



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 21 GENNAIO 2016

Attività unitaria conoscitiva e di monitoraggio del bilancio idrico volta alla gestione delle crisi idriche a seguito degli eventi siccitosi nel distretto idrografico della Sardegna. Istituzione della cabina di regia.

**ALLEGATO C** Analisi climatologica delle precipitazioni 2013-2015 per la criticità nell'alimentazione idrica del nord Sardegna. Aggiornamento a dicembre 2015.



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**

**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA**

**ARPAS**

Dipartimento Meteoclimatico

Servizio Meteorologico, agrometeorologico e ecosistemi

**ANALISI CLIMATOLOGICA DELLE PRECIPITAZIONI 2013-2015  
PER LA CRITICITÀ NELL'ALIMENTAZIONE IDRICA DEL NORD SARDEGNA  
AGGIORNAMENTO A DICEMBRE 2015**

**Gennaio 2016**

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ANALISI GENERALE DELLE PRECIPITAZIONI DELLA SARDEGNA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Considerazioni climatologiche.....	4
2.2 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di breve periodo. ....	5
2.3 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di medio periodo. ....	9
2.4 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di lungo periodo. ....	14
<b>3. ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI DEL NORD-EST DELL'ISOLA .....</b>	<b>18</b>
3.1 Indice di precipitazione standardizzata – SPI .....	18
<b>4. CONSIDERAZIONI SUL BILANCIO IDROCLIMATICO. ....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>28</b>

**A cura di**

A.M.S. Delitala

M. Fiori

S. Canu



## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione fa seguito a quella inviata il 14/12/2015 e analizza le precipitazioni da ottobre 2013 a tutto dicembre 2015 sull'intero territorio della Sardegna, con particolare attenzione alla sua parte nord-orientale, al fine di fornire degli elementi per valutare l'impatto delle condizioni meteo-climatiche sulla criticità nell'alimentazione idrica del nord-Sardegna.

La relazione si basa sulle stazioni della rete meteorologica del Dipartimento Meteo-climatico di ARPAS e sulla rete termopluviometrica in tempo reale di Protezione Civile.

La pluviometria viene analizzata come semplici cumulati e tramite lo *Standardized Precipitation Index* (SPI). La pluviometria complessiva viene analizzata sia coi valori assoluti sia per mezzo di un confronto con tre normali climatologiche (1951-1980, 1961-1990 e 1971-2000). Lo SPI viene calcolato sulla base della climatologia 1971-2000.

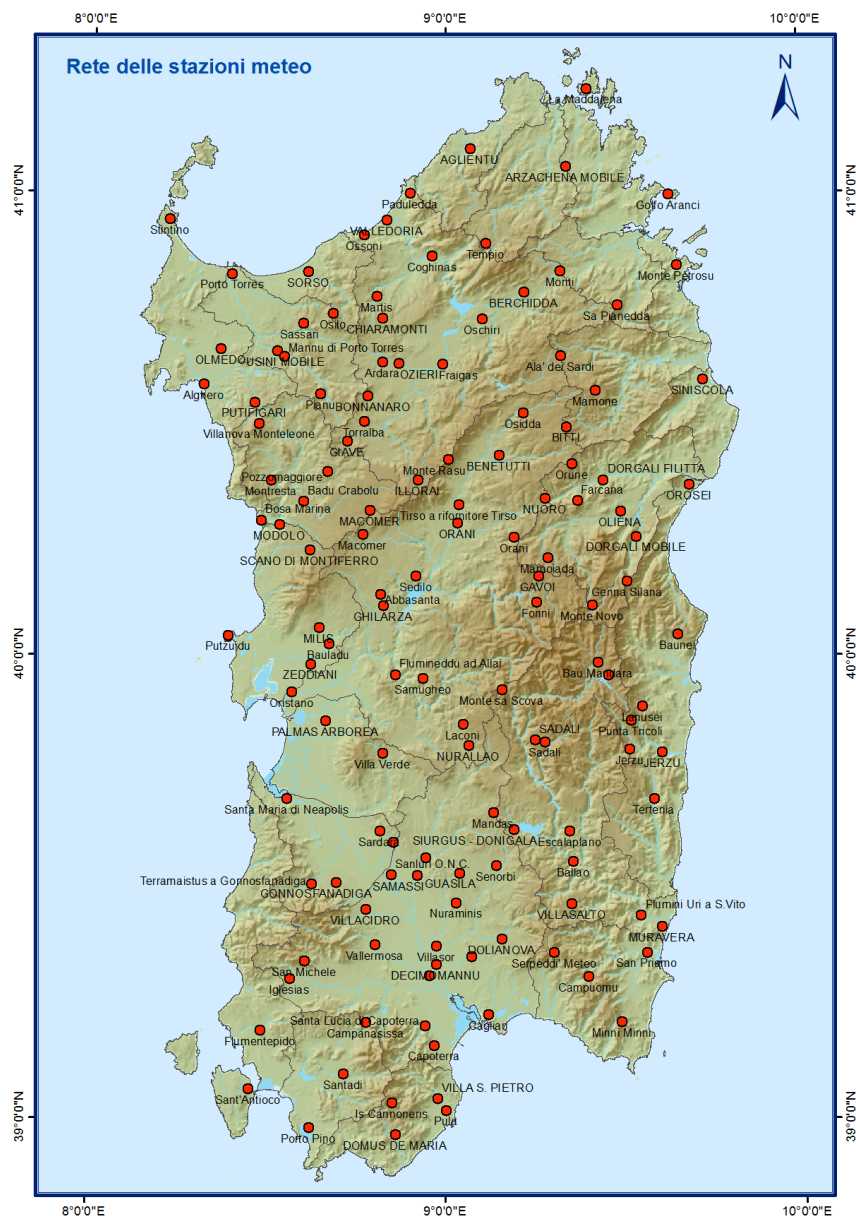
La relazione, infine, esamina il bilancio idroclimatico, allo scopo di distinguere separatamente la componente della precipitazione che è rimasta sul terreno (assorbita o ruscellata) dalla parte che si è persa per evaporazione o per traspirazione vegetale.

## 2. ANALISI GENERALE DELLE PRECIPITAZIONI DELLA SARDEGNA

### 2.1 Considerazioni climatologiche.

L'analisi della pluviometria complessiva sulla Sardegna si basa su tutte le stazioni della Rete meteorologica ARPAS e della Rete in tempo reale di Protezione Civile, aventi una serie quasi completa di dati nel periodo in esame (**figura 1**). Come si può osservare, proprio sul Bacino del Liscia, uno dei due bacini interessati dalla criticità nell'alimentazione idrica, la copertura della rete meteoroclimatica è carente per cui le informazioni su quel bacino sono da considerarsi parziali.

**Figura 1: Stazioni meteoroclimatiche utilizzate per l'analisi. I contorni in grigio indicano i bacini idrografici principali della Sardegna.**



I cumulati di precipitazione e i confronti col clima si riferiscono ai seguenti periodi: il singolo mese di dicembre 2015; i periodi di tre, sei, dodici, quindici, ventiquattro e ventisette mesi sino a dicembre 2015 (incluso); l'anno idrologico che va da ottobre 2014 a settembre 2015.

I periodi non standard di quindici e ventisette mesi sono stati scelti per mettere in evidenza l'effetto del trimestre ottobre-dicembre 2015 sommato all'anno idrologico 2014-2015 e al biennio idrologico 2013-2015.

I cumulati su tutti i periodi (tranne il singolo mese di dicembre 2015) sono stati confrontati con tre normali climatologiche: 1951-1980, 1961-1990 e 1971-2000. La normale 1961-1990 è tuttora quella ufficiale per l'Organizzazione Mondiale della Meteorologia<sup>1</sup>; quelle 1951-1980 e 1971-2000 sono due normali climatologiche secondarie.

I tre confronti sono stati introdotti perché sulla Sardegna la normale 1971-2000, cioè quella più utilizzata per le analisi climatologiche, è risultata meno piovosa e, dunque, è più prossima ad una situazione di clima *asciutto*; per contro le normali 1951-1980 e 1961-1990 somigliano maggiormente al clima tipico del XX secolo, cioè quello nel quale sono stati progettati e costruiti tutti gli invasi della Sardegna.

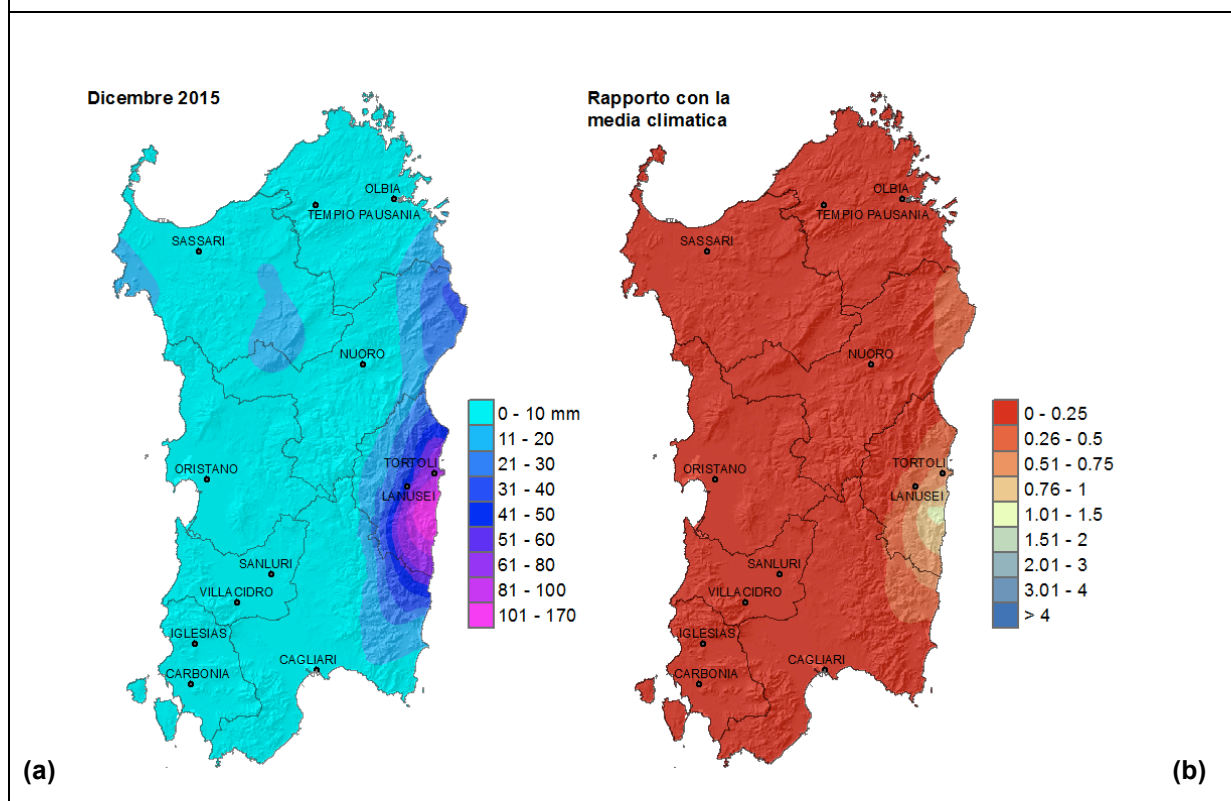
## 2.2 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di breve periodo.

