



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 ed Ecosistemi

Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna

Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale
nel periodo ottobre 2020 - settembre 2021

INDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUZIONE | 4 |
| ANALISI METEOROLOGICA GENERALE | 5 |
| 1. LE PRECIPITAZIONI DELL'ANNATA | 10 |
| 1.1. Andamento complessivo dell'annata | 10 |
| 1.2. Andamento della stagione piovosa | 13 |
| 1.3. Analisi della neve | 15 |
| 2. LE PRECIPITAZIONI SUI GRUPPI DI MESI | 18 |
| 2.1. Il trimestre ottobre-dicembre | 18 |
| 2.2. Il quadrimestre gennaio-aprile | 20 |
| 2.3. Il quinquemestre maggio-settembre | 21 |
| 3. LE PRECIPITAZIONI GIORNALIERE | 23 |
| 4. TEMPERATURE ANNUALI | 30 |
| 4.1. Temperature medie dei singoli mesi | 32 |
| 4.1.1 Gelate del 7-9 aprile 2021 | 34 |
| 4.2. Indicatori di condizioni termiche particolari | 35 |
| 4.2.1. Giorni di gelo | 35 |
| 4.2.2. Notti tropicali | 37 |
| 4.2.3. Giornate estive | 39 |
| 5. ANOMALIA DEL LIVELLO DEL MARE IN SARDEGNA | 42 |
| 6. ELABORAZIONI AGROMETEOROLOGICHE SPECIFICHE | 43 |
| 6.1 Evapotraspirazione e bilancio idroclimatico | 43 |
| 6.2 Indice di precipitazione standardizzata – SPI | 46 |
| 6.3 Sommatorie termiche | 51 |
| 6.4 Wind Chill Index (WCI) | 57 |
| 6.5 Temperature Humidity Index (THI) | 60 |
| 6.6 Heat Waves – Onde di calore | 63 |
| 7. CONSIDERAZIONI AGROMETEOROLOGICHE | 67 |
| 8. BIOMETEOROLOGIA - Heat Index | 78 |



La presente analisi si basa principalmente sui dati delle reti meteorologiche dell'ARPAS, integrati con quelli della rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e dell'Ente Nazionale Assistenza al Volo.

L'analisi agrometeorologica è stata realizzata anche grazie alle informazioni fornite dalla Agenzia Regionale AGRIS.

A cura di

Michele Fiori
Alessandro Delitala
Ilaria Peana

Hanno collaborato

Giuliano Fois, Giovanna Mannu, Salvatore Natale, Pier Luigi Trudu e Paolo Boi

Realizzazione grafica

Salvatorina Sechi

Si ringraziano tutti i colleghi del Dipartimento Meteorologico che a vario titolo hanno contribuito alla realizzazione del presente rapporto.

ARPAS – Dipartimento Meteorologico
Viale Porto Torres 119, 07100 Sassari
tel. +39 079 258600 fax +39 079 262681
dipartimento.imc@arpa.sardegna.it dipartimento.imc@pec.arpa.sardegna.it

INTRODUZIONE

L'annata ottobre 2020-settembre 2021 ha registrato cumulati di pioggia in linea o lievemente al di sopra della media climatica su gran parte della Sardegna Occidentale e Settentrionale. Nelle altre zone i cumulati sono stati generalmente al di sotto della media, con valori pari a 75% e sino a 50% del valore medio climatologico. Buona parte del territorio regionale ha ricevuto almeno 700 mm e in corrispondenza dei maggiori rilievi si sono superati i 1000 mm: 1278.0 mm, 1099.6 mm e 1004.0 mm totalizzati rispettivamente nelle stazioni di Badde Urbara, Orgosolo Monte Novo e Tempio.

Sui rilievi maggiori le precipitazioni sono state più frequenti, distribuite nell'intervallo da 80 a 100 giorni circa, mentre sul settore costiero orientale si sono avuti meno eventi piovosi, distribuiti su meno di 60 giorni. Nella stagione piovosa (ottobre-aprile) i cumulati sono stati in linea o poco al di sopra della media climatica, diffusamente sino a 25% in più e sino a 50% in più in alcune ristrette zone dell'Oristanese, Medio Campidano e Centro Sardegna. Nell'inverno 2020-2021 ci sono state deboli e isolate precipitazioni nevose principalmente a dicembre 2020 e gennaio 2021, anche a partire da quote collinari. Nel periodo maggio-settembre i cumulati sono stati diffusamente al di sotto della media climatica, con valori pari al 50% della media; l'Oristanese è stata la zona più secca del periodo, con meno di 20 mm di precipitazione complessiva, pari a un quarto del valore medio.

L'indice SPI trimestrale, rappresentativo delle condizioni di umidità dei suoli, mostra le classi da *Moderatamente umido* a *Estremamente umido* nel Nord dell'Isola e successivamente sulla parte occidentale fino al mese di febbraio; dal mese di marzo i valori sono progressivamente calati fino a raggiungere classi *Molto siccitoso* ed *Estremamente siccitoso* nel periodo estivo. L'indice SPI a 12 mesi, che riflette condizioni siccitose riferite ai bacini idrici di piccole-medie dimensioni, alle falde e alle portate fluviali, mostra per il settore orientale condizioni *Vicino alla media* in generale per tutti i mesi, mentre sulla parte Nord-occidentale si sono avute le classi da *Moderatamente umido* e *Estremamente umido* a partire dal mese di gennaio fino all'estate.

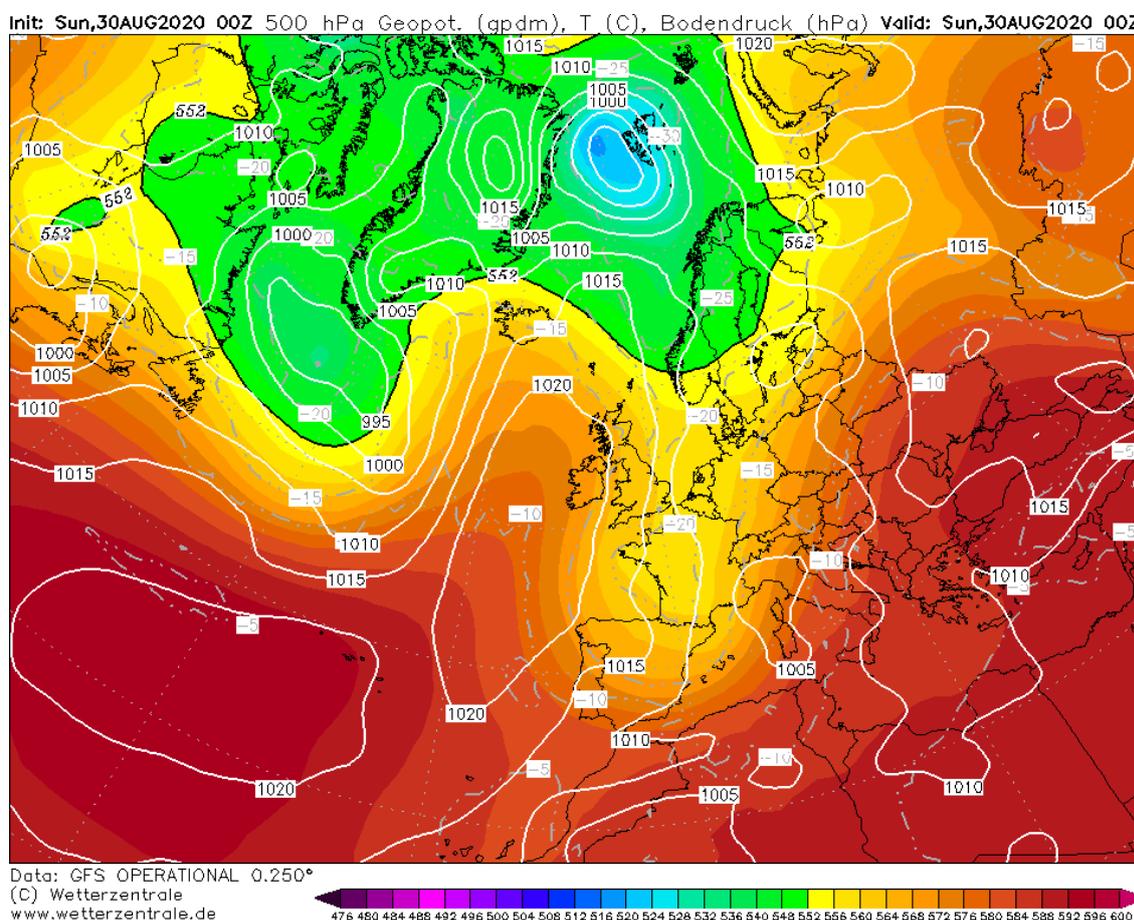
Per quanto riguarda le temperature, le medie annuali delle minime risultano in linea rispetto alla media climatologica di riferimento, mentre le massime mostrano un'anomalia positiva rispetto alla media climatica, fino a +1.5°C su alcune aree occidentali. Il mese più freddo è stato gennaio, la cui media mensile delle minime è compresa tra -2°C delle vette del Gennargentu e oltre 8°C diffusi nelle fasce costiere occidentale e meridionale. Il mese più caldo dell'annata è stato agosto, la cui media mensile delle temperature massime giornaliere mostra valori che vanno dai 27°C delle zone più elevate ai 35°C delle vallate maggiori. Da segnalare le intense gelate verificatesi nella prima decade di aprile, con picchi compresi tra -6 e -8 °C, che hanno interessato gran parte dell'Isola comprese zone a bassa quota e costiere.

Le sommatorie termiche calcolate sui 12 mesi hanno mostrato incrementi significativi rispetto alla climatologia di riferimento, più marcati sulle zone montuose. Le condizioni meteorologiche dell'annata hanno avuto ripercussioni più o meno marcate nel ciclo colturale delle diverse specie di interesse agricolo, nelle attività zootecniche, nella diffusione di insetti e patogeni vegetali nonché nel ciclo vegetativo delle specie forestali, ornamentali e di interesse allergologico e apistico. In particolare si ricorda che le piogge abbondanti e intense di fine novembre che hanno colpito in gran parte i territori centro-orientali dell'Isola hanno provocato allagamenti e devastazione con ingenti danni alle infrastrutture, alle attività agricole e zootecniche, alla viabilità e causando la drammatica perdita di vite umane. Danni più o meno ingenti sono stati registrati sulle colture arboree ed erbacee per effetto delle gelate di inizio aprile.

ANALISI METEOROLOGICA GENERALE

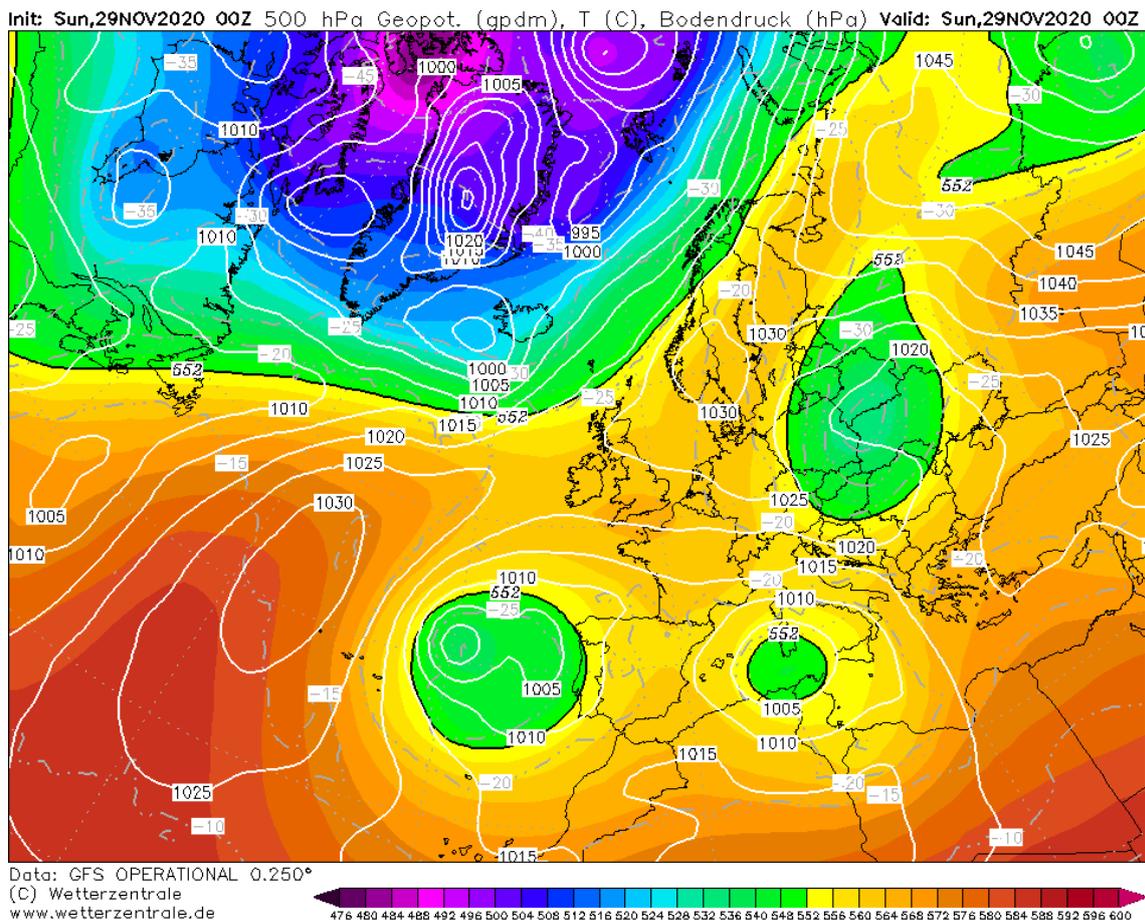
In Sardegna l'annata agraria 2021 (cioè il periodo dall'autunno 2020 all'estate 2021) ha inizio, dal punto di vista della circolazione atmosferica su larga scala, con la prima perturbazione di carattere prettamente autunnale che si sviluppa a fine agosto 2020 (**Figura 1**). Da allora sul Mediterraneo Occidentale la circolazione a curvatura ciclonica e quella a curvatura anticiclonica iniziano la tipica alternanza che caratterizza le mezze stagioni, e le ondate di maltempo associate alle depressioni colpiscono a settembre e ottobre, intervallate da giornate tranquille durante le brevi rimonte intercycloniche. Il campo termico declina progressivamente, e alle prime due decadi di settembre con temperature tutto sommato ancora piacevolmente estive segue una fine del mese con una intensa ventilazione, e l'inizio di una notevole avvezione fredda che, con fasi alterne, perdurerà fino a oltre metà ottobre.

Figura 1: Altezza del campo di geopotenziale (dam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) - 30 agosto 2020.



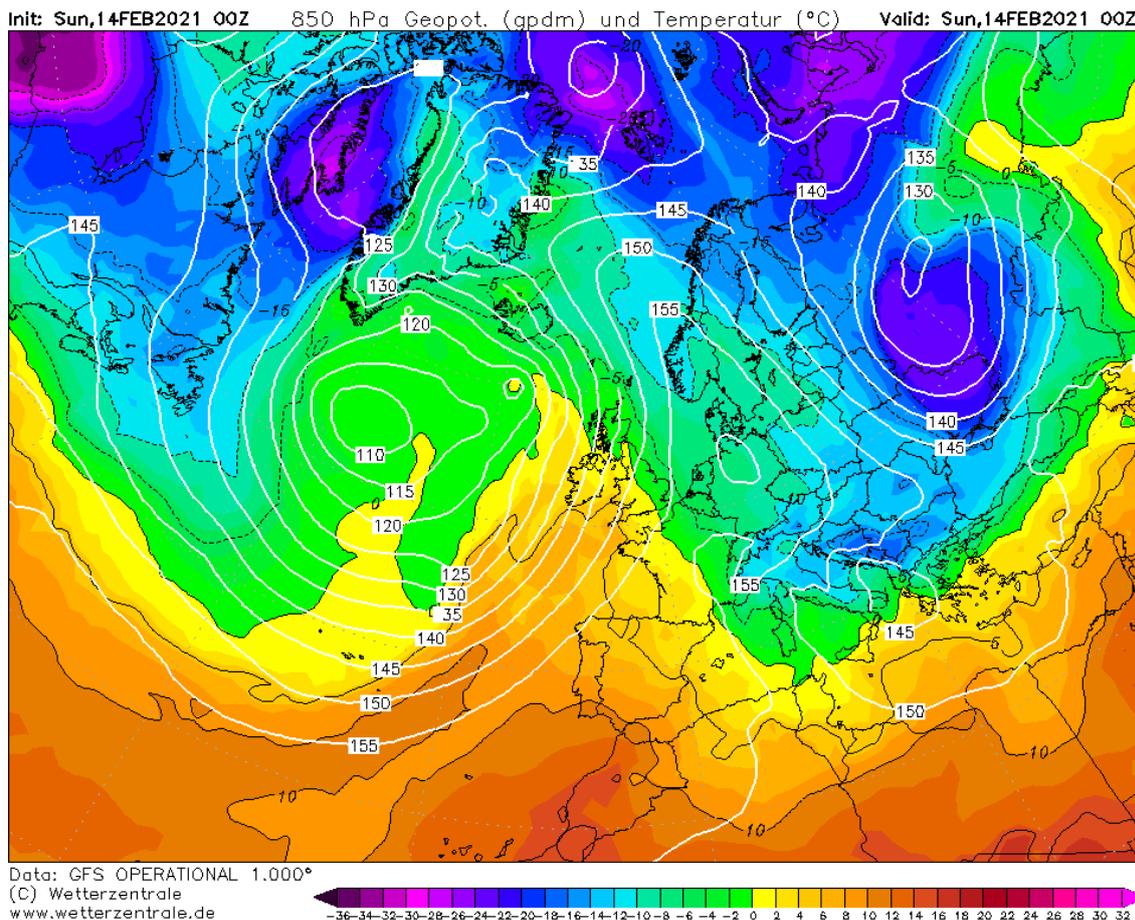
Dagli ultimi giorni di ottobre inizia un lungo periodo di stabilità atmosferica e aria tiepida, che si protrae oltre metà novembre: una lunga *estate di San Martino*. A fine novembre, la grande perturbazione che tra il 27 e il 29 scarica sul settore orientale dell'Isola più di 500 mm di pioggia, causando tre morti a Bitti (**Figura 2**), segna l'ultimo atto dell'autunno 2020 in Sardegna.

Figura 2: Altezza del campo di geopotenziale (dam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) – 29 novembre 2020.



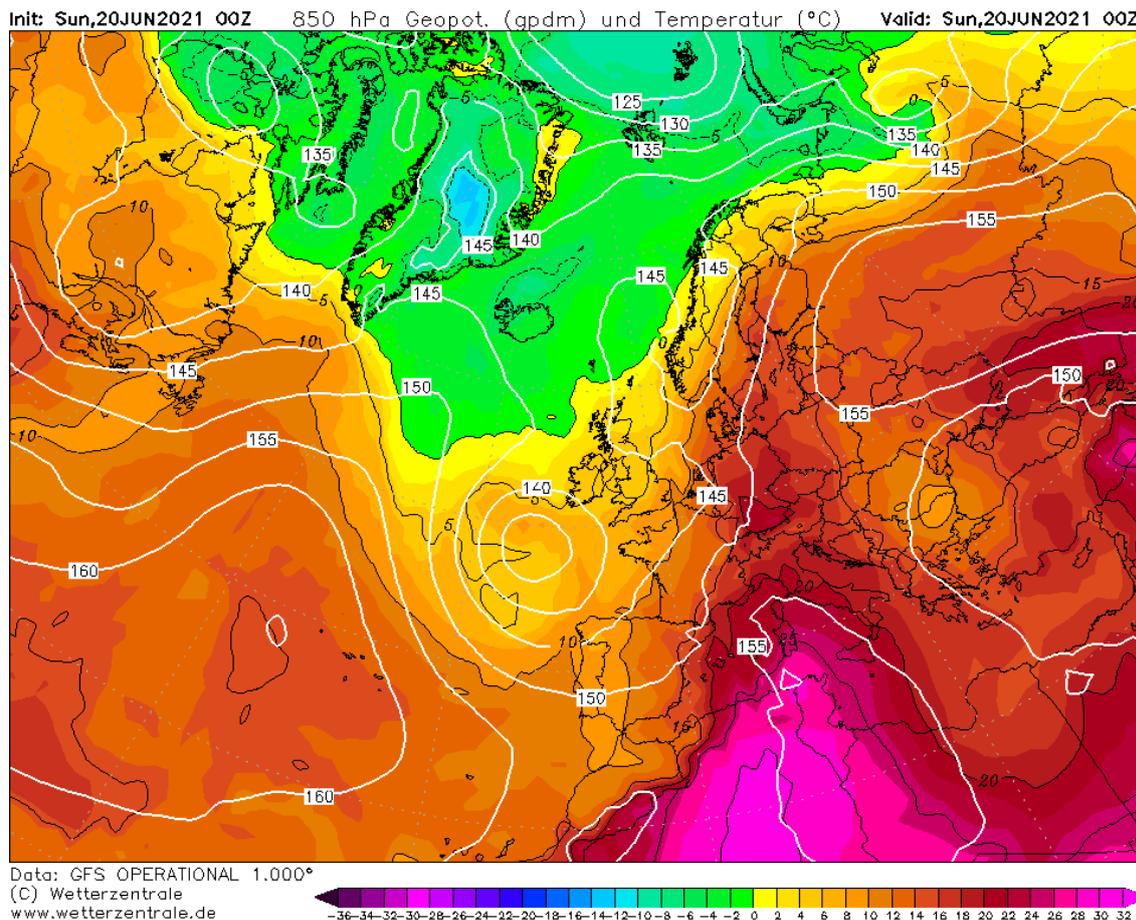
Con dicembre inizia anche l'inverno, caratterizzato dalla netta prevalenza della circolazione ciclonica. Una stagione che in Sardegna si è protratta fino a febbraio inoltrato, dominata da persistenti flussi umidi occidentali che hanno causato diffuse e continue precipitazioni, di notevole cumulo sul settore occidentale: le proverbiali *secche di gennaio* nel 2021 decisamente non ci sono state. Anche la ventilazione alla superficie è stata frequentemente intensa, mentre le temperature si sono sostanzialmente allineate alla media climatologica. Quindi un inverno molto piovoso, ma né particolarmente freddo né particolarmente caldo.

Figura 3: Altezza del campo di geopotenziale (dam) e Temperatura (°C) al livello di 850 hPa - 14 febbraio 2021.



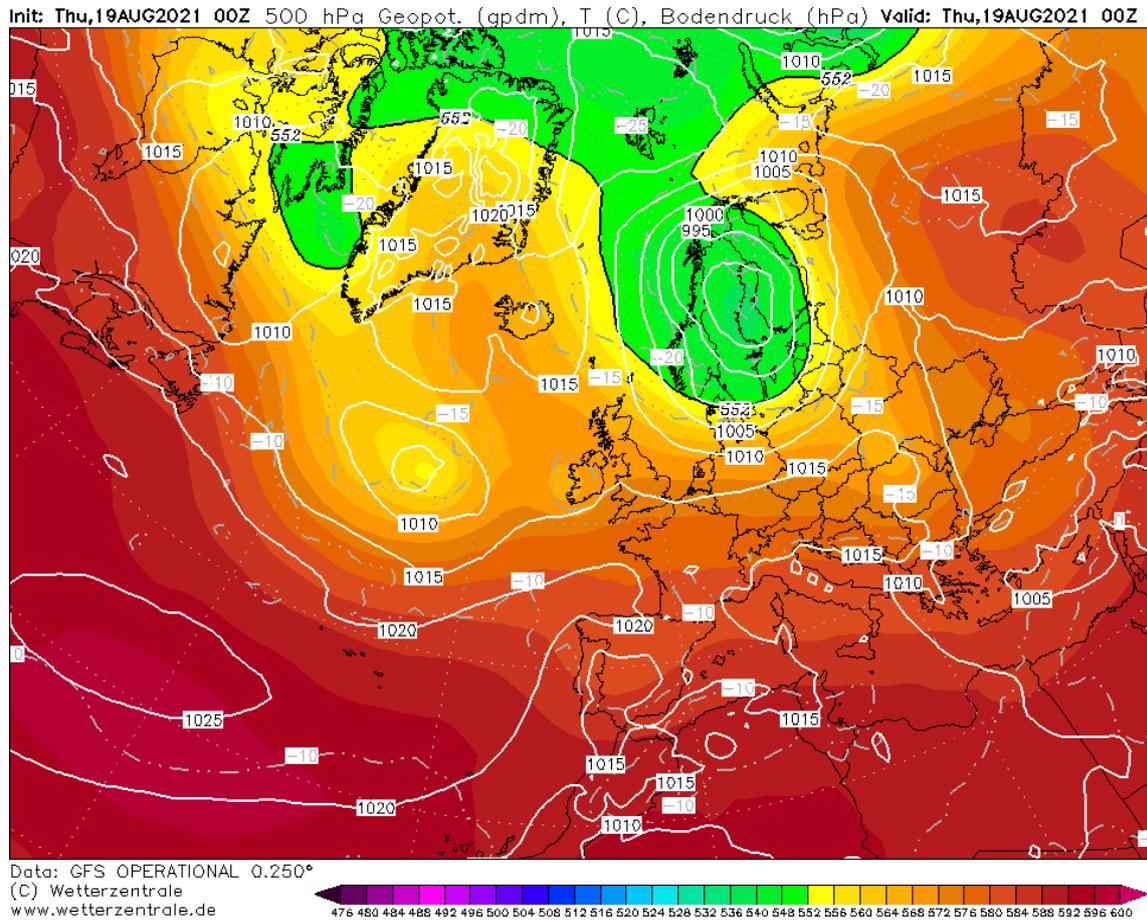
I prologhi della primavera 2021 iniziano a metà febbraio, quando un'irruzione di aria continentale gelida da nordest (**Figura 3**) segna l'inizio di una nuova fase di alternanza fra circolazione ciclonica e anticiclonica, e anticipa uno dei temi salienti della primavera in Sardegna: le gelate. Con un rapido cambiamento di scena, anche questo tipicamente primaverile, già qualche giorno dopo si assiste a una marcata avvezione calda dovuta all'entrata in copertura anticiclonica; strutture analoghe che si alternano nel corso della stagione portano in Sardegna cielo generalmente sereno o poco nuvoloso, albe fredde (con locali gelate, anche molto intense, fino a tutto aprile), temperature miti alle ore centrali, e un campo di vento generalmente debole. Le depressioni dal canto loro portano aumento di ventilazione e precipitazioni, queste ultime importanti a marzo e aprile, scarse a maggio e fino a metà giugno. In complesso una primavera lunga ben quattro mesi, con piogge e temperature in linea con la climatologia.

Figura 4: Altezza del campo di geopotenziale (dam) e Temperatura (°C) al livello di 850 hPa - 20 giugno 2021.



L'estate 2021 inizia a metà giugno (**Figura 4**), dando il via alla lunga sequenza di duraturi anticicloni che, ben strutturati ai bassi livelli, inducono flussi caldi meridionali sul Mediterraneo Occidentale, con associate onde di calore: ne possiamo contare una a giugno, quattro a luglio e l'ultima, la più devastante, nella settimana di Ferragosto, quando l'estate culmina e, insieme, finisce. Infatti appena qualche giorno dopo si instaura una circolazione ciclonica relativamente persistente (**Figura 5**) che darà nuovamente il via all'alternanza autunnale dei regimi circolatori.

Figura 5: Altezza del campo di geopotenziale (dam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) – 19 agosto 2021.



1. LE PRECIPITAZIONI DELL'ANNATA

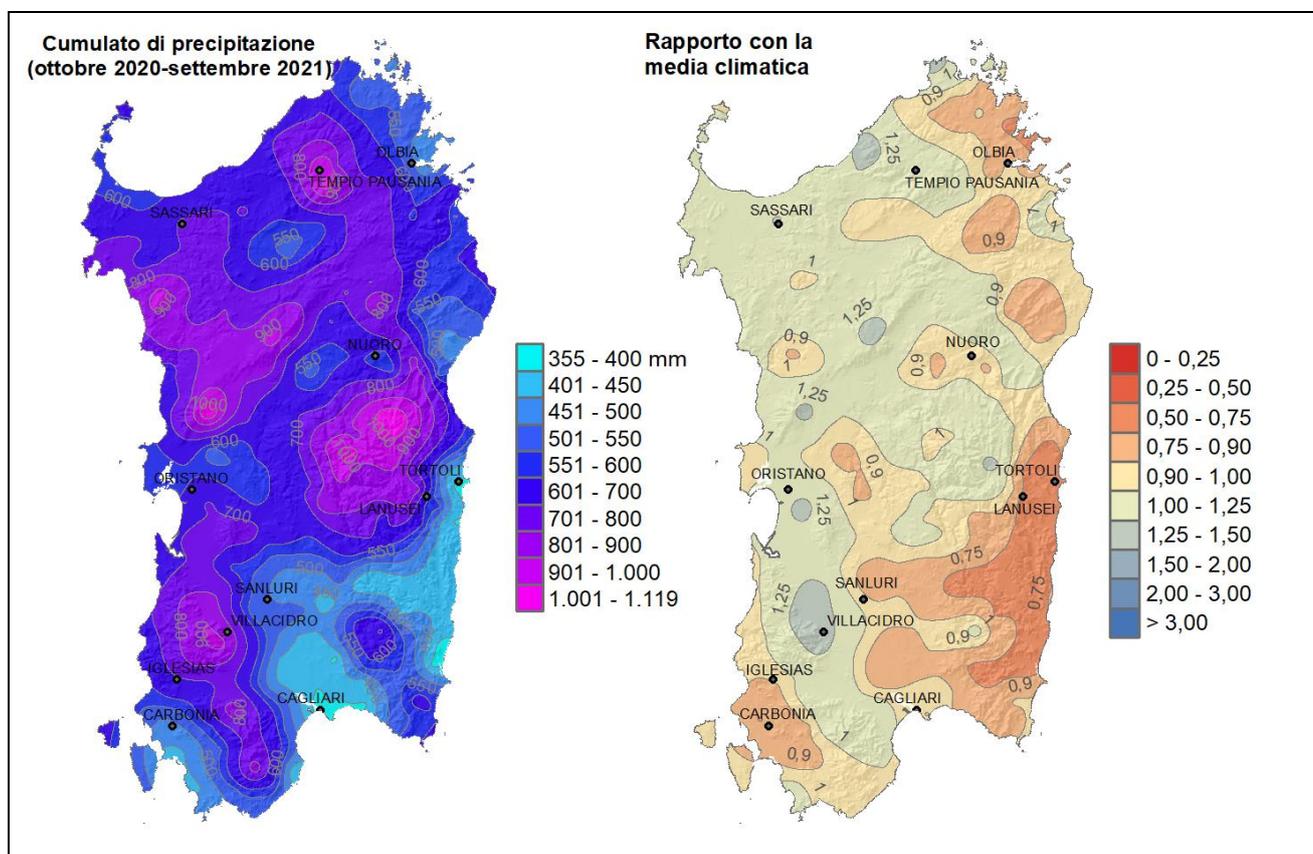
1.1. Andamento complessivo dell'annata

In **Figura 6** si riportano i cumulati totali dell'annata agraria 2020-2021. Buona parte del territorio regionale ha ricevuto almeno 700 mm di pioggia nel periodo analizzato. I cumulati maggiori superano i 1000 mm e si sono osservati nei pressi dei rilievi: 1278.0 mm a Badde Urbara (1033 m s.l.m., Montiferru), 1099.6 mm a Orgosolo Monte Novo (1215 m s.l.m., Gennargentu), 1004.0 mm a Tempio (459 m s.l.m., pressi Massiccio del Limbara). Ulteriori cumulati elevati, sebbene inferiori a 1000 mm, si sono osservati a quote più basse: 958.0 mm a Villanova Monte Leone e 940.8 mm a Diga Rio Leni nei pressi del Monte Linas.

Alcune zone del Sud Sardegna hanno invece ricevuto meno precipitazione, con cumulati anche inferiori ai 400 mm, come il Cagliaritano, le coste sulcitane con annessa l'Isola di Sant'Antioco, il Sarrabus-Gerrei e le coste ogliastrene sino a Tortoli. Altri cumulati bassi, inferiori a 500 mm, si osservano anche nell'Olbiese e nelle Baronie nei pressi di Orsei.

I cumulati registrati durante l'annata agraria in questione sono in linea o lievemente al di sopra della media climatica in gran parte della Sardegna Occidentale e Settentrionale. Nelle zone che hanno ricevuto meno precipitazione (citata al paragrafo precedente) i cumulati sono generalmente al di sotto della media, con valori pari a 75% e sino a 50% del valore medio climatologico. Sui rilievi quali Monte Linas, Montiferru, Marghine e Gennargentu si sono osservati invece valori sino al 50% in più rispetto alla media.

