoricamente per un processo stazionario, normale e totalmente casuale, valida per n "grande", vale:

$$R/S = m[C_n]/\sigma = (n\pi/2)^{0.5}$$



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

dove “ $C_n$ ” è la capacità di regolazione totale e “ $\sigma$ ” lo scarto quadratico medio della serie considerata, relativamente agli “ $n$ ” anni di osservazione e avendo indicato con “ $m[\ ]$ ” l’operatore media.

Tale studio dette vita a una metodologia statistica, applicabile a numerosi fenomeni naturali, per distinguere le serie “casuali” da quelle “non casuali” e per identificare la persistenza di trends.

Successivamente, Benoit Mandelbrot, investigando sulla natura frattale degli indici finanziari rilevò il potenziale della formula di Hurst e indicò l’esponente della formula quale misura della memoria di lungo termine delle serie temporali.

Per una serie di osservazioni l’esponente di Hurst è stimato con la seguente procedura. Si divide la serie in un numero di subserie di lunghezza più breve della serie completa e per ciascuna di queste è calcolato il valore di R/S. Quindi si stima l’esponente mediante una procedura di regressione, mediante una legge di potenza, dei valori di R/S calcolati e le lunghezze  $n$  delle diverse subserie utilizzate.

Usando l’esponente di Hurst le serie temporali possono essere classificate in diverse tipologie e possono essere evidenziate alcune loro dinamiche. In particolare possono essere definiti i seguenti profili caratteristici.

**Serie completamente casuali.** Per tali serie non vi sono correlazioni tra le osservazioni attuali e quelle future. L’esponente di Hurst è prossimo a 0,5.

**Serie temporali antipersistenti.** In una serie antipersistente un incremento sarà più facilmente seguito da un decremento o viceversa. Quindi i valori tenderanno ad alternarsi intorno alla media. Un valore dell’esponente di Hurst compreso tra 0 e 0,5 è indicativo di un comportamento antipersistente; più vicino è il valore a 0 e più forte è tale tendenza.

**Serie temporali persistenti.** In una serie temporale persistente un incremento in valore sarà seguito più facilmente da un analogo incremento nel breve periodo e un decremento da un analogo decremento nel breve periodo. Un valore dell’esponente di Hurst compreso tra 0,5 e 1 indica un comportamento persistente; più vicino è il valore a 1 e più forte è tale tendenza.

L’esponente di Hurst è quindi un utile metodo statistico per descrivere la proprietà di una serie temporale senza dover fare assunzione sulla sua stazionarietà ed è molto utile, in associazione con altri indicatori, per assumere delle decisioni influenzate dalle caratteristiche di evoluzione temporale dei fenomeni osservati.

Applicando tale metodologia ai valori ragguagliati di precipitazione (afflussi) per le diverse aree idrografiche della Sardegna si hanno i seguenti risultati.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

<b>CODICE</b>	<b>NOME</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Precipitazione media annua (mm)</b>	<b>Indice di Hurst</b>
<b>Sard-A</b>	<b>Iglesiente</b>	2510	645.1	0.73
<b>Sard-B</b>	<b>Campidano</b>	2540	622.1	0.68
<b>Sard-C</b>	<b>Montevecchio-Pischilappiu</b>	2350	700.5	0.72
<b>Sard-D</b>	<b>Flumendosa-Flumineddu</b>	5080	782.5	0.75
<b>Sard-E</b>	<b>Tirso</b>	3340	751.0	0.74
<b>Sard-F</b>	<b>Gallura</b>	3290	735.3	0.80
<b>Sard-G</b>	<b>Logudoro</b>	4750	701.5	0.75

Considerato che l'assunzione di normalità è fondamentale per la valutazione dell'indicatore, si è proceduto alla stima sia sulle serie naturali e sia sulla trasformata logaritmica, pervenendo sostanzialmente agli stessi risultati.

Alla luce di tali elementi emerge con chiarezza che le serie temporali di precipitazione annua sono caratterizzate da una significativa persistenza che si accentua ulteriormente per l'area idrografica della Gallura.

Tale aspetto non può certamente essere trascurato nel sistema di supporto alle decisioni in merito alla valutazione della disponibilità di risorsa idrica dai diversi schemi idraulici dell'isola, ricordando ancora che le variazioni nelle precipitazioni hanno un effetto ancora più rilevante sulle portate dei corsi d'acqua e quindi sugli apporti ai serbatoi artificiali.