Le piogge di dicembre 2015 sono state quasi nulle, ad eccezione di quelle registrate il giorno 6, che hanno investito l'Ogliastra e le coste della Baronia con cumulati elevati, e di alcune deboli piogge sparse cadute negli ultimi giorni del mese. Come si può vedere dalla **figura 2**, dunque, i cumulati di precipitazione dividono la Sardegna in due parti: le zone interessate dall'evento del 6 dicembre hanno totalizzato piogge mensili anche superiori a 80 mm, mentre il resto della Sardegna ha avuto dei cumulati inferiori a 20 mm.

---

<sup>1</sup> La prossima normale climatologica principale sarà il 1991-2020.

**Figura 2: Cumulati di precipitazione di dicembre 2015 (a) e confronto col clima 1971-2000 (b).**

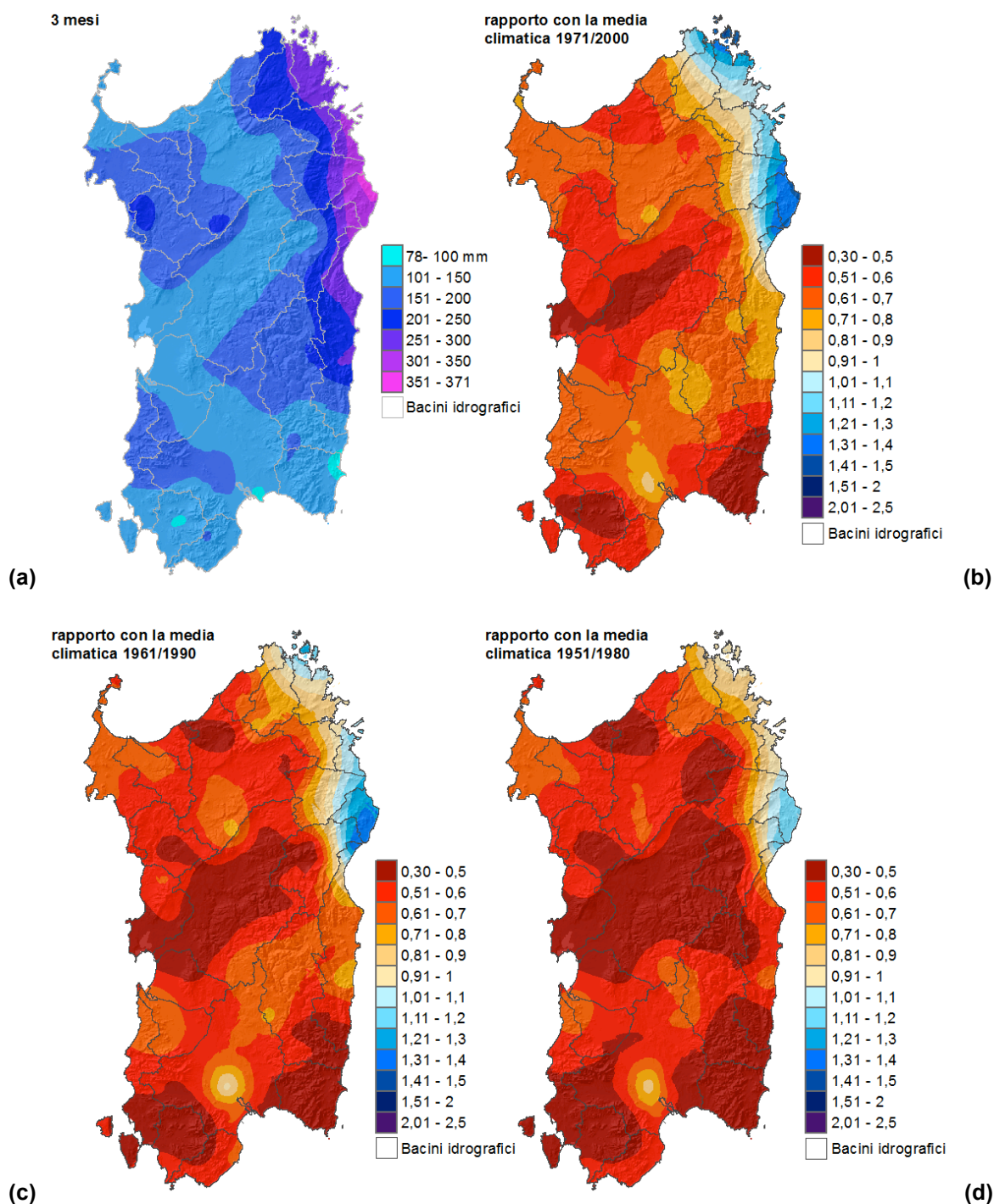


Considerato che dicembre è in media il mese più piovoso dell'anno, in molte zone dell'Isola questi cumulati risultano intorno al 5-10% della media mensile<sup>2</sup> e in molte altre intorno al 20% della media. Fa eccezione solo l'Ogliastra, le cui piogge risultano invece in linea con la media.

Dicembre 2015, dunque, è stato eccezionalmente secco, anche in un confronto di lungo periodo.

<sup>2</sup> Il confronto con le normali climatologiche 1961-1990 e 1951-1980 non è rilevante per l'analisi e non viene mostrato.

**Figura 3: Cumulati di precipitazione da ottobre a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



L'analisi dell'ultimo trimestre (**figura 3**) mostra dei cumulati superiori ai 200 mm lungo buona parte della costa orientale, con oltre 300 mm in Baronia, e cumulati inferiori a tale soglia su tutto il resto della Sardegna. Particolarmente bassi risultano i cumulati di molte zone interne e di buona parte della Sardegna meridionale, le cui piogge risultano intorno ai 100-150 mm complessivi sui tre mesi.

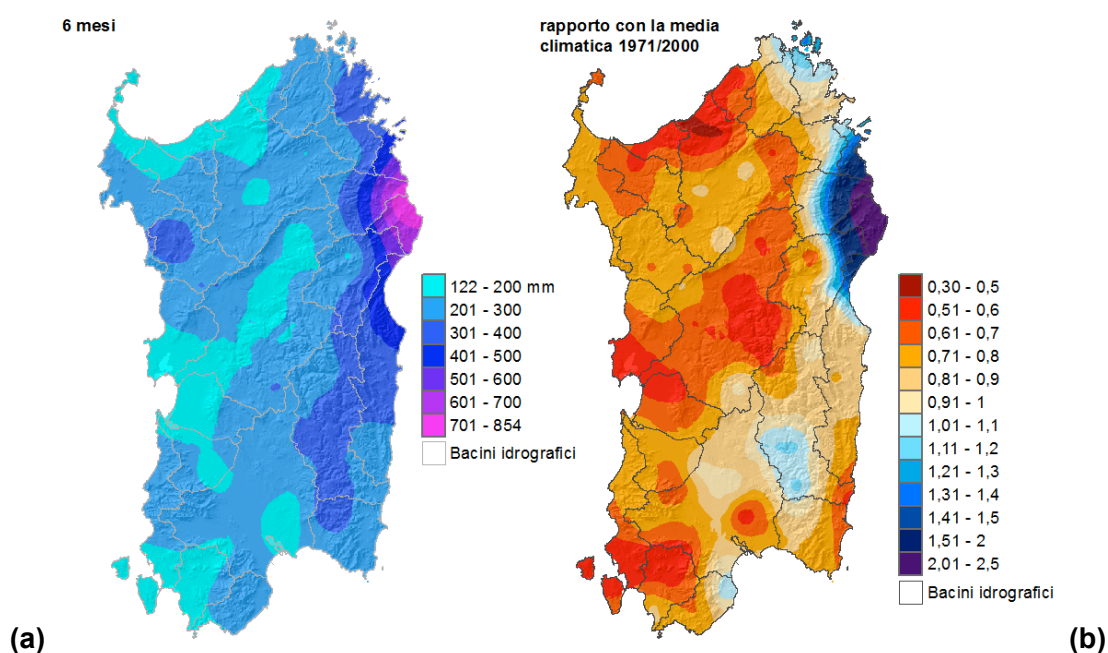
Tali valori risultano fortemente condizionati dalle piogge di ottobre che è stato l'unico mese del trimestre con cumulati rilevanti, soprattutto per effetto dall'evento eccezionale del 30/9-2/10/2015 che ha investito la costa orientale della Sardegna e, in misura minore, qualche altra parte dell'Isola. Tuttavia, per le particolari condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato quell'evento, le piogge sono cadute prevalentemente a valle dell'invaso del Liscia e hanno interessato molto poco quello di Sos Canales.

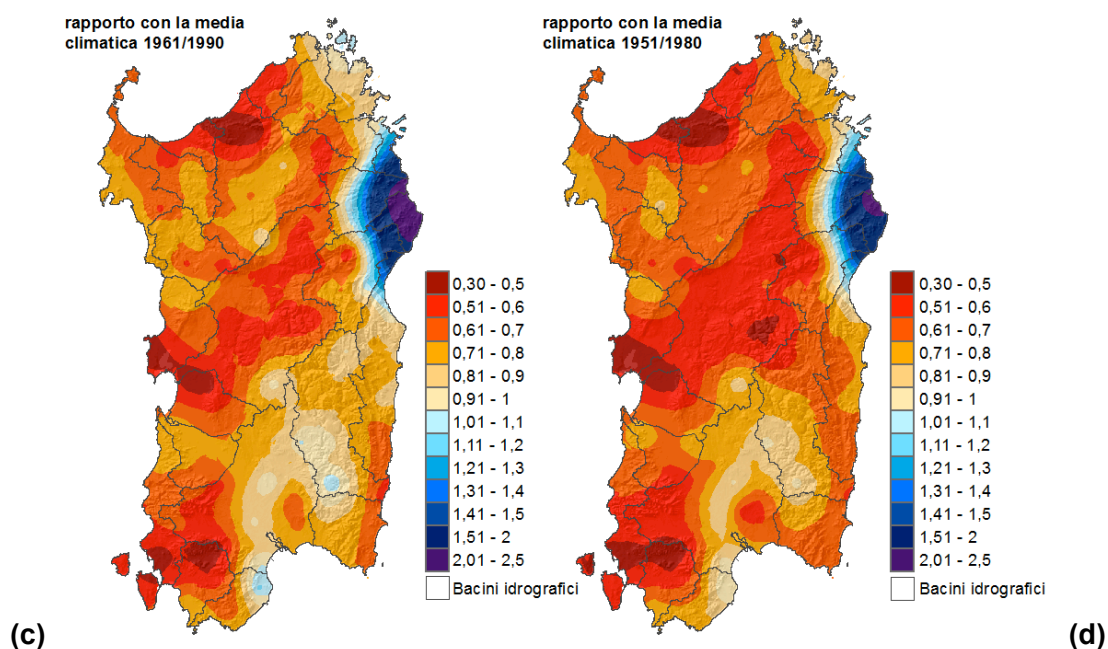
Nel complesso le piogge dell'ultimo trimestre del 2015 risultano deficitarie, anche in maniera significativa, su tutta la Sardegna tranne la costa orientale. Sulla parte sudoccidentale e centrosettentrionale della Sardegna, infatti, i cumulati di precipitazione risultano tra il 50% e l'80% di quanto piove mediamente tra ottobre e dicembre (relativamente al 1971-2000 riportato in **figura 3b**), con valori localmente anche inferiori al 50%.

Se il confronto viene effettuato con le due climatologie storiche 1961-1990 e 1951-1980 (**figure 3c e 3d**) i rapporti percentuali del trimestre rispetto alle medie risultano ancora più bassi.

Nel complesso, dunque, le piogge del trimestre ottobre-dicembre 2015 risultano fortemente deficitarie per effetto della carenza di precipitazioni dei mesi di novembre e dicembre. I confronti con le tre climatologie mettono in evidenza che il grave deficit pluviometrico ha interessato in particolare nel Bacino del Tirso (inclusa l'area dell'invaso di Sos Canales) e il Bacino del Coghinias.