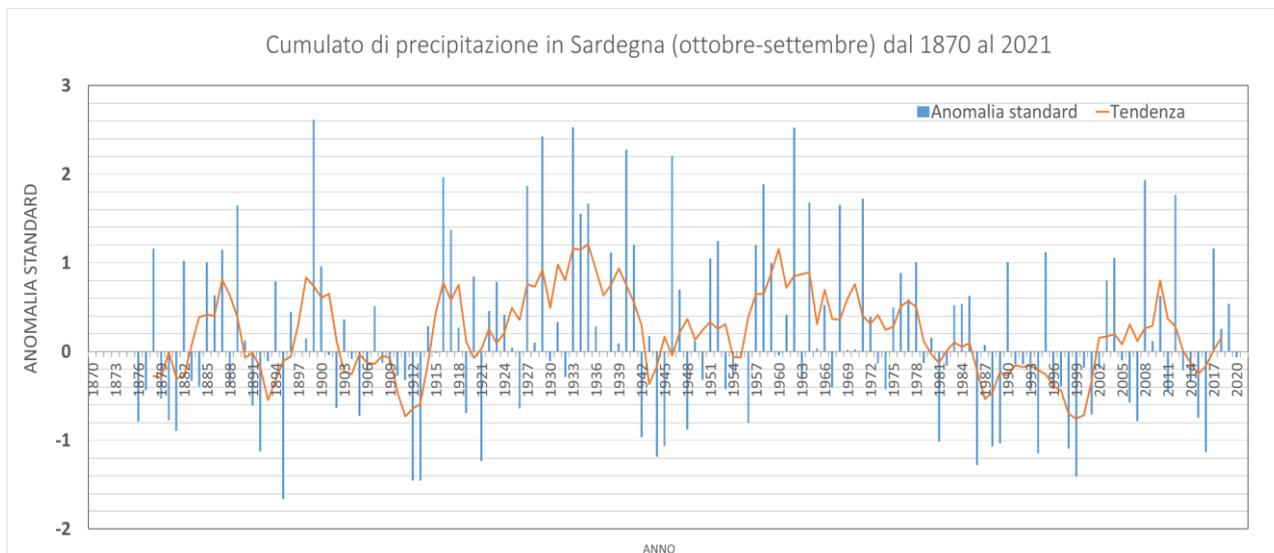
Figura 6: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre 2020 a settembre 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.



In **Figura 7** si riporta l'andamento ultrasecolare delle precipitazioni in Sardegna dal 1870 al 2021, espresso in termini di anomalia standard. L'annata 2020-2021 è stata caratterizzata da un'anomalia leggermente

negativa, pari a circa -0.2, in controtendenza con le ultime tre annate durante le quali sono stati registrati valori positivi.

Figura 7: Andamento ultrasecolare del cumulo di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre-settembre.



La **Figura 8** riporta la distribuzione dei giorni di pioggia e il rapporto con la media climatica relativi all'annata agraria. Rispetto alla figura precedente, si nota come le zone in cui ha piovuto di più combaciano a grandi linee con quelle in cui la frequenza è stata maggiore. Ciò significa che in generale non ci sono stati singoli eventi straordinari che hanno causato cumuli molto elevati. Le precipitazioni sono state più frequenti, da 81 a 102 giorni, sui rilievi maggiori: massiccio del Limbara, Marghine-Goceano, massiccio del Gennargentu e Monte Linas. Nelle zone costiere, a eccezione della costa occidentale, le precipitazioni sono state meno frequenti, con minimi di 51-55 giorni sul tratto costiero ogliastrino, nelle Baronie e in Gallura.

La **Figura 9** riguarda l'andamento ultrasecolare del numero di giorni piovosi in Sardegna dal 1920 al 2021. L'anomalia segue il trend degli ultimi 4 anni, con un valore positivo di circa +0.3, confrontabile con quello degli ultimi due anni.

Figura 8: Numero di giorni piovosi da ottobre 2020 a settembre 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.

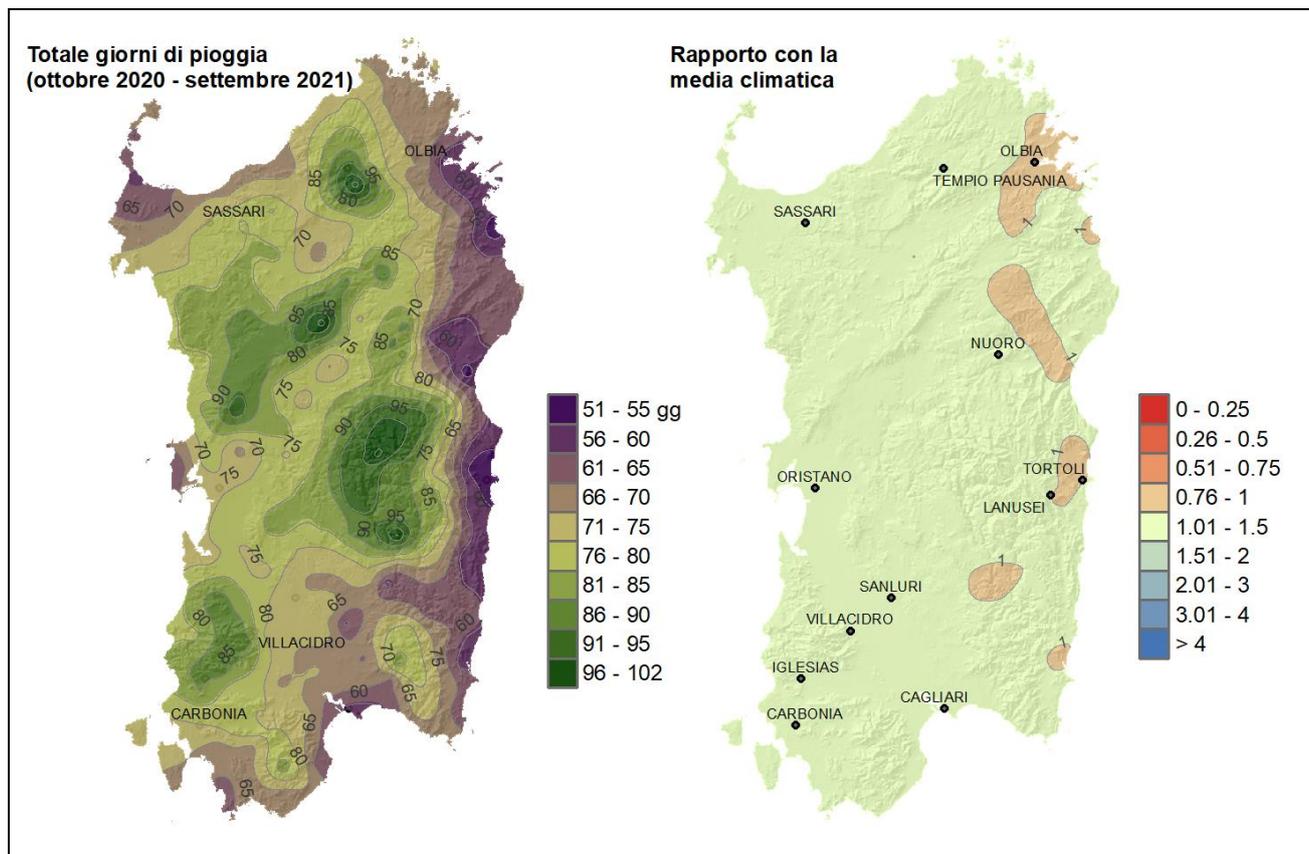
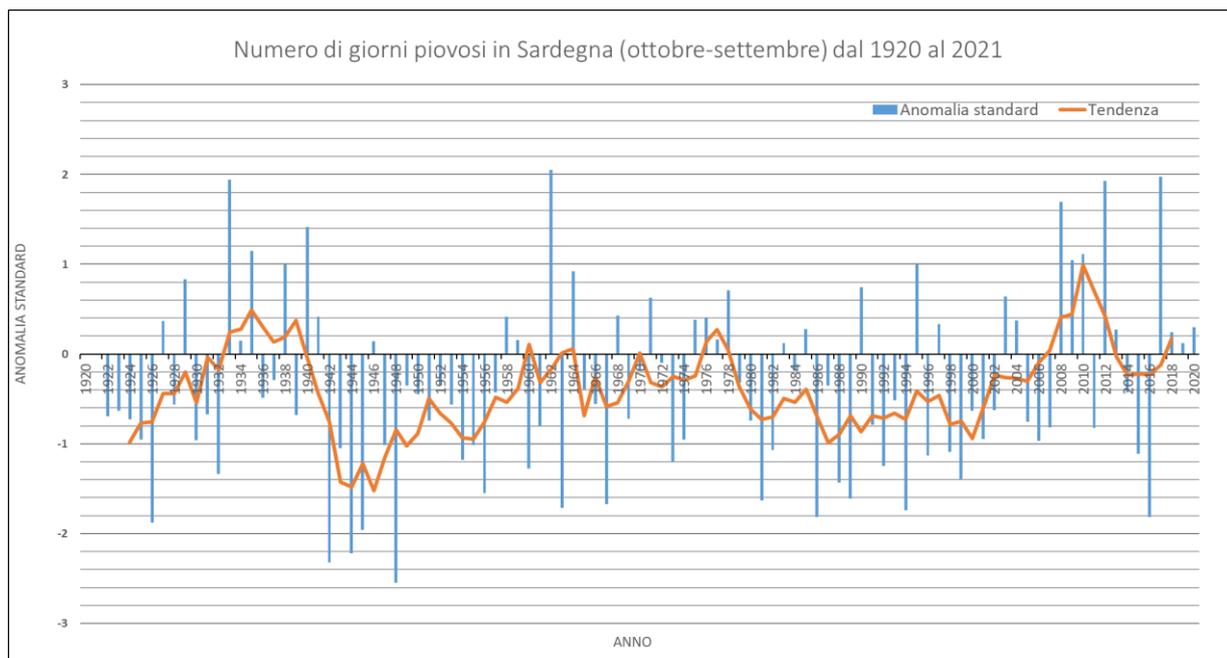


Figura 9: Andamento secolare del numero di giorni piovosi in Sardegna nel periodo ottobre-settembre.

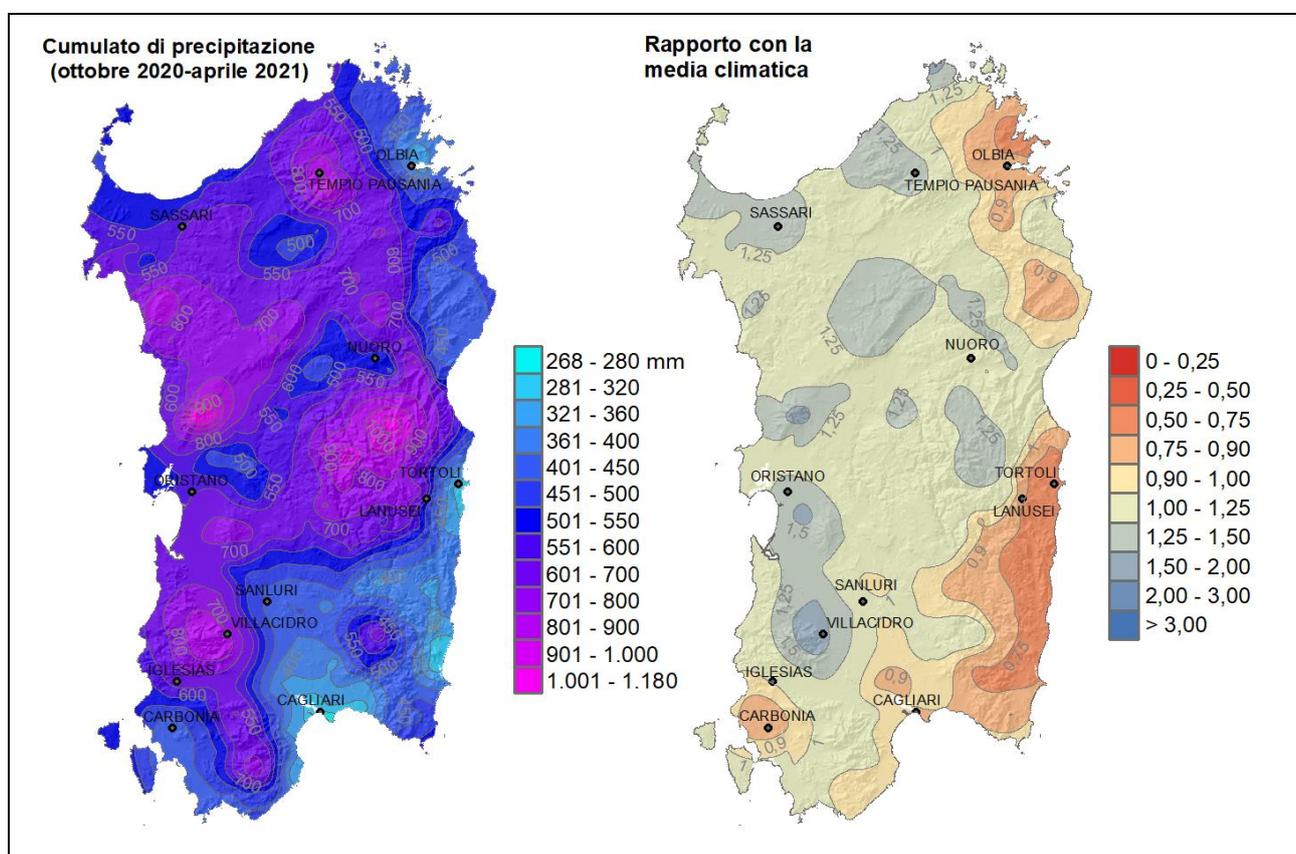


1.2. Andamento della stagione piovosa

La distribuzione dei cumulati e i giorni di pioggia della stagione piovosa ottobre 2020 – aprile 2021 è riportata in **Figura 10**. Tale distribuzione rimarca piuttosto bene quella in **Figura 6**, per cui si deduce che la maggior parte della precipitazione è caduta proprio durante questo periodo. I cumulati massimi sono stati osservati nei pressi del Limbara: 906.2 mm a Tempio, sul Montiferru: 1229.0 mm a Badde Urbara, e sul Gennargentu: 1051.0 mm a Orgosolo Monte Novo. Le zone più secche, in cui si sono registrati circa 350 mm in tutta la stagione piovosa, si confermano essere l'Olbiense, le Baronie, le coste Ogliastrine, il Cagliariitano e le coste Sulcitane.

I cumulati appena descritti portano la maggior parte del territorio regionale a trovarsi al di sopra della media climatica di riferimento, diffusamente sino al 25% in più, e localmente, in corrispondenza dei cumulati maggiori, anche dal 50% al 100% in più. Olbiense, Ogliastra, Cagliariitano e Carboniense sono invece in deficit pluviometrico, con cumulati localmente anche inferiori del 50% rispetto a quelli climatologici.

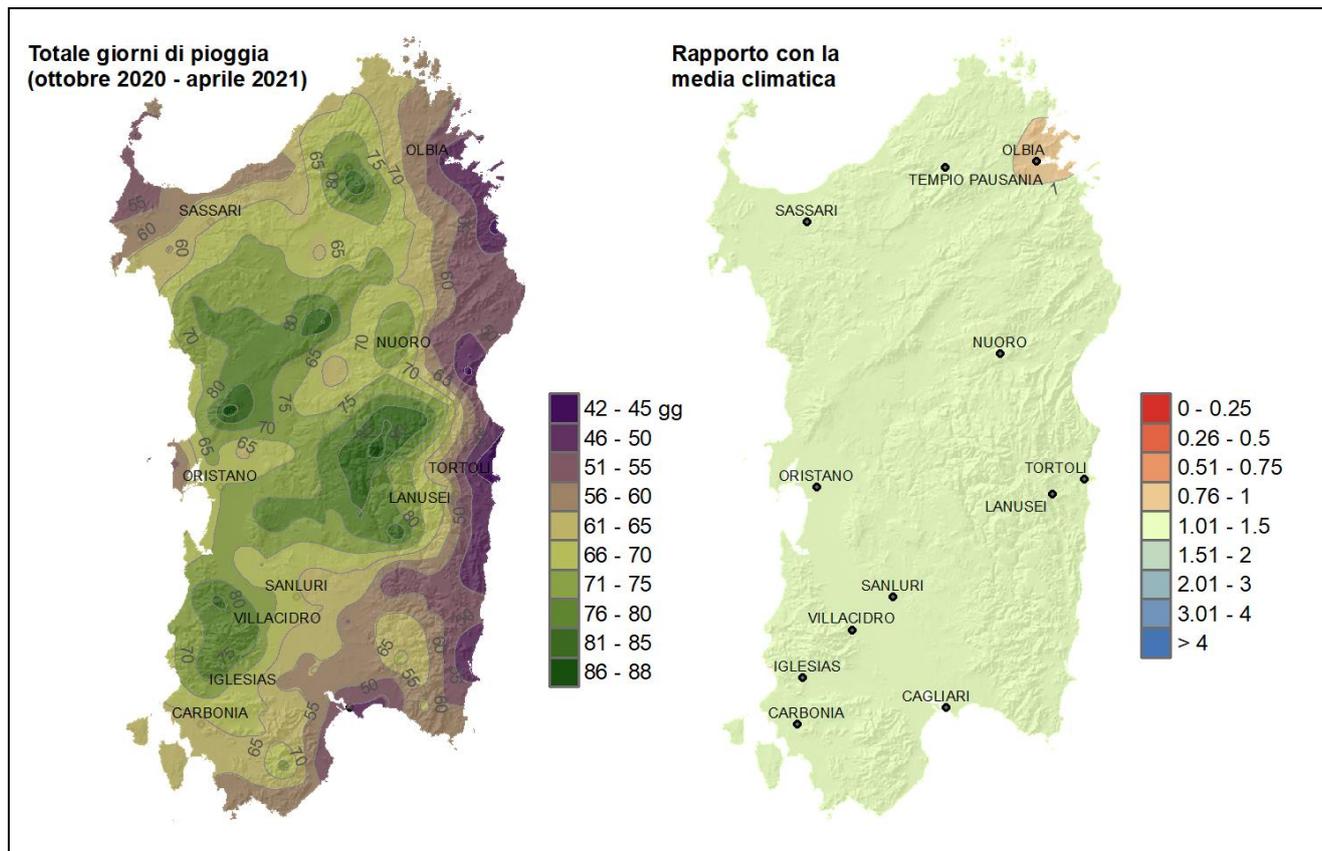
Figura 10: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre 2020 ad aprile 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatica.



La **Figura 11** riporta la mappa dei giorni di pioggia registrati durante il periodo ottobre 2020 – aprile 2021 e il rapporto rispetto alla media climatica. Si nota come le piogge siano state meno frequenti sulle coste orientale e meridionale, ma anche sulla penisola di Stintino e Isola di Asinara, con minimi di 42-45 giorni a Cagliari e Tortoli. Di contro, le precipitazioni sono state frequenti sul resto del territorio regionale, con valori diffusamente sopra i 70 giorni di pioggia e massimi di 86-88 giorni sul Montiferru e sul Gennargentu.

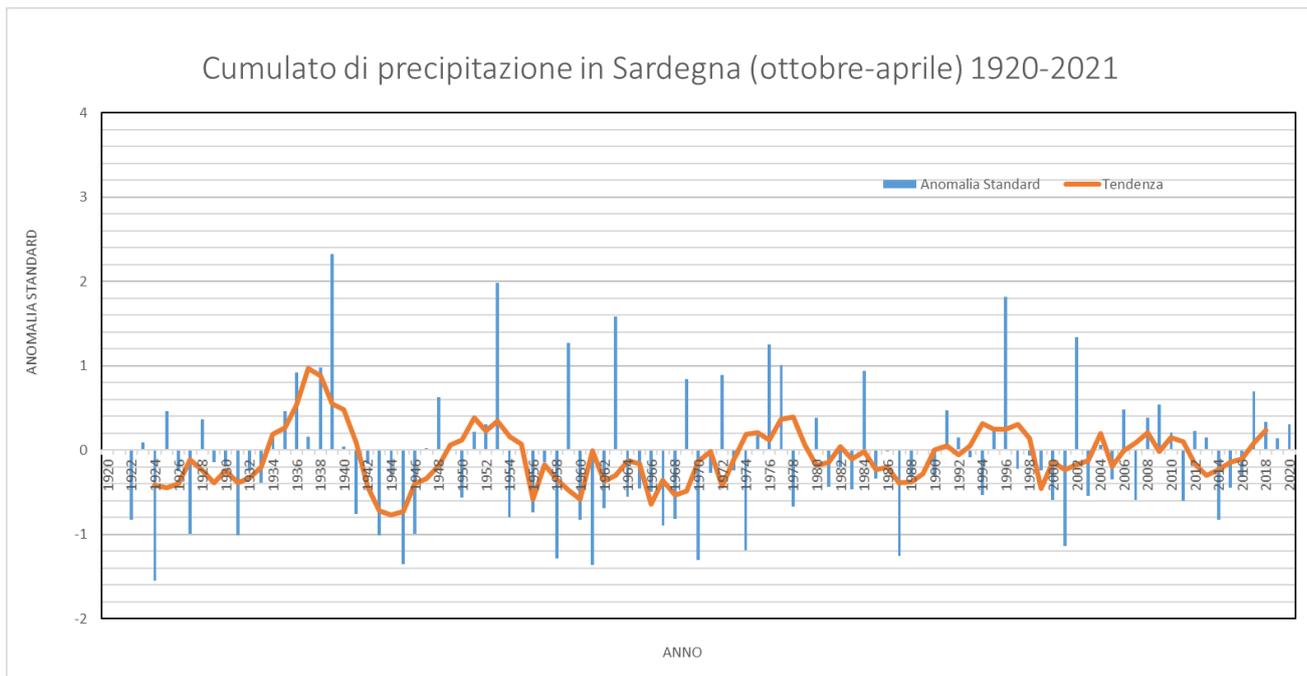
Tali valori sono in linea o al di sopra della media climatica su quasi tutta l'Isola, con rapporto con la media nell'intervallo 1.01 – 1.50. Fa eccezione l'Olbiense con valori leggermente al di sotto della media, compresi nell'intervallo 0.76 – 1.00.

Figura 11: Numero di giorni piovosi da ottobre 2020 a aprile 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.



In **Figura 12** si riporta l'andamento ultrasecolare del cumulato di precipitazione in Sardegna durante la stagione piovosa, relativo al periodo 1920-2021. La precipitazione dell'ultima stagione piovosa conferma la tendenza degli ultimi 4 anni, con un'anomalia standard positiva pari a circa +0.2, confrontabile con quella degli ultimi 2 anni.

Figura 12: Andamento secolare del cumulo di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre - aprile.



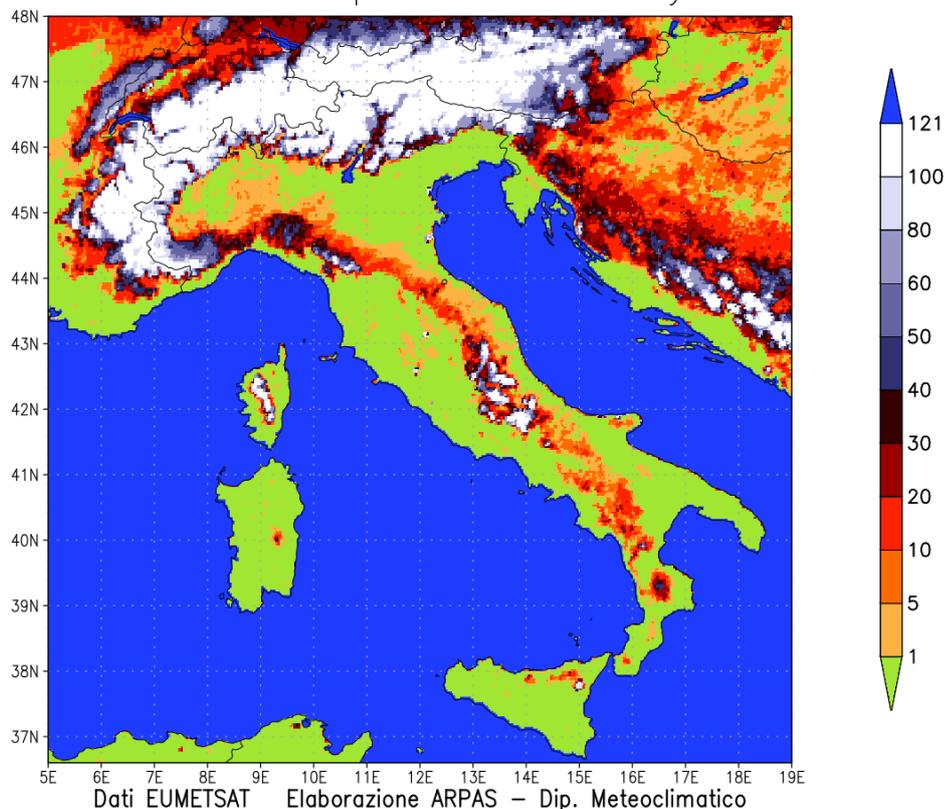
1.3. Analisi della neve

Nell'inverno 2020-2021 ci sono state deboli e isolate precipitazioni nevose principalmente a dicembre 2020 e gennaio 2021, anche a partire da quote collinari. In particolare, a inizio dicembre ci sono stati 3 eventi nevosi a partire dai 1200 m, mentre a fine mese la quota si è abbassata anche a 800 m. Anche nel mese successivo gli eventi nevosi sono stati osservati con la stessa frequenza e ci sono state neviccate a partire dagli 800 m. Tra febbraio e marzo la quota neve si è alzata sino ai 1500 m, a parte per un evento tardivo tra il 18 e il 21 marzo in cui la quota neve è scesa a 1000 m.

In **Figura 13** si mostra la mappa dei giorni di copertura nevosa in Italia. Le quote più alte del Gennargentu sono state coperte da neve per circa 25 giorni mentre a quote inferiori e sui rilievi minori della Sardegna Settentrionale, i giorni di copertura nevosa sono stati generalmente inferiori ai 20, con valori minimi pari a 5 giorni.

Figura 13: Numero di giorni con copertura nevosa sulla base delle informazioni estratte dalle immagini del satellite MSG: quadrimestre dicembre 2020 - marzo 2021.

DEC20–MAR21 Giorni di copertura nevosa–Days of snowcover

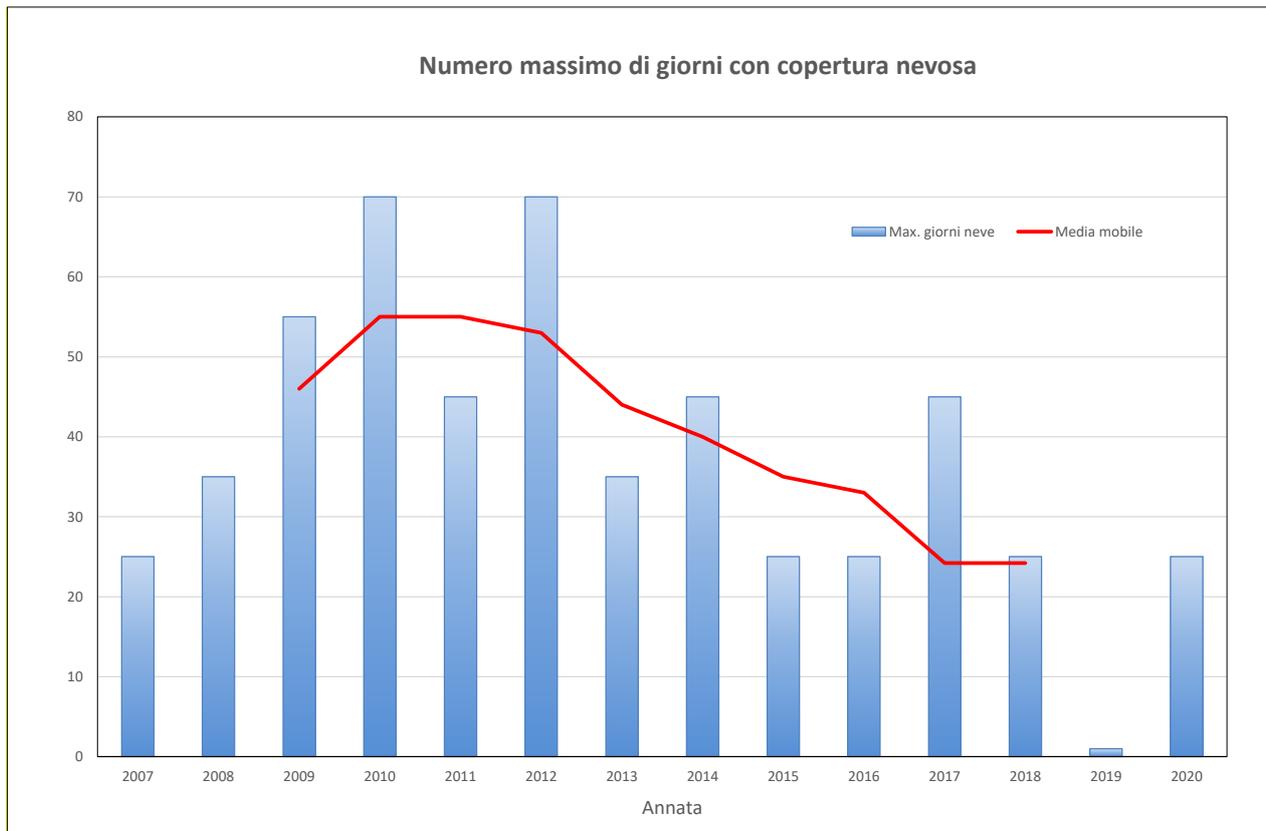


GrADS/COLA

2022-02-23-08:57

La **Figura 14** mostra la tendenza del numero massimo di giorni nevosi in Sardegna dal 2007 al 2020. Il numero massimo osservato nell'inverno 2020-2021 pari a 25 riporta la tendenza sui valori dell'inverno 2018-2019. In generale si nota come negli ultimi 14 anni la tendenza sia in progressiva diminuzione.

Figura 14: Numero massimo di giorni con copertura nevosa sulla Sardegna in base alle informazioni di figura 13. Ogni valore rappresenta la media di una classe della scala di figura 13: ad esempio, 35 indica la classe 30-40, mentre 70 indica la classe 60-80.



2. LE PRECIPITAZIONI SU GRUPPI DI MESI

2.1. Il trimestre ottobre-dicembre

Durante il trimestre ottobre-dicembre 2020 le precipitazioni hanno dato un contributo importante alla distribuzione annuale. In questo trimestre è avvenuto l'evento alluvionale del 27-29 novembre, il quale ha interessato in particolare due fasce di territorio: una che si estende dall'Ogliastra alla Gallura e l'altra dal Capoterrese all'Arburese. Il giorno 28 novembre 2020 alle precipitazioni convettive che hanno caratterizzato la giornata precedente si sono aggiunte precipitazioni continue stratiformi, le quali hanno insistito per circa 10 ore sugli stessi territori. In tale lasso di tempo le precipitazioni hanno cumulato 328.6 mm a Bitti, 446.4 mm a Dorgali località Filitta e 500.6 mm a Oliena. Tali cumulati hanno superato anche di 4 volte la media climatica di riferimento. Questo evento ha colpito in modo particolare l'abitato e l'agro di Bitti, causando la morte di 3 persone e notevoli danni alle infrastrutture.

La **Figura 15** mostra la distribuzione delle precipitazioni sul trimestre ottobre-dicembre 2020 e il rapporto con la media climatica. Gran parte del territorio ha ricevuto più di 400 mm di precipitazione, con picchi di 666.0 mm a Orgosolo Montes, 630.4 mm a Badde Urbara e 593.6 mm a Tempio. Si nota altresì un gradiente zonale, con la costa orientale che in generale ha ricevuto cumulati meno elevati. Anche il Cagliariitano è stato interessato da cumulati bassi in questo trimestre. I valori minimi registrati si aggirano intorno a 150 – 175 mm (minimo sul trimestre 120.2 mm a Muravera). Queste osservazioni possono essere messe in relazione con i prevalenti flussi umidi occidentali che nella stagione investono l'Isola portando precipitazioni maggiori sulla Sardegna Centro-Occidentale, piuttosto che su quella Orientale.

Rispetto alla media climatica si osserva come i cumulati massimi di cui sopra si attestino al di sopra della media climatica, in particolare sino a 2 volte la media. Il Cagliariitano e la costa orientale hanno ricevuto invece dal 25 al 50% in meno di precipitazione rispetto alla media.

L'andamento ultrasecolare delle precipitazioni nel periodo ottobre-dicembre in Sardegna (**Figura 16**), relativo al periodo 1920-2020, mostra un'anomalia in tendenza positiva negli ultimi 3 anni. L'anomalia dell'ultima annata è pari a circa +0.4, inferiore rispetto all'anno precedente.

Figura 15: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre a dicembre 2020 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.