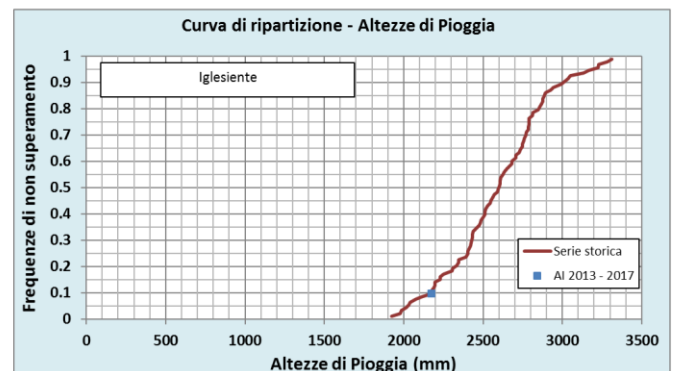
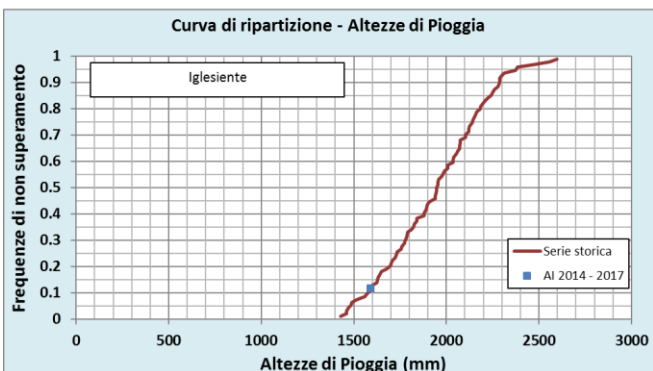
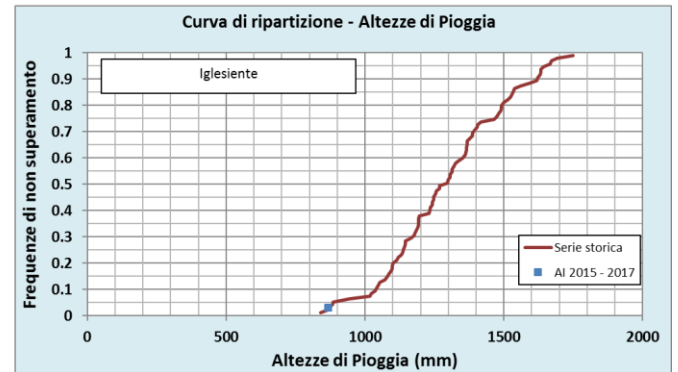
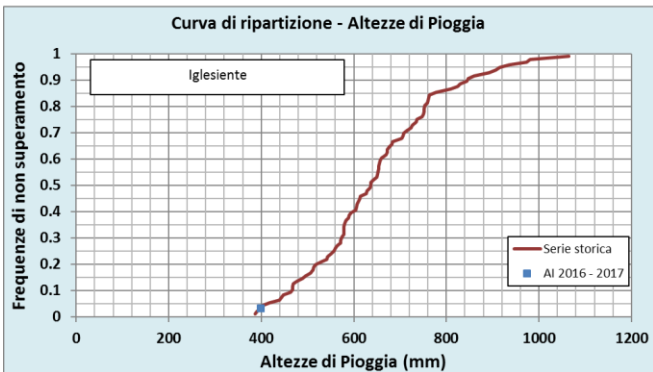
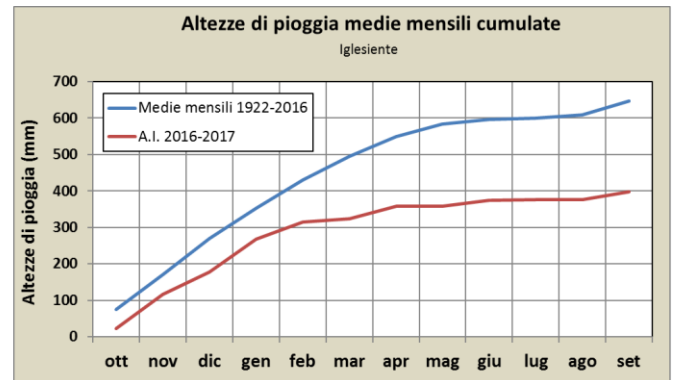
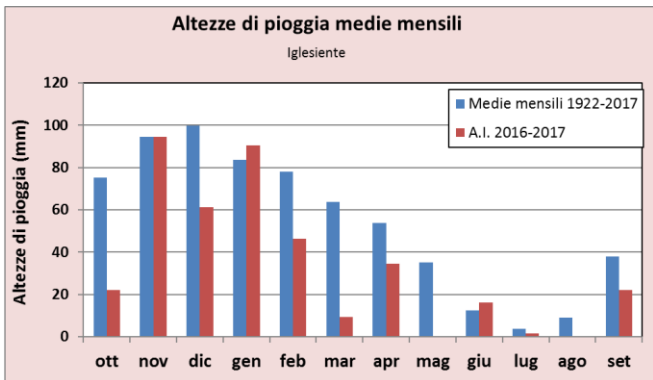
Si è proceduto infine a dare una rappresentazione delle caratteristiche dell'anno idrologico 2016-2017 appena concluso, in relazione alle frequenze osservate nell'ambito della serie storica, sempre con riferimento alle aree idrografiche di riferimento. Si è quindi determinata quale è la posizione del corrente anno nella curva di ripartizione osservata, così come descritto nei grafici che seguono.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## 5. ALTEZZE DI PIOGGIA E CURVE DI RIPARTIZIONE

### IGLESIENTE

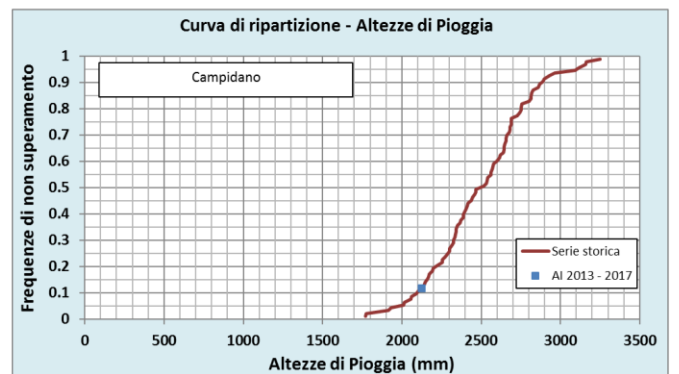
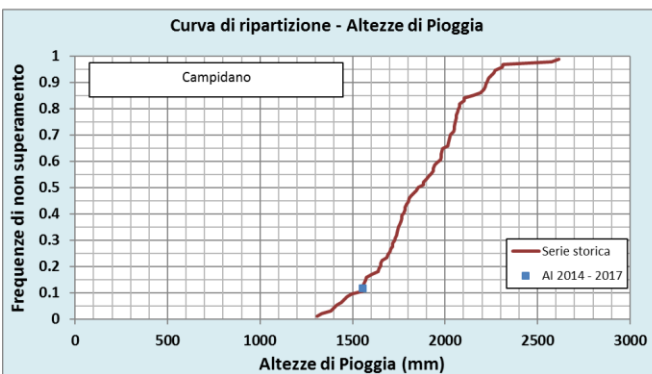
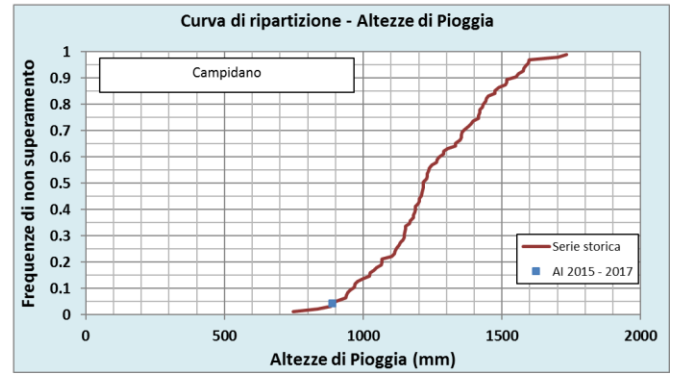
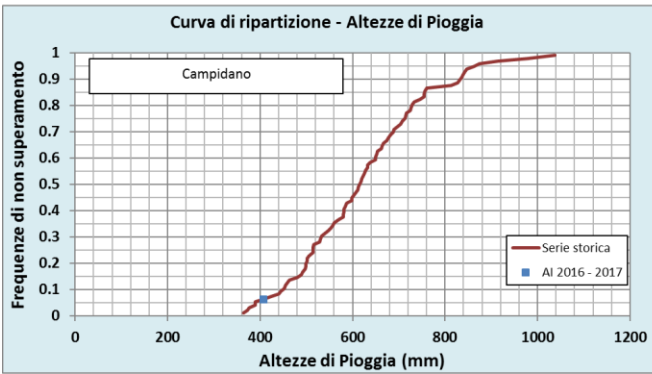
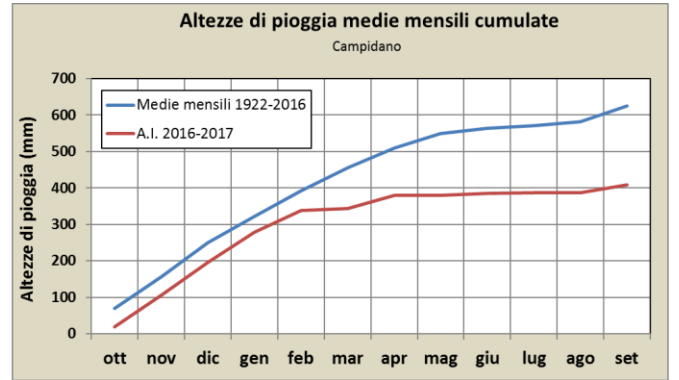
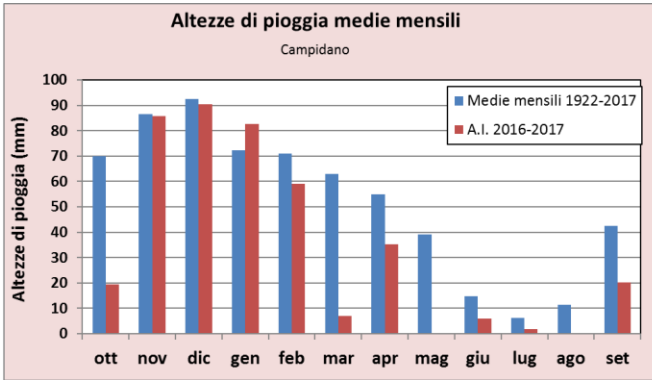






REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

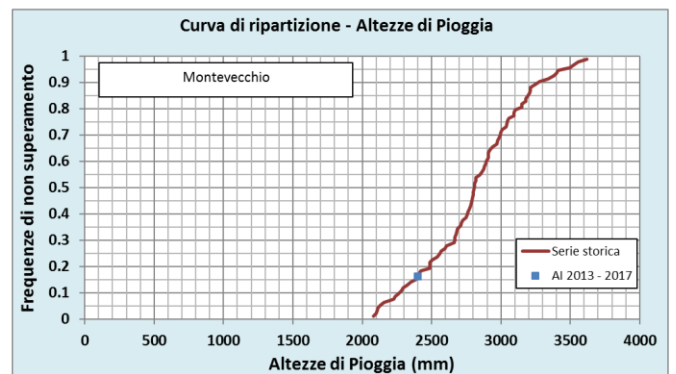
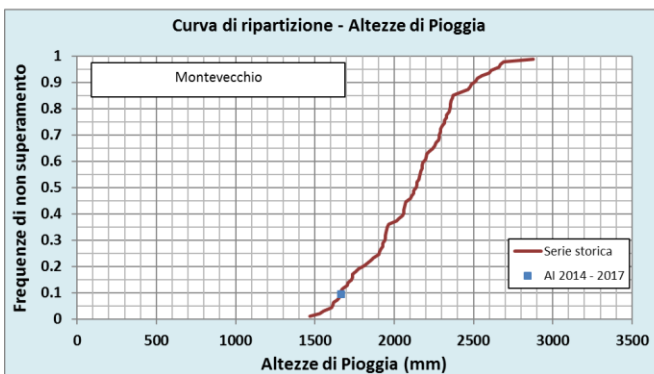
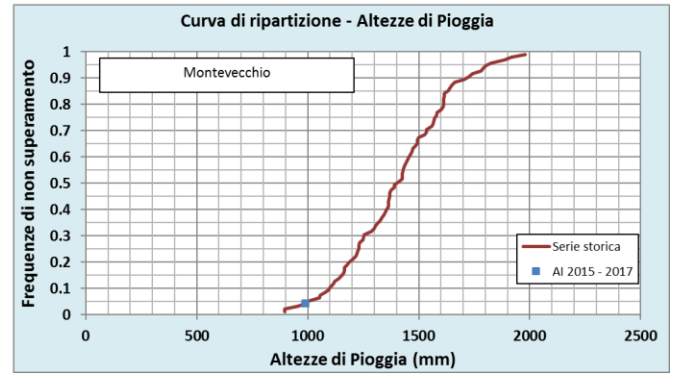
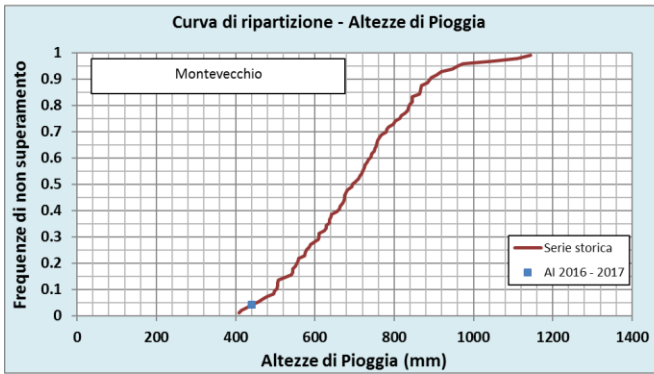
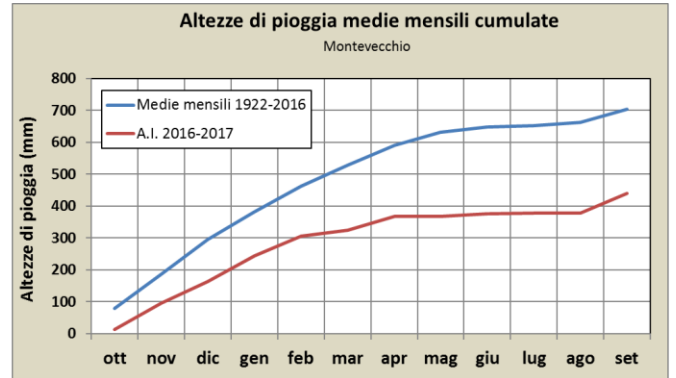
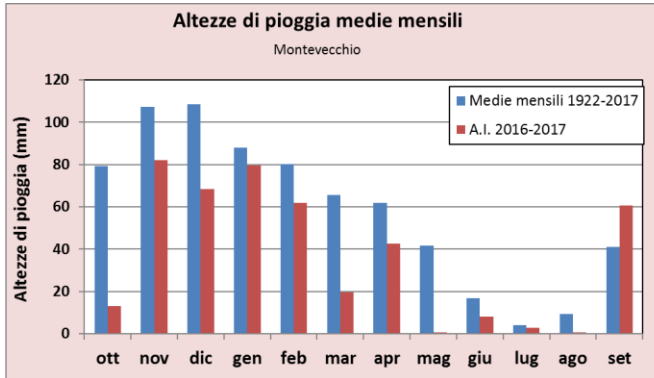
## CAMPIDANO