**Figura 4: Cumulati di precipitazione da luglio a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**





I cumulati su sei mesi (**figura 4a**) non mostrano grandi differenze rispetto a quelli su tre mesi, in virtù del fatto che si è aggiunto il trimestre luglio-settembre che è risultato poco piovoso. I confronti con i tre climi (**figura 4b, c e d**) confermano il deficit di precipitazione sul Tirso (incluso Sos Canales), sul Coghinas e, in misura minore, sul Liscia.

### 2.3 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di medio periodo.

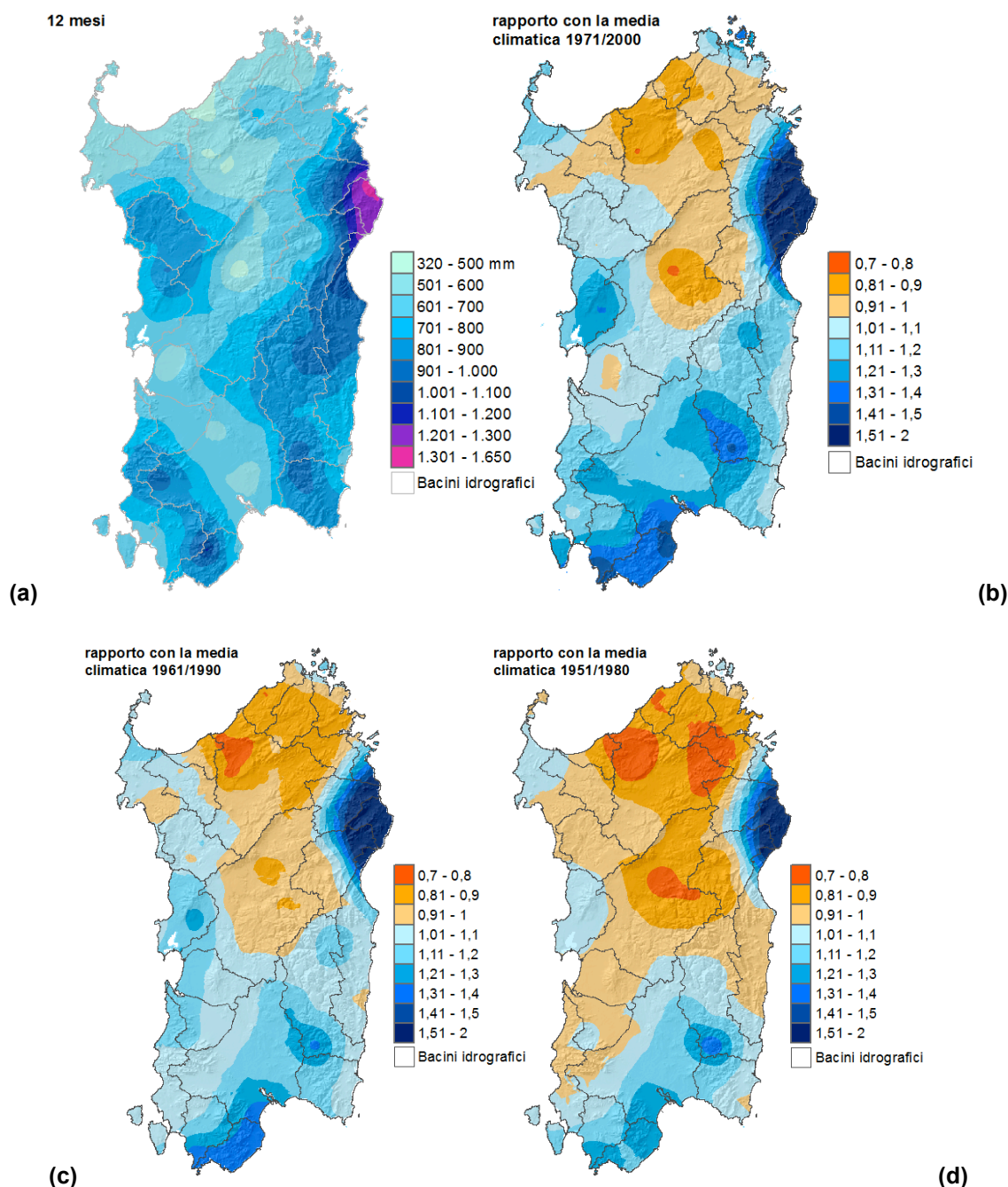
L'analisi delle precipitazioni sul medio periodo, cioè sui dodici e sui quindici mesi, mostra dei risultati molto più importanti rispetto all'analisi di breve periodo.

Questa porzione di analisi considera l'anno idrologico ottobre 2014-settembre 2015, i dodici mesi del 2015 e i quindici mesi da ottobre 2014 a dicembre 2015.

I tre confronti permettono di valutare le piogge di un periodo standard di dodici mesi (che coincide con l'ultimo anno solare), le piogge dell'ultimo anno idrologico completo (ottobre 2014 - settembre 2015) e le piogge dell'ultimo anno idrologico sommate all'inizio di quello in corso.

Sul medio periodo, inoltre, i confronti con le tre normali climatologiche mostrano maggiori differenze tra di loro, in quanto il calo progressivo della pluviometria tra il 1951-1980 e il 1971-2000 in un'analisi a scala annuale diviene più evidente.

**Figura 5: Cumulati di precipitazione da ottobre 2014 a settembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



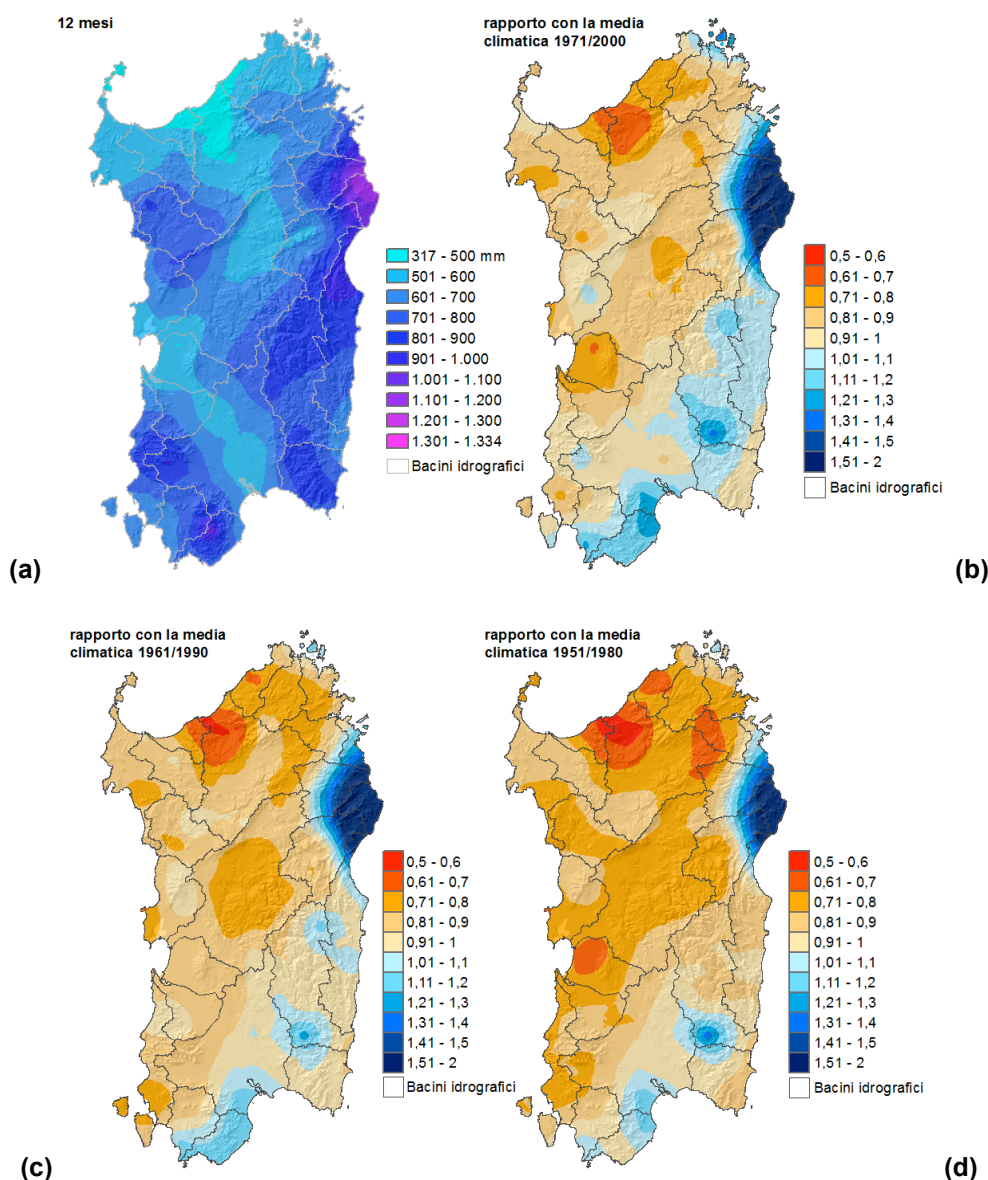
I cumulati di precipitazione da ottobre 2014 a settembre 2015 sono rappresentativi dell'ultimo anno idrologico completo. I totali del periodo (**figura 5a**) seguono l'orografia con valori sino a 600 mm nelle pianure e in alcune zone della Sardegna centrale. Nelle zone collinari e montane, invece, i cumulati crescono sino a più di 900 mm. Fa eccezione solo una parte della Sardegna orientale, in particolare la Baronia, che ha avuto dei cumulati superiori ai 1000 mm sull'anno idrologico.

Il confronto con le climatologie 1971-2000 e 1961-1990 (**figura 5b e c**) mette bene in evidenza che la precipitazioni dell'ultimo anno idrologico completo sono state deficitarie sui bacini interni del centro-nord Sardegna, in particolare il Coghinas e la parte alta del bacino del Tirso (incluso Sos Canales).

Il rapporto con la climatologia più antica (1951-1980) riportato nella **figura 5d** mostra valori inferiori all'80% della media su alcuni bacini della Sardegna centro-settentrionale e valori compresi tra 80% e 90% sulla restante parte del territorio di quei bacini.

Nel complesso, dunque, l'anno idrologico 2014-2015 è stato deficitario sul Bacino del Coghinas, sul Bacino del Liscia e sul Bacino del Tirso (incluso Sos Canales).

**Figura 6: Cumulati di precipitazione da gennaio a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



I cumulati di precipitazione da gennaio a dicembre 2015 seguono in parte l'orografia e in parte la distribuzione spaziale degli eventi intensi che hanno caratterizzato l'anno.

Le piogge dell'anno (**figura 6a**) vanno dai 500-600 mm delle pianure sino a 800-900 mm delle zone di montagna. Fanno eccezione, ai due estremi opposti, la parte bassa del Bacino del Coghinas, che ha ricevuto meno di 500 mm di pioggia, e la Baronia, sulla quale sono piovuti più di 1000 mm di pioggia.

Sulla Sardegna meridionale queste piogge stanno entro  $\pm 10\%$  dalla media climatologica 1971-2000 (**figura 6b**), mentre sulla parte centro-settentrionale dell'Isola le piogge risultano tra il 70% e il 90% della media 1971-2000.

Per quel che riguarda le due situazioni estreme si rileva che le piogge della Baronia hanno superato il 150% della media mentre quelle del basso Bacino del Coghinas non raggiungono il 60% della media.