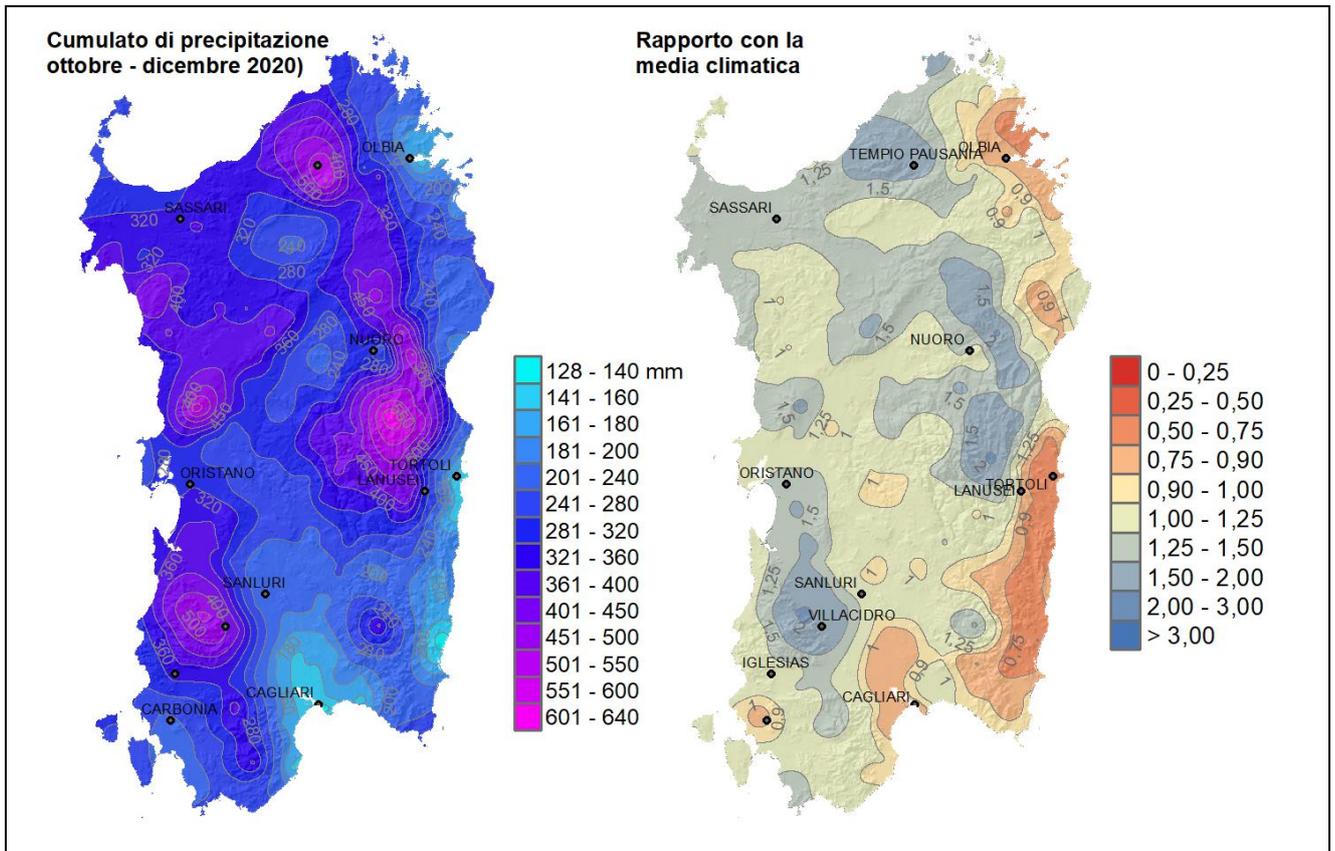
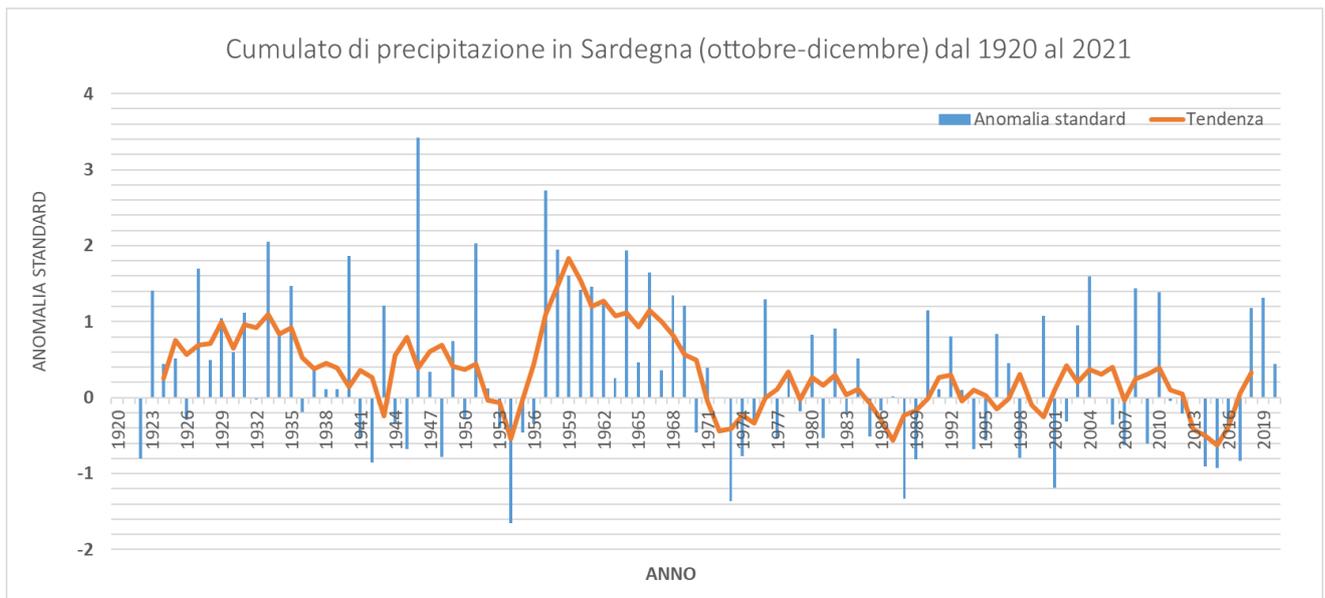


Figura 16: Andamento secolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre-dicembre.

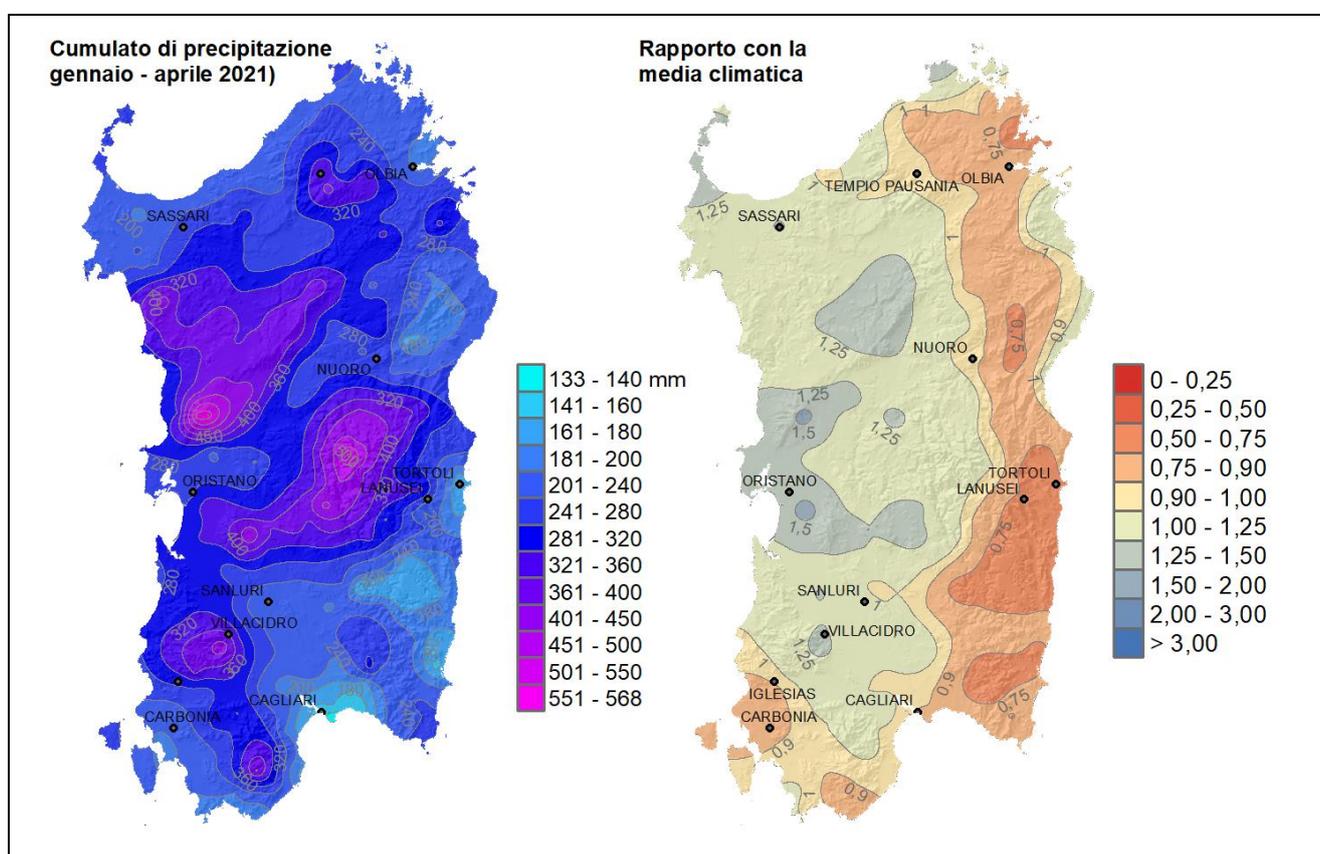


2.2. Il quadrimestre gennaio-aprile

La distribuzione spaziale dei cumulati registrati nel quadrimestre gennaio-aprile e il rapporto con la media climatica sono mostrati in **Figura 17**. Si nota ancora, seppur con entità minore rispetto al trimestre precedente, un certo gradiente zonale, con cumulati più elevati sulla Sardegna Centro-Occidentale, mentre i cumulati minori sono stati osservati sempre sulla Sardegna Orientale e Sud-Orientale. I cumulati massimi sul quadrimestre sono stati registrati a Badde Urbara (598.6 mm), a Fonni (451.6 mm) e a Villanova Monteleone (430.8 mm). Rispetto al trimestre precedente si nota la comparsa di un minimo relativo a Pula dove sono caduti 428.6 mm in località Is Cannoneris.

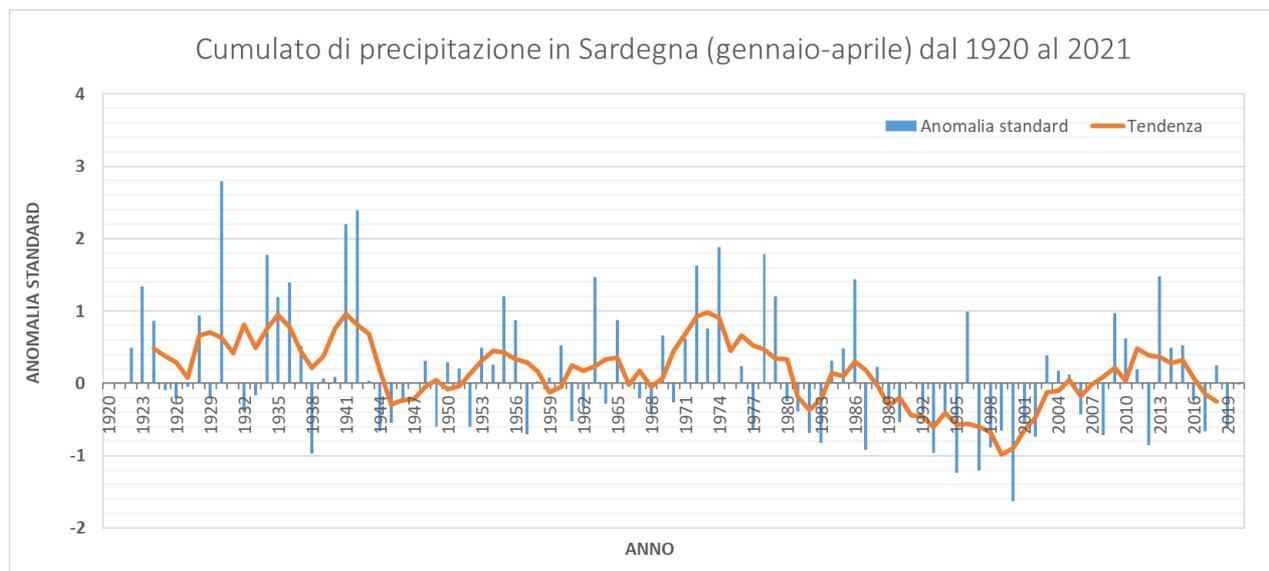
Come già accennato, in questo quadrimestre la Sardegna Orientale è stata poco interessata da precipitazioni. Buone porzioni di territorio hanno infatti ricevuto sino al 50% in meno di precipitazioni, come ad esempio l'Ogliastra. L'Oristanese e il Marghine hanno invece ricevuto sino al 50% in più di precipitazione. Sulla restante parte del territorio le precipitazioni sono invece state in linea con la media o leggermente al di sopra.

Figura 17: Cumulato di precipitazione in Sardegna da gennaio ad aprile 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatica.



Rispetto all'andamento ultrasecolare delle precipitazioni nel quadrimestre gennaio-aprile (**Figura 18**), relativo al periodo 1920-2021, l'anomalia dell'ultima annata mostra una precipitazione quasi in linea con la media climatica, con valore pari a -0.02.

Figura 18: Andamento secolare del cumulo di precipitazione in Sardegna nel periodo gennaio-aprile.



2.3. Il quinquemestre maggio-settembre

I cumulati di precipitazione e il rapporto con la media per il quinquemestre maggio-settembre (corrispondente convenzionalmente con la stagione secca), sono riportati in **Figura 19**. Rispetto ai periodi analizzati in precedenza si nota come la precipitazione abbia interessato anche la Sardegna Orientale e Meridionale, mentre la Sardegna Centro-Occidentale e Sud-Occidentale risultano più secche. I massimi si osservano nel Capoterrese (189.8 mm a Poggio dei Pini), nel Sarrabus (140.0 mm a Castiadas Minni Minni), nelle Baronie (157.2 mm a Siniscola) e nell'Algherese (149.2 mm ad Alghero).

L'Oristanese è la zona più secca del periodo, con meno di 20 mm di precipitazione sul quinquemestre.

Globalmente i cumulati di cui sopra sono diffusamente al di sotto della media climatica, con cumulati pari al 50% della media. In particolare l'Oristanese si conferma secco anche nello scenario climatologico, in quanto è piovuto un quarto del valore medio. Nelle zone di massimo cumulo sopra citate i cumulati sono invece lievemente al di sopra della media (Algherese, Baronie, Olbiense e Sarrabus) ma anche molto al di sopra: nel Capoterrese sono stati registrati cumulati tra 2 e 3 volte la media climatica.

In confronto all'andamento ultrasecolare della precipitazione durante la stagione secca, del periodo 1920-2021 (**Figura 20**), l'ultima stagione secca si trova in anomalia negativa pari a circa -1, in netta controtendenza con l'annata precedente.

Figura 19: Cumulato di precipitazione in Sardegna da maggio a settembre 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatica.

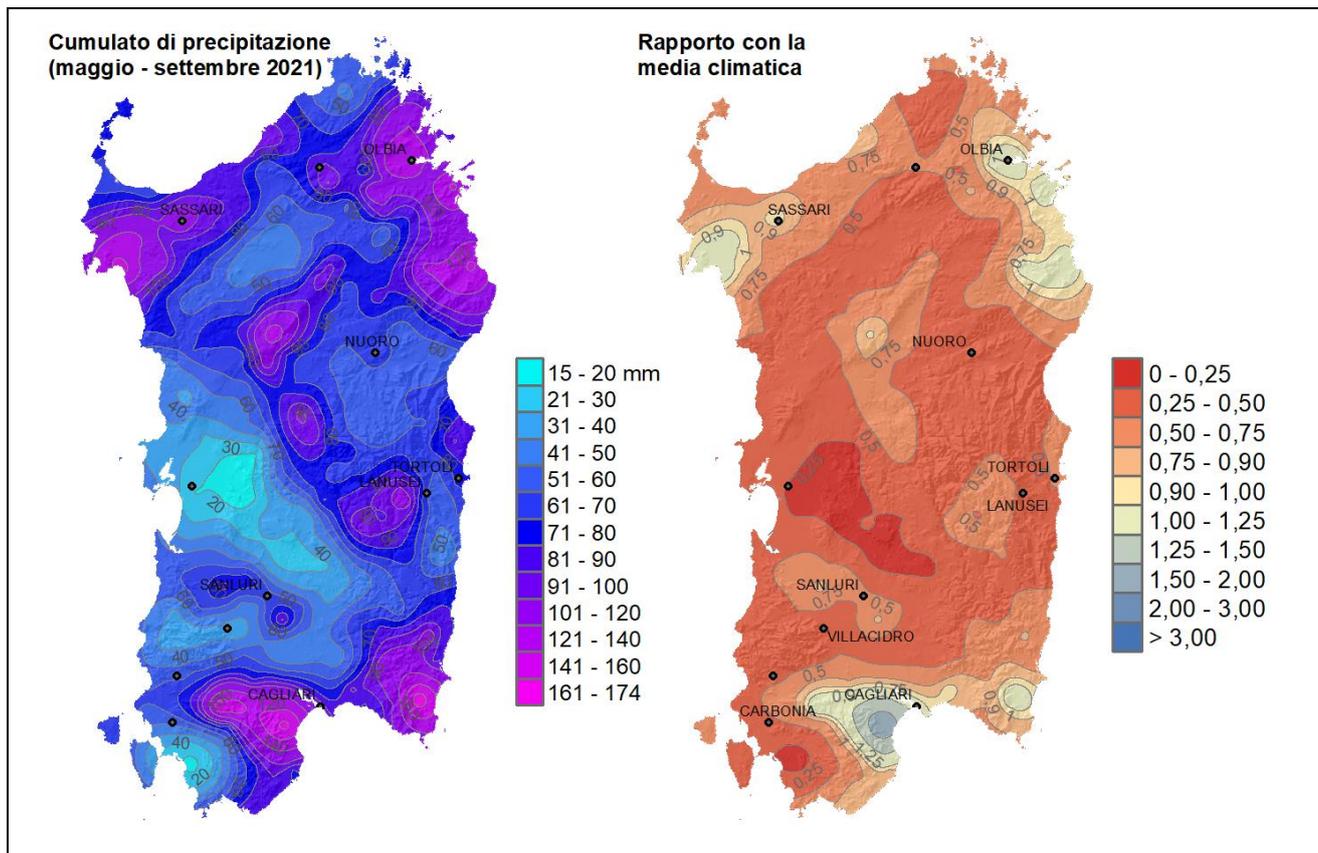
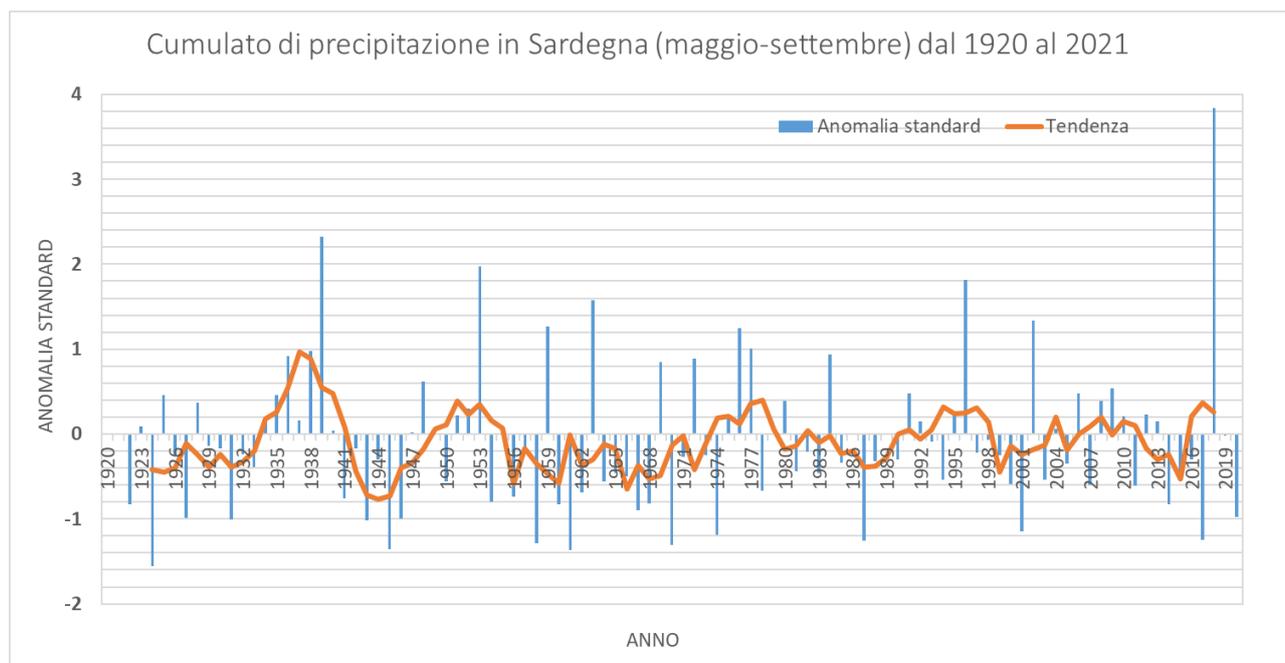


Figura 20: Andamento secolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo maggio-settembre.



3. LE PRECIPITAZIONI GIORNALIERE

Le **Figure 21 - 32** mostrano l'accumulo progressivo delle precipitazioni da ottobre 2020 a settembre 2021 su 12 stazioni campione appartenenti a diverse aree della Sardegna. I cumulati dell'annata sono messi a confronto con i corrispondenti valori dell'annata precedente e con i percentili della statistica dei cumulati calcolati sulla serie storica del trentennio di riferimento 1971-2000.

Su tutte le stazioni analizzate si osserva come i cumulati più importanti siano stati registrati nell'intervallo ottobre 2020 – febbraio 2021, con una piccola pausa a novembre, mese piuttosto secco. Dopo febbraio segue un periodo di precipitazioni tipicamente con cumulati deboli (a parte qualche moderato basso) che si chiude a maggio. Il periodo da giugno a settembre è il più secco dell'anno, contribuendo poco al cumulo annuale sulle stazioni.

È interessante notare alcuni eventi estivi di rilievo, quali i circa 60 mm a settembre a Olmedo (**Figura 23**) e Sardara (**Figura 28**) e i 40 mm a fine maggio registrati a Samugheo (**Figura 26**). In 7 stazioni su 12 i massimi cumulati giornalieri assoluti sono stati registrati tra novembre e dicembre 2020. Tali stazioni sono Tempio (**Figura 21**), Alà dei Sardi (**Figura 22**), Fonni (**Figura 25**), Sadali (**Figura 27**), Lanusei (**Figura 29**), Iglesias (**Figura 31**) ed Escalaplano (**Figura 30**). Nelle restanti stazioni il massimo assoluto è stato registrato tra giugno e settembre: Olmedo (**Figura 23**), Samugheo (**Figura 26**), Sardara (**Figura 28**), oppure all'interno della stagione piovosa: febbraio a Torralba (**Figura 24**), aprile a Villasor (**Figura 32**).

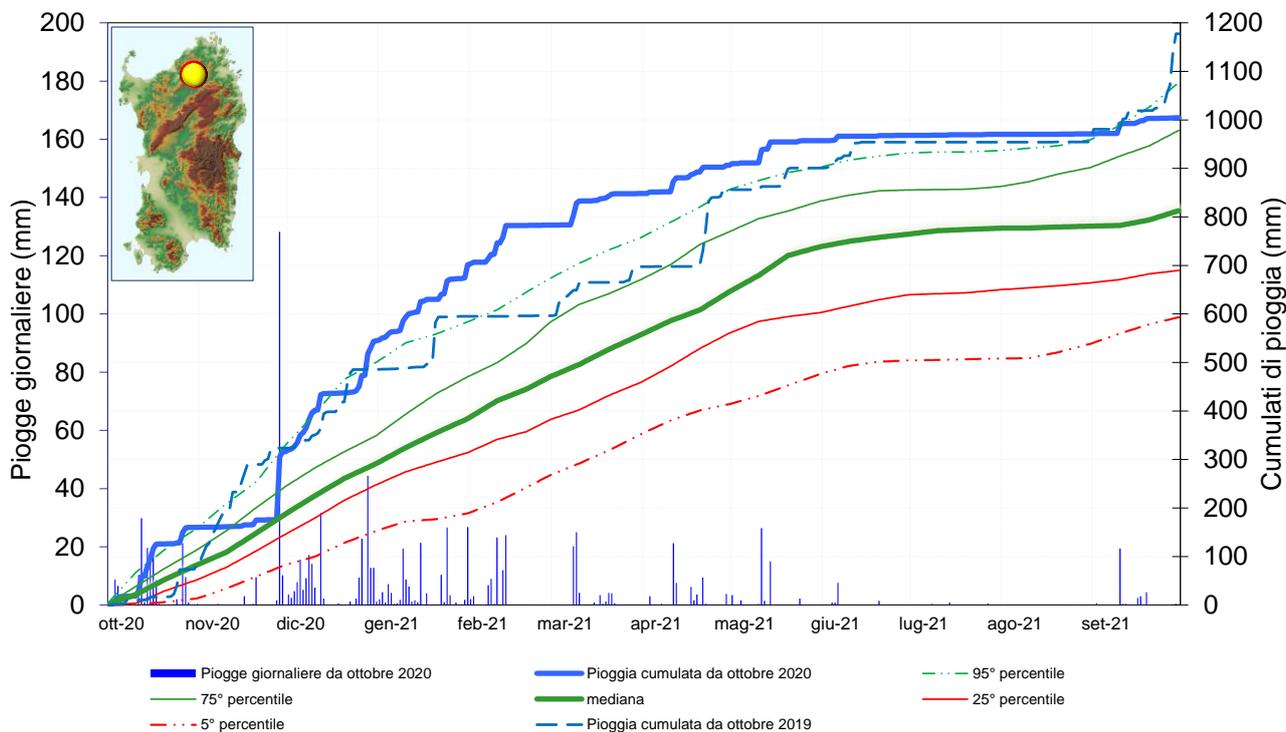
In relazione ai valori climatologici si nota come le stazioni della Sardegna Centro-Settentrionale quali Tempio (**Figura 21**), Olmedo (**Figura 23**), Torralba (**Figura 24**) e Fonni (**Figura 25**) hanno misurato cumulati di precipitazione al di sopra della mediana. A tali stazioni si aggiunge Alà dei Sardi (**Figura 22**) che ha ricevuto cumulati superiori al valore mediano sino a marzo. Nel caso di Tempio (**Figura 21**), Olmedo (**Figura 23**), Torralba (**Figura 24**) e Fonni (**Figura 25**) i cumulati sull'annata sono altresì superiori al 75° percentile. Solo per alcune stazioni quali Tempio (**Figura 21**), Olmedo (**Figura 23**), Torralba (**Figura 24**) e Fonni (**Figura 25**), e solo per un sotto-periodo indicativamente da gennaio a maggio, i cumulati hanno superato il 95° percentile.

Su Sadali (**Figura 27**), Samugheo (**Figura 26**), Sardara (**Figura 28**), Iglesias (**Figura 31**) e Villasor (**Figura 32**) i cumulati si trovano più o meno tra il 25° e il 75° percentile e comunque piuttosto in linea con il valore mediano.

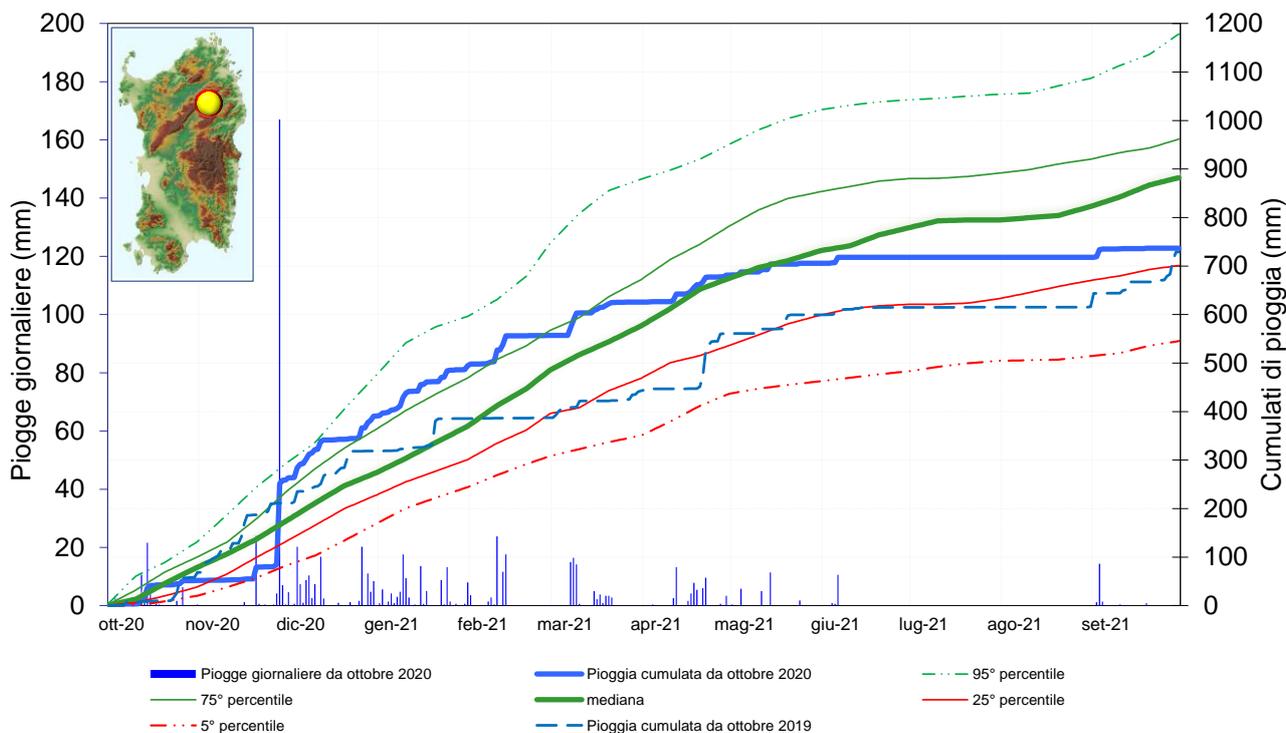
Per le stazioni di Lanusei (**Figura 29**) ed Escalaplano (**Figura 30**), a causa delle scarse precipitazioni della stagione secca, i cumulati sono scesi sotto sotto la mediana in tale periodo, mentre da maggio in poi sono scesi anche sotto il 25° percentile.

La maggior parte dei cumulati giornalieri sono più o meno in linea con quelli dell'annata precedente, al netto di qualche anticipazione o posticipazione della stagione piovosa. Interessante è il caso di Tempio in cui tra marzo e maggio ci sono stati cumulati maggiori rispetto all'annata precedente. Le uniche due stazioni in trend negativo sono Lanusei ed Escalaplano in cui le scarse piogge della stagione secca hanno portato il cumulo annuale a essere più basso del precedente, sino a 300 mm in meno nel caso di Escalaplano.

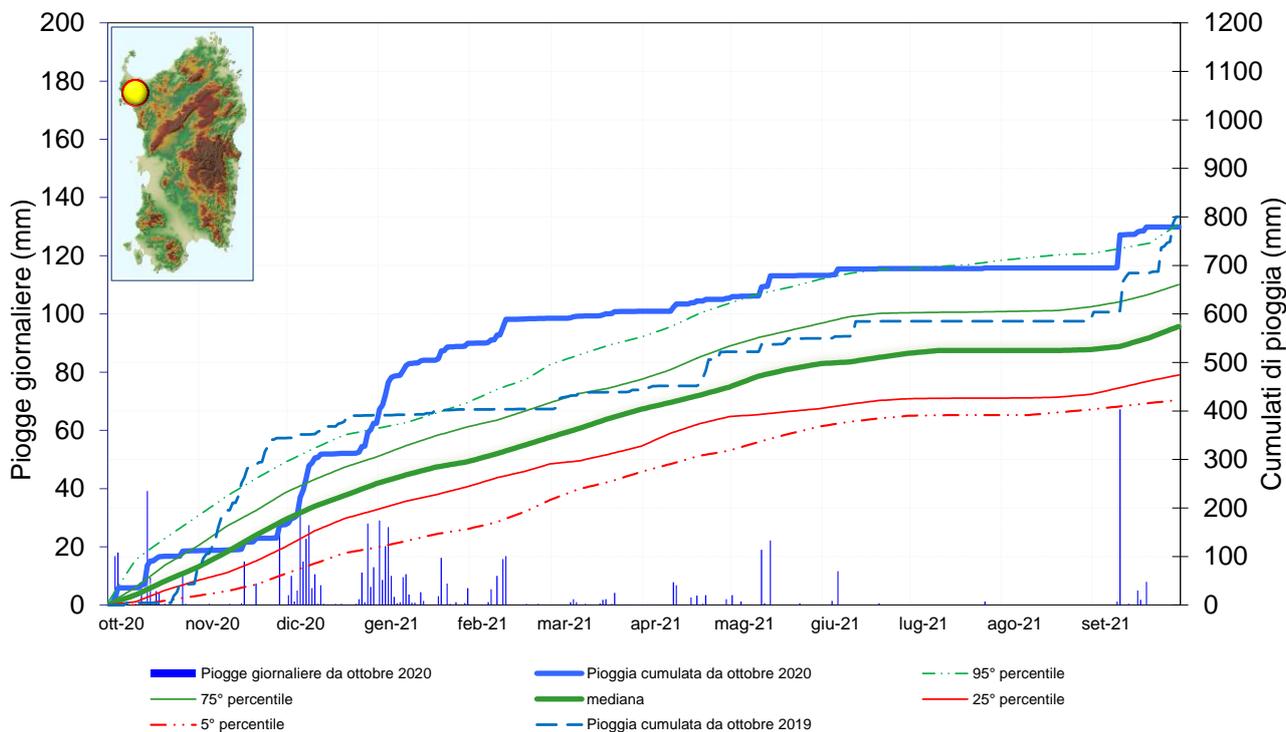
**Figura 21: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Tempo.**



**Figura 22: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Alà dei Sardi.**



**Figura 23: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Olmedo.**



**Figura 24: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Torralba.**

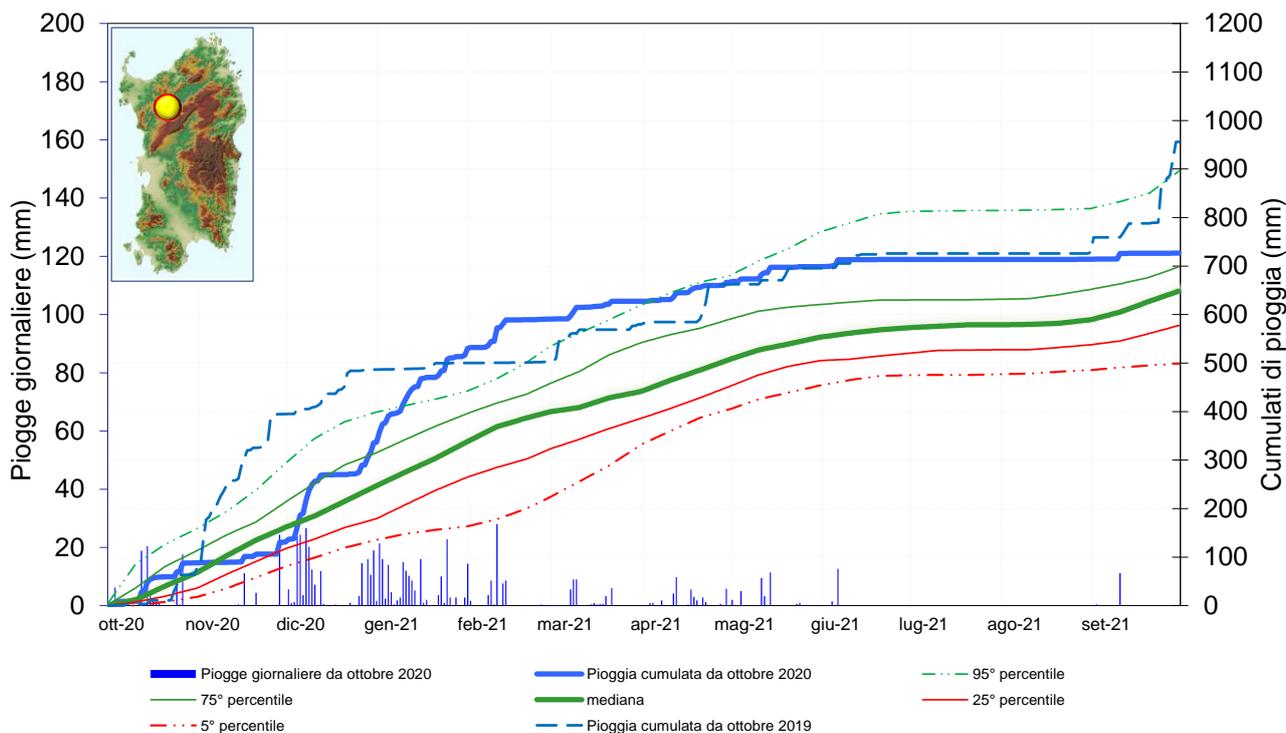


Figura 25: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa. Stazione di Fonni.