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

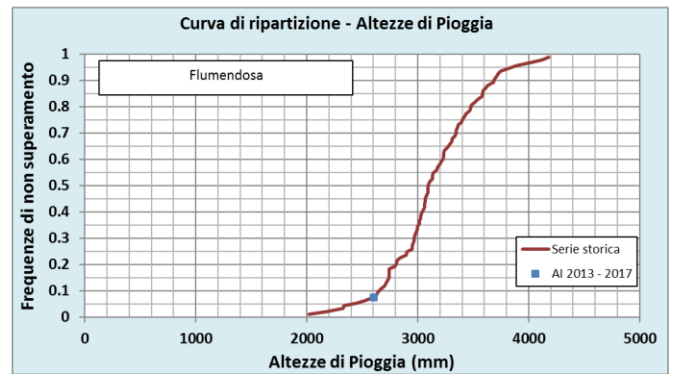
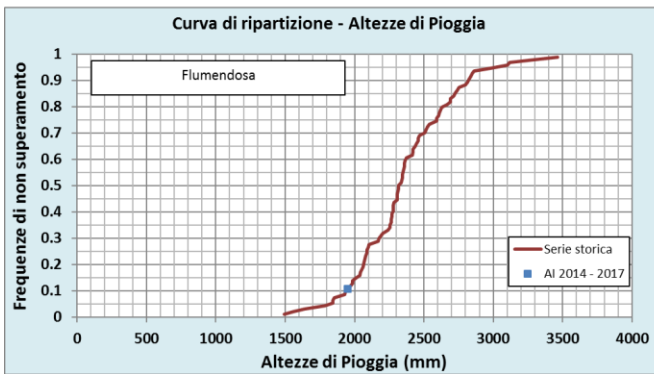
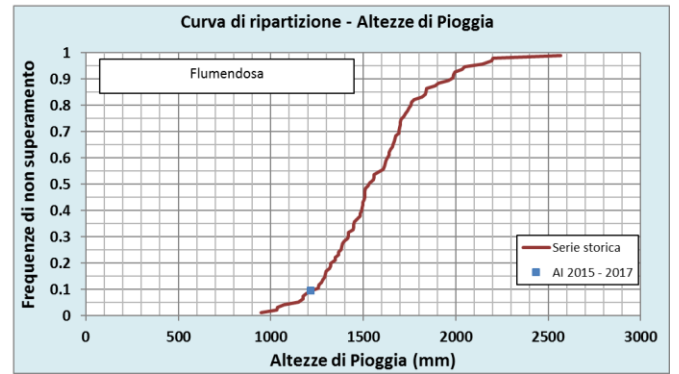
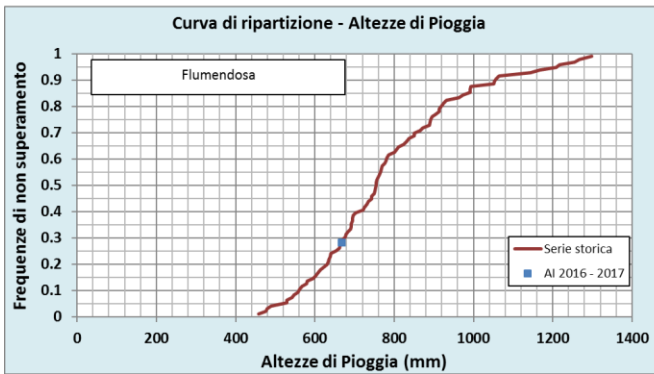
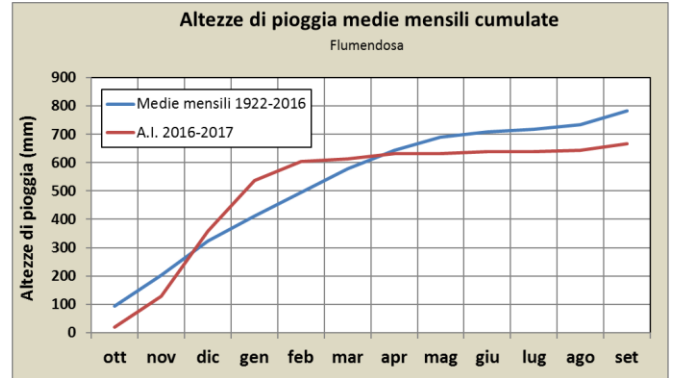
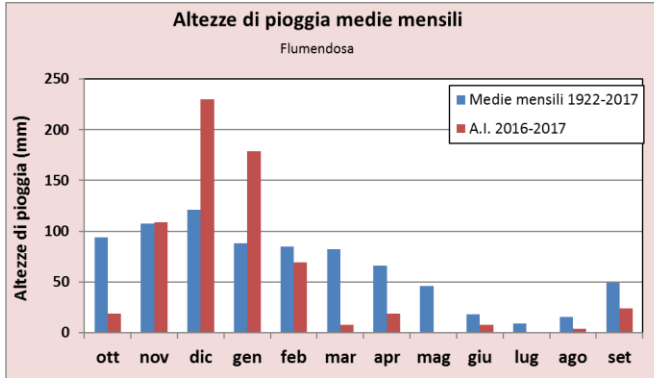
## MONTEVECCHIO