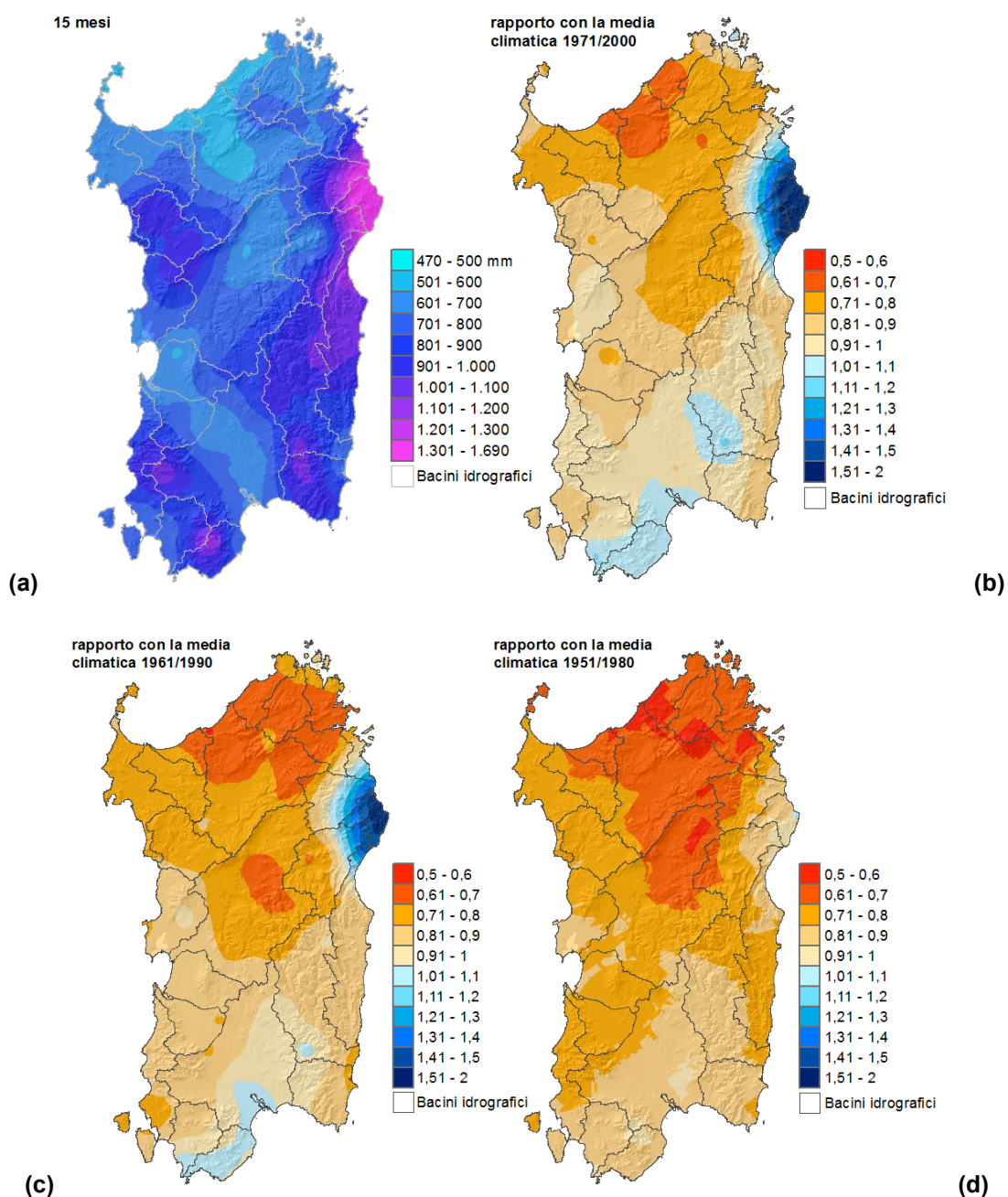
Il rapporto tra il cumulato e la normale climatologica 1961-1900 (**figura 6c**) conferma quest'ultimo dato mentre il confronto col 1951-1980 (**figure 6d**) conferma che su circa metà del territorio regionale le piogge del periodo sono inferiori all'80% della media.

L'analisi a quindici mesi, cioè da ottobre 2014 a dicembre 2015 (**figura 7**), è sicuramente la più interessante perché mostra l'effetto combinato delle piogge modeste dell'ultimo anno idrologico completo e di quelle decisamente deficitarie della prima parte di quello in corso.

I cumulati, infatti, sono di poco superiori a quelli dell'anno idrologico 2014-2015 (**figura 5**) a conferma che il trimestre ottobre-dicembre 2015 ha contribuito poco all'accumulo di precipitazione, benché comprenda i mesi normalmente più piovosi dell'anno.

Di conseguenza i confronti con le climatologie mostrano un significativo deficit pluviometrico sul centro-nord Sardegna anche rispetto al trentennio più secco, cioè rispetto al 1971-2000.

**Figura 7: Cumulati di precipitazione da ottobre 2014 a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



Infatti, sia confronto con la normale 1971-2000 (**figura 7b**) sia quello con la normale 1961-2000 (**figura 7c**) mostrano che su quasi tutta la Sardegna, ad eccezione della Baronia, le piogge sono state inferiori media<sup>3</sup>, inoltre un grave deficit risulta evidente su tutti i bacini della fascia centrale, come il Liscia, il Coghinias, il Tirso (inclusa la

<sup>3</sup> Con la sola eccezione della Baronia se si utilizza il confronto con la climatologia 1951-1980.

parte relativa all’invaso di Sos Canales). Il deficit, infine, inizia ad interessare anche i bacini centro-meridionali, come ad esempio il Cedrino (a monte dell’invaso) e numerosi altri minori sul versante tirrenico.

Il confronto col 1951-1980 (**figura 7d**), infine, mostra un deficit pluviometrico sull’intera Sardegna, con percentuali inferiori al 60% delle media 1951-1980 sul Liscia, sul Coghinas, sull’alto Tirso (incluso Sos Canales) e sui bacini minori del nord dell’Isola.

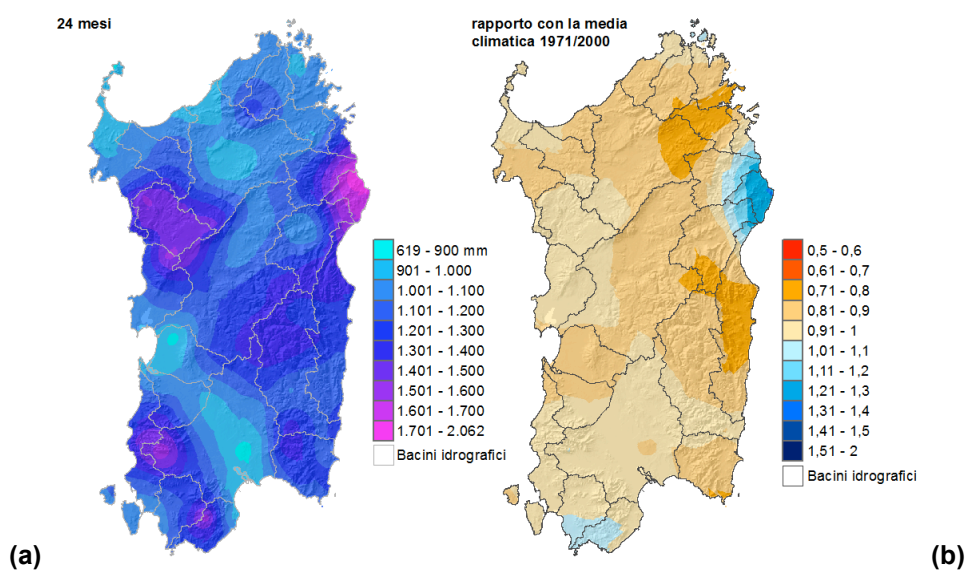
## 2.4 Analisi e confronto col clima delle precipitazioni di lungo periodo.

L’analisi di lungo periodo, cioè quella sui ventiquattro mesi da gennaio 2014 a dicembre 2015 e sui ventisette mesi da ottobre 2013 a dicembre 2015 introduce nell’analisi anche il contributo del penultimo anno idrologico completo, cioè quello che va da ottobre 2013 a settembre 2014<sup>4</sup>.

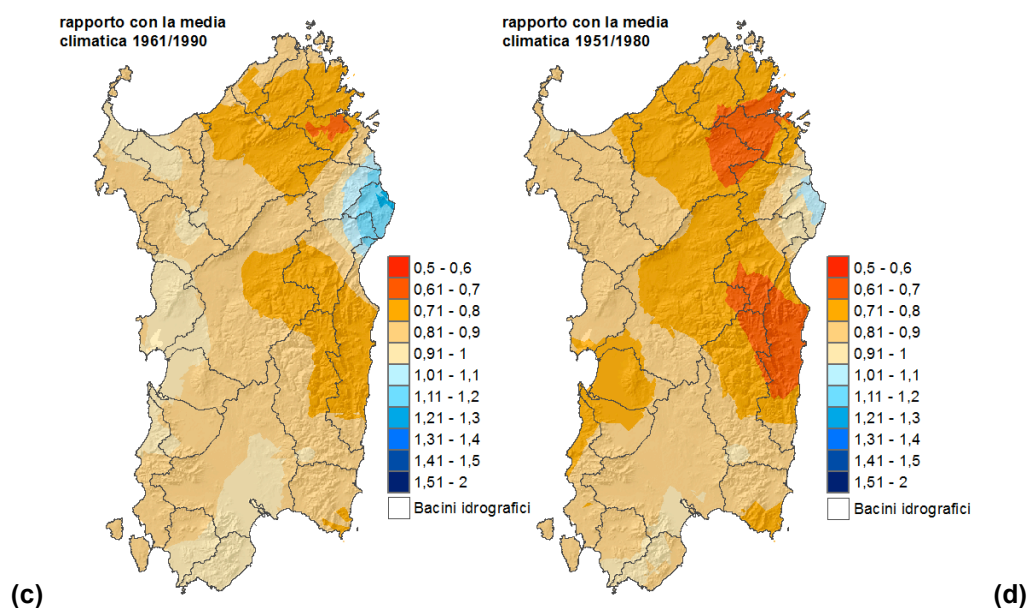
I due periodi, inoltre, permettono di mettere in evidenza anche il peso dell’evento eccezionale del 18 novembre 2013 che entra nell’analisi a ventisette mesi, mentre non è presente nell’analisi a 24 mesi.

I cumulati di precipitazione a ventiquattro mesi (**figura 8a**) seguono l’orografia in maniera più marcata rispetto all’analisi a dodici mesi, con un effetto invece più ridotto delle piogge intense della Baronia.

**Figura 8: Cumulati di precipitazione da gennaio 2014 a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



<sup>4</sup> Nel bilancio a ventisette mesi entrano le piogge eccezionali del 18 novembre 2013 avvenute all’inizio del periodo.



Rispetto alla climatologia 1971-2000 (**figura 8b**) i cumulati risultano entro  $\pm 10\%$  della media biennale sulla Baronia e sul grosso della Sardegna meridionale e occidentale. Sul Nord-Est e sulla parte centrale dell'Isola le piogge risultano invece tra il 70% e il 90% delle media.