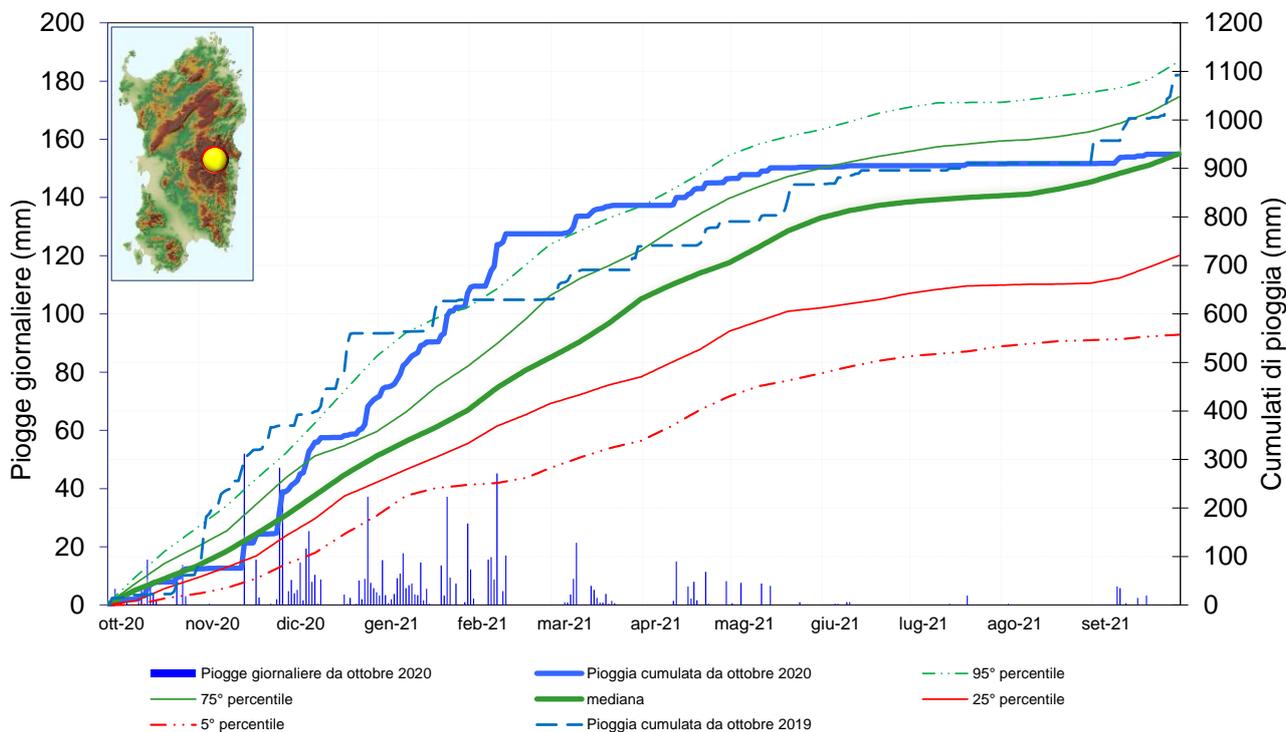


Figura 26: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa. Stazione di Samugheo.

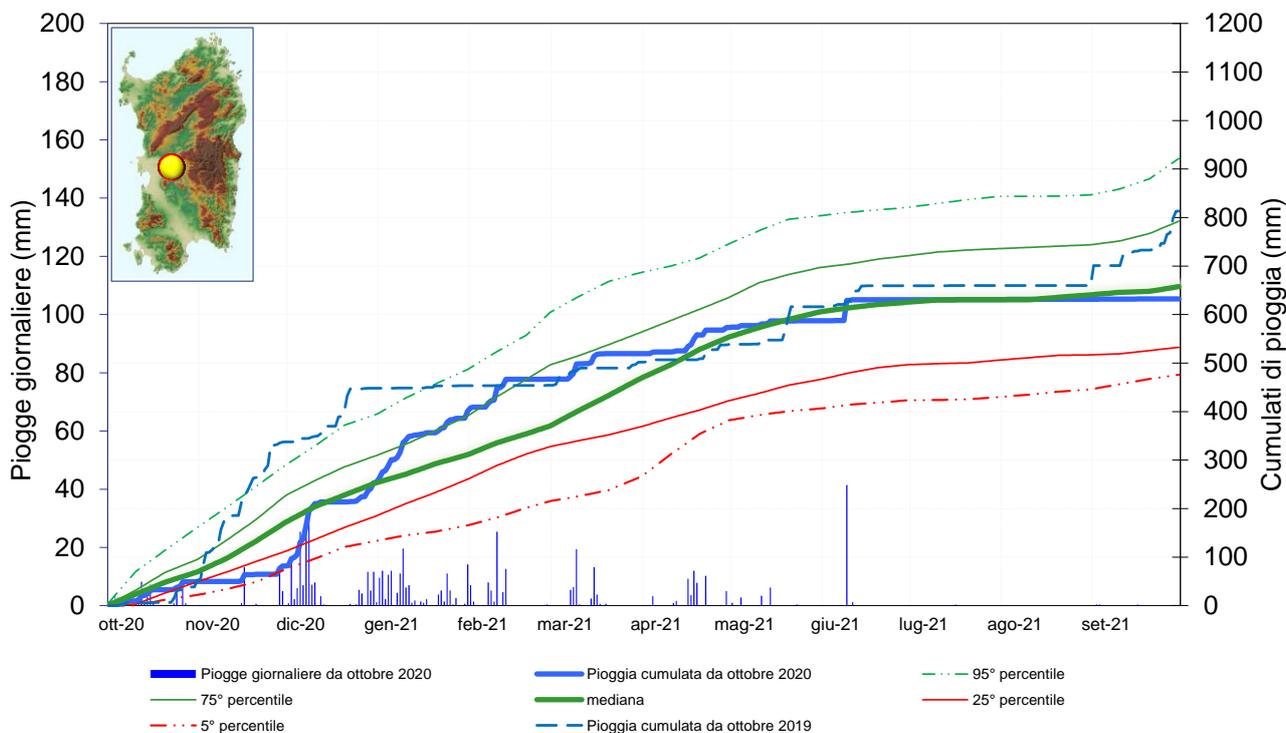


Figura 27: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa. Stazione di Sadali.

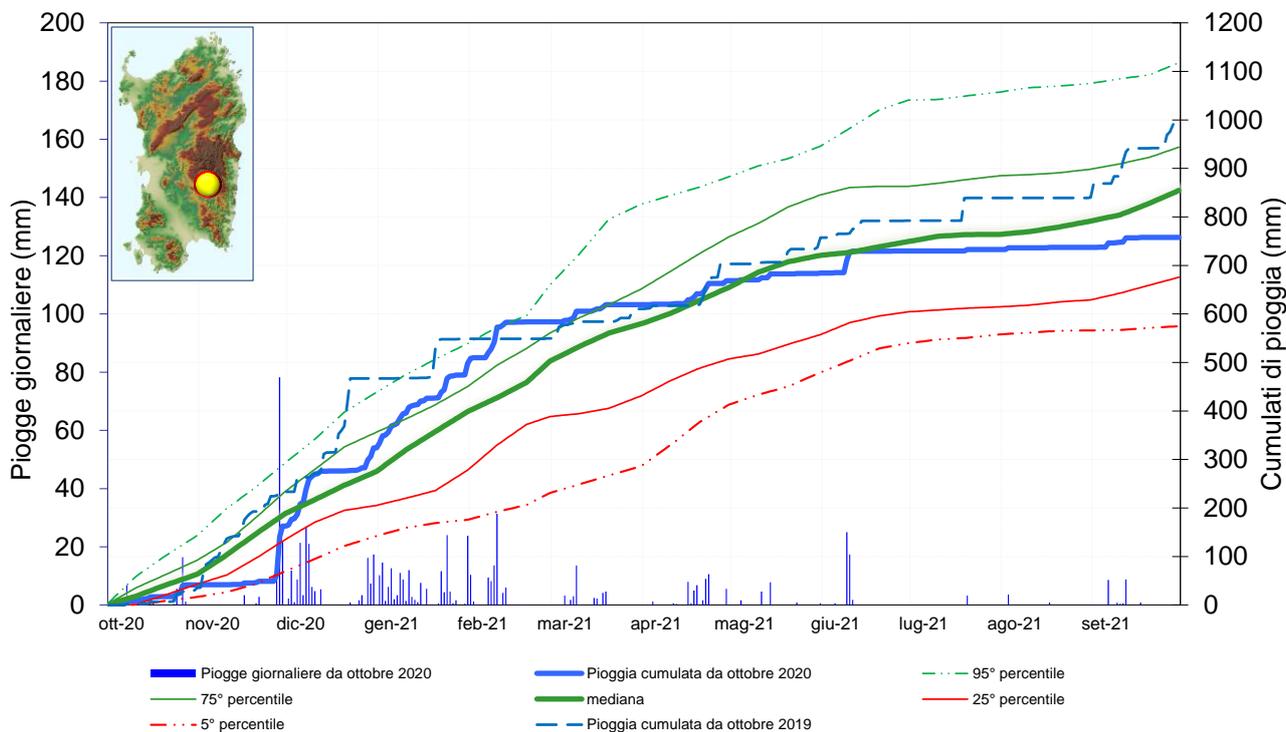
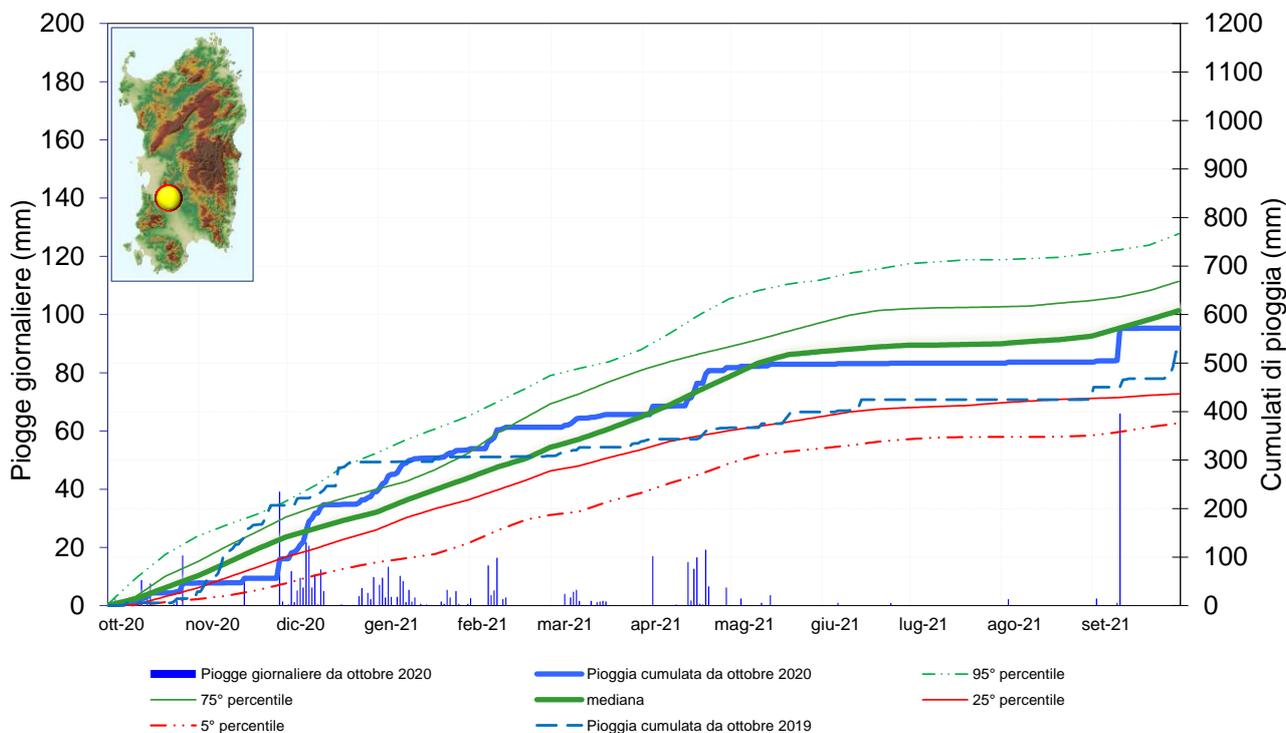
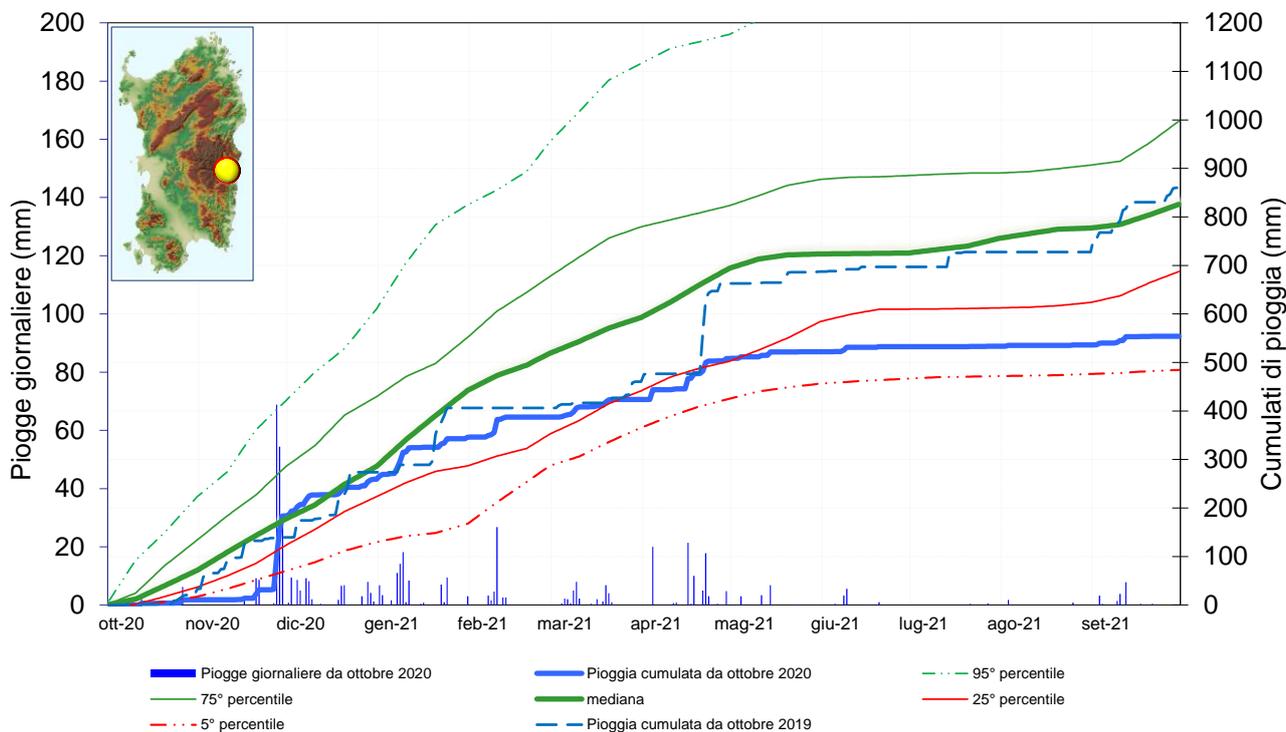


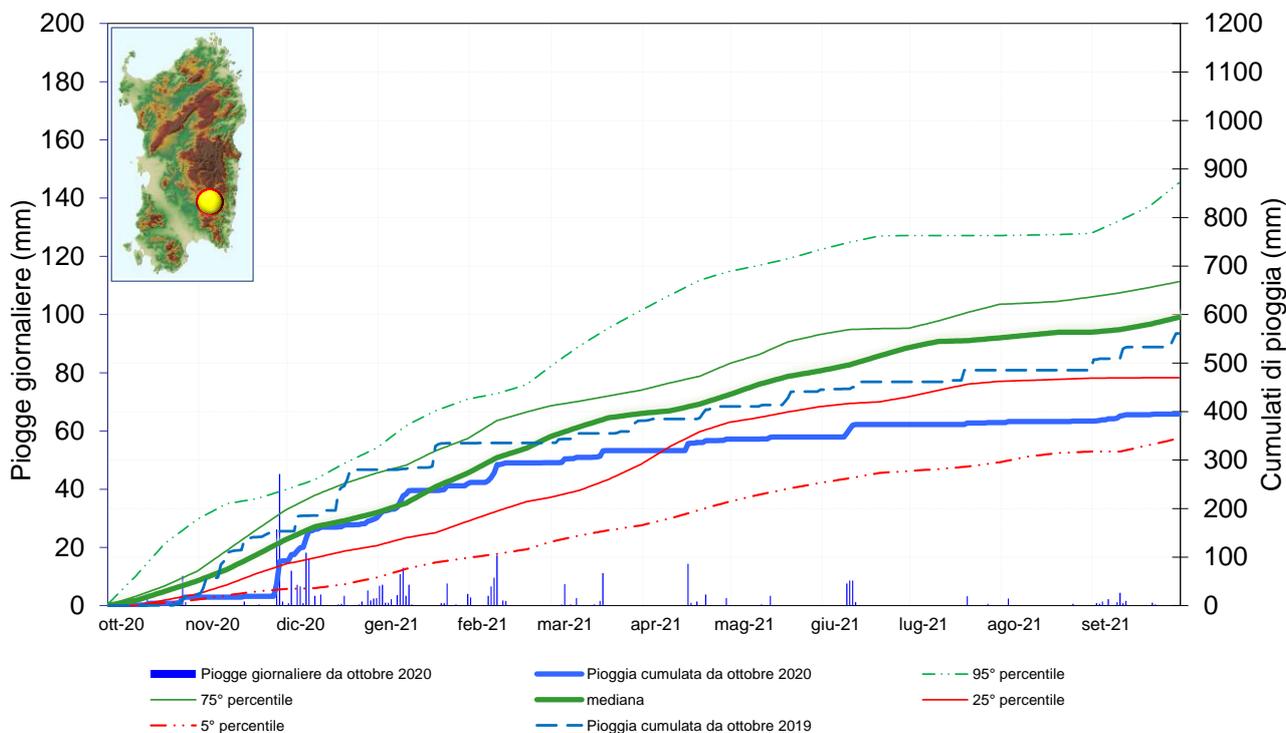
Figura 28: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa. Stazione di Sardara.



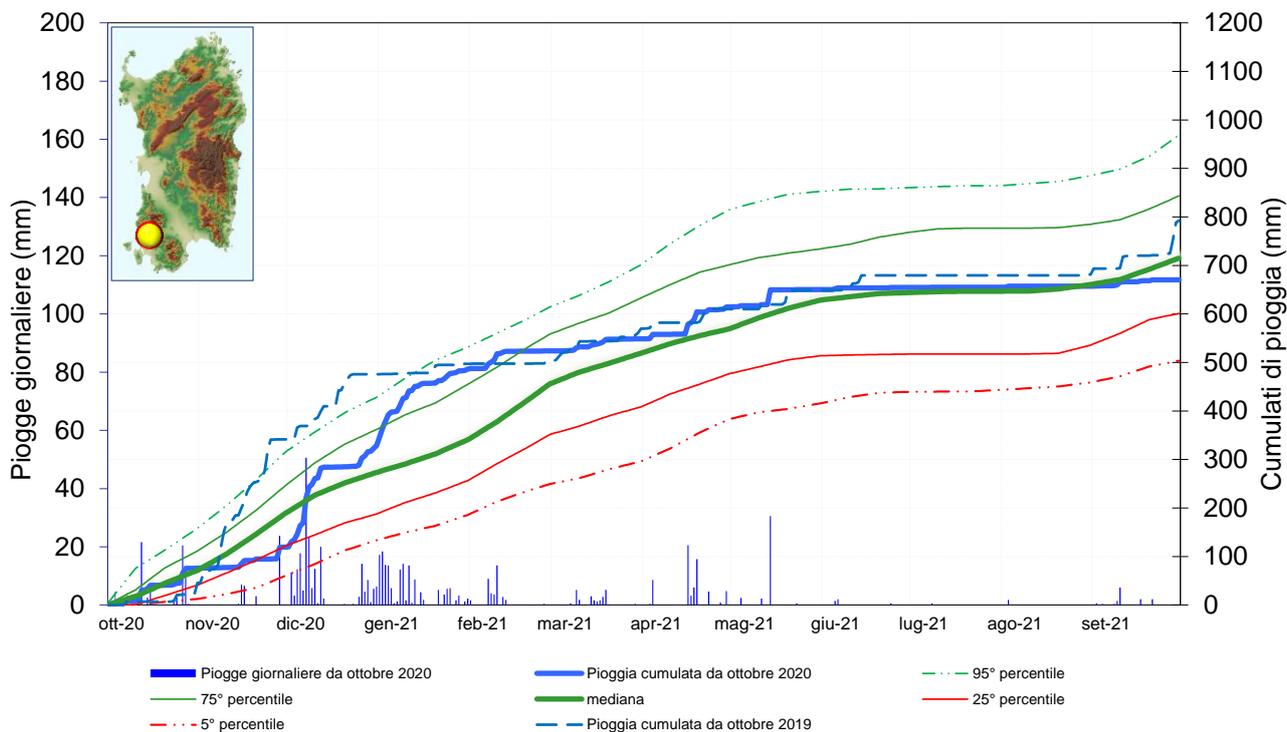
**Figura 29: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Lanusei.**



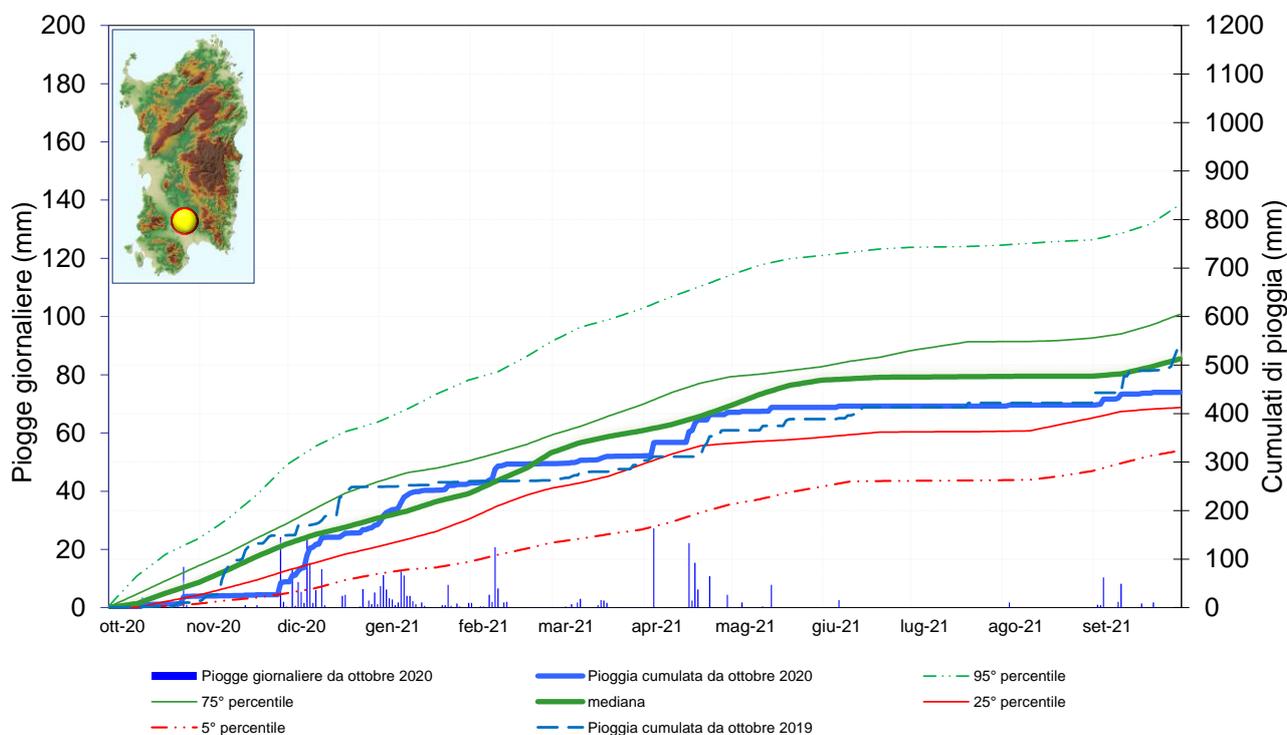
**Figura 30: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Escalaplano.**



**Figura 31: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Iglesias.**



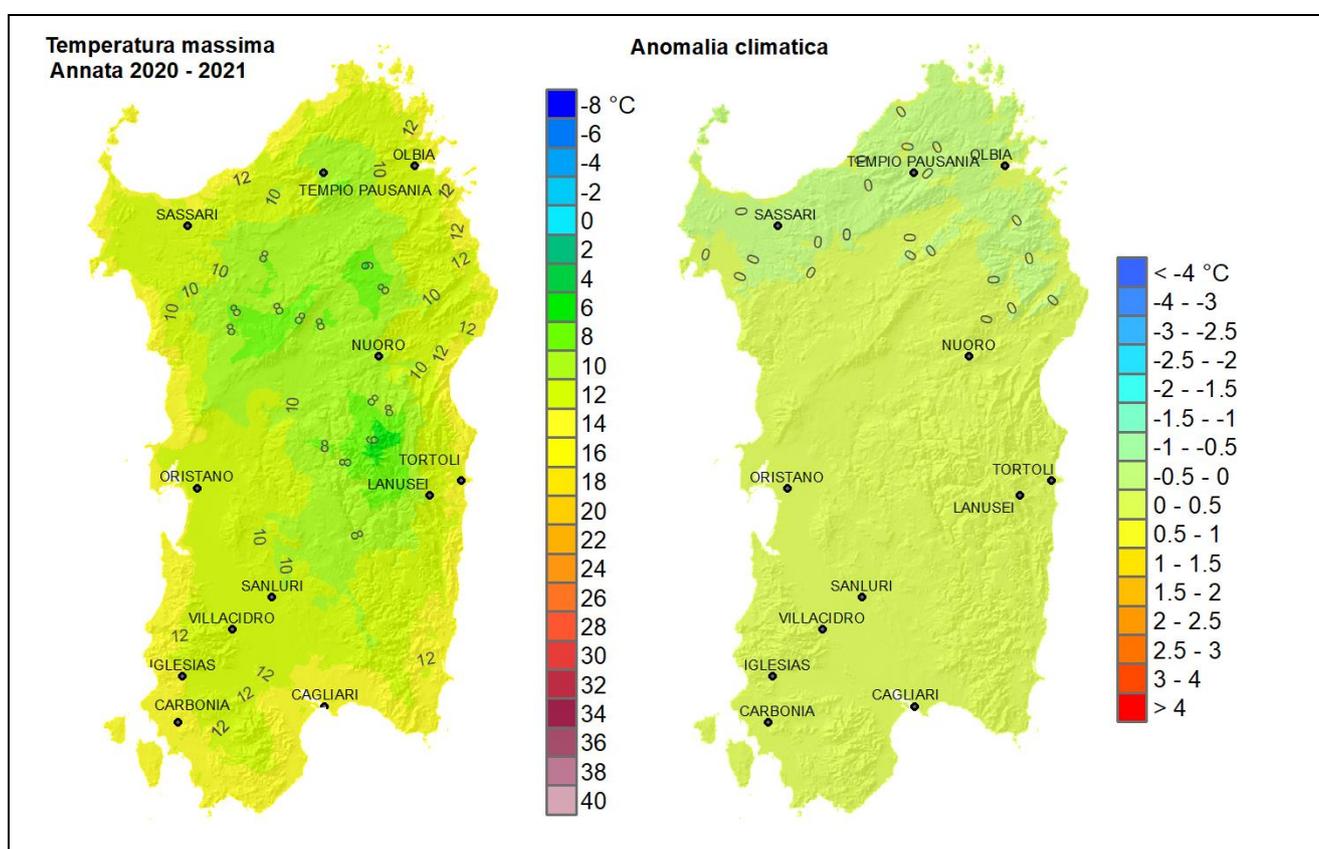
**Figura 32: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa.
Stazione di Villasor.**



4. TEMPERATURE ANNUALI

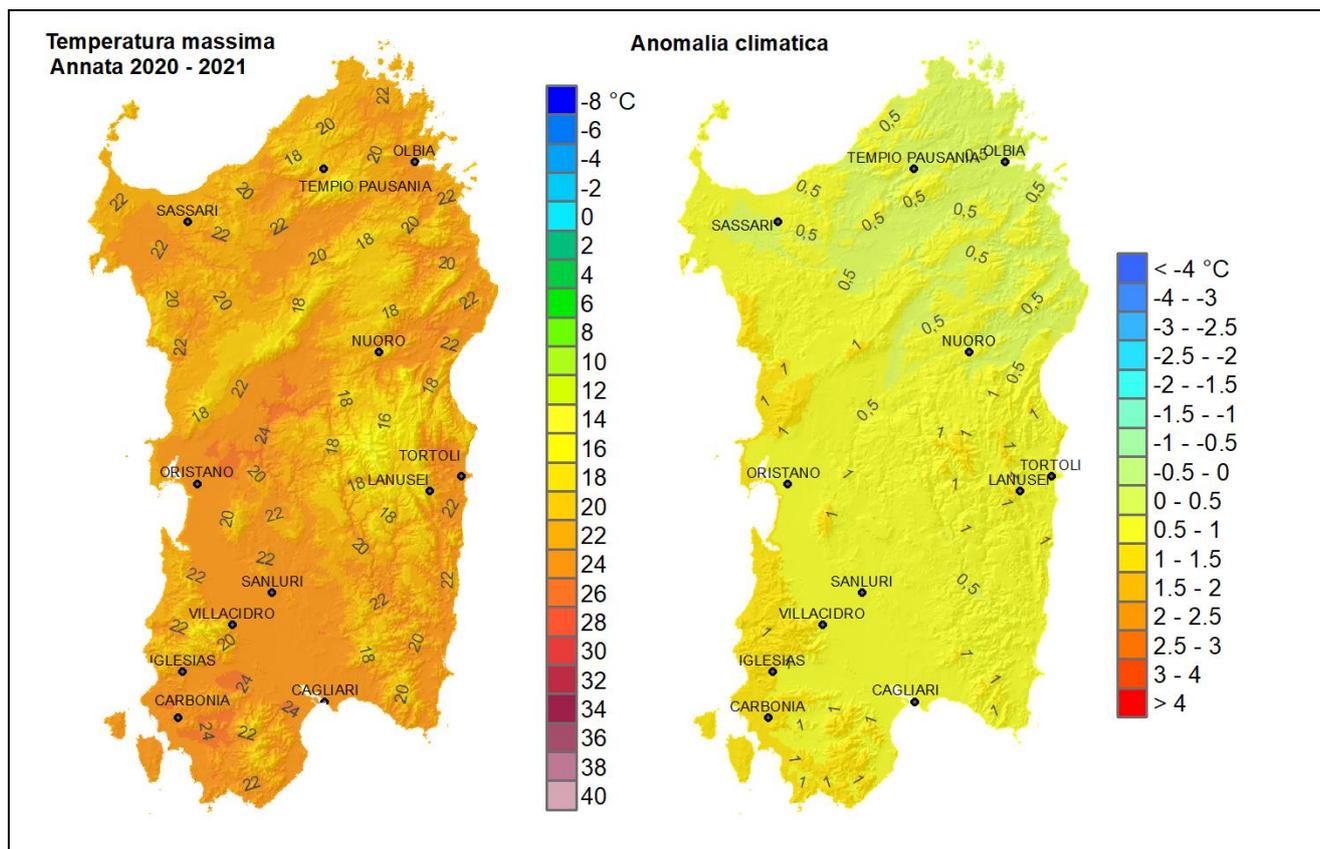
La media annuale delle temperature minime giornaliere è riportata in **Figura 33** a sinistra, e mostra valori tipici compresi tra i 5-9°C delle principali zone montane (massiccio del Gennargentu, catena del Marghine e monti di Alà) e i 12-13°C diffusi sulla fascia costiera, con il grosso della parte interna dell'Isola che si attesta tra i 10°C e gli 11°C. La differenza tra questi valori e la climatologia di riferimento (**Figura 33** a destra) indica un'annata con temperature minime in linea, entro mezzo grado in più o in meno, rispetto ai valori tipici. La fascia settentrionale sarda risulta leggermente più fredda della media, mentre i due terzi meridionali dell'Isola risultano leggermente più caldi, a causa dell'effetto combinato delle gelide albe primaverili, che hanno abbassato le temperature minime in modo relativamente uniforme su tutto il territorio, e delle ondate di calore estive, che hanno alzato le minime principalmente nei settori meridionale e centrale, anche (anzi soprattutto, come vedremo in seguito) nelle zone montuose.