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

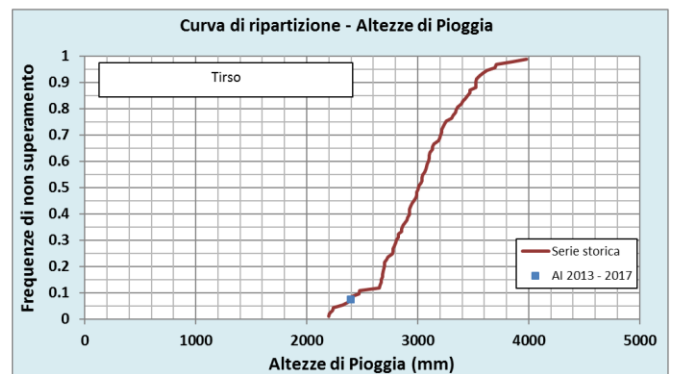
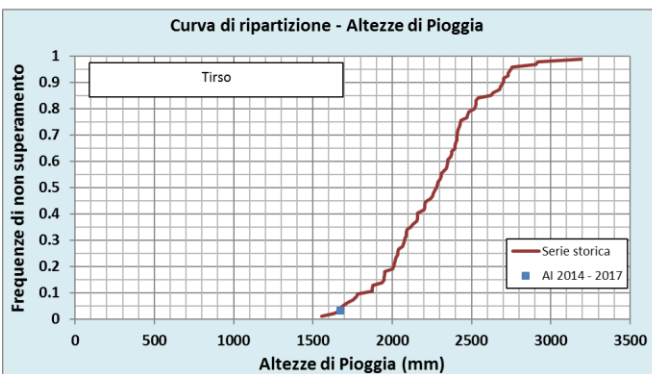
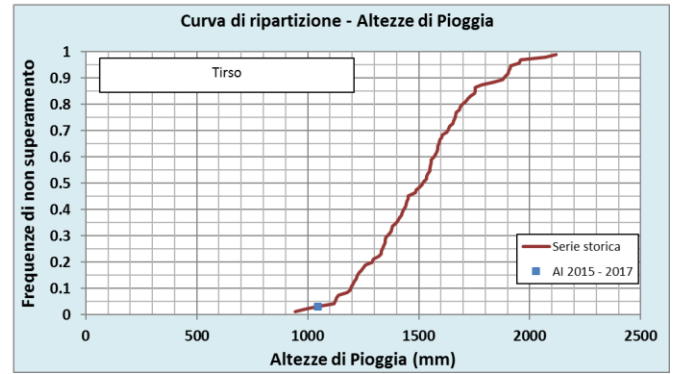
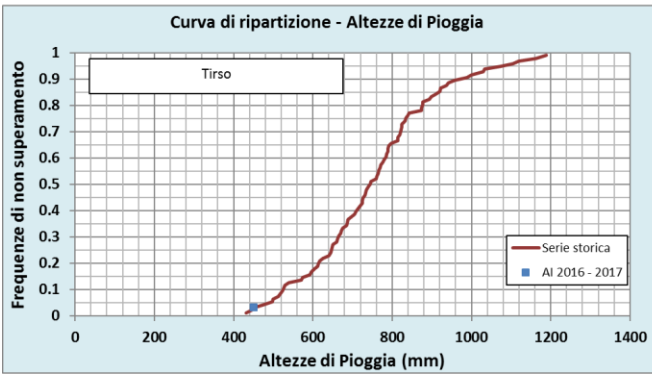
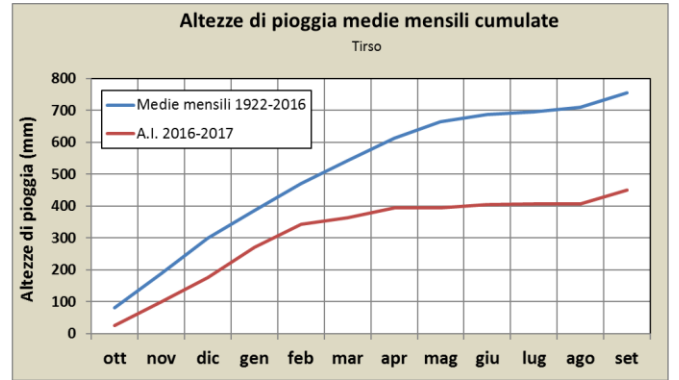
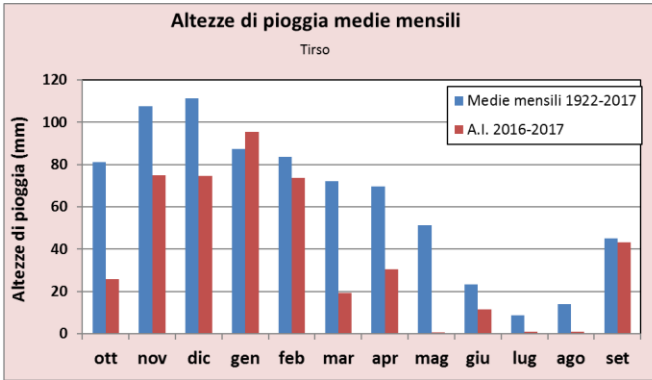
## FLUMENDOSA





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

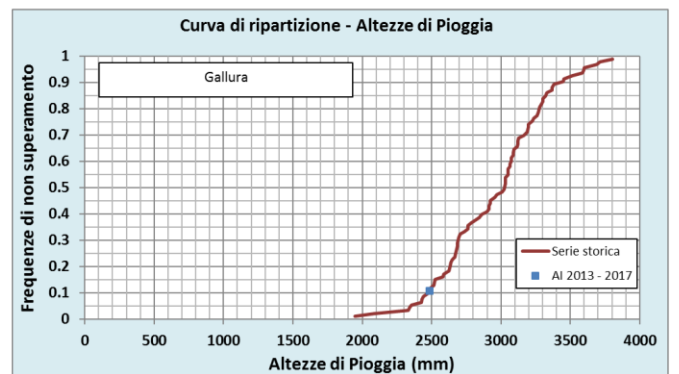
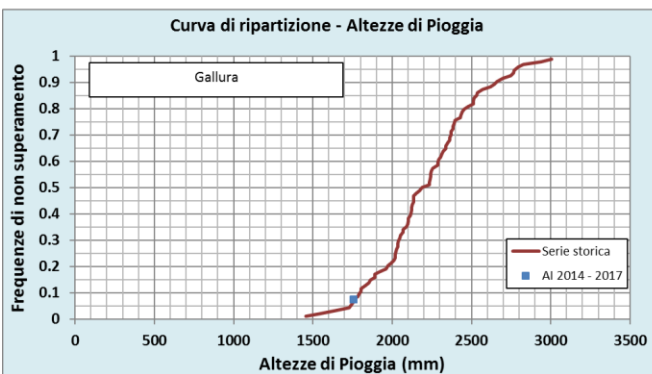
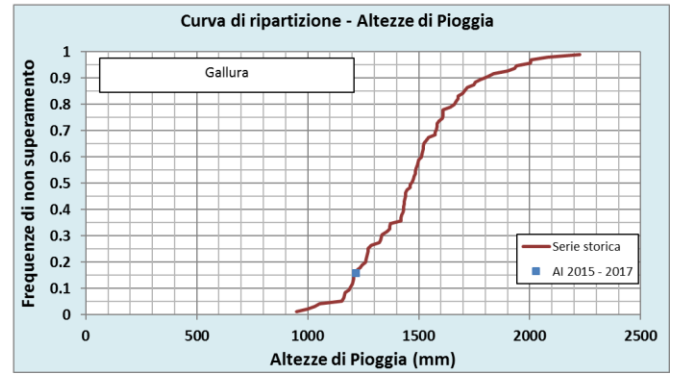
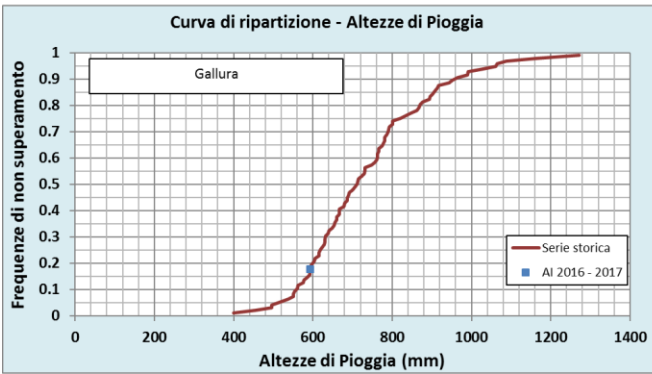
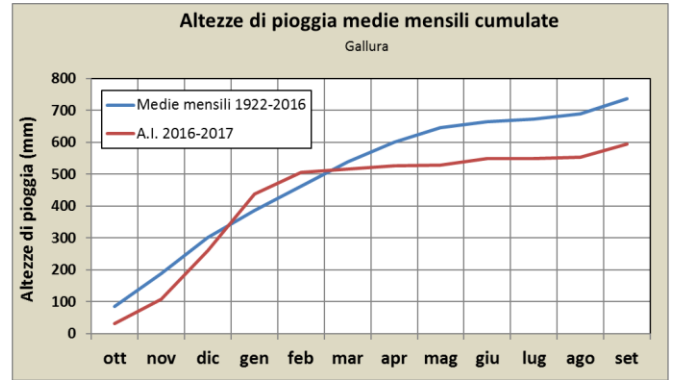
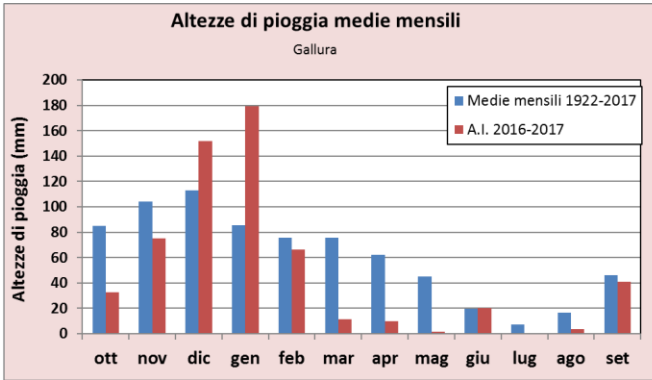
## TIRSO