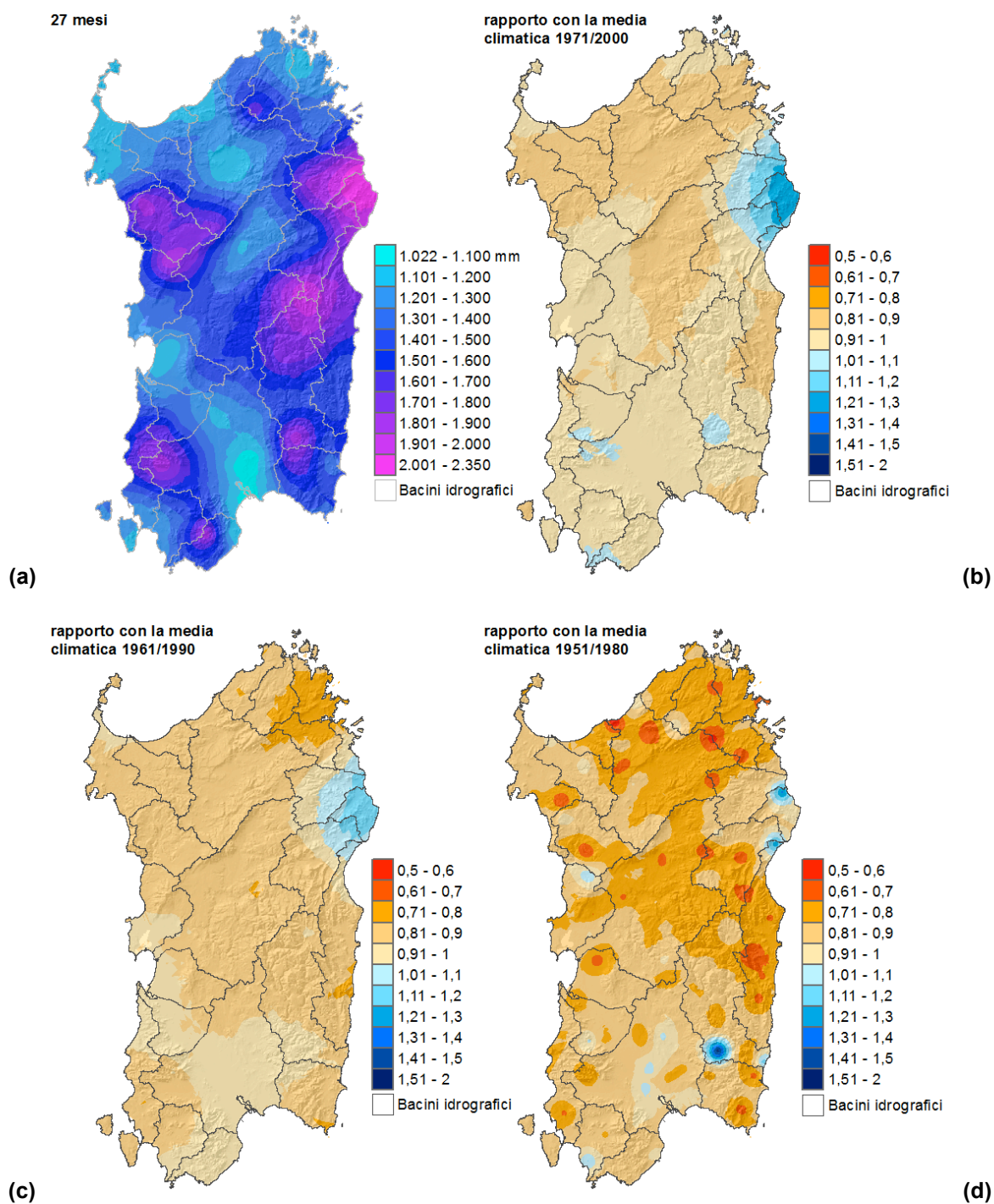
Se si passa a confrontare le piogge del biennio con la normale 1961-1990 (**figura 8c**) si osserva una maggiore estensione delle aree con rapporti sul clima compresi tra il 70% e l'80%.

Rispetto alla climatologia 1951-1980 (**figura 8d**), infine, il confronto di lungo periodo mostra che sull'Ogliastra e su parte della Gallura le piogge del 2014-2015 risultano tra il 60% e il 50% della media biennale.

I cumulati di precipitazione a ventisette mesi (**figura 9a**) mostrano l'effetto combinato dell'orografia, che domina la mappa a ventiquattro mesi (**figura 8a**), e dell'evento eccezionale del 18 novembre 2013. Ne vengono fuori dei cumulati che su una parte della centro-orientale Sardegna crescono sino a oltre 2000 mm.

Su buona parte della Sardegna centro-meridionale e orientale i cumulati del periodo risultano entro  $\pm 10\%$  dalla media climatologica 1971-2000 (**figura 9b**). Sulla parte settentrionale dell'Isola e su gran parte del Bacino del Tirso, inclusi dunque il Coghinas, il Liscia e Sos Canales, le piogge dei ventisette mesi stanno invece tra l'80% e il 90% della relativa media 1971-2000.

**Figura 9: Cumulati di precipitazione da ottobre 2013 a dicembre 2015 (a), confronti con le climatologie 1971-2000 (b), 1961-1990 (c) e 1951-1980 (d). I contorni in grigio indicano i bacini principali della Sardegna.**



Anche in questo caso, il confronto con le medie 1961-1990 (**figura 9c**) e 1951-1980 (**figura 9d**) rendono più evidente il deficit pluviometrico sul centro-nord della Sardegna.

La **tabella 1**, infine, mostra i valori del cumulato di precipitazione su 1 mese, 3 mesi, 6 mesi, 12 mesi (anno idrologico e anno solare), 15 mesi, 24 mesi e 27 mesi nelle cinque stazioni di riferimento per le aree di interesse dell'analisi.

Si evince chiaramente il severo deficit delle piogge di dicembre 2015 che sono state quasi nulle su tutte le cinque stazioni e che, dunque, risultano tra il 3% e il 9% della media, indipendentemente dalla climatologia.

Il deficit pluviometrico, inoltre, appare evidente anche a 3 mesi, 6 mesi, 12 mesi (da gennaio a dicembre 2015), 15 mesi e 24 mesi su quasi tutte le stazioni<sup>5</sup>.

**Tabella 1: Cumulati di precipitazione su 1, 3, 6 12 (anno idrologico e anno solare), 15, 24 e 27 mesi in cinque stazioni campione di interesse per l'analisi.**

Stazione	Cumulati su 1 mese (dicembre 2015)				Cumulati su 3 mesi (ottobre-dicembre 2015)			
	Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica			Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica		
		1971-2000	1961-1990	1951-1980		1971-2000	1961-1990	1951-1980
Alà dei Sardi	4.6	0.04	0.03	0.03	180.2	0.58	0.49	0.41
Monti	6.8	0.05	0.04	0.04	209.3	0.80	0.52	0.43
Oschiri	6.6	0.09	0.08	0.07	129.8	0.62	0.56	0.52
Osidda	4.8	0.05	0.04	0.04	144.8	0.61	0.52	0.50
Tempio	5.6	0.05	0.05	0.05	249.2	0.81	0.80	0.78
Stazione	Cumulati su 6 mesi (luglio-dicembre 2015)				Cumulati su 12 mesi (ottobre 2014-settembre 2015)			
	Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica			Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica		
		1971-2000	1961-1990	1951-1980		1971-2000	1961-1990	1951-1980
Alà dei Sardi	262.2	0.67	0.57	0.50	695.2	0.81	0.73	0.65
Monti	273.9	0.67	0.56	0.47	706.4	1.01	0.71	0.61
Oschiri	246.6	0.91	0.85	0.78	562.4	1.01	0.96	0.88
Osidda	210.6	0.66	0.60	0.58	648.8	0.93	0.85	0.86
Tempio	308.4	0.78	0.78	0.77	837.4	1.03	1.06	1.04
Stazione	Cumulati su 12 mesi (gennaio-dicembre 2015)				Cumulati su 15 mesi (ottobre 2014-dicembre 2015)			
	Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica			Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica		
		1971-2000	1961-1990	1951-1980		1971-2000	1961-1990	1951-1980
Alà dei Sardi	651.6	0.76	0.69	0.61	771.8	0.66	0.59	0.51
Monti	651.9	0.93	0.66	0.57	766.9	0.80	0.55	0.47
Oschiri	528.4	0.95	0.91	0.83	605.8	0.79	0.74	0.68
Osidda	566.2	0.81	0.74	0.75	701.6	0.75	0.67	0.67
Tempio	745.4	0.92	0.95	0.92	917.2	0.82	0.83	0.81
Stazione	Cumulati su 24 mesi (gennaio 2014-dicembre 2015)				Cumulati su 27 mesi (ottobre 2013-dicembre 2015)			
	Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica			Cumulato di precipitazione [mm]	Rapporto con la normale climatologica		
		1971-2000	1961-1990	1951-1980		1971-2000	1961-1990	1951-1980
Alà dei Sardi	1139.8	0.67	0.60	0.53	1544.6	0.77	0.68	0.60
Monti	1131.3	0.81	0.57	0.49	1540.3	0.93	0.65	0.55
Oschiri	996.8	0.89	0.85	0.78	1215.4	0.92	0.87	0.80
Osidda	1124.6	0.80	0.74	0.75	1411.0	0.86	0.78	0.79
Tempio	1494.2	0.92	0.95	0.92	1906.4	0.99	1.01	0.99

<sup>5</sup> È interessante notare i valori in controtendenza sulla stazione di Tempio su alcuni intervalli che è stata interessata da alcuni fenomeni di precipitazione localizzati.

### 3. ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI DEL NORD-EST DELL'ISOLA

#### 3.1 Indice di precipitazione standardizzata – SPI

Per l'analisi delle condizioni di siccità si è utilizzato lo SPI (*Standardized Precipitation Index*), l'indicatore maggiormente utilizzato a livello internazionale per descrivere gli eventi siccitosi. Lo SPI considera lo scostamento della pioggia di un dato periodo dal valore medio climatico, rispetto alla deviazione standard della serie storica di riferimento. L'indice pertanto evidenzia quanto le condizioni osservate si discostano dalla norma (SPI = 0) e quindi ne definisce una severità negativa (siccità estrema, severa, moderata) o positiva (piovosità moderata, severa, estrema), strettamente legata alla loro probabilità di accadimento. Si consideri che circa il 15% dei dati di una serie storica teorica si colloca al di sotto di -1, circa il 6.7% sta al di sotto di -1.5, mentre solo il 2.3% si colloca al di sotto di -2. Nella presente relazione la serie storica di riferimento si basa sulla normale climatologica 1971-2000.

Nella **tabella 2** sono riportate le classi di siccità o surplus corrispondenti a diversi intervalli di valori dell'indice SPI.

**Tabella 2: Valori dell'indice SPI e corrispondenti classi di siccità.**

Classe	Valori di SPI
Estremamente umido > 2	> 3.0
	da 2.5 a 3.0
	da 2.0 a 2.49
Molto umido	da 1.5 a 1.99
Moderatamente umido	da 1.0 a 1.49
Vicino alla media	da 0.01 a 0.99
	da -0.99 a 0
Moderatamente siccitoso	da -1.49 a -1.0
Molto siccitoso	da -1.99 a -1.5
Estremamente siccitoso < -2	da -2.49 a -2.0
	da -3.0 a -2.5
	< -3.0

Lo SPI può essere elaborato a diverse scale temporali che riflettono l'impatto della siccità sulla disponibilità delle differenti risorse idriche, indicate nella **tabella 3**. Come si può vedere l'umidità del suolo risponde alle anomalie di precipitazione su scale temporali brevi (circa 1-3 mesi), mentre l'acqua nel sottosuolo, nei fiumi e negli invasi risponde ad anomalie su scale temporali più lunghe, fino a 48 mesi.