Figura 33: Media annuale delle temperature minime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014.



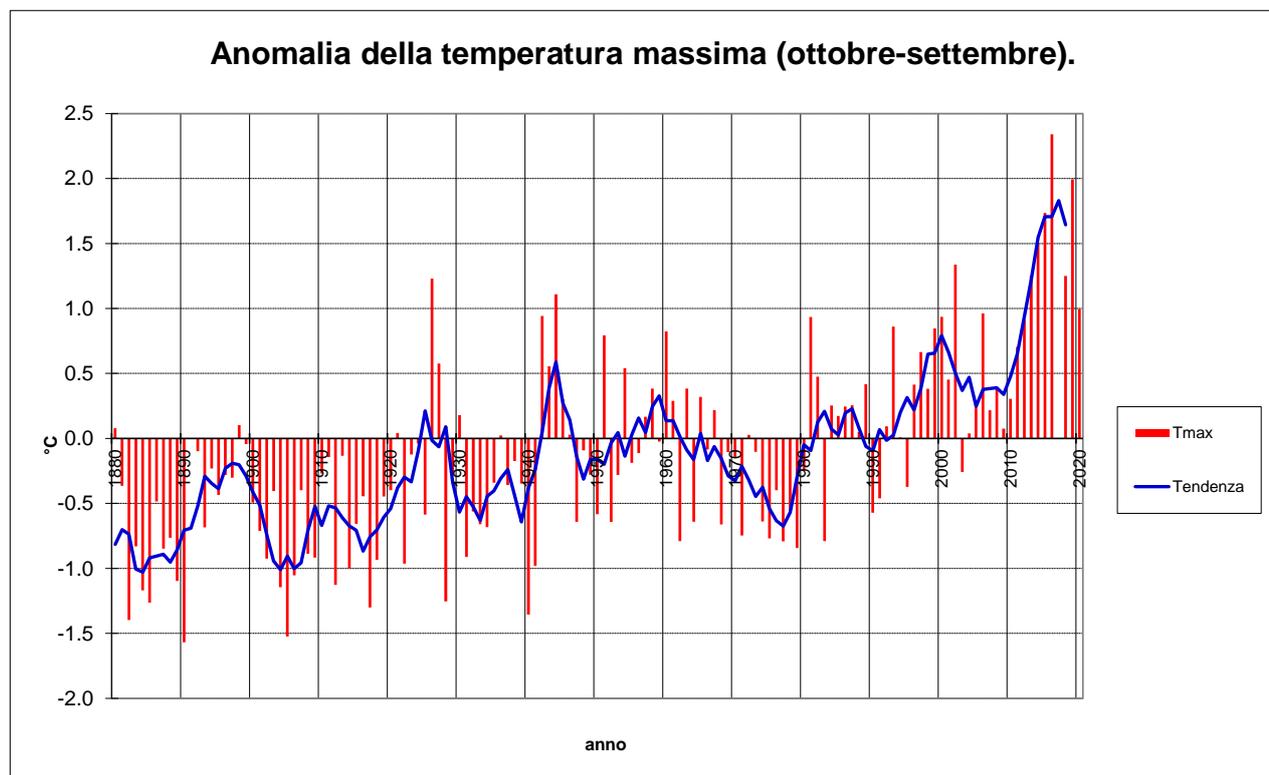
Per quanto riguarda invece le temperature massime, la media annuale dei valori giornalieri è riportata in **Figura 34** a sinistra, e mostra valori tipici che vanno dai 17-19°C delle principali zone montuose fino ai 22-23°C diffusi sulla fascia costiera, con isolati picchi oltre i 24°C nel Sulcis. L'anomalia rispetto alla media climatica (**Figura 34** a destra) è in questo caso ovunque positiva, fino a +1.5°C su alcune aree occidentali e, seppur isolatamente, su varie aree montane. L'annata ha avuto quindi massime decisamente sopra la media, e ciò è dovuto principalmente al contributo delle onde di calore estive, particolarmente intense, frequenti e capaci di innalzare efficacemente i valori termici massimi anche e specialmente nelle zone montuose, grazie all'intensa avvezione di aria calda ai bassi strati (i primi due chilometri di atmosfera) che le hanno caratterizzate.

Figura 34: Media annuale delle temperature massime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014.



Allargando la prospettiva temporale alla scala secolare, è interessante vedere come è variata negli anni la differenza delle temperature massime registrate in Sardegna dal 1880 rispetto a una climatologia di riferimento (qui si è usata quella del trentennio 1971-2000). L'andamento di questo indice è mostrato in **Figura 35**, che ben evidenzia tre periodi: un quarantennio freddo (1880-1920) con massime costantemente inferiori alla media, anche fino a -1.5°C ; un settantennio altalenante (1920-1990) con massime talvolta inferiori, talvolta superiori alla media, ma con una anomalia piccola, sempre inferiore in valore assoluto a 1.5°C ; e infine un trentennio caldo (1990-oggi) con massime costantemente sopra la media climatica, con scostamenti che in anni recenti hanno raggiunto e superato i $+2^{\circ}\text{C}$.

Figura 35: Anomalia delle temperature massime della Sardegna dal 1880 rispetto alla climatologia 1971-2000.



4.1. Temperature medie dei singoli mesi

Il mese più freddo dell'annata è stato gennaio, la cui media mensile delle temperature minime giornaliere (**Figura 36** a sinistra) mostra valori che vanno dai -2°C delle vette più alte del Gennargentu agli oltre 8°C diffusi nelle fasce costiere occidentale e meridionale. Nonostante questo indicatore segni il valore minimo in gennaio, le temperature puntuali più basse in assoluto dell'annata si sono registrate in febbraio, con un valore estremo di -8.1 °C a Laconi Santa Sofia il 15 febbraio alle 7.28, quando all'irruzione gelida da nordest del 14-16 si sono aggiunti cieli limpidi, permettendo durante la notte una forte perdita energetica per irraggiamento infrarosso.

La mappa delle anomalie termiche di gennaio (**Figura 36** a destra) mostra temperature minime frequentemente più calde della media climatica, tipicamente fino a +1°C. Tuttavia la distribuzione è variegata, con le zone vallive che spesso presentano anomalie positive, talvolta anche di oltre +1.5°C; tante zone collinari risultano invece in linea con la climatologia, mentre le zone più fredde della media hanno una distribuzione a macchia di leopardo, concentrandosi sui rilievi ma anche su varie zone costiere, con locali estremi fino a -1.5°C.

Il mese più caldo dell'annata è stato agosto, la cui media mensile delle temperature massime giornaliere (**Figura 37** sinistra) mostra valori che vanno dai 27°C delle zone più elevate ai 35°C delle vallate maggiori, principalmente la media valle del Coghinas, la valle del Tirso media e superiore, e la vasta area che abbraccia il Basso e Medio Campidano, la valle del Cixerri e la fascia collinare di Parteolla e Marmilla.

Le temperature di agosto hanno registrato un picco di 44.9°C, il più elevato di tutta l'estate 2021 e di tutta l'annata, a Villa Verde in Marmilla il giorno 10 alle 13.45, durante la grande onda di calore terminata a Ferragosto; lo stesso giorno Vallermosa e Santadi hanno segnato 44.8°C, e 175 stazioni hanno raggiunto o superato i 40°C.

La mappa delle anomalie termiche di agosto (**Figura 37** destra) mostra un mese ovunque più caldo della media climatica, con un chiaro gradiente da nordovest a sudest. Su limitate aree costiere settentrionali i valori risultano superiori alla media di pochi decimi di grado, ma l'anomalia cresce man mano che si procede verso sudest, e raggiunge picchi oltre i +2.5°C sul Gennargentu, a evidenziare un fenomeno che ha colpito in modo molto marcato le aree montane. Da questa mappa infatti, ancor più che dalla distribuzione dei valori assoluti, risulta evidente l'impatto dell'onda di calore di agosto, straordinariamente intensa.

Figura 36: Media delle minime del mese più freddo (gennaio 2021).

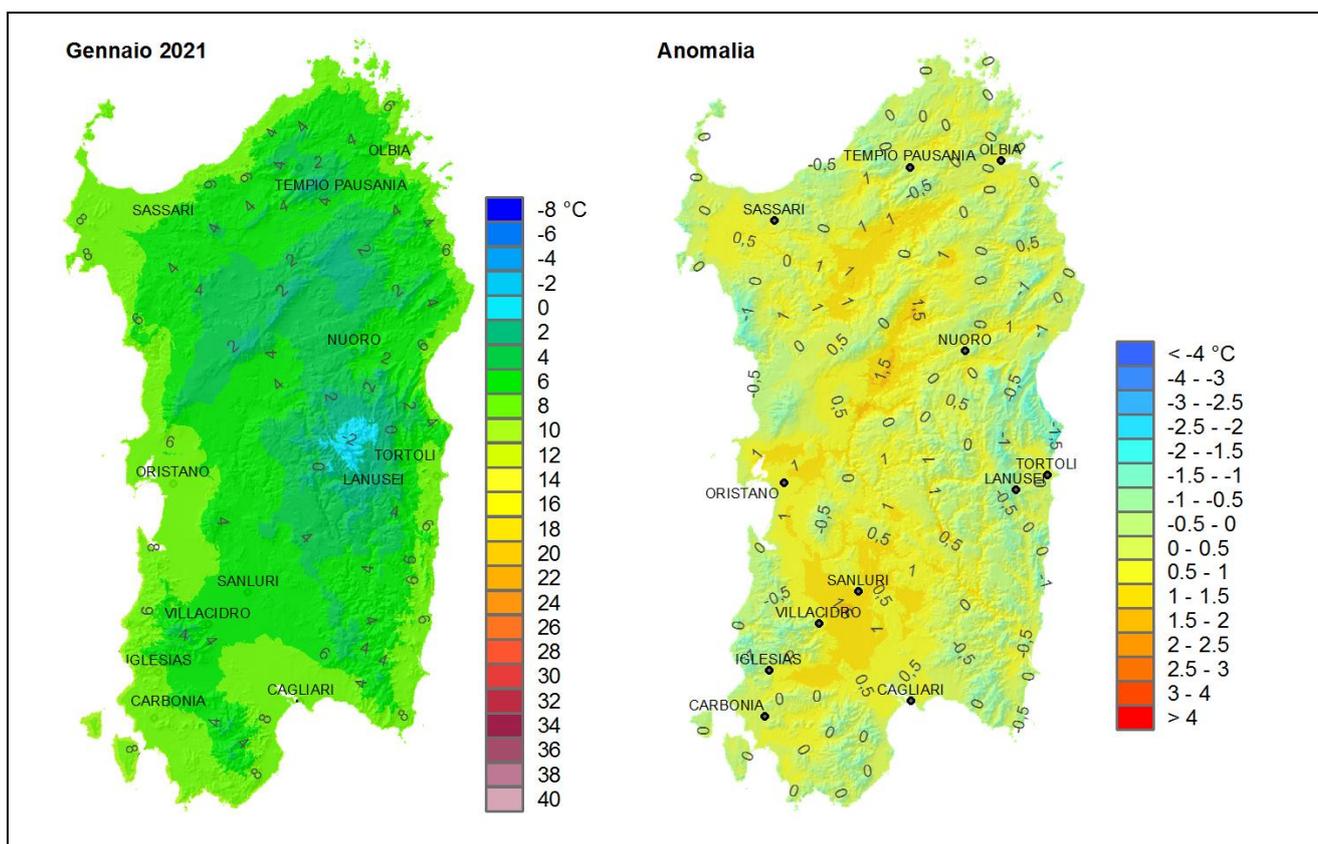
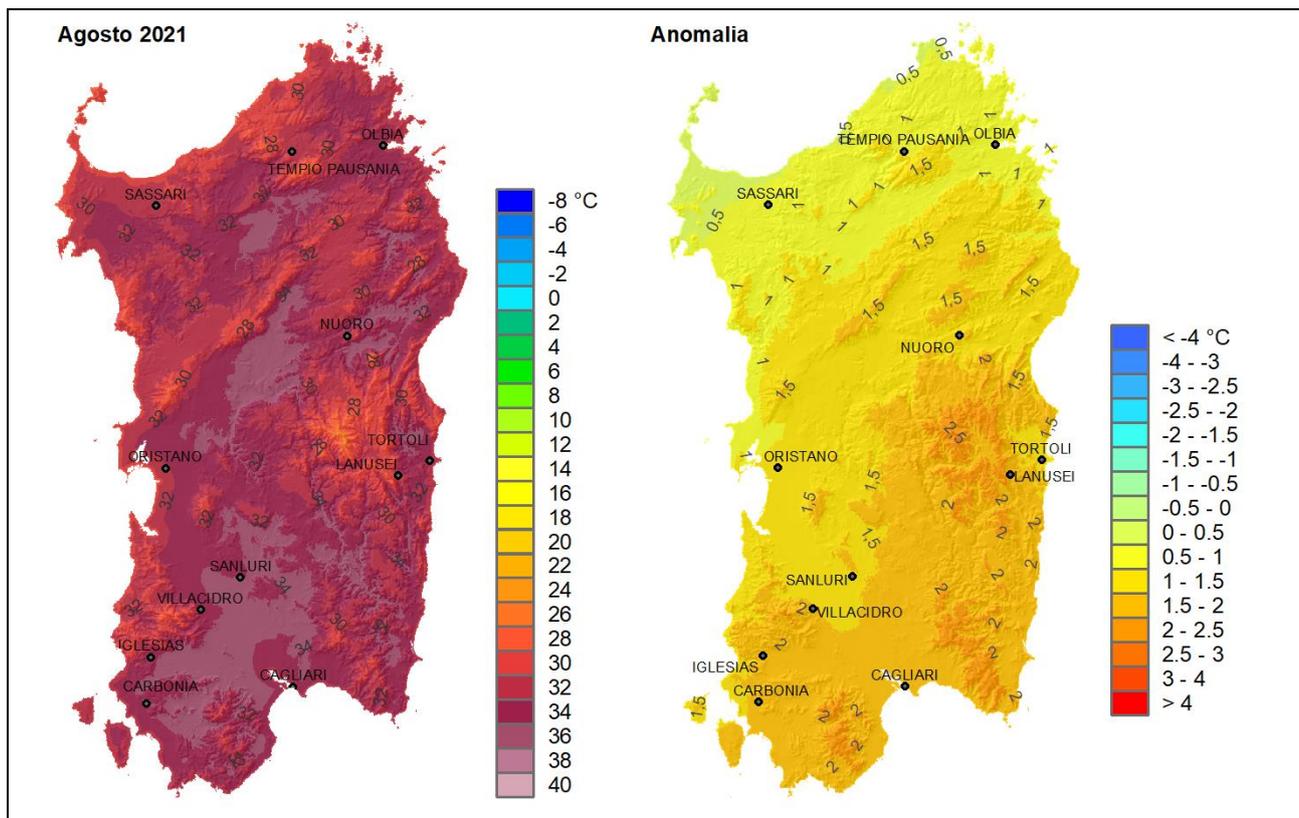


Figura 37: Media delle massime del mese più caldo in assoluto (agosto 2021).

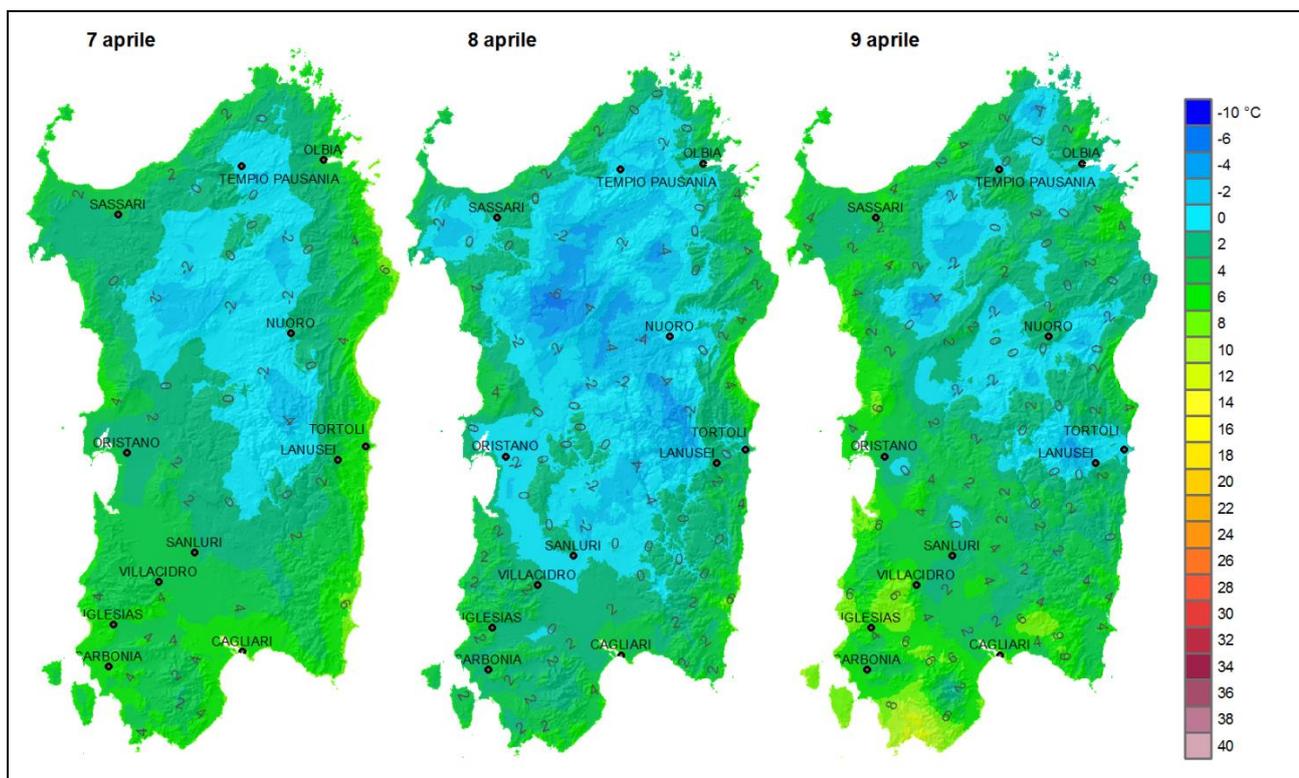


4.1.1. Gelate del 7 - 9 aprile 2021

Nei giorni compresi tra il 7 e il 9 aprile, come descritto in precedenza, si è verificata sulla Sardegna l'avvezione di area fredda di origine polare a cui hanno fatto seguito condizioni di cielo sereno, assenza di vento e di conseguenza un'intensa perdita di energia delle superfici per irraggiamento infrarosso e crollo delle temperature al suolo, con intense gelate che hanno interessato gran parte dell'Isola, comprese zone a bassa quota e costiere.

I dati misurati e interpolati sul territorio (**Figura 38**) mostrano come le minime assolute per le giornate dal 7 al 9 aprile 2021 risultino inferiori a 0°C in molte aree collinari e in tutte le aree montane, fino a raggiungere picchi compresi tra -6 e -8 °C; nelle giornate del 8 e del 9 aprile, in particolare, anche in pianura e nella bassa collina le temperature minime risultano inferiori a 0°C, raggiungendo anche i -3 ÷ -4 °C. La ricostruzione attraverso l'interpolazione spaziale evidenzia l'effetto rilevante del fondovalle o altre strutture orografiche concave dove, in situazioni come queste di inversione termica notturna favorite dall'assenza di vento, tendono ad accumularsi le masse di aria più fredde. In linea generale si può ritenere che nei settori dell'Isola in cui le temperature sono scese maggiormente, tutte le aree agricole poste in un contesto orografico di questo genere possono aver risentito maggiormente delle gelate.

Figura 38. Valori minimi assoluti delle temperature minime registrate nelle giornate del 7, 8 e 9 aprile 2021.



4.2. Indicatori di condizioni termiche particolari

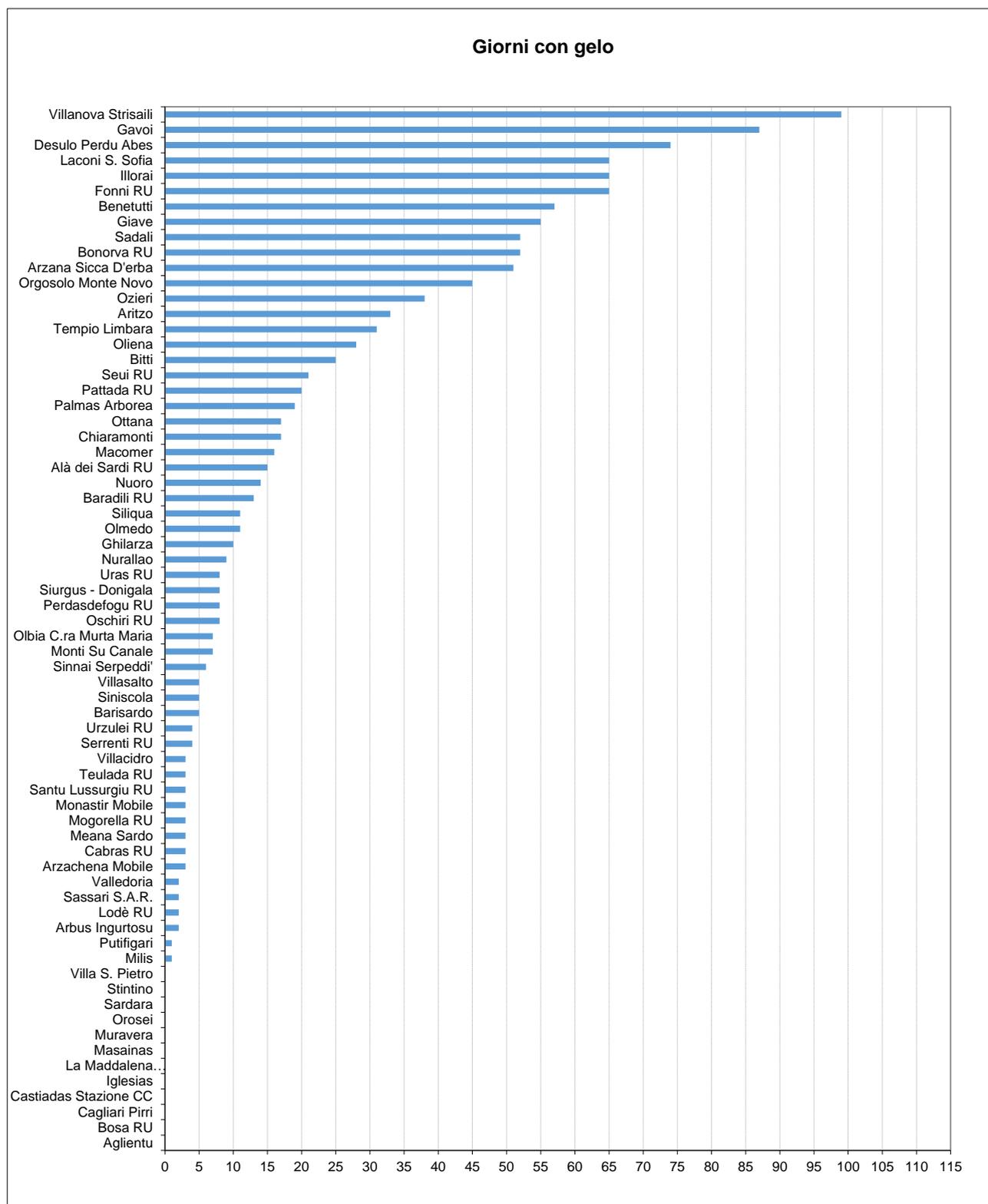
L'analisi delle temperature estreme è effettuata attraverso l'elaborazione di indici proposti dal "CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection", basati sui valori minimi e massimi giornalieri, i giorni con gelo, le notti tropicali e le giornate estive¹.

4.2.1. Giorni di gelo

Il numero di giorni in cui, in alcune stazioni selezionate sparse sull'Isola, si è scesi sotto lo zero termico (**Figura 39**) è superiore a 60 solo per le stazioni in alta quota, con il valore record di quasi cento giorni a Villanova Strisaili. Molto interessante il valore per il Campo di Giave che, pur essendo sito a bassa quota, fa registrare ben 55 giorni di gelo; si confronti ad esempio con la stazione Bonorva RU, sita nelle vicinanze ma a quota ben più alta, sull'altopiano di Campeda, che ha avuto 52 giorni di gelo. La causa non è solamente il raffreddamento radiativo aiutato dai flussi catabatici, fenomeni notturni tipicamente presenti in ogni vallata e che comunque qui risultano particolarmente efficaci; Campu Giavesu risulta infatti alquanto freddo anche nelle sue temperature massime tipiche, per cui è probabile che anche anomali flussi diurni contribuiscano al suo microclima così particolare.

¹ Le *giornate estive* sono definite *convenzionalmente* come le giornate con temperature massime > 25°C; tuttavia nella presente analisi la soglia è stata elevata a 30°C per rendere questo indicatore più coerente con il clima della Sardegna.

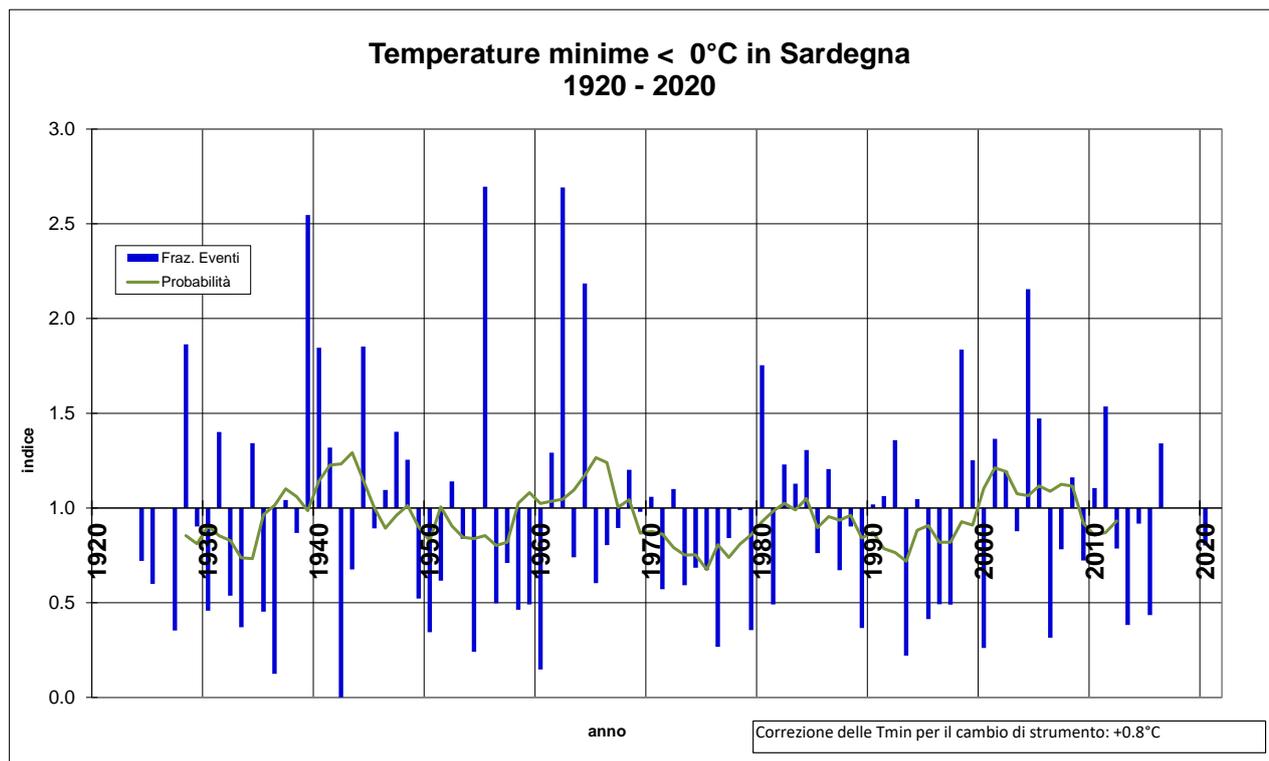
Figura 39: Numero di giorni con gelo ($T_{min} \leq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) registrati nell'annata 2020-2021.



Ampliando l'orizzonte temporale al secolo trascorso, si nota che il numero di giorni di gelo rapportati a quelli della media climatica 1995-2014 (**Figura 40**) presentano un andamento altalenante, nel quale non si possono evidenziare periodi decennali sempre sotto la media, o sempre sopra. Tuttavia è evidente che il numero di anni con meno giornate di gelo della media è molto maggiore del numero di anni con più giornate di gelo della media, possibile segno di una tendenza al riscaldamento che in realtà sarà ben più evidente in altri indicatori mostrati nel seguito di questa analisi. Va in ogni caso ricordato che temperature

sottozero sono correlate non solo all'arrivo di aria gelida ai bassi livelli atmosferici ma anche, e in realtà in Sardegna soprattutto, al persistere di condizioni notturne serene e senza vento, che in inverno e primavera danno modo alla perdita di energia per irraggiamento nell'infrarosso di abbassare efficacemente la temperatura di un sottile strato d'aria a contatto con il suolo (l'altezza tipica dello strato di inversione termica in Sardegna è intorno ai 120 metri).

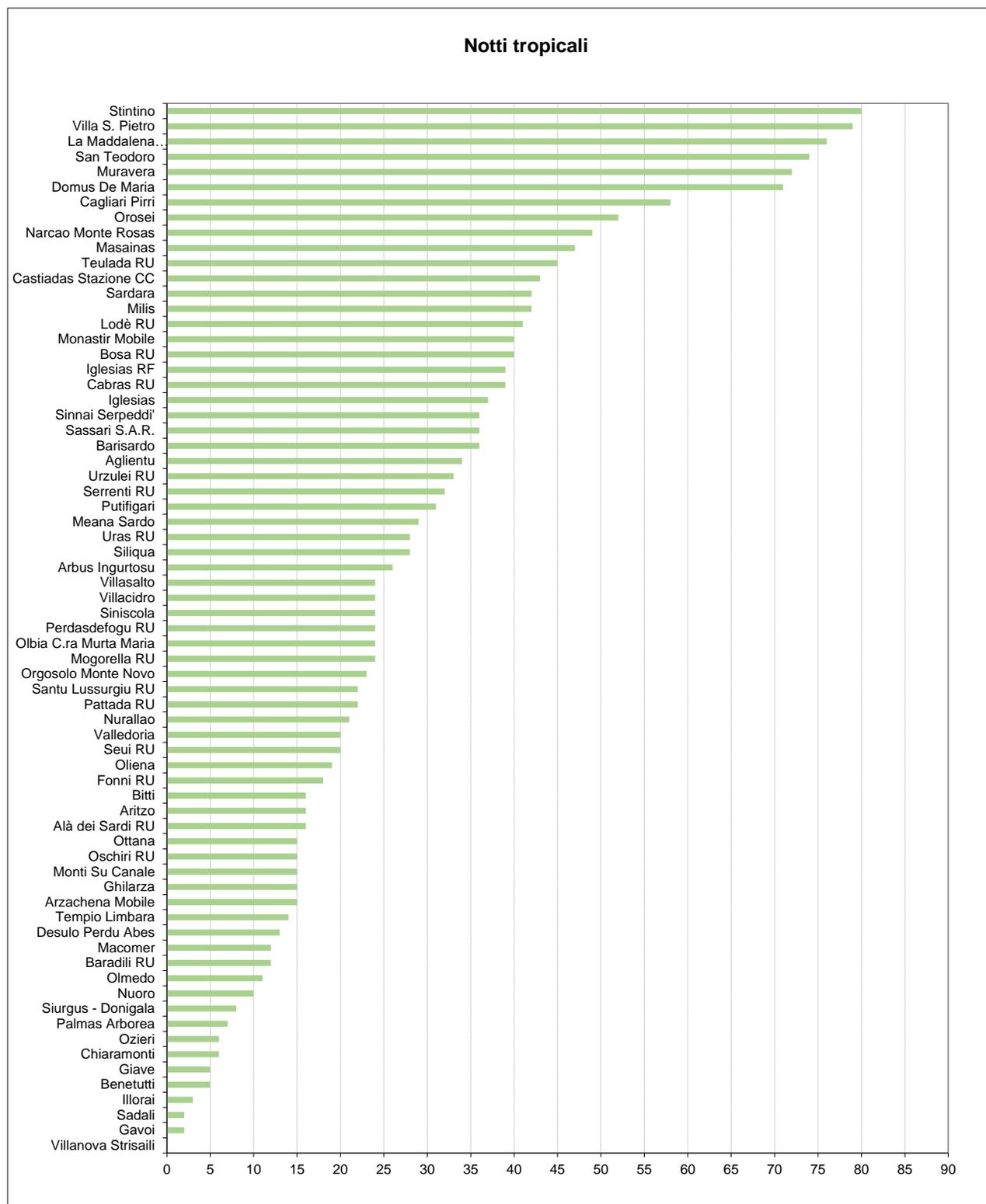
Figura 40: Andamento secolare della frazione del numero di giorni con gelo (numero di giorni con temperatura minima $\leq 0^{\circ}\text{C}$ da novembre ad aprile rispetto alla media 1995-2014). Il valore 1 indica i valori nella media del periodo 1995-2014.