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

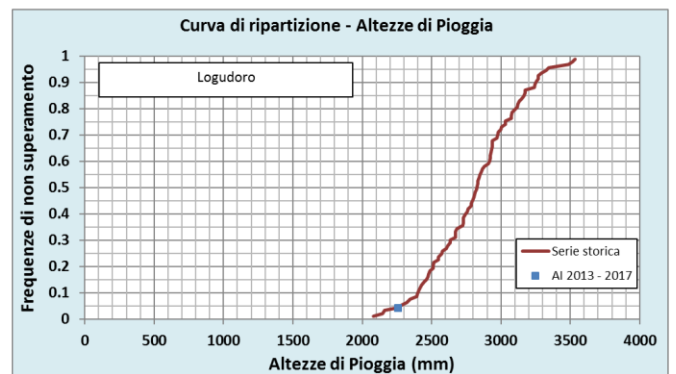
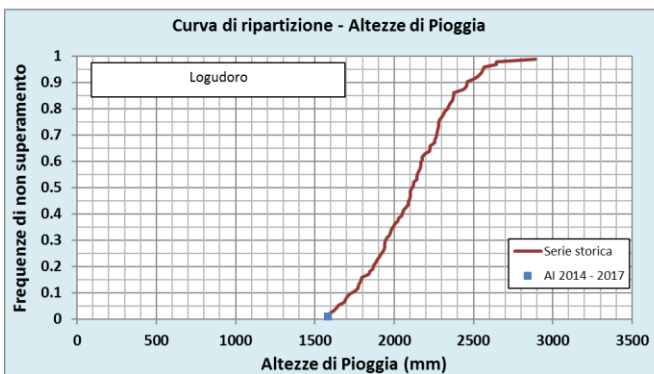
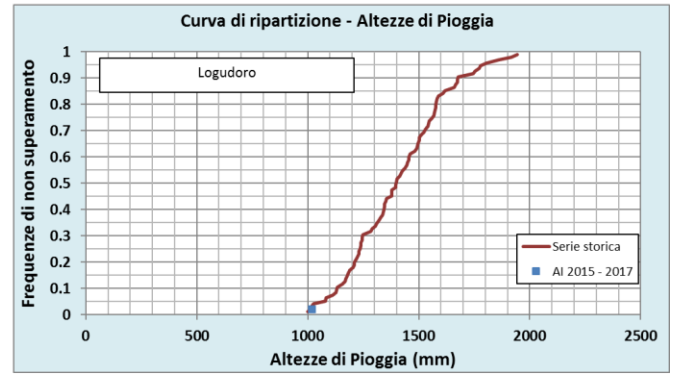
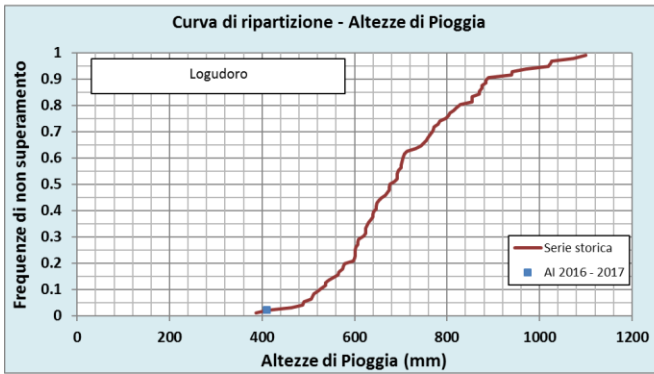
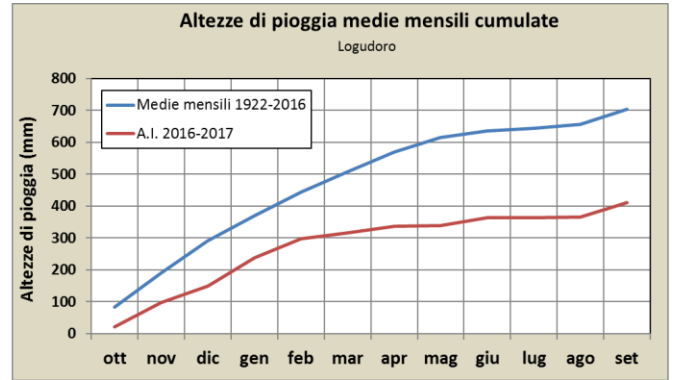
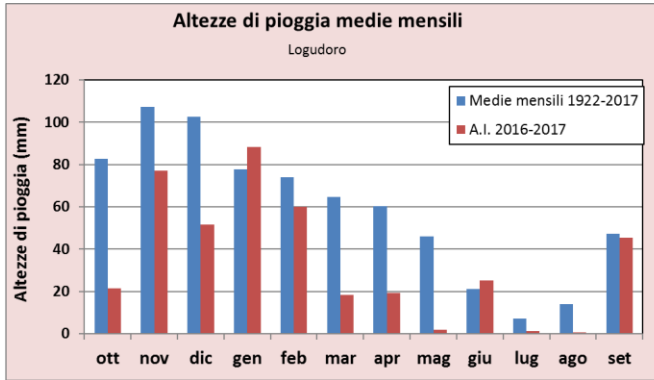
## GALLURA