**Tabella 3: Effetto delle anomalie di precipitazione.**

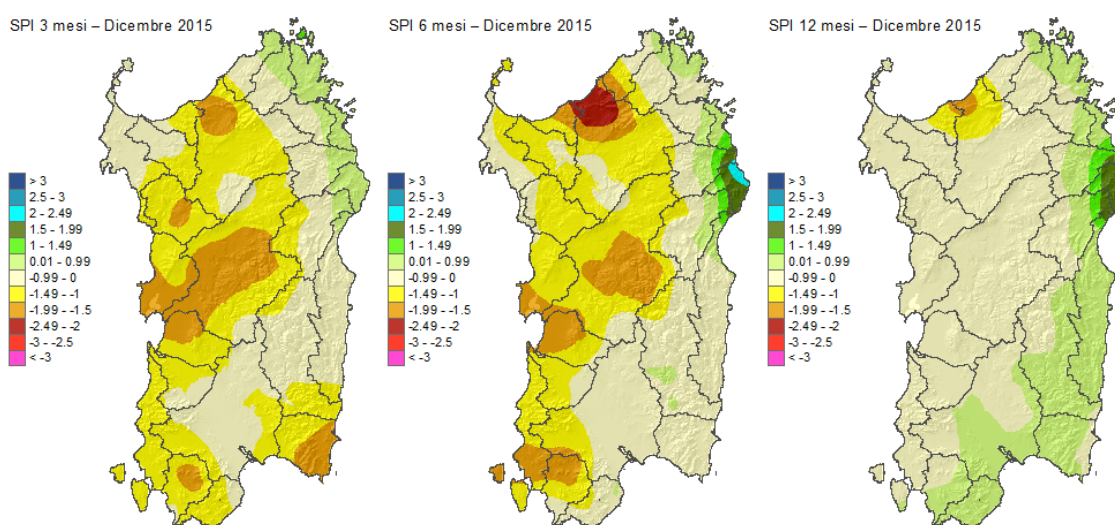
Scala temporale	Impatti
1 mese	Umidità del suolo
3 mesi	Umidità del suolo
6 mesi	Corsi d'acqua-resa produttiva colture
12 mesi	Bacini idrici ridotti; falde e portate fluviali
24 mesi	Bacini idrici medi; falde e portate fluviali
48 mesi	Bacini idrici grandi; falde e portate fluviali

Nella presente relazione lo SPI è stato calcolato per periodi di 1, 3, 6, 12, 15, 24 e 27 mesi riferiti al mese di dicembre 2015, riportando i risultati sia in forma di mappe per l'intero territorio regionale, sia come grafici e tabelle per alcune stazioni rappresentative della Sardegna nord-orientale.

La rappresentazione sotto forma di mappa (**figura 10**) è relativa allo SPI a 3 mesi, 6 mesi e 12 mesi, mentre la rappresentazione come grafico (**figure 11-14**) riguarda le scale temporali di 24 mesi, 12 mesi e le elaborazioni sul periodo di 15 mesi comprendente l'intera annata idrologica precedente e il primo trimestre di quella in corso.

Nella figura 10 si può osservare che nella maggior parte del territorio regionale si registrano condizioni siccitose, se si esclude la fascia costiera Nord-orientale, dove lo SPI mostra valori compresi tra -1 e +1 (*Vicino alla media*) nel periodo breve, fino a raggiungere valori tra 1.5 e 2 (*Molto umido*) e localmente anche superiori per i periodi più lunghi. In particolare il calcolo sui 3 e 6 mesi mostra estese aree con valori compresi tra -1 e -2 (*Moderatamente e Molto siccitoso*) fino a raggiungere valori ancora inferiori (*Estremamente siccitoso*) nella parte costiera del Bacino del Coghinas. Lo SPI a 12 mesi evidenzia invece per la maggior parte del territorio isolano condizioni *Vicino alla media*, ad eccezione del Bacino del Coghinas in cui si registrano condizioni siccitose.

**Figura 10: Mappe di SPI a 3, 6, 12 mesi per il mese di dicembre 2015.**

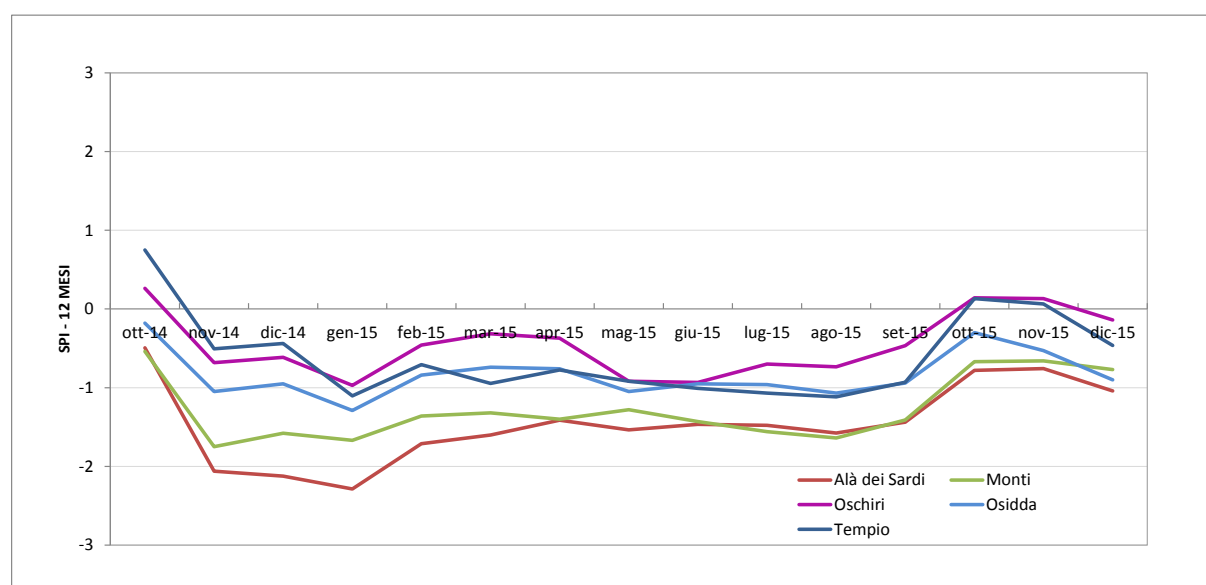


La **figura 11** mostra l'andamento dello SPI a 12 mesi sino al mese di dicembre 2015 per le stazioni rappresentative dell'area del Liscia e di Sos Canales: Tempio, Alà dei Sardi, Monti, Oschiri e Osidda.

Nella figura si può evidenziare la permanenza di valori negativi per gran parte del periodo, con stazioni come Alà dei Sardi e Monti che permangono tra -1 (*Moderatamente siccitoso*) e -2 (*Molto siccitoso*). Si osserva inoltre come negli ultimi tre mesi l'andamento dei valori mostra un incremento e una successiva progressiva riduzione a causa della scarsità di piogge nell'ultimo bimestre.

La stazione di Tempio per questa elaborazione mostra valori relativamente elevati nella parte iniziale, che riflettono l'elevata pluviometria che ha caratterizzato il periodo 2012-2013.

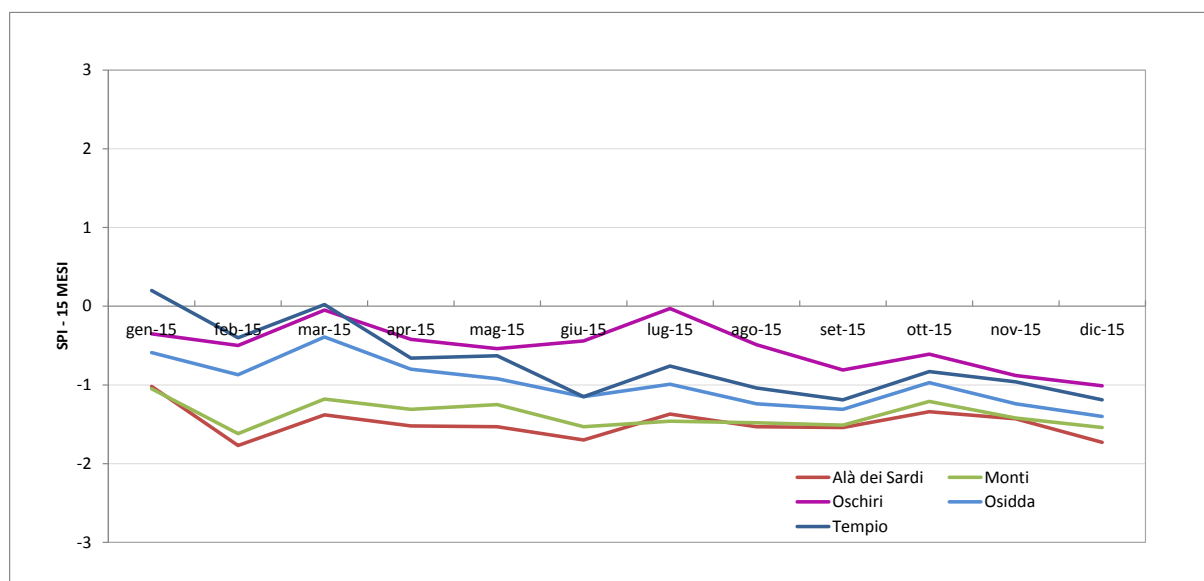
**Figura 11: Andamento mensile dello SPI su 12 mesi per le stazioni rappresentative.**



L'effetto complessivo di un anno idrologico deficitario (ottobre 2014 - settembre 2015), seguito da un inizio di anno idrologico relativamente siccitoso (ottobre-dicembre 2015), è ben evidente nella **figura 12** che riportano lo SPI su 15 mesi per le medesime stazioni.

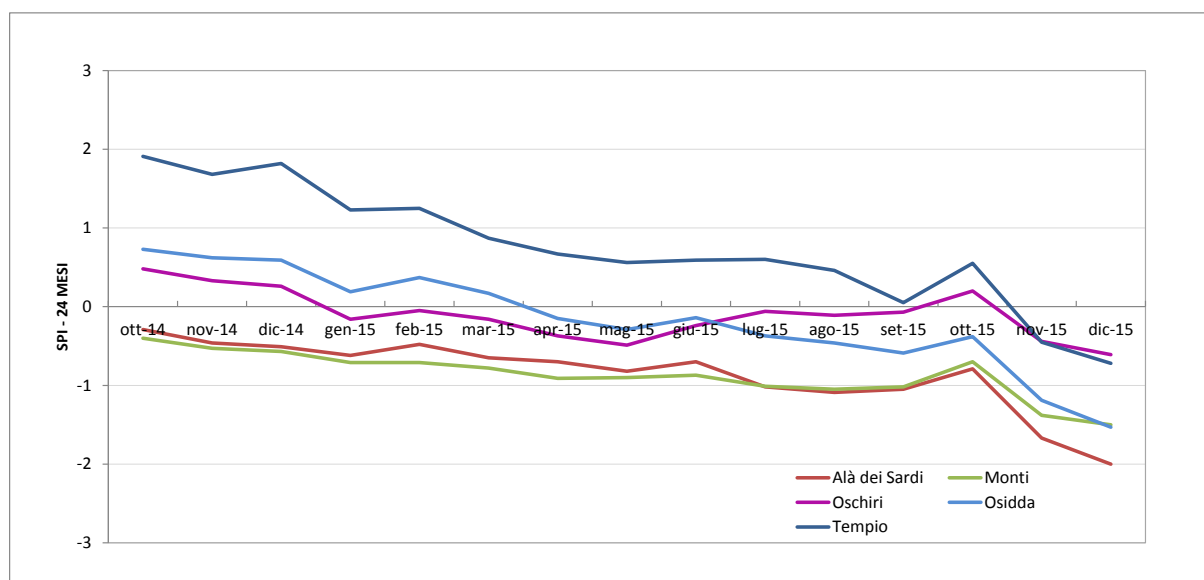
Come si vede, per quasi tutto il periodo le stazioni mostrano condizioni siccitose che tendono progressivamente ad aggravarsi nella seconda metà del 2015.