4.2.2. Notti tropicali

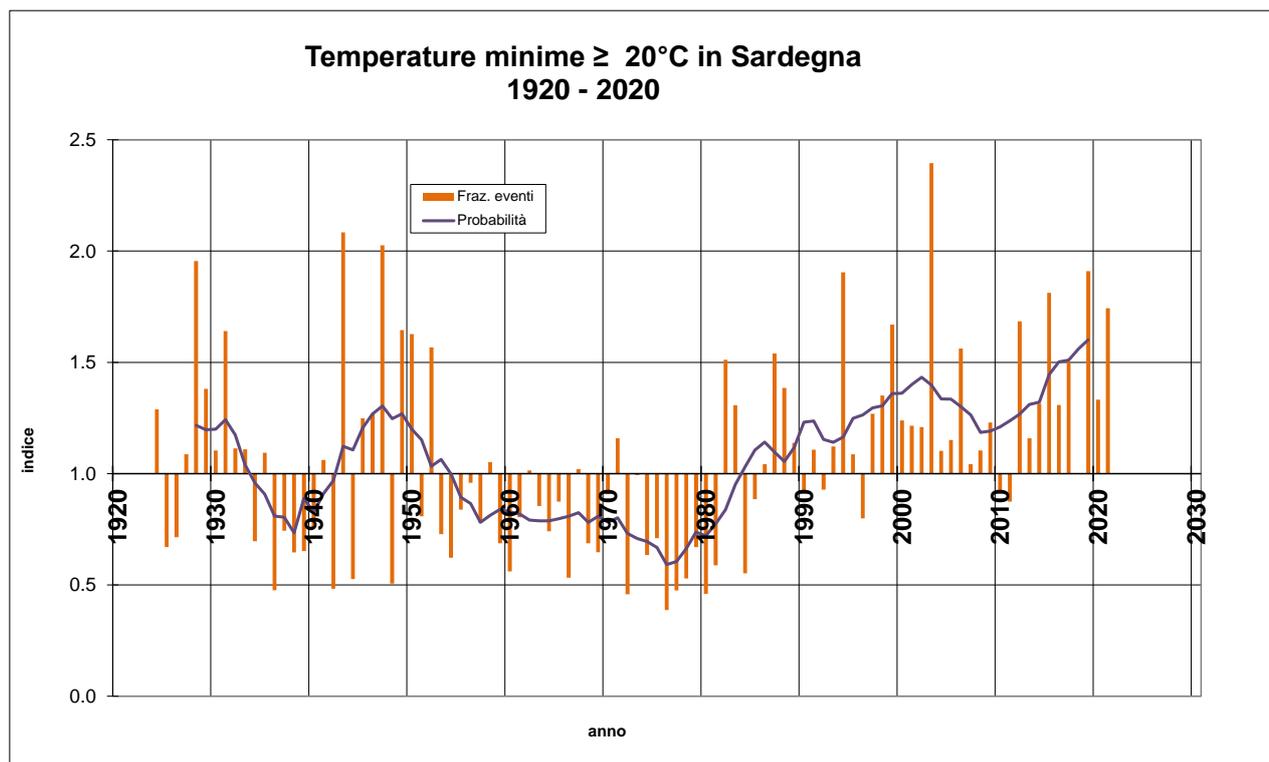
Il numero di notti tropicali, cioè quelle in cui la temperatura è rimasta al di sopra dei 20°C (Figura 41) eccede i 50 solo in località costiere, fino al massimo di 80 notti registrate a Stintino. Le coste sono infatti fortemente termalizzate dal mare, che con la sua capacità termica molto superiore a quella della terraferma riesce efficacemente a ostacolare il raffreddamento notturno sulle coste, purché la circolazione alla superficie in quelle ore arrivi, almeno parzialmente, dal mare. Va infatti ricordato che, in assenza di circolazione sinottica, si instaura un regime di brezza, che di notte vede un flusso dalla terra verso il mare, che quindi di per sé non termalizza le coste. Un caso a sé è Monte Rosas a Narcao che, pur molto distante dal mare, ha avuto ben 48 notti tropicali nella passata annata.

Figura 41: Numero di notti tropicali (Tmin > 20 °C) registrati nel periodo aprile-ottobre 2021.



Il numero delle notti tropicali è dagli anni '80 in aumento, come mostrato in **Figura 42**². Dopo i decenni altalenanti della prima metà del '900, dagli anni '50 si è entrati in un trentennio di notti tropicali più scarse della media, seguita da un quarantennio di anomalie quasi costantemente positive, che dura tutt'ora. Il picco assoluto di notti tropicali è stato raggiunto nel 2003, anno della famosa ondata di calore estiva che ha investito l'intera Europa.

Figura 42: Andamento secolare della frazione del numero di notti tropicali (giorni con temperatura minima > 20 °C da aprile a ottobre rispetto alla media 1971-2000). Il valore 1 indica i valori nella media del periodo 1971-2000.

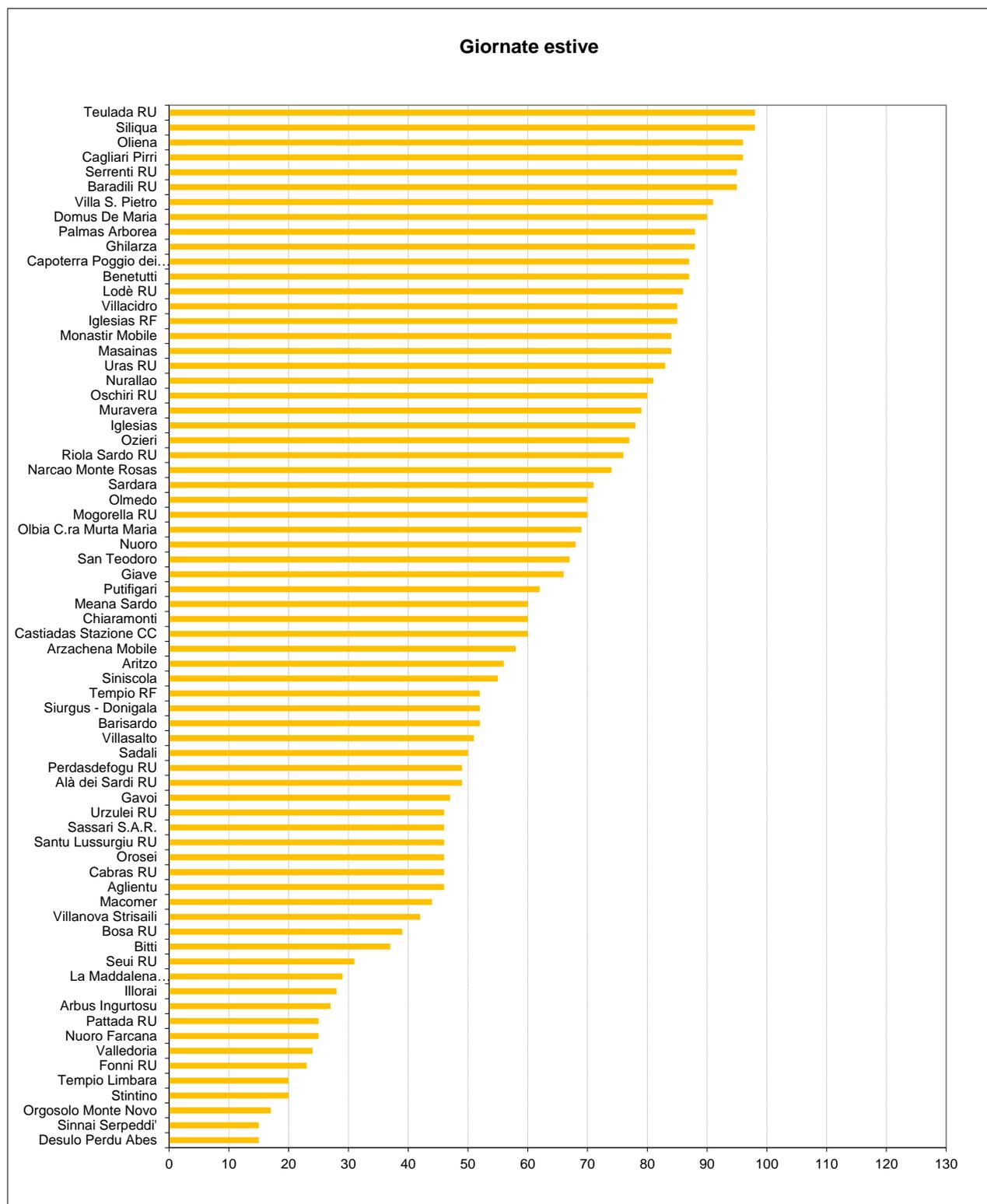


4.2.3. Giornate estive

Il numero di giornate estive (cioè quelle in cui la temperatura ha superato i 30 °C) registrate nell'annata è mostrato in **Figura 43**. È anche questo un fenomeno comune in Sardegna, con picchi a Teulada e Siliqua che sfiorano i 100 giorni. Segue Oliena e poi Cagliari, che registra ben 96 giorni. È un indicatore che, a differenza del precedente, non dipende strettamente dalla distanza dal mare; tuttavia un discrimine geografico è individuabile nella latitudine, con le stazioni meridionali tendenzialmente più interessate al fenomeno rispetto a quelle settentrionali. Segue il discrimine altitudinale, con le stazioni in quota che tendono a registrare meno eventi di quelle collinari o al livello del mare.

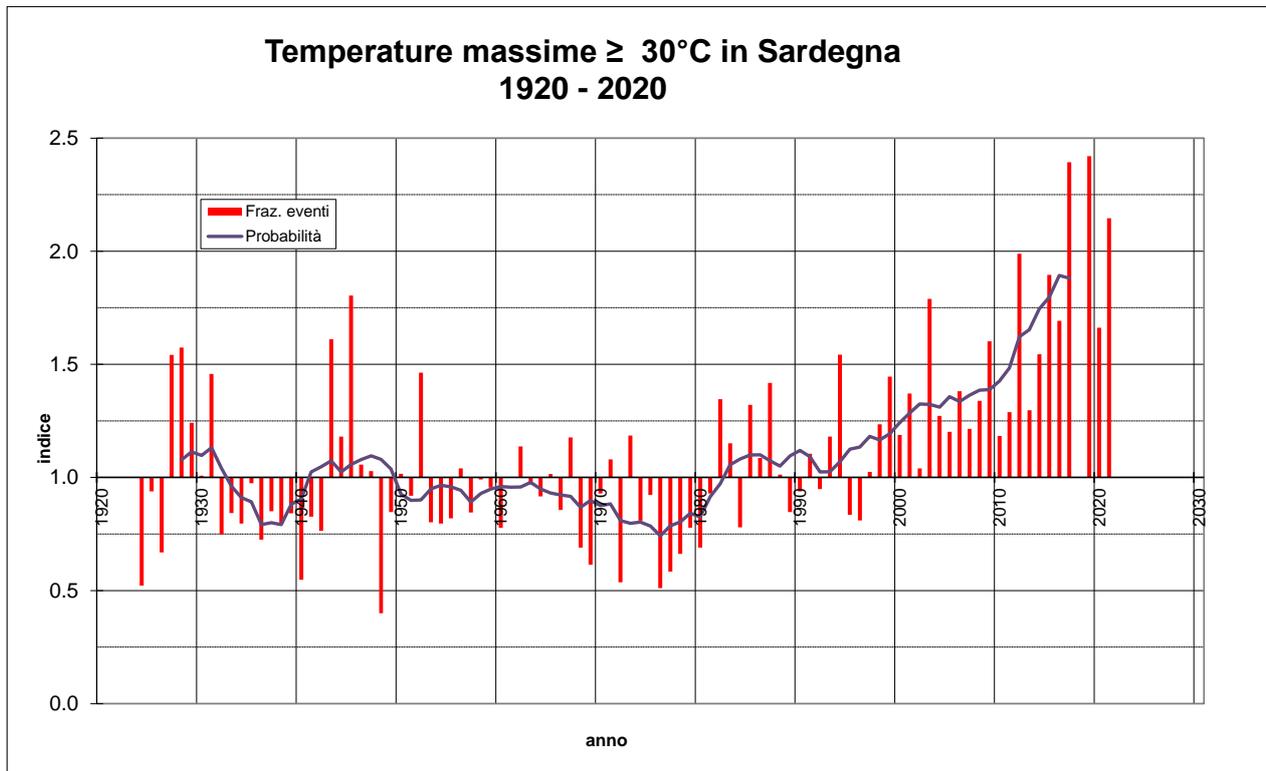
² Anche per elaborare i grafici delle figure 34 e 36 sono stati introdotti i nuovi dati del decennio 1921-1930.

Figura 43: Numero di giornate estive (Tmax > 30 °C) registrate nell'anno 2021.



Questo indice, visto su una prospettiva temporale ampia un secolo (**Figura 44**) mostra ancora più chiaramente la tendenza al riscaldamento degli ultimi decenni. Infatti da metà anni '20 a metà anni '80 del secolo scorso si aveva un andamento altalenante, in cui di anno in anno si poteva avere un numero di giornate estive un po' più alto o un po' più basso della media; ma da metà anni '80 a oggi l'indice è rimasto, con una manciata di eccezioni, sempre sopra la media, e negli ultimi 10 anni anche con valori nettamente superiori a quelli registrati prima del 2012.

Figura 44: Andamento secolare della frazione del numero di giornate estive (numero di giornate con temperatura massima > 30 °C da aprile a ottobre rispetto alla media 1971-2000). Il valore 1 indica i valori nella media del periodo 1971-2000.

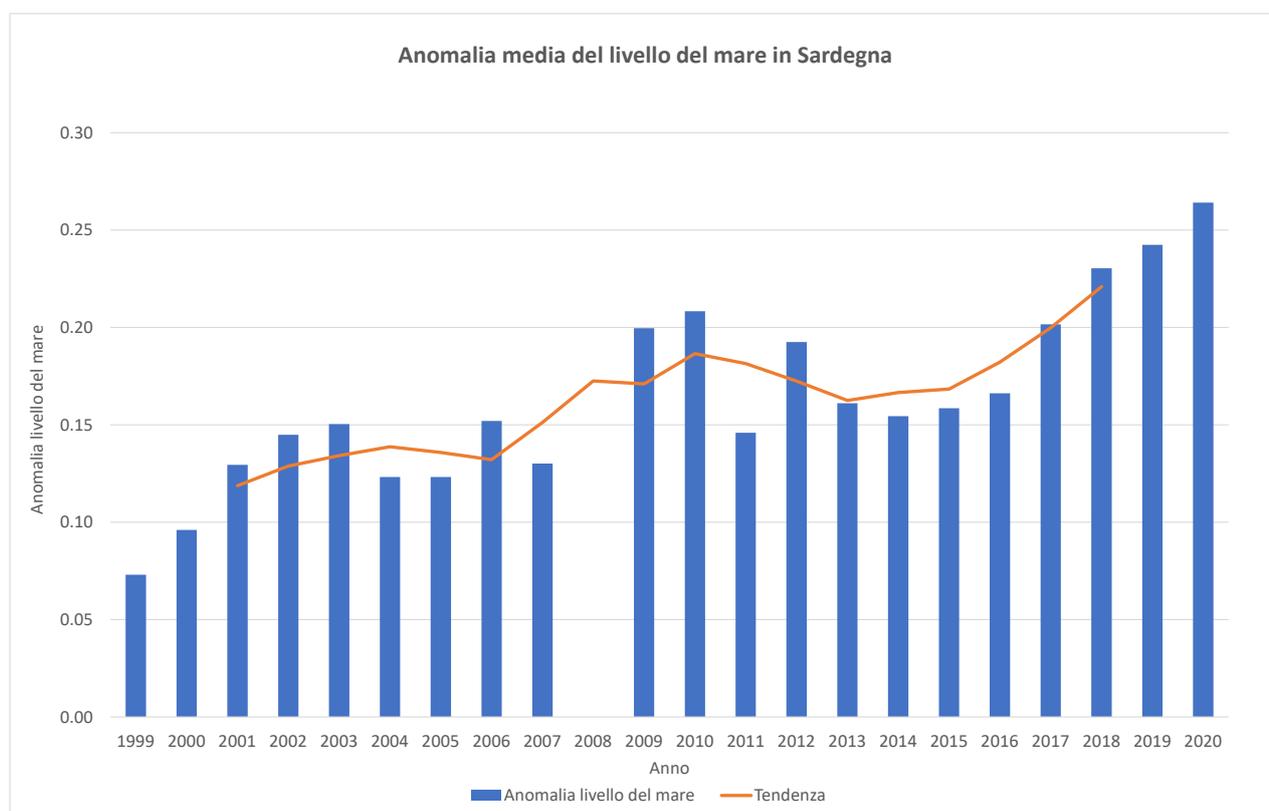


5. ANOMALIA DEL LIVELLO DEL MARE IN SARDEGNA

La **Figura 45** riporta l'anomalia media del livello del mare in Sardegna relativa al periodo 1999-2020, misurata dai mareografi della Rete Mareografica Nazionale: Porto Torres, Carloforte e Cagliari. I valori indicano l'anomalia rispetto al livello medio del mare di Genova che costituisce il riferimento nazionale per questa misura.

Nel periodo riportato in figura il livello medio del mare è in anomalia positiva rispetto al riferimento nazionale. L'andamento di tale indice climatologico ha subito tuttavia variazioni di anno in anno. La tendenza sul lungo periodo segnala comunque un generale aumento dell'anomalia, molto marcato negli ultimi 6 anni. In particolare, durante l'annata agraria 2020-2021 si è raggiunto il picco nel ventennio, con circa +26 cm di anomalia.

Figura 45: Anomalia media annuale del livello del mare in Sardegna negli ultimi venti anni.



6. ELABORAZIONI AGROMETEOROLOGICHE SPECIFICHE

6.1. Evapotraspirazione e bilancio idroclimatico

L'evapotraspirazione di riferimento (ET_0) è stata calcolata applicando il metodo di Hargreaves-Samani ai dati medi mensili di temperatura minima, massima e media.

L'evapotraspirazione totale mensile ha assunto nel corso dell'annata valori minimi compresi tra poco meno di 15 e 40 mm nel mese di dicembre 2020, mentre ha raggiunto i valori massimi nel mese di luglio (superiori alle corrispondenti medie climatiche) quando si sono superati i 230 mm in alcune aree, con i valori più elevati localizzati nelle aree pianeggianti interne della Sardegna Settentrionale.

In generale, i valori sono stati più alti della media soprattutto nei mesi di febbraio, giugno e luglio, mentre sono stati inferiori alla media in maniera sensibile nel mese di ottobre, dicembre e gennaio. I restanti mesi hanno mostrato valori in linea con le corrispondenti medie climatiche o di poco superiori.

Il bilancio idroclimatico rappresenta la differenza tra gli apporti piovosi e le perdite evapotraspirative e consente di esprimere l'apporto meteorico netto in modo da evidenziare le differenti condizioni di disponibilità idrica nei diversi ambiti territoriali e nei diversi anni.

Le elaborazioni del bilancio idroclimatico sono riportate in forma di mappe mensili, raggruppate per semestri nelle **Figure 46 e 47**. Si possono osservare condizioni estese di surplus idrico nei mesi di dicembre e gennaio, mentre nei restanti mesi da ottobre ad aprile si osservano ampie zone di deficit; dal mese di maggio fino a settembre si hanno condizioni di deficit sulla totalità del territorio isolano salvo rari casi, molto circoscritti, in cui si sono avute condizioni di segno opposto (ad esempio nel mese di settembre, in alcune aree della Sardegna orientale e meridionale).

Rispetto alla media climatica 1971-2000 si sono registrate anomalie positive prevalenti nei mesi di dicembre e gennaio; in ottobre, e successivamente in febbraio e marzo e nel trimestre giugno-agosto si sono avute le anomalie negative più estese e significative. Negli altri mesi si sono registrate condizioni mediamente prossime ai valori climatici o presenza contemporaneamente di anomalie positive e negative, come nel mese di aprile, ad esempio.

Figura 46: Mappe mensili di bilancio idroclimatico (mm) del semestre ottobre 2020 – marzo 2021.

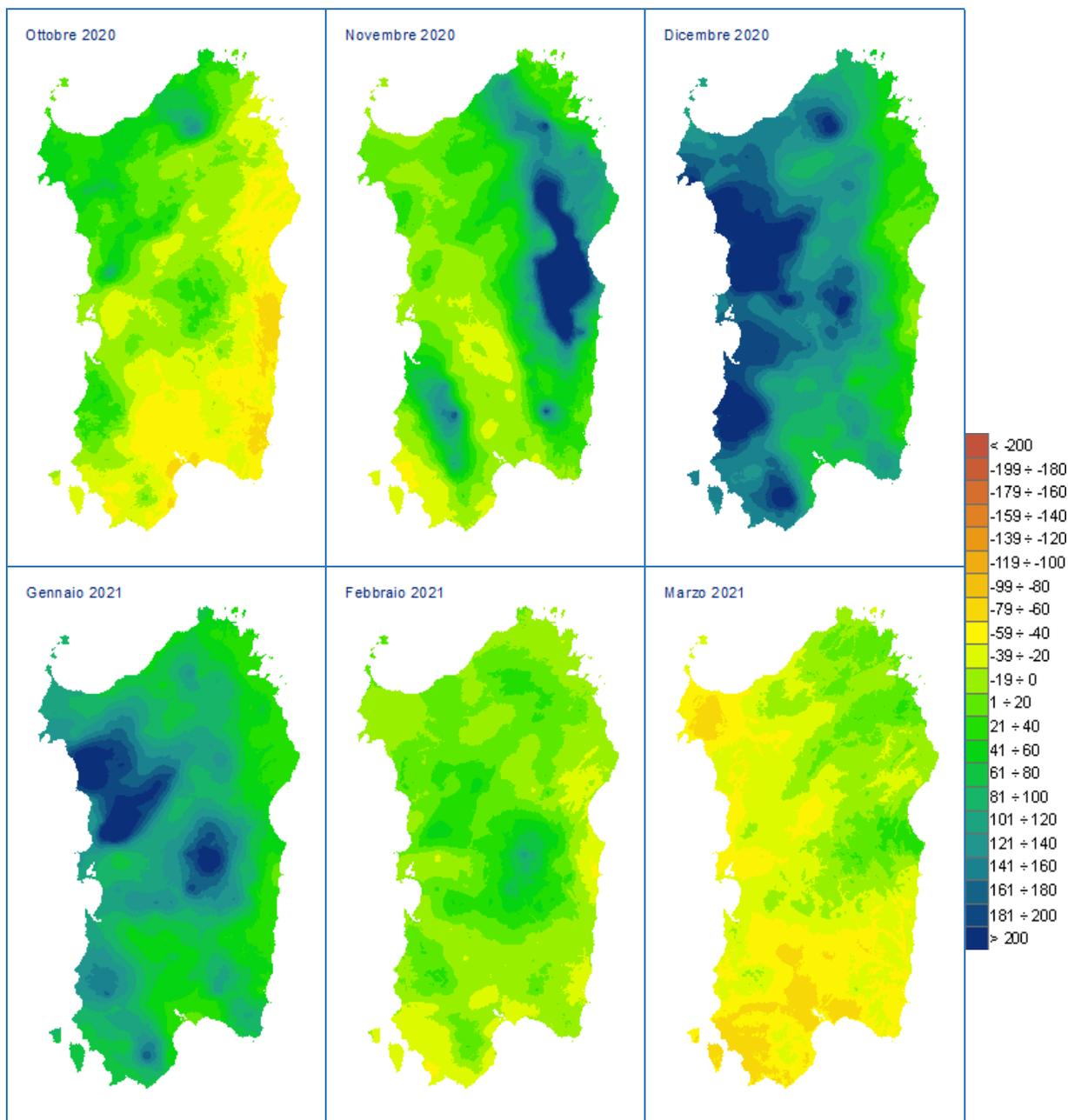
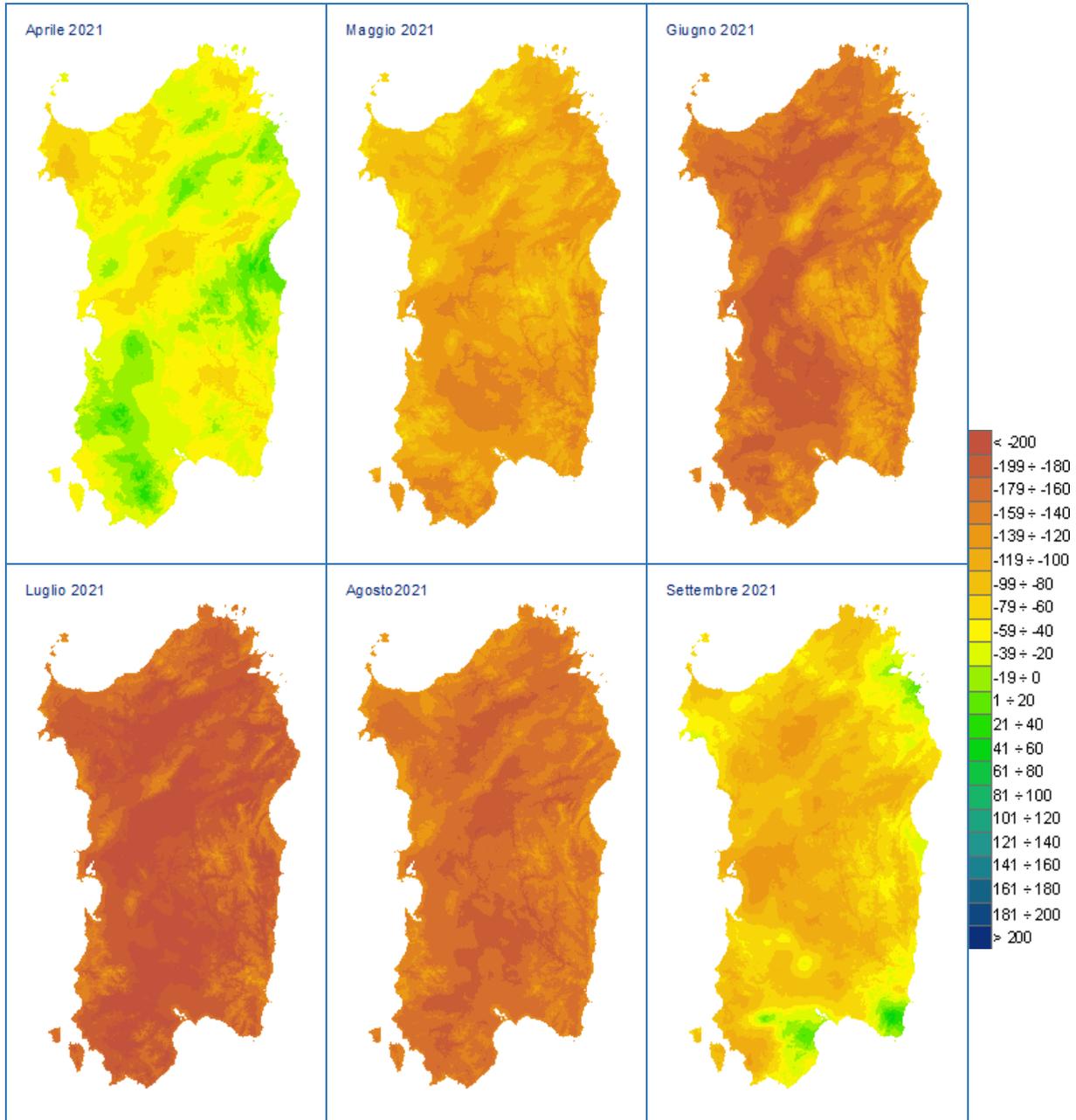


Figura 47: Mappe mensili di bilancio idroclimatico (mm) del semestre aprile - settembre 2021.



6.2. Indice di precipitazione standardizzata - SPI

Per l'analisi delle condizioni di siccità e degli impatti sulle diverse componenti del sistema idrologico (suolo, corsi d'acqua, falde, ecc..) è stato calcolato l'indice di precipitazione standardizzata (Standardized Precipitation Index, SPI) su scala temporale di 3, 6, 12 e 24 mesi.

| 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 considera lo scostamento della pioggia di un dato periodo dal valore medio climatico, rispetto alla deviazione standard della serie storica di riferimento (trentennio 1971-2000). L'indice pertanto evidenzia quanto le condizioni osservate si discostano dalla norma (SPI = 0) e attribuisce all'anomalia una severità negativa (siccità estrema, severa, moderata) o positiva (piovosità moderata, severa, estrema), strettamente legata alla 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 tabella sono riportate le classi di siccità o surplus corrispondenti a diversi intervalli di valori dell'indice SPI.

L'analisi su periodi di diversa durata si basa sul presupposto che le componenti del sistema idrologico rispondono in maniera differente alla durata di un deficit di precipitazione: ad esempio il contenuto idrico del suolo risente dei deficit di breve durata (1-3 mesi), mentre deficit pluviometrici che si prolungano per svariati mesi (6, 12 e oltre) possono avere

conseguenze sui deflussi superficiali, sulle falde sotterranee e sulle risorse idriche invase nei laghi e nei serbatoi artificiali.

Per quanto riguarda l'analisi trimestrale, relativa al contenuto idrico dei suoli (**Figure 48 e 49**), si osserva nel mese di ottobre una condizione caratterizzata dalle classi *Moderatamente umido* ed *Estremamente umido* nel Nord dell'Isola e *vicino alla media* nella restante parte; tale condizione si è andata attenuando nel corso del bimestre successivo con diffuse condizioni *Vicino alla media*. Nel primo bimestre dell'anno le piogge sul versante occidentale hanno determinato condizioni da *Molto umido* a *Estremamente umido* corrispondenti a dotazioni idriche dei suoli elevate. Dal mese di marzo si è registrato un progressivo calo dei valori con diffuse condizioni *Vicino alla media* e aree caratterizzate da condizioni siccitose, che nei mesi di luglio e settembre, in particolare, hanno interessato superfici vaste con le classi *Molto siccitoso* ed *Estremamente siccitoso*.

Figura 48: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2020 a marzo 2021, calcolato con finestre temporali di 3 mesi.