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## LOGUDORO





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Come si può rilevare in tutte le aree idrografiche sono stati registrati valori di precipitazione ben al di sotto della media sia per l'anno idrologico in corso e sia per l'ultimo biennio, triennio e quadriennio idrologico.

Dal punto di vista delle probabilità di accadimento si riscontra che questi ultimi anni sono certamente caratterizzati da bassi valori rispetto all'andamento storico delle grandezze osservate da quasi 100 anni.

Di seguito la tabella che riporta i valori osservati relativi all'anno idrologico 2016-2017.

<b>Codice</b>	<b>Nome</b>	<b>A.I. 2016-2017</b>
Sard-A	Iglesiente	3.13%
Sard-B	Campidano	6.25%
Sard-C	Montevecchio Pischilappiu	4.17%
Sard-D	Flumendosa-Flumineddu	28.13%
Sard-E	Tirso	3.13%
Sard-F	Gallura	17.71%
Sard-G	Logudoro	2.08%

Il valore più critico è quello relativo all'area idrografica del Logudoro con il 2,08% di frequenza osservata. Ciò vuol dire che nel 98% dei casi le altezze di pioggia annuali sono risultate superiori al valore dell'anno idrologico 2016-2017. Si noti che solo le aree della Gallura e del Flumendosa presentano valori elevati anche se abbondantemente inferiori ai valori medi (50%) del lungo periodo.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## 6. LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

Lo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, redatto alla fine degli anni '70, nell'ambito degli studi di settore preliminari al Piano Acque, ha riguardato la ricostruzione dei deflussi mensili con riferimento alla serie storica delle grandezze idrologiche del periodo 1922-1975, afferenti a un gran numero di sezioni di interesse, per una superficie complessiva dei bacini idrografici di 17.993 km<sup>2</sup> (su una superficie complessiva dell'isola di circa 24.000 Km<sup>2</sup>). Il bilancio idrologico complessivo risultava il seguente:

Afflussi	779,3 mm
Perdite	522,9 mm
Deflussi	256,4 mm
Coefficiente di deflusso	0,33

La valutazione dei deflussi su scala regionale era stata effettuata a partire dai bilanci idrologici ricostruiti su 30 bacini idrografici corrispondenti alle stazioni di misura di portata del Servizio Idrografico che hanno significativamente funzionato a partire dal 1922.

A metà degli anni '90 lo Studio dell'Idrologia è stato aggiornato con i dati fino al 1992.

Le elaborazioni adottate nel PSDRI hanno preso in esame le variazioni del rapporto tra afflussi e deflussi al diminuire dell'entità del primo termine. Inserendo in un diagramma i valori di afflusso e di deflusso medio annuo di tutte le sezioni osservate dell'isola, si può ricostruire il legame tra le precipitazioni (afflussi) e le portate nei corsi d'acqua (deflussi). Tale diagramma consente di valutare gli effetti della riduzione delle piogge e di quantificare quanto tale riduzione incide sulle risorse superficiali potenzialmente utilizzabili (deflussi).

Tale legame, può essere correttamente interpretato da una funzione del tipo:

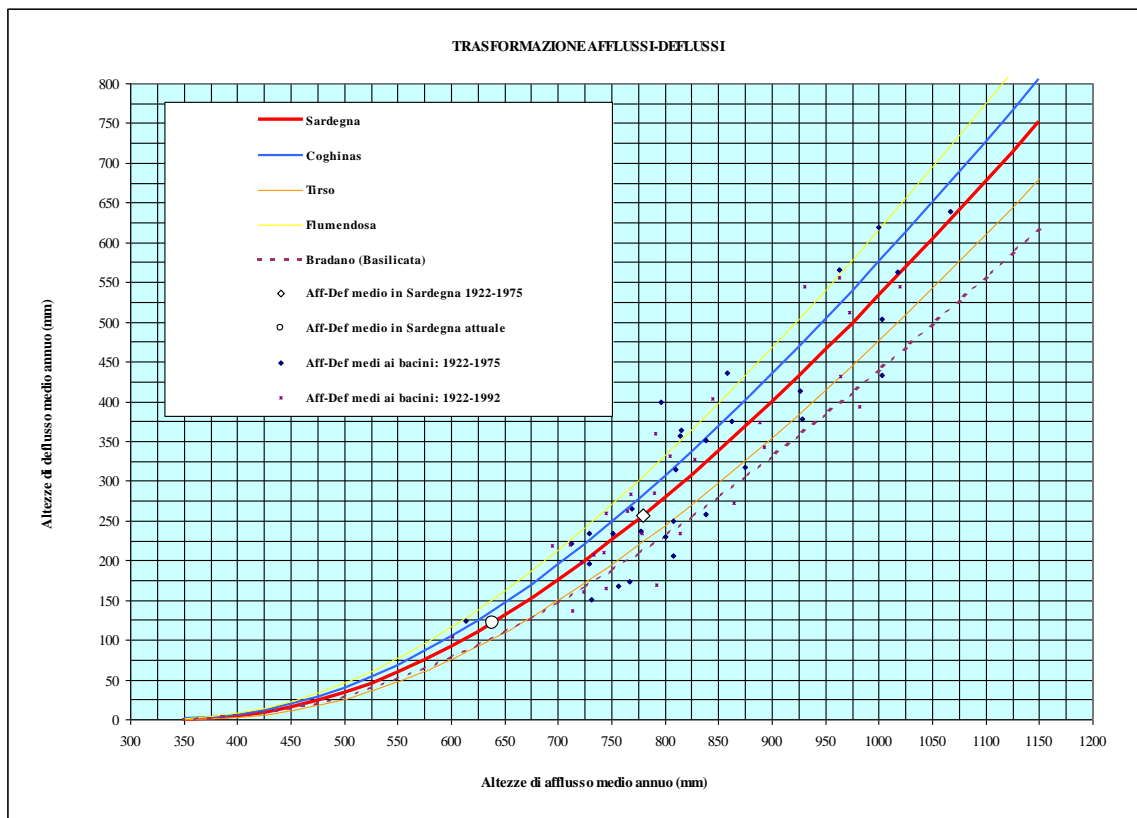
$$D_m^{1/3} = C_1 + C_2 \text{ LOG}(A_m)$$