**Figura 12: Andamento mensile dello SPI su 15 mesi per le stazioni rappresentative.**



Particolarmente interessante è anche lo SPI a 24 mesi (**figura 13**) che mostra un progressivo passaggio dei valori da positivi a negativi nell’arco del 2015. In particolare a dicembre 2015 anche lo SPI a 24 raggiunge valori compresi tra -0.5 e -2 a seconda delle stazioni. La situazione si mostra particolarmente grave ad Alà dei Sardi e Osidda che possono essere considerate la stazioni meteorologiche di riferimento per l’invaso di Sos Canales.

**Figura 13: Andamento mensile dello SPI su 24 mesi per le stazioni rappresentative.**



Come elemento di sintesi, infine, la **tabella 4** riepiloga i valori dello SPI per le cinque stazioni riportate nella tabella 1, per periodi diversi comprendenti il mese di dicembre 2015.

**Tabella 4: Riepilogo dei valori di SPI a 1, 3, 6, 12, 15, 24 e 27 mesi (a dicembre) per le cinque stazioni rappresentative dei bacini del Liscia e di Sos Canales.**

<b>Stazione</b>	<b>1 mese</b>	<b>3 mesi</b>	<b>6 mesi</b>	<b>12 mesi</b>	<b>15 mesi</b>	<b>24 mesi</b>	<b>27 mesi</b>
Tempio	-2.45	-0.59	-1.09	-0.46	-1.19	-0.72	-0.19
Alà dei sardi	-2.59	-1.34	-1.65	-1.04	-1.73	-2.00	-1.43
Monti	-2.18	-0.92	-1.06	-0.77	-1.54	-1.50	-1.22
Oschiri	-1.68	-1.29	-1.10	-0.14	-1.01	-0.61	-0.47
Osidda	-2.51	-1.07	-1.35	-0.90	-1.40	-1.53	-1.04

#### 4. CONSIDERAZIONI SUL BILANCIO IDROCLIMATICO.

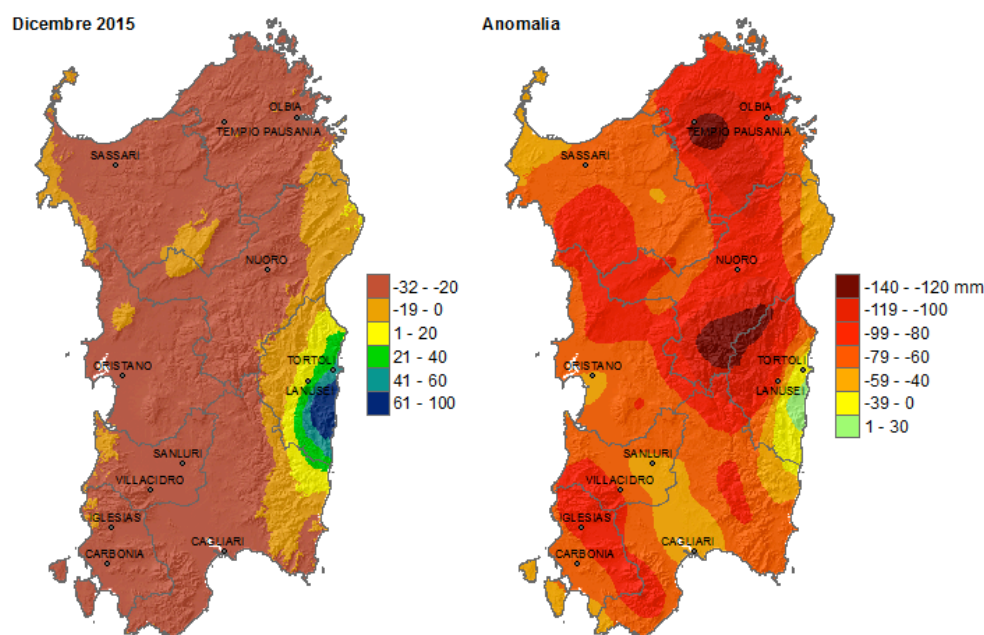
Il *bilancio idroclimatico* (BIC) rappresenta la differenza tra le precipitazioni e le perdite evapotraspirative, entrambe espresse in millimetri. Il bilancio idroclimatico consente di esprimere l'apporto meteorologico netto, evidenziando le condizioni di disponibilità idrica e le eventuali condizioni di siccità che caratterizzano le diverse aree della Sardegna nel corso dell'anno. L'evapotraspirazione di riferimento ( $ET_0$ ) è calcolata col metodo di Hargreaves-Samani basato sui dati di temperatura minima, massima e media.

Nelle mappe riportate di seguito i valori positivi indicano condizioni di surplus idrico mentre quelli negativi rappresentano condizioni di deficit idrico e condizioni siccitose.

Allo scopo di evidenziare le variazioni di disponibilità idrica rispetto alla climatologia, per ciascuna elaborazione sono riportate le mappe di anomalia calcolate come differenza rispetto alla media climatica 1971-2000.

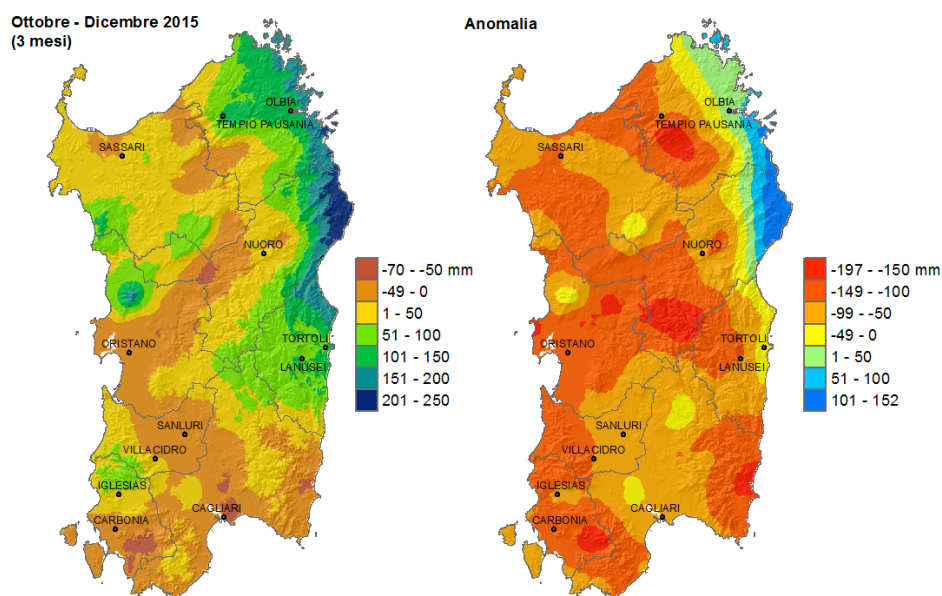
Il bilancio idroclimatico è stato elaborato per il mese di dicembre 2015, e per i periodi di 3 mesi, 6 mesi, 12 mesi (anno idrologico), 12 mesi (anno solare), 15 mesi, 24 mesi e 27 mesi terminanti con dicembre 2015 (**figure 14-21**), analogamente all'analisi climatica delle precipitazioni.

**Figura 14: Bilancio Idroclimatico di dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**

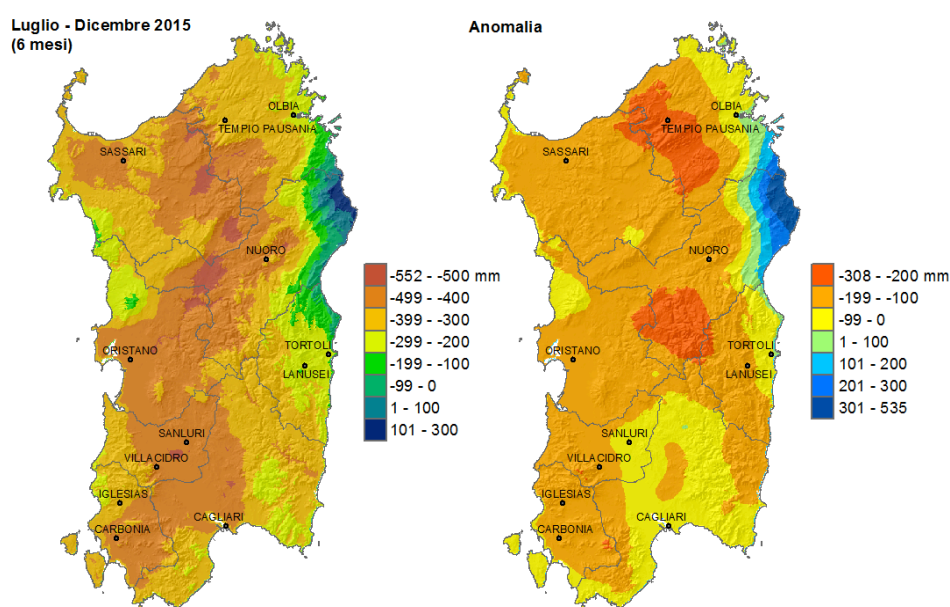


Come si può osservare il mese di dicembre 2015 si presenta con una marcata anomalia negativa a causa della scarsità di apporti piovosi e della maggiore evapotraspirazione favorita dalle condizioni di bel tempo che hanno caratterizzato il mese. Anche le elaborazioni successive mostrano condizioni di deficit del bilancio e una diffusa anomalia negativa causata dalla prevalenza dei mesi con precipitazioni inferiori alla media ed con evapotraspirazione relativamente più elevata rispetto ai corrispondenti riferimenti climatici.