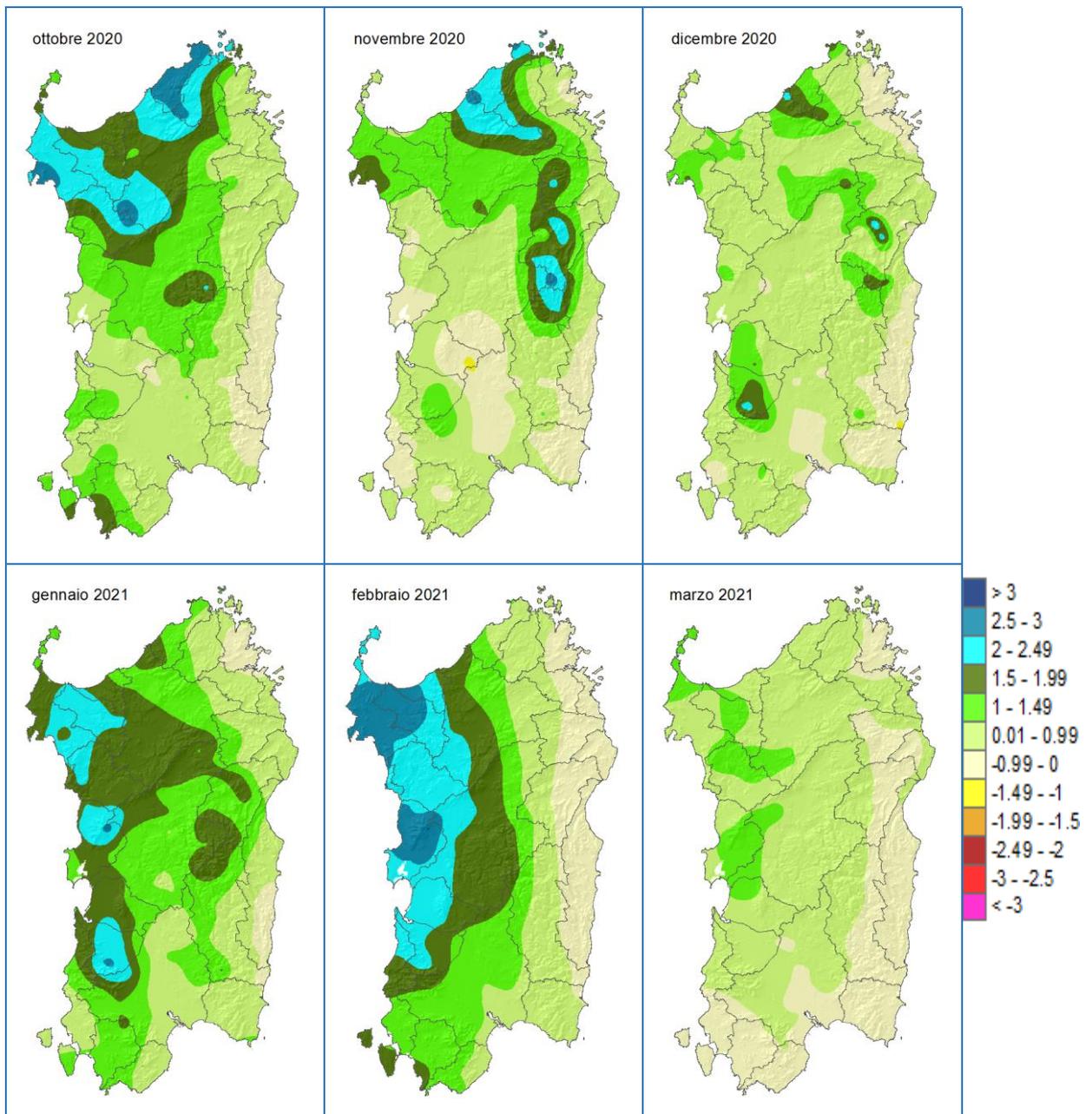
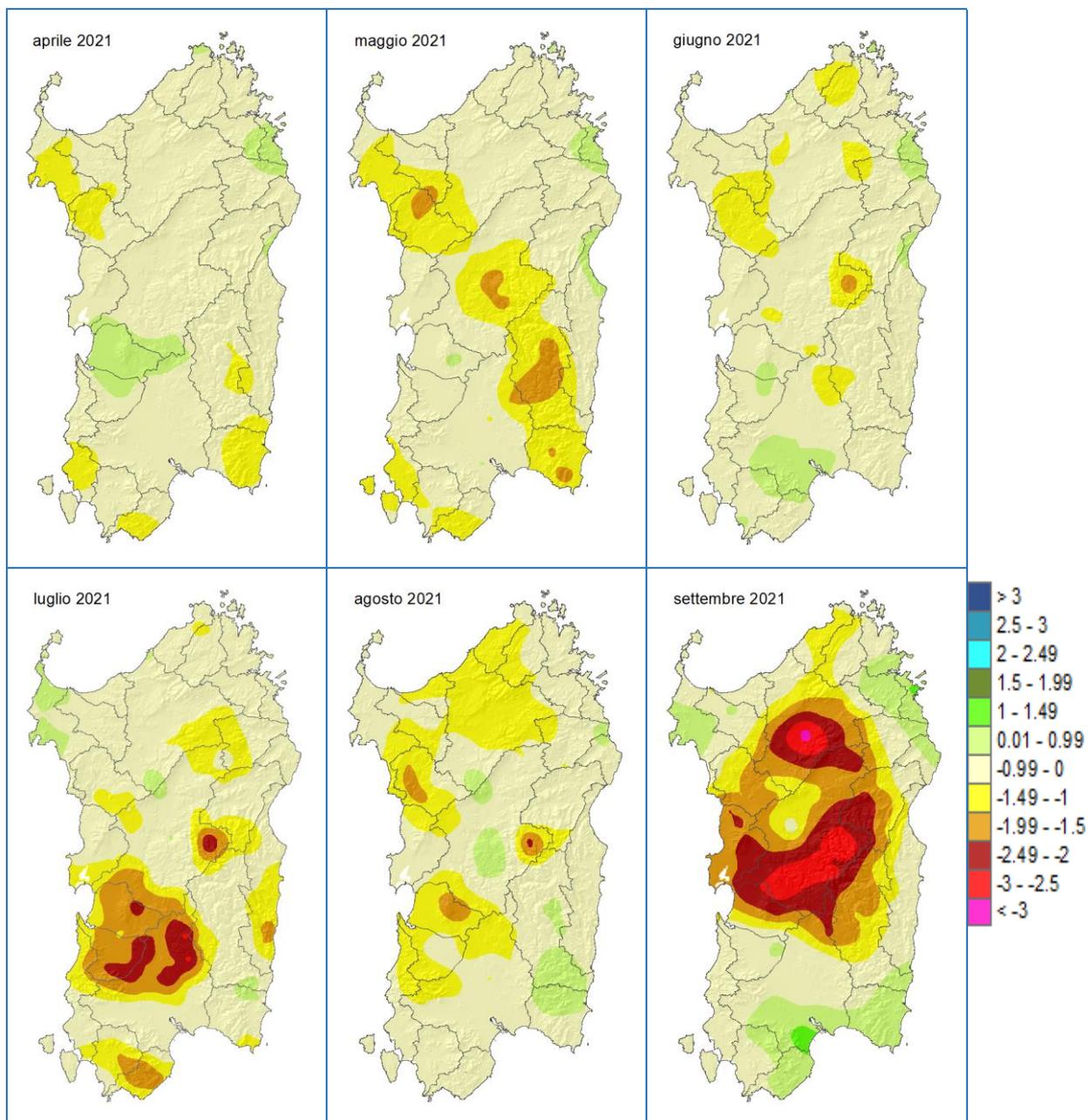


Figura 49: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2021, calcolato con finestre temporali di 3 mesi.



L'analisi dell'SPI calcolato sui cumulati di pioggia registrati su periodi di 12 mesi, riflette condizioni siccitose riferite ai bacini idrici di piccole-medie dimensioni, alle falde e alle portate fluviali. Le mappe riportate nelle **Figure 50 e 51** mostrano per il settore orientale condizioni *Vicino alla media* in generale per tutti i mesi, mentre sulla parte Nord-occidentale, grazie soprattutto agli abbondanti apporti di dicembre e gennaio, si sono registrate condizioni umide, con le classi da *Moderatamente umido* ed *Estremamente umido* a partire dal mese di gennaio fino all'estate.

Figura 50: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2019 a marzo 2020, calcolato con finestre temporali di 12 mesi.

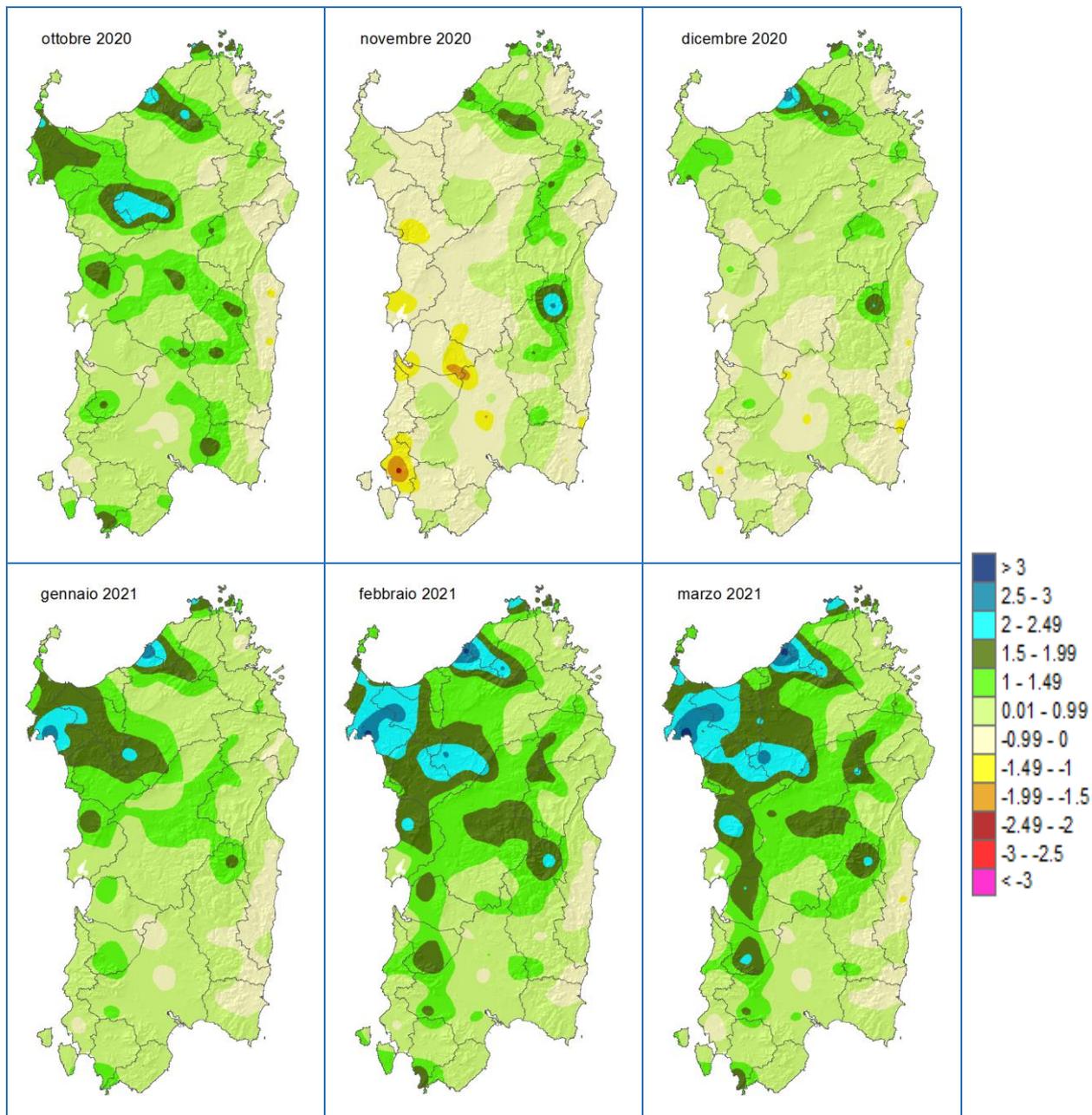
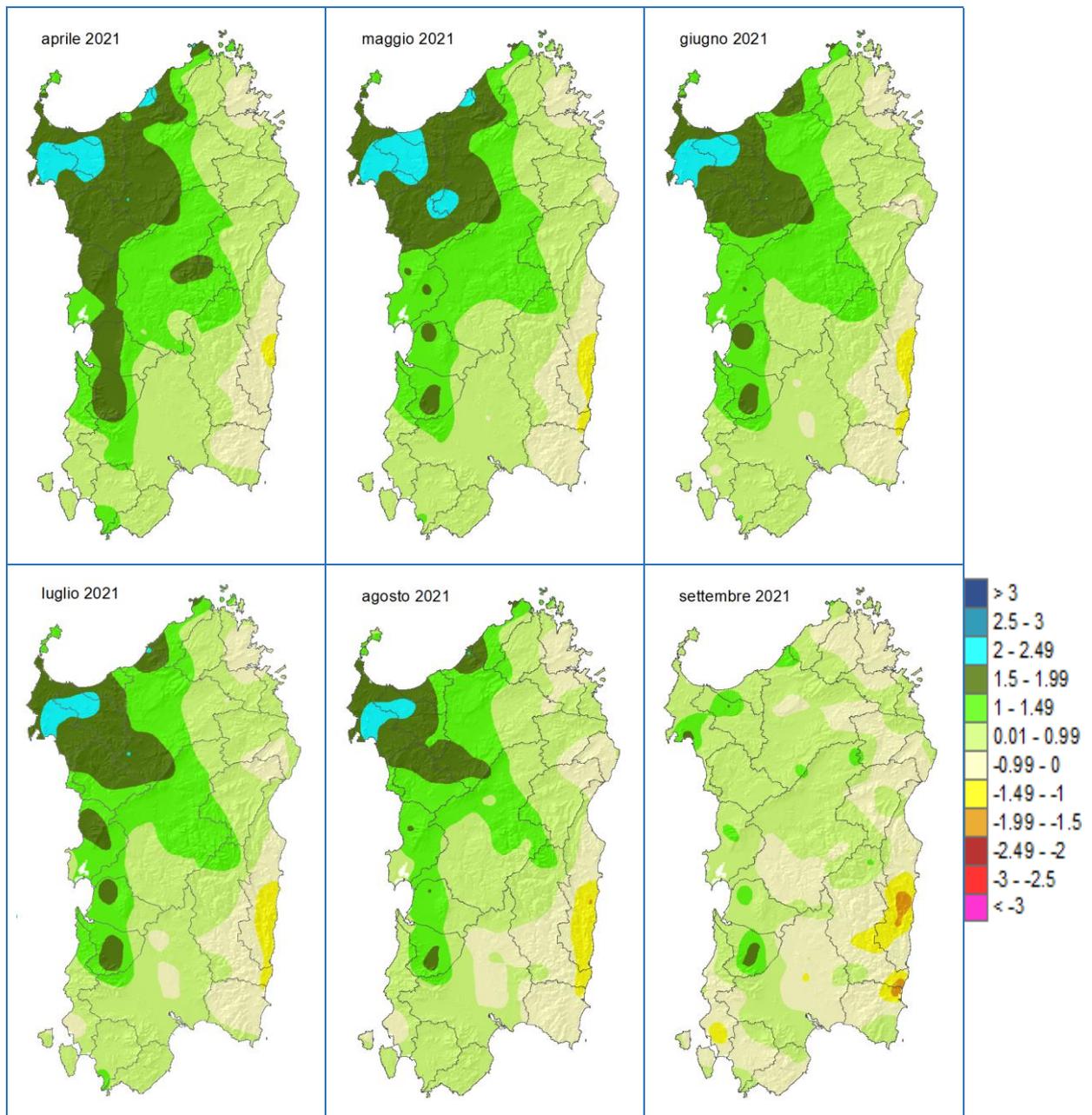
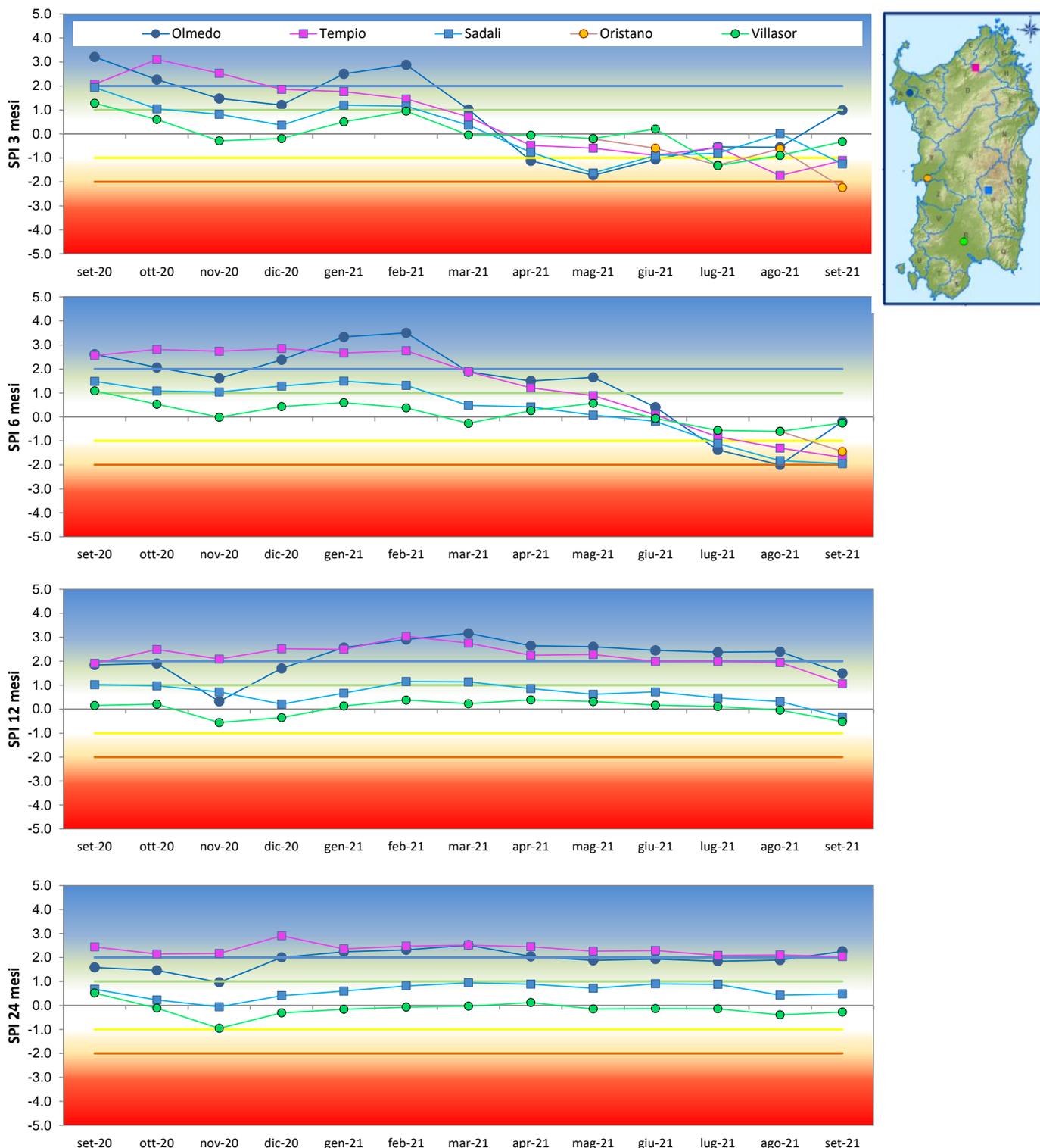


Figura 51: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2020, calcolato con finestre temporali di 12 mesi.



Nella **Figura 52** sono riportati graficamente i valori mensili di SPI riferiti a finestre temporali di 3, 6, 12 e 24 mesi, calcolati per le stazioni di Olmedo, Tempio, Sadali e Villasor, rappresentative di diversi areali della Sardegna. Per la stazione di Oristano sono presenti soltanto gli ultimi mesi a causa di problemi di natura tecnica.

Figura 52: Andamento mensile dell'indice SPI calcolato con finestre temporali di 3, 6, 12 e 24 mesi per alcune stazioni rappresentative.



6.3. Sommatorie termiche

Le sommatorie termiche sono importanti indicatori agrometeorologici che consentono di spiegare il comportamento fenologico delle colture in relazione all'andamento termico che caratterizza un determinato periodo. Rappresentano, infatti, l'accumulo di unità termiche sopra una predefinita soglia di temperatura che è necessaria per consentire lo sviluppo degli organismi vegetali e che è variabile in relazione alla specie, alla cultivar e alla fase fenologica. Si esprimono in Gradi Giorno o Growing Degree Days (GDD).

Il periodo ottobre 2020 – settembre 2021 è stato molto caldo, in particolare a febbraio e nel corso dell'estate, come si evince dai valori di anomalia in base 0 °C e 10 °C calcolati per l'intero periodo, ben oltre la media pluriennale (**Figure 53 e 54**). Gli scostamenti maggiori, oltre 400 GDD hanno riguardato le aree montuose dell'Isola, mentre in altri territori, soprattutto settentrionali (es. Nurra), le anomalie sono risultate più contenute. Nel dettaglio dei valori, le somme termiche in base 0 °C hanno variato tra 2800 e 6700 GDD, mentre quelle in base 10 °C tra 500 e 3050 GDD, con i valori maggiori rilevati nelle aree costiere e nella pianura del Campidano.

Analizzando separatamente i due periodi ottobre 2020 – marzo 2021 e aprile – settembre 2021 è possibile osservare come il maggior apporto in termini di temperatura e di scostamento rispetto al dato medio sia attribuibile principalmente al secondo semestre. Il periodo ottobre 2020 – marzo 2021 (**Figure 55 e 56**), infatti, ha presentato un marcato ritardo termico in particolare lungo il versante occidentale e soprattutto nell'area Nord-occidentale per i valori in base 0 °C. Per i valori in base 10 °C, invece, le anomalie termiche sono risultate quasi sempre positive soprattutto nei territori Sud-orientali dell'Isola. Nello specifico, le sommatorie in base 0 °C hanno variato tra 430 e 2600 GDD, mentre quelle in base 10 °C tra 0 e 780 GDD.

Il periodo aprile-settembre ha fatto rilevare un netto anticipo termico, particolarmente evidente nelle aree ad alta quota come i territori montuosi della Barbagia in cui sono state registrate anomalie superiori ai 400 GDD (Figure 57 e 58). Le sommatorie termiche hanno variato tra 2350 GDD e 4100 GDD sopra 0° C e tra 700 GDD e 2300 GDD sopra 10 °C con i valori più alti in particolare nel Campidano e lungo le coste meridionali.

Figura 53: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo ottobre 2020 - settembre 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

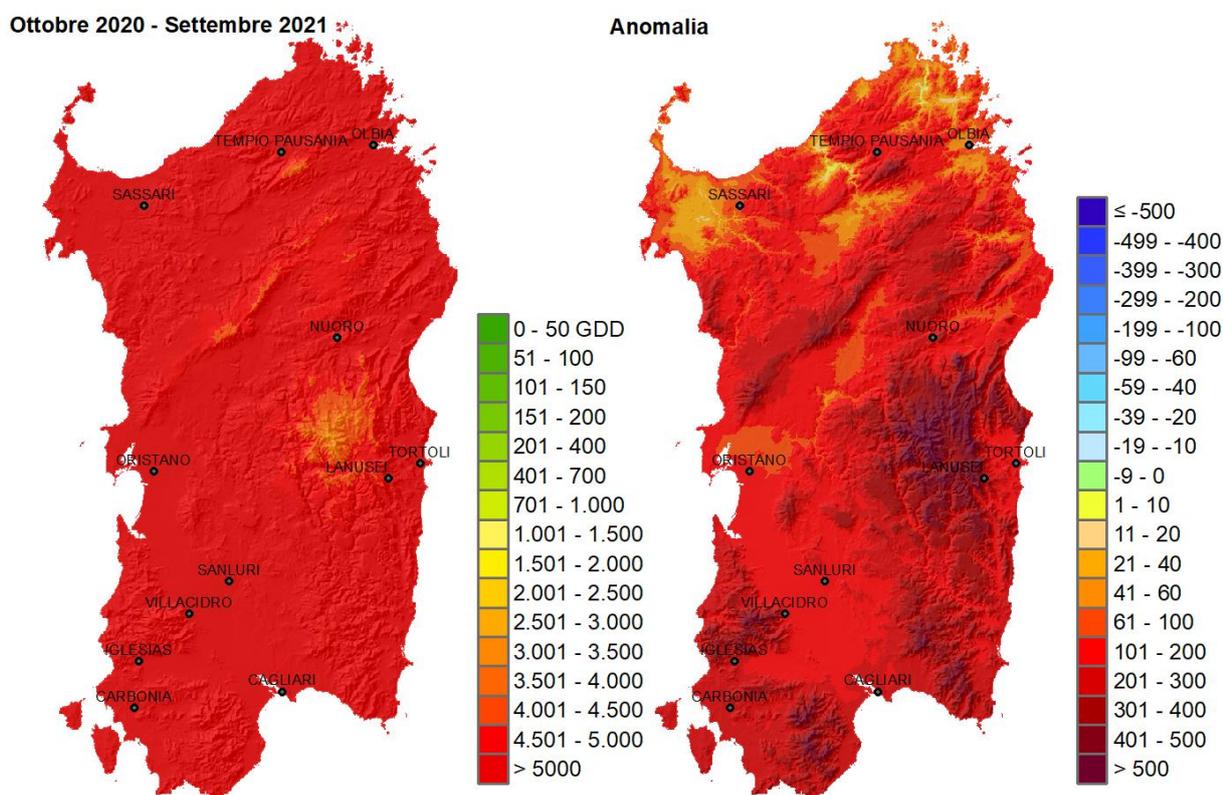


Figura 54: Sommatorie termiche in base 10 °C calcolate per il periodo ottobre 2020 - settembre 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

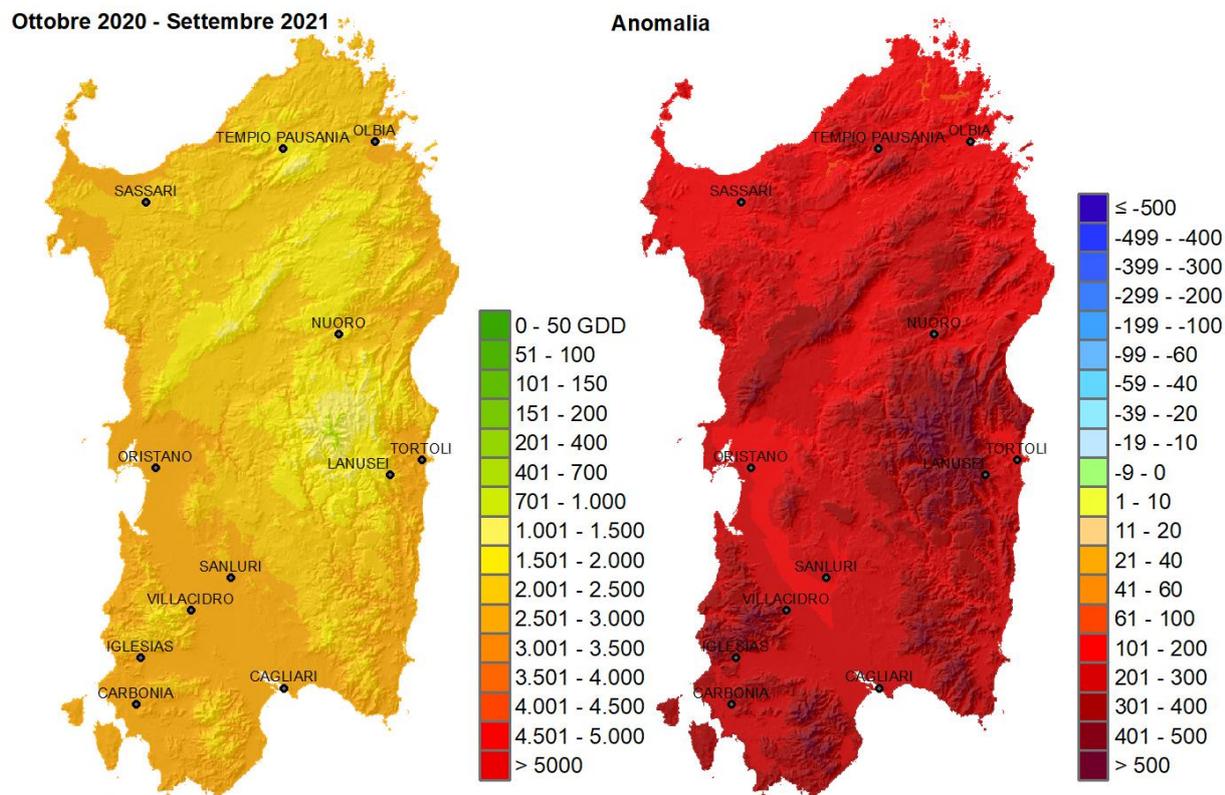


Figura 55: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo ottobre 2020 – marzo 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

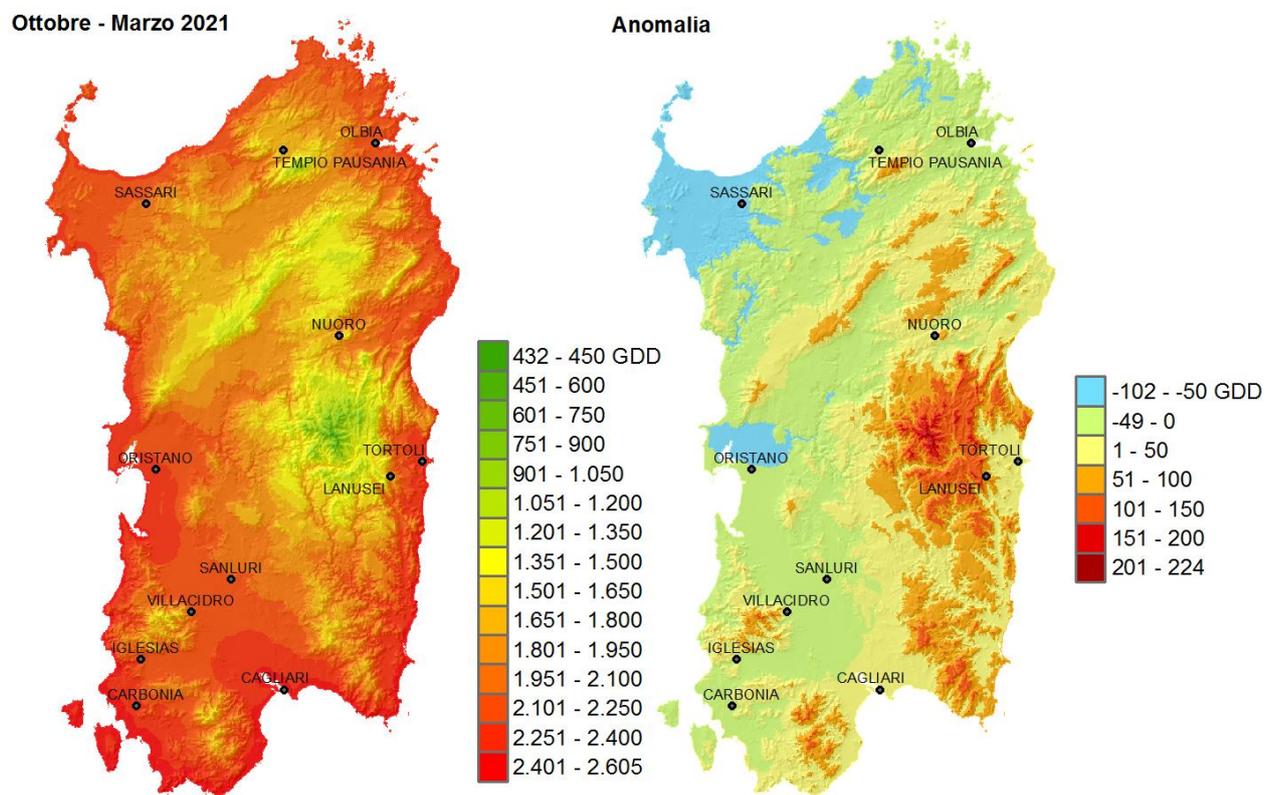


Figura 56: Sommatorie termiche in base 10 °C calcolate per il periodo ottobre 2020 – marzo 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

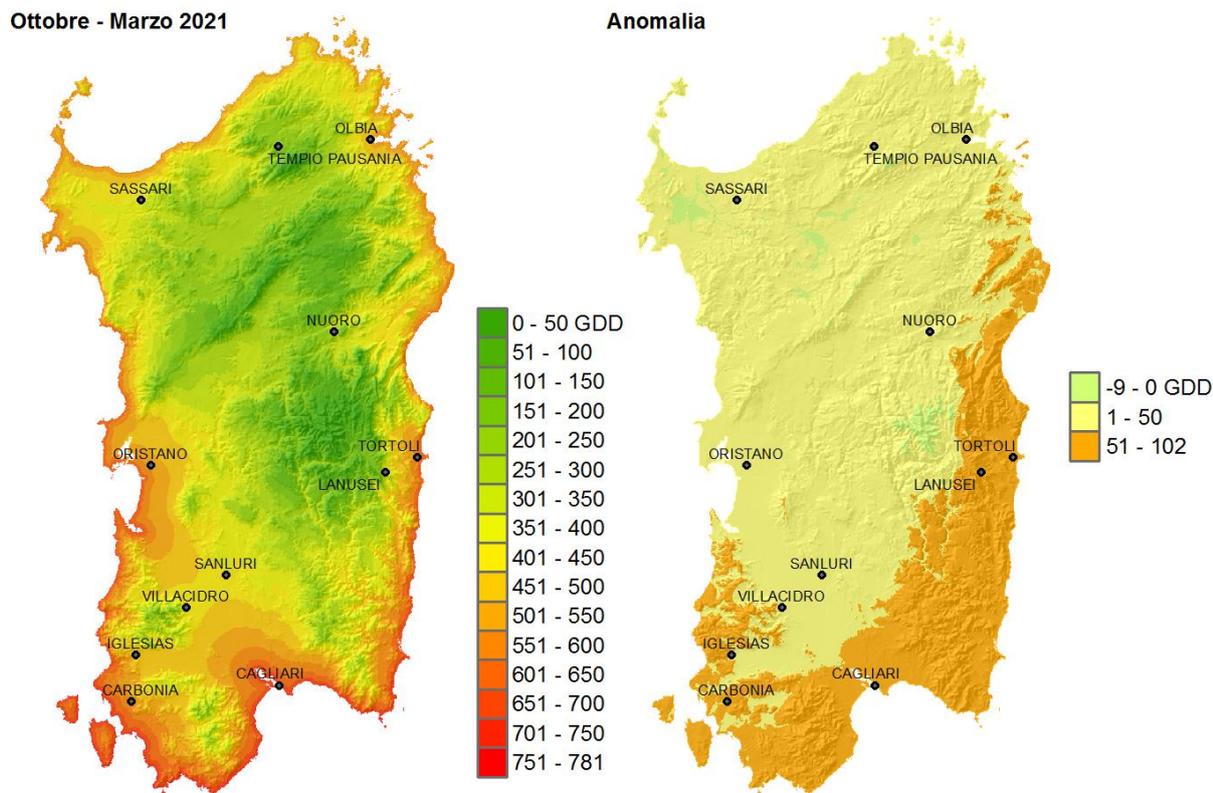


Figura 57: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo aprile - settembre 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