Nella figura seguente è riportata la curva ottenuta mediante una regressione sui dati relativi a tutti i bacini osservati nel periodo 1922-1992 in Sardegna. Tale curva fornisce le caratteristiche medie che nell'isola caratterizza il processo di trasformazione afflussi-deflussi. Sullo stesso diagramma sono state poi riportate le curve relative ai bacini idrografici del Coghinas, del Tirso e del Flumendosa, unitamente a quella del fiume Bradano (Basilicata), riportata solo al fine di osservare la similitudine idrologica di tali relazioni nell'ambito dei bacini idrografici dell'Italia meridionale con clima semiarido mediterraneo.





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



I parametri dell'equazioni valgono.

	C1	C2
Sardegna	-40.536	16.215
Coghinas	-40.536	16.285
Tirso	-40.536	16.117
Flumendosa	-40.536	16.349
Bradano (Basilicata)	-28.200	11.980

Si è, quindi, proceduto, utilizzando le relazioni analitiche descritte, sulla base degli afflussi ragguagliati del periodo 1922-23/1974-75 ed a quelli del periodo 1986-87/2001-02, alla valutazione dei principali parametri del bilancio idrico nei due periodi considerati.

I risultati sono sintetizzati nella tabella seguente.



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

<i>Valori dimensionali in mm</i>		<b>Sardegna</b>	<b>Coghinas</b>	<b>Tirso</b>	<b>Flumendosa</b>
1922-23 / 1974-75	<b>Afflussi</b>	779,3	766,2	799,7	871,6
	Deflussi	256,4	266,4	244,4	427,8
<b>A</b>	Perdite	522,9	499,7	555,3	443,8
	Coefficiente di deflusso	0,33	0,35	0,31	0,49
1986-87 / 2001-02	<b>Afflussi</b>	639,0	669,2	666,1	700,6
	Deflussi	121,7	164,4	122,9	214,4
<b>B</b>	Perdite	517,3	478,6	543,2	486,2
	Coefficiente di deflusso	0,19	0,25	0,18	0,31
Rapporto	<b>Afflussi</b>	0,820	0,873	0,833	0,804
	Deflussi	0,475	0,617	0,503	0,501
<b>B/A</b>	Perdite	0,989	0,958	0,978	1,096
	Coefficiente di deflusso	0,579	0,707	0,604	0,623

La contrazione minima si registra nel Coghinas, con una riduzione nelle precipitazioni medie di quasi il 13% ed una contrazione dei deflussi di circa il 38%. La situazione più critica si ha sul Flumendosa, con riduzioni rispettivamente del 20% e di oltre il 50%.

Si sottolinea ancora che il problema più rilevante in termini di processo di pianificazione non è tanto la riduzione degli apporti naturali ai sistemi idrici che, una volta valutata, costituisce uno dei tanti elementi del sistema in esame, quanto che tale parametro appare connesso ad un alto grado di incertezza, trasferendo, in modo amplificato, detta incertezza agli scenari decisionali.

Nel PSDRI e come confermato dal PSURI, al fine di elaborare una prima valutazione delle risorse idriche potenzialmente utilizzabili in Sardegna con opere di captazione di risorse superficiali, è apparso opportuno assumere, come scenario idrologico di base, quello riferito ad una riduzione dei deflussi uniforme sull'intero territorio regionale, in misura pari al 55% della media del periodo storico di 53 anni 1922-23/1974-75, con, quindi, un nuovo valor medio pari al 45% di quello osservato in precedenza.

Tale assunzione è fatta, in via preliminare, sulla base delle seguenti considerazioni:

- il valore del 55% di riduzione è quello che si sta registrando nell'area dove il fenomeno appare più rilevante in Sardegna, anche ai fini dell'utilizzazione delle risorse: nel bacino del Flumendosa, nella zona sud orientale dell'isola;
- tale valore è molto simile a quello registrato sul Tirso, accomunando sotto tale aspetto i due maggiori bacini idrografici della regione;



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

- il fenomeno appare meno grave nell'area nord occidentale, nella quale d'altra parte la riduzione è sempre significativa. Comunque, il valore medio sull'isola è stimato pari al 52-53% di riduzione, corrispondente ad un valor medio pari al 47-48% di quello storico. Tali livelli sono molto prossimi a quelli osservati sul Flumendosa;
- come si è visto queste condizioni climatiche appaiono interessare l'intero bacino del Mediterraneo occidentale, per cui le diverse indicazioni territoriali registrate nell'isola potrebbero dipendere da situazioni contingenti e tendere ad uniformarsi all'estendersi della serie storica;
- l'esigenza di assumere parametri cautelativi nella valutazione delle risorse è sottolineata dal fatto che i parametri idrologici registrano differenze statisticamente significative rispetto al passato e non mostrano di aver ancora raggiunto una condizione di nuova stabilità. Il processo sembra essere ancora in evoluzione.

Ora è possibile, come illustrato in precedenza, disporre di una serie di osservazioni pluviometriche più estesa con 94 anni osservati di anni idrologici dal 1922-23 al 2016-17.

Purtroppo altrettanto non si può dire delle osservazioni sulle portate.

Pertanto al fine di fare ulteriori approfondimenti sulla problematica non resta che partire dalle piogge e procedere alla trasformazione afflussi-deflussi almeno per la stima del valor medio.

In definitiva, nelle elaborazioni adottate nell'ambito del PSURI è apparso corretto e coerente con i risultati delle analisi precedentemente descritte assumere, per la definizione dello scenario idrologico di base, quali nuovi parametri statistici per le serie dei deflussi alle sezioni di interesse i seguenti valori:

- $media = 0,60 \times$  la media del periodo 1922-23 / 1974-75
- $scarto = 0,80 \times$  lo scarto del periodo 1922-23 / 1974-75

**Il Funzionario**

Ing. Giacomo Fadda

**Il Coordinatore del Settore Monit. e Bil. Idrico**

Ing. Mariano T. Pintus

Visto

**Il Direttore del Servizio TGRI f.f.**

(art. 30 comma 1 l.r. 31/1998)

Ing. Cinthja Gabriela Balia

**Il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino**

Ing. Alberto Piras