**Figura 15: Bilancio Idroclimatico totale dei 3 mesi ottobre - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**

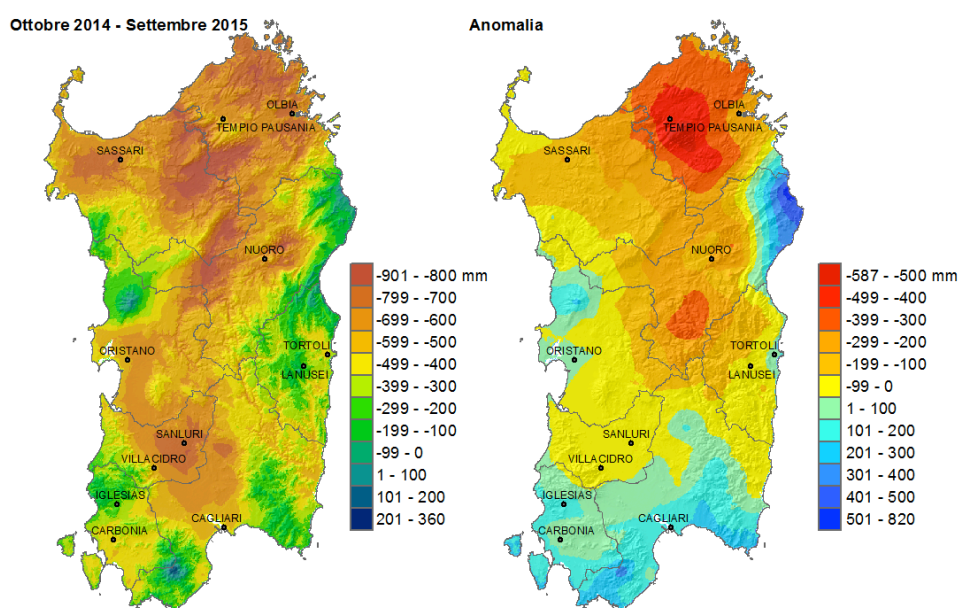


**Figura 16: Bilancio Idroclimatico totale dei 6 mesi luglio - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**

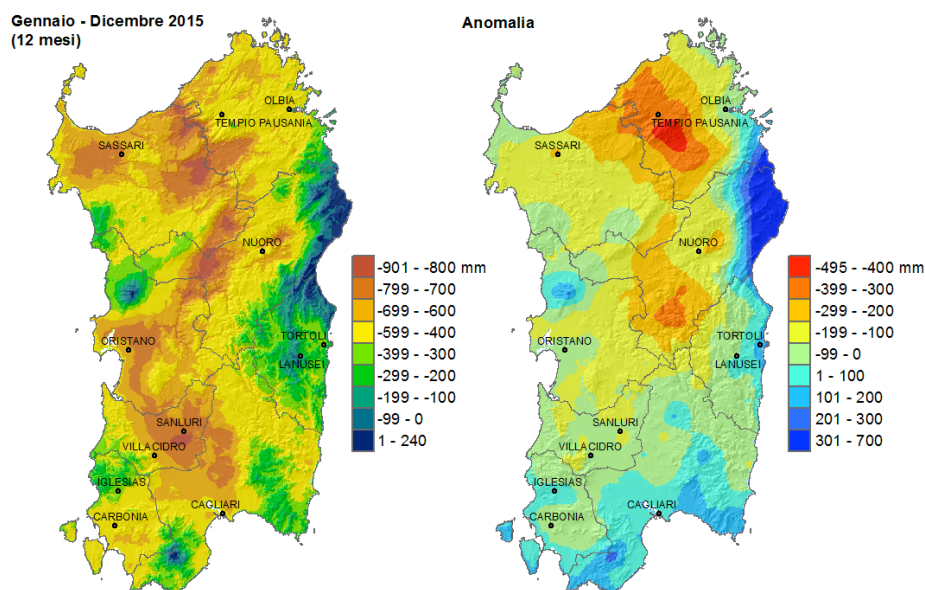


Il centro-nord Sardegna mostra un bilancio idroclimatico negativo particolarmente evidente sia nell'anno idrologico 2014-2015 sia nei 12 mesi del 2015 (**figure 17 e 18**), ma più marcato nell'anno idrologico esteso al trimestre ottobre-dicembre 2015 (**figura 19**). Il confronto col clima mostra che il bilancio idroclimatico è stato molto inferiore alla media proprio in Gallura, dove si registrano anomalie negative di circa 400 mm (12 mesi) e 500 mm (15 mesi) rispetto ai corrispondenti dati climatici. Anche nelle elaborazioni sui periodi più lunghi la parte nord-orientale manifesta le anomalie negative più marcate rispetto ai valori normali del trentennio 1971-2000 (**figure 20 e 21**).

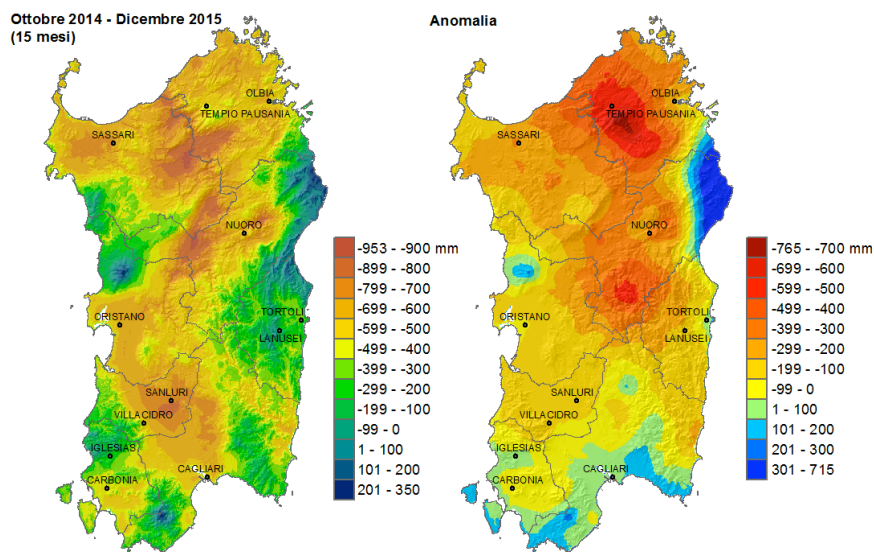
**Figura 17: Bilancio Idroclimatico totale dell'anno idrologico ottobre 2014 - settembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**



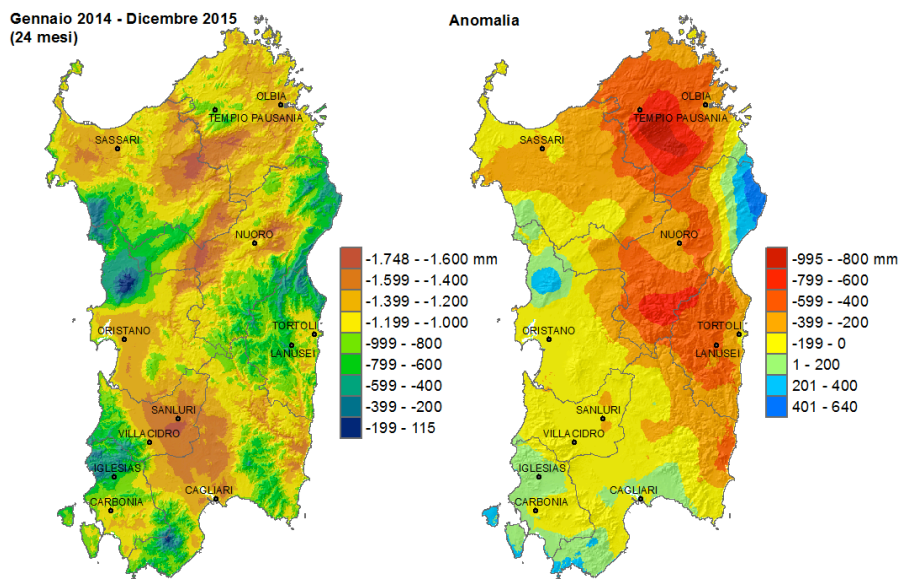
**Figura 18: Bilancio Idroclimatico totale dei 12 mesi gennaio - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**



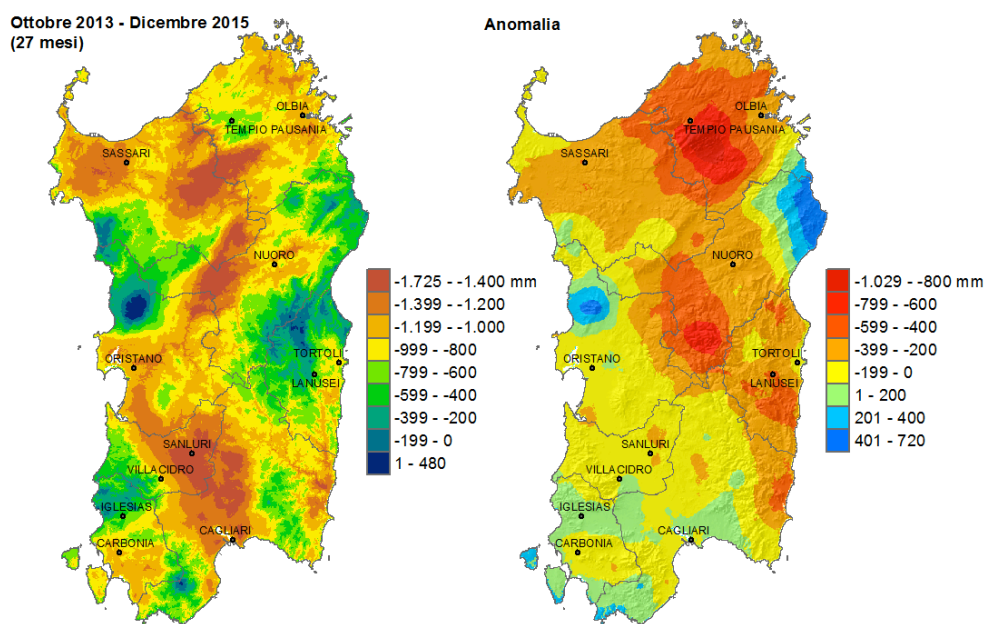
**Figura 19: Bilancio Idroclimatico totale dei 15 mesi ottobre 2014 - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**



**Figura 20: Bilancio Idroclimatico totale dei 24 mesi gennaio 2014 - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**



**Figura 21: Bilancio Idroclimatico totale dei 27 mesi ottobre 2013 - dicembre 2015 e corrispondente anomalia rispetto al clima 1971-2000.**



Questi risultati aggiungono un'ulteriore significativa informazione. L'analisi dello SPI e dei cumulati di precipitazione, seppur limitata alla precipitazione meteorica, permette già da sola di evidenziare un deficit pluviometrico. Il bilancio idroclimatico, tenendo conto anche della perdita evapotraspirativa, mette in evidenza un ulteriore aggravio della situazione, a causa della perdita di risorsa idrica più elevata della norma per effetto delle alte temperature che hanno caratterizzato numerosi mesi.

## 5. CONCLUSIONI

Le precipitazioni fortemente deficitarie di dicembre 2015, che si sono sommate a quelle modeste del mese di novembre, hanno aggravato la situazione di deficit di pioggia nel centro-nord Sardegna, ad eccezione della Baronia. Quest'ultima zona risulta in controtendenza rispetto al resto dell'Isola per effetto di alcuni eventi intensi di precipitazione che, però, sono caduti a valle degli'invasi.

Nel complesso, dunque, le piogge di questa parte dell'Isola risultano deficitarie nel breve, nel medio e nel lungo periodo. Il deficit pluviometrico risulta particolarmente evidente sui bacini del Coghinas, del Liscia e del Tirso, inclusa l'area di Sos Canales.

Nel breve periodo (3-6 mesi) le piogge del centro-nord dell'Isola, eccetto la Baronia, difficilmente raggiungono il 50-60% della media climatologica, mentre nel medio e lungo periodo le percentuali sono più elevate, ma si tratta di valori che devono essere confrontati con medie climatologiche molto elevate per cui anche un 70-80% delle media risulta un valore rilevante.

Sino a novembre 2015, l'analisi dello *Standardized Precipitation Index* (SPI) in alcune zone, riconduceva tale deficit vicino alla variabilità normale. Tuttavia la carenza di precipitazioni di dicembre ha portato l'indice SPI a risultare *moderatamente siccitoso o molto siccitoso*, in particolare sugli intervalli medio-lunghi.

Particolarmente bassi sono i valori dello SPI calcolati sui dati delle stazioni meteorologiche di riferimento dell'area dell'invaso di Sos Canales (Alà dei Sardi e Osidda).

La gravità della siccità sul nord dell'Isola diventa ancora più evidente se si esamina il *bilancio idroclimatico*, cioè se si introduce nel bilancio la perdita di umidità per evaporazione e traspirazione vegetale. Quest'ultima analisi mostra come le temperature particolarmente elevate di alcuni mesi abbiano provocato un incremento di evapotraspirazione che ha prodotto un'ulteriore significativa perdita di risorsa idrica, particolarmente grave nei bacini del Nord Sardegna.