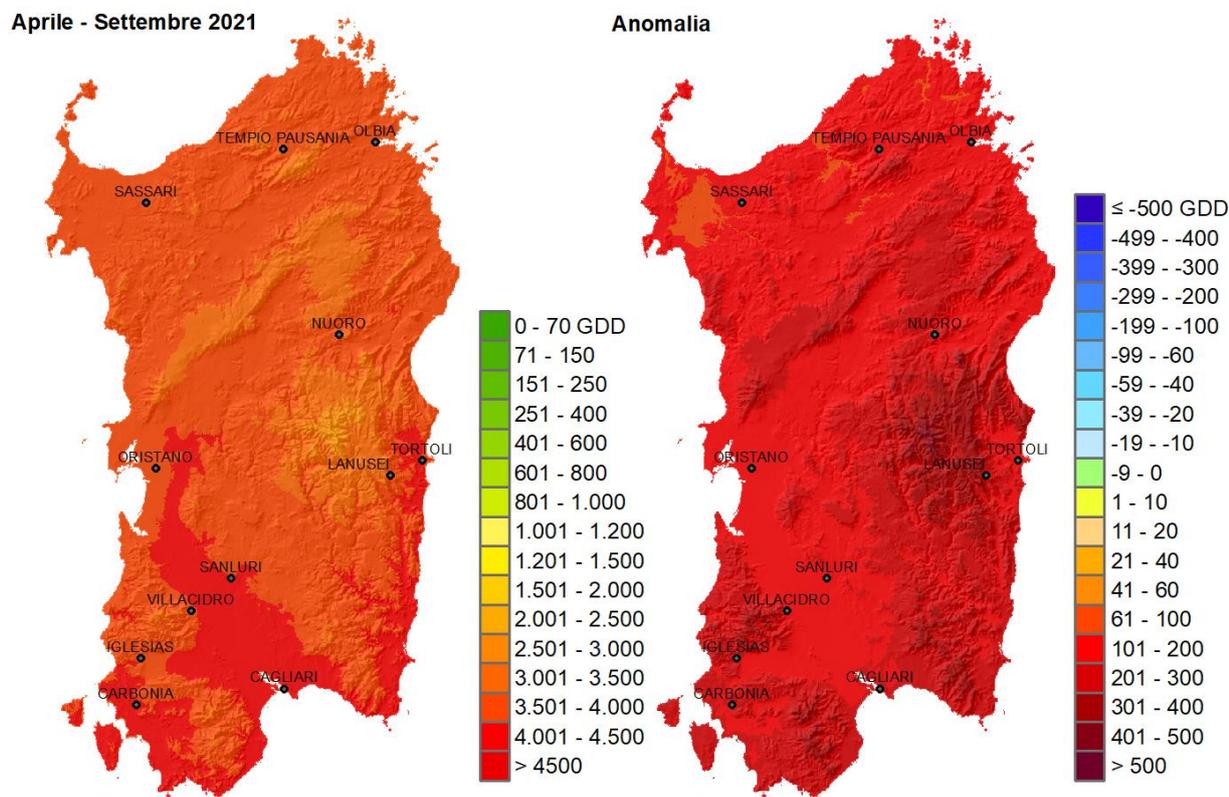
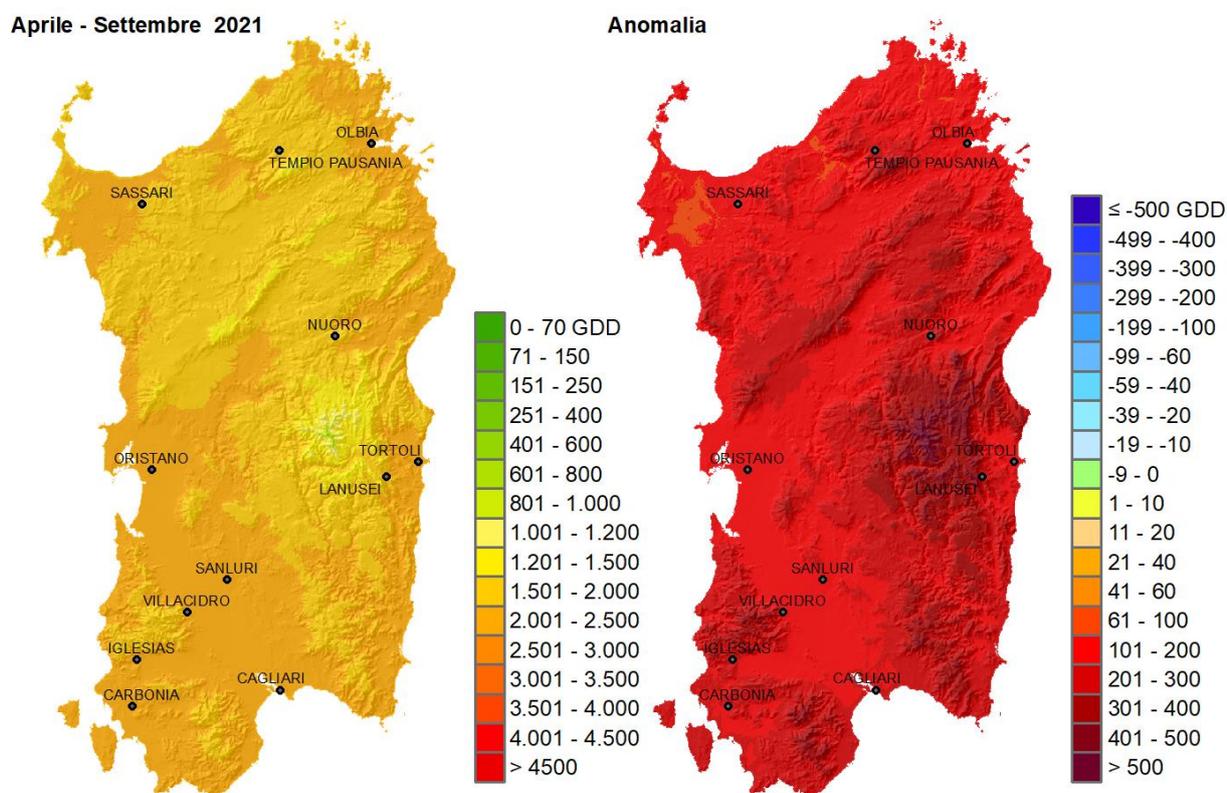


Figura 58: Sommatorie termiche in base 10 °C per il periodo aprile - settembre 2021 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.



Nelle **Figure 59-61** è, inoltre, riportato l'accumulo termico in base 0 °C e 10 °C calcolato per il periodo ottobre 2020 - settembre 2021 e il confronto con lo stesso periodo relativo agli ultimi 25 anni per tre stazioni rappresentative del territorio regionale (Olmedo, Oliena e Sardara). Dai grafici è possibile osservare come l'annata sia stata tra le più calde tra quelle considerate per la stazione di Sardara con 6117 GDD in base 0 °C (al quarto posto dopo l'annata 2019/20, 2002/03 e 2006/07) e 2570 GDD in base 10°C (al terzo posto dopo l'annata 2002/03 e 2019/20), mentre meno evidente la situazione per la stazione di Oliena. Olmedo ha mostrato invece accumuli termici sostanzialmente nella media in accordo con quanto riportato in precedenza sull'area della Nurra.

Figura 59: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2019 – Stazione di Olmedo.

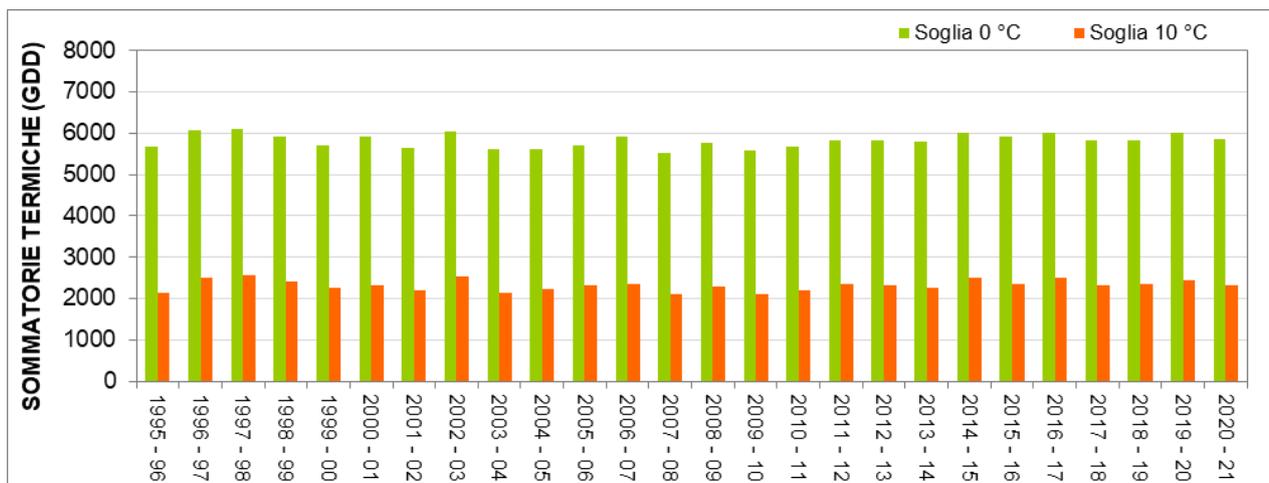


Figura 60: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2019 – Stazione di Oliena.

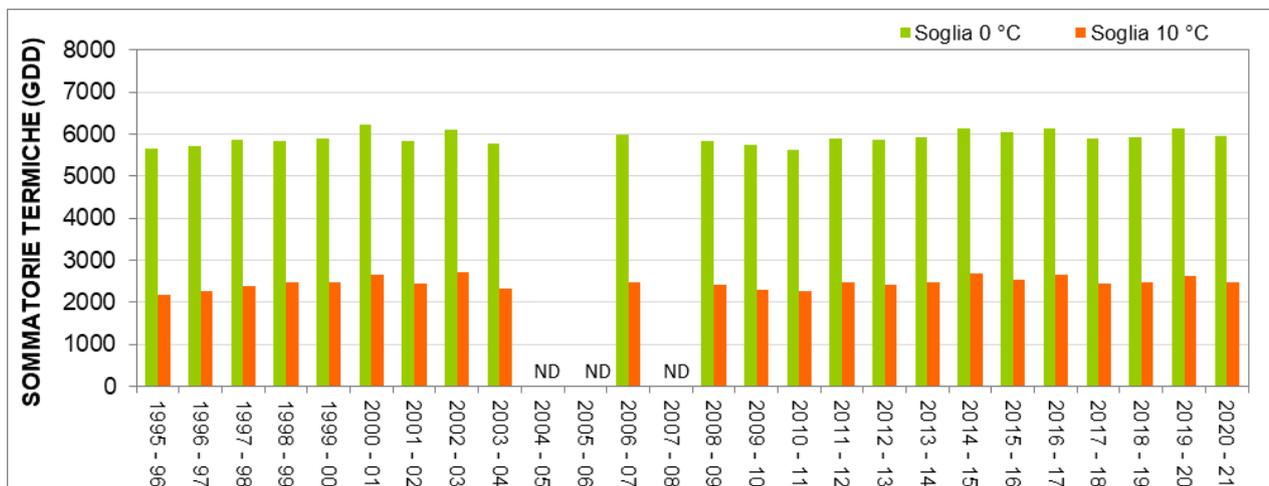
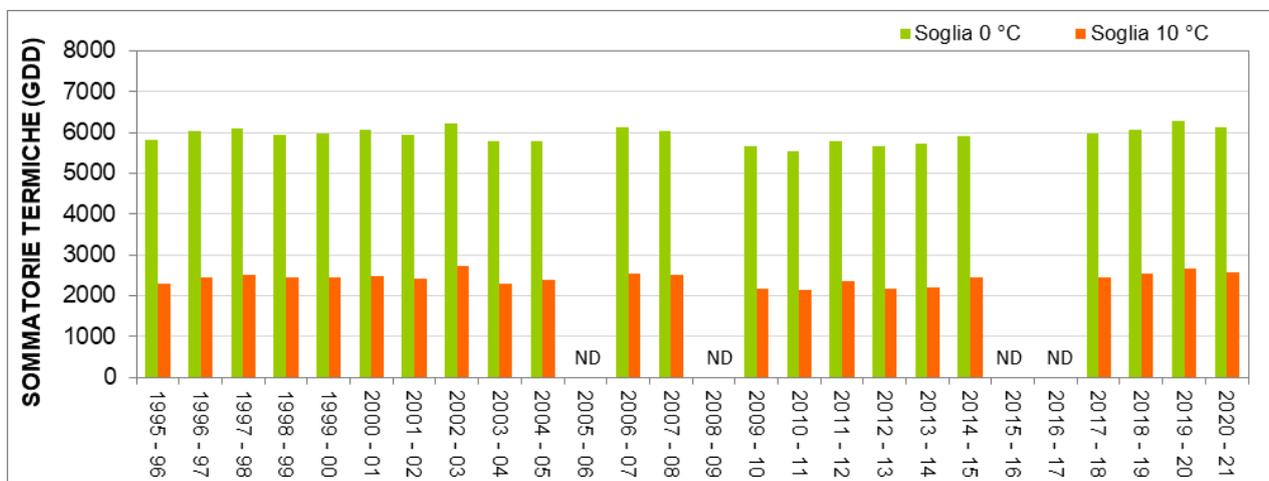


Figura 61: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2019 – Stazione di Sardara.



6.4. Wind Chill Index (WCI)

Il *Wind Chill Index* (WCI) o indice di freddo consente di stimare il disagio fisiologico avvertito dal bestiame di interesse zootecnico esposto a condizioni meteorologiche di bassa temperatura e ventosità. In base ai valori di WCI si possono distinguere 7 categorie di disagio, tanto più critiche quanto più basso è il valore dell'indice, secondo la seguente tabella:

| Valori indice | Classe di disagio |
|---------------------------|--|
| WCI > 10 | Nessun disagio |
| 10 ≥ WCI > -1 | Lieve disagio |
| -1 ≥ WCI > -10 | Disagio |
| -10 ≥ WCI > -18 | Elevato disagio |
| -18 ≥ WCI > -29 | Possibile congelamento in seguito a esposizione prolungata |
| -29 ≥ WCI > -50 | Congelamento in seguito a esposizione prolungata |
| WCI ≤ -50 | Rapido congelamento in seguito a breve esposizione |

Il periodo dicembre 2020 – marzo 2021 è stato caratterizzato da un mese di gennaio più critico della media pluriennale, da un mese di febbraio più caldo e quindi potenzialmente meno disagiata, mentre a dicembre 2020 e marzo 2021 si sono registrate condizioni variabili, più o meno critiche della media, in base alla zona di monitoraggio.

Se si considera la permanenza oraria dell'indice WCI per l'intero periodo in esame (**Figura 62**) è possibile osservare come la situazione più critica si sia registrata nelle stazioni di montagna di Desulo Perdu Abes, Tempio Limbara, Fonni e Seui con oltre 2700 ore complessive suddivise tra *Lieve Disagio*, *Disagio* ed *Elevato Disagio*, con diverse ore anche di *Possibile Congelamento*. La stazione, invece, che ha evidenziato minori criticità è stata Villa San Pietro con circa 1300 ore complessive di *Lieve Disagio* in tutto il quadrimestre.

Tra tutti i mesi esaminati i valori mediamente più bassi di WCI sono stati registrati a gennaio. I valori del WCI medio e della media delle minime sono stati generalmente più critici della media pluriennale, in particolare nelle zone montuose della regione storica del Montacuto (**Figure 63 e 64**). Il WCI medio ha presentato una condizione diffusa di *Lieve Disagio*, mentre valori nell'intervallo di *Disagio* sono stati registrati nelle aree montuose della Barbagia e nella catena del Marghine, Goceano e Monti di Ala'. La media delle minime ha anch'essa variato in prevalenza tra *Lieve Disagio* e *Disagio* ma in questo caso la situazione più critica è risultata più estesa coinvolgendo in particolare i territori settentrionali e le zone della fascia orientale, dove in alcuni casi si è evidenziata anche la condizione di *Elevato Disagio*.

Il minimo assoluto più basso del quadrimestre (**Figura 65**) è stato registrato invece nel mese di febbraio nella stazione di Tempio Limbara (-24.7, il giorno 14).

Figura 62: Numero di ore totali con WCI nelle diverse classi di disagio per il periodo dicembre 2019-marzo 2020.

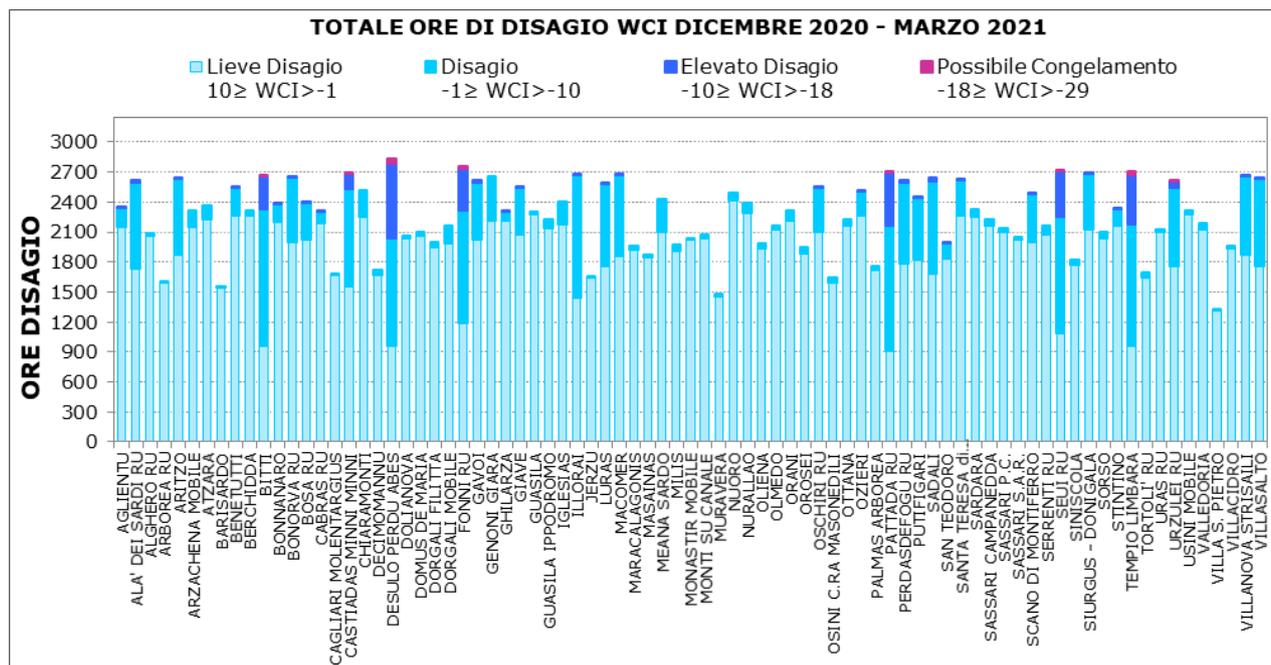


Figura 63: WCI medio per il mese di gennaio 2021 e raffronto con il periodo 1995-2014.

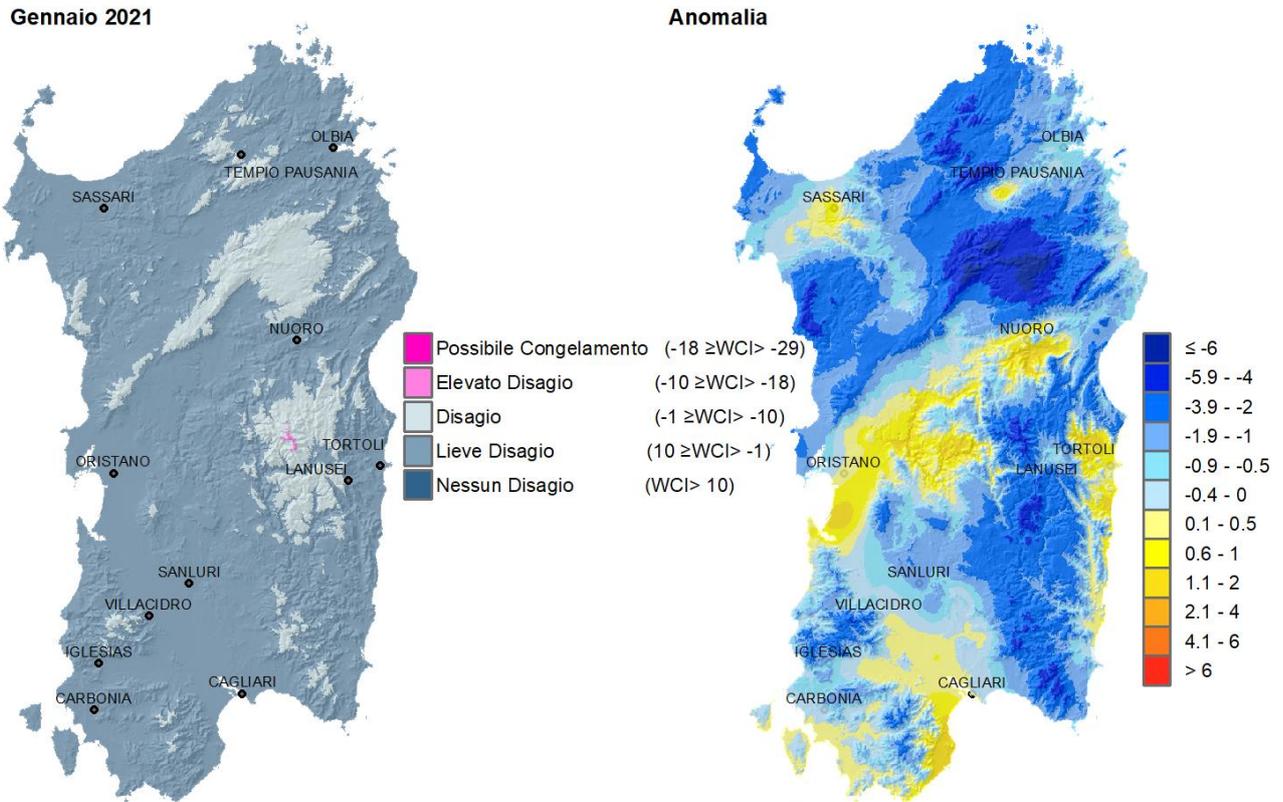


Figura 64: WCI - Media dei valori minimi per gennaio 2021 e raffronto con il periodo 1995-2014.

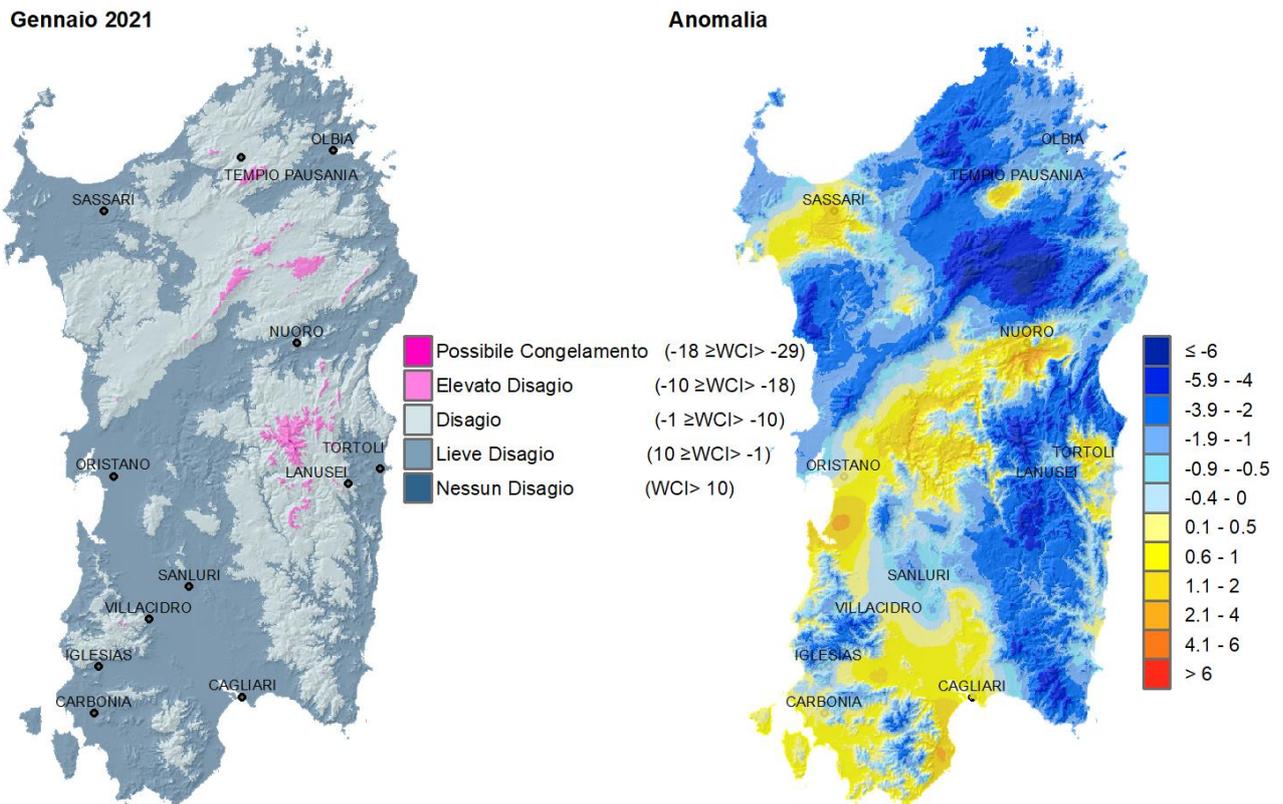
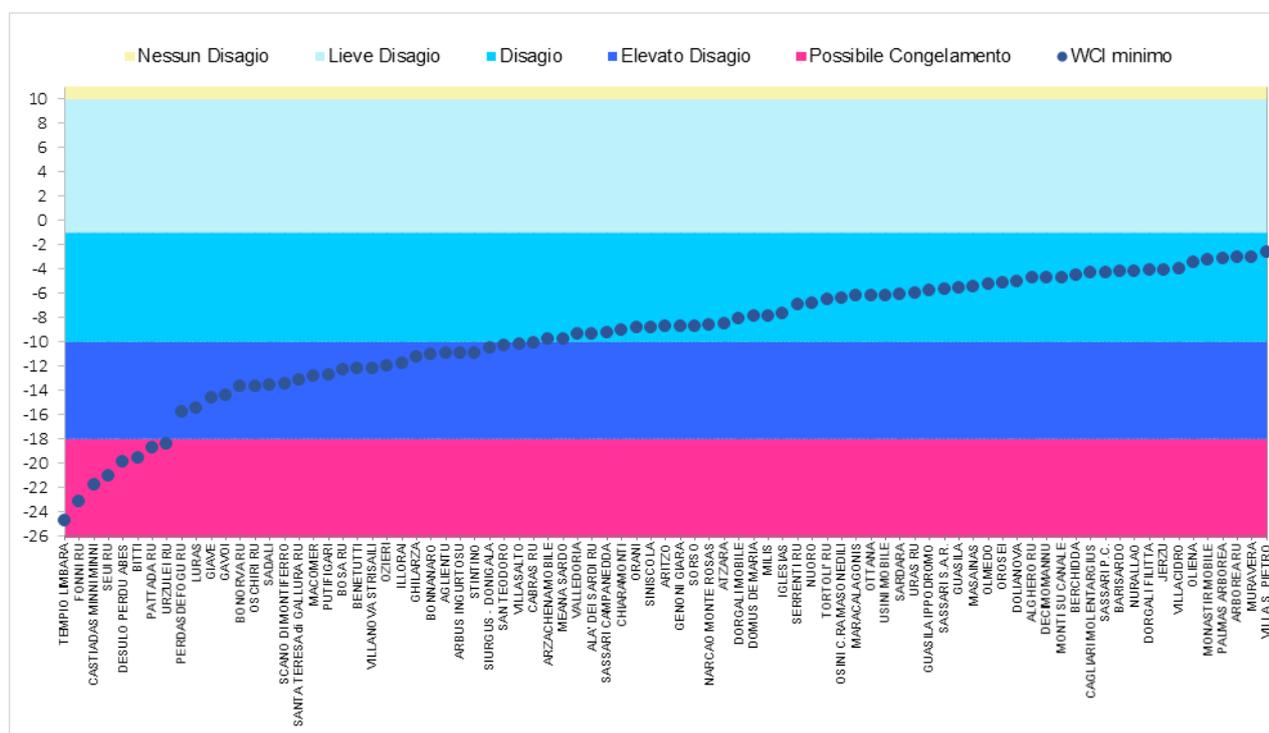


Figura 65: Valori minimi di WCI per il mese di gennaio 2021.



6.5. Temperature Humidity Index (THI)

Il *Temperature Humidity Index* (THI) o indice di caldo permette di stimare le condizioni di stress per il bestiame causate da alte temperature ed elevati valori di umidità dell'aria. La classificazione prevede diverse condizioni di stress per il bestiame, tanto maggiori quanto più elevato è il valore dell'indice, secondo la seguente tabella:

| Valori indice | Classe di disagio |
|---------------|-------------------|
| THI < 65 | Nessun disagio |
| 65 ≤ THI < 68 | Possibile disagio |
| 68 ≤ THI < 72 | Lieve disagio |
| 72 ≤ THI < 75 | Disagio |
| 75 ≤ THI < 79 | Allerta |
| 79 ≤ THI < 84 | Pericolo |
| THI ≥ 84 | Emergenza |

Il periodo **giugno-settembre 2021** è stato caratterizzato da valori mediamente più critici della media di riferimento (1995-2014) per tutti i mesi in esame per effetto delle alte temperature del periodo estivo.

Se si considera la permanenza oraria dell'indice nelle diverse classi di disagio (**Figura 66**) è possibile osservare come la condizione di maggiore criticità si sia verificata nelle stazioni prevalentemente costiere quali Cagliari Molentargius, Muravera, Villa San Pietro, Stintino, Santa Teresa di Gallura e Cagliari Pirri con oltre 2500 ore complessive suddivise tra i livelli di *Lieve Disagio*, *Disagio*, *Allerta* e *Pericolo*. Le stazioni di Arborea, Ottana, Palmas Arborea e Domus de Maria, che nel complesso hanno totalizzato meno ore, hanno però fatto registrare oltre 10 ore nell'intervallo di *Emergenza*. La stazione con le condizioni meno avverse è stata Desulo Perdu Abes con poco più di 600 ore in tutto il quadrimestre.

I mesi di luglio e agosto sono stati sostanzialmente simili in termini di criticità anche se gli estremi maggiori sono stati riscontrati nel mese di agosto. I valori di THI di agosto sono risultati superiori alla media pluriennale in tutto il territorio regionale e in particolare lungo la fascia orientale (Figure 67 e 68). Il THI medio ha variato tra i livelli di *Possibile Disagio* e *Disagio*, mentre la media delle massime tra i livelli di *Lieve Disagio* e *Pericolo* mostrando i valori più alti nel Campidano di Cagliari e lungo le coste meridionali e sud-orientali.

Per quanto riguarda il massimo assoluto del quadrimestre (Figura 69), è stato registrato ad Arborea il giorno 10 agosto, pari a 88 (livello di *Emergenza*).

Figura 66: Numero totale di ore con THI nelle diverse classi di disagio - periodo giugno-settembre 2021.

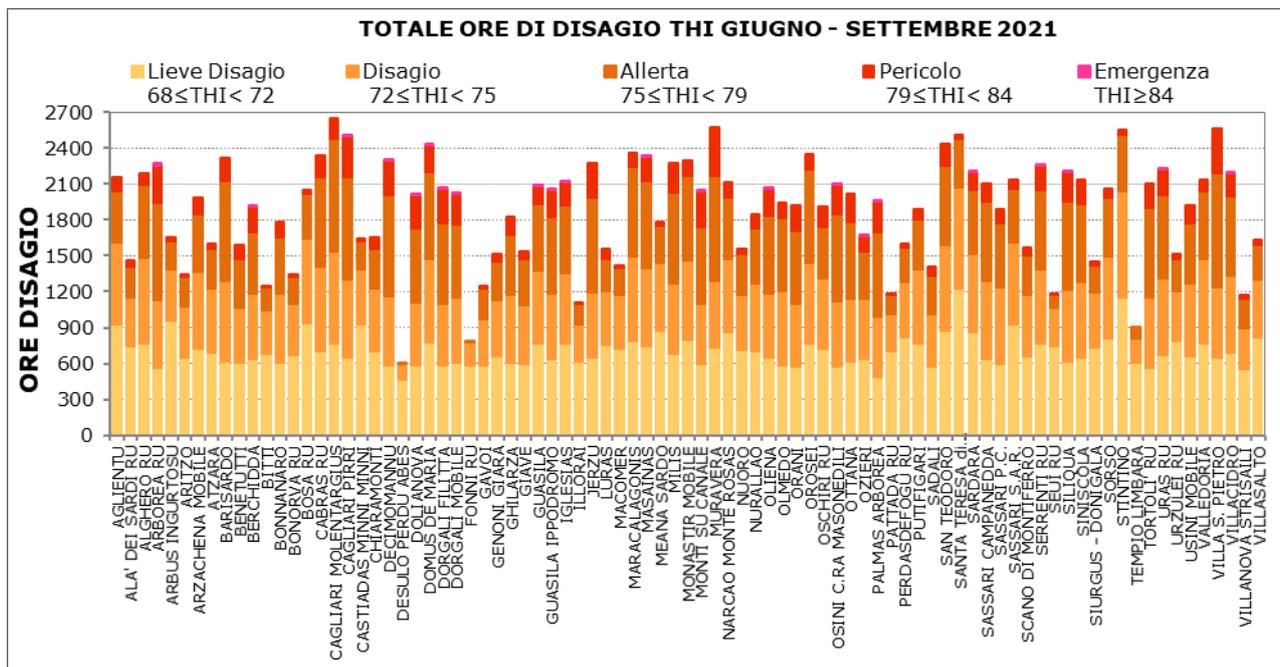


Figura 67: THI medio per il mese di agosto 2021 e raffronto con il periodo 1995-2014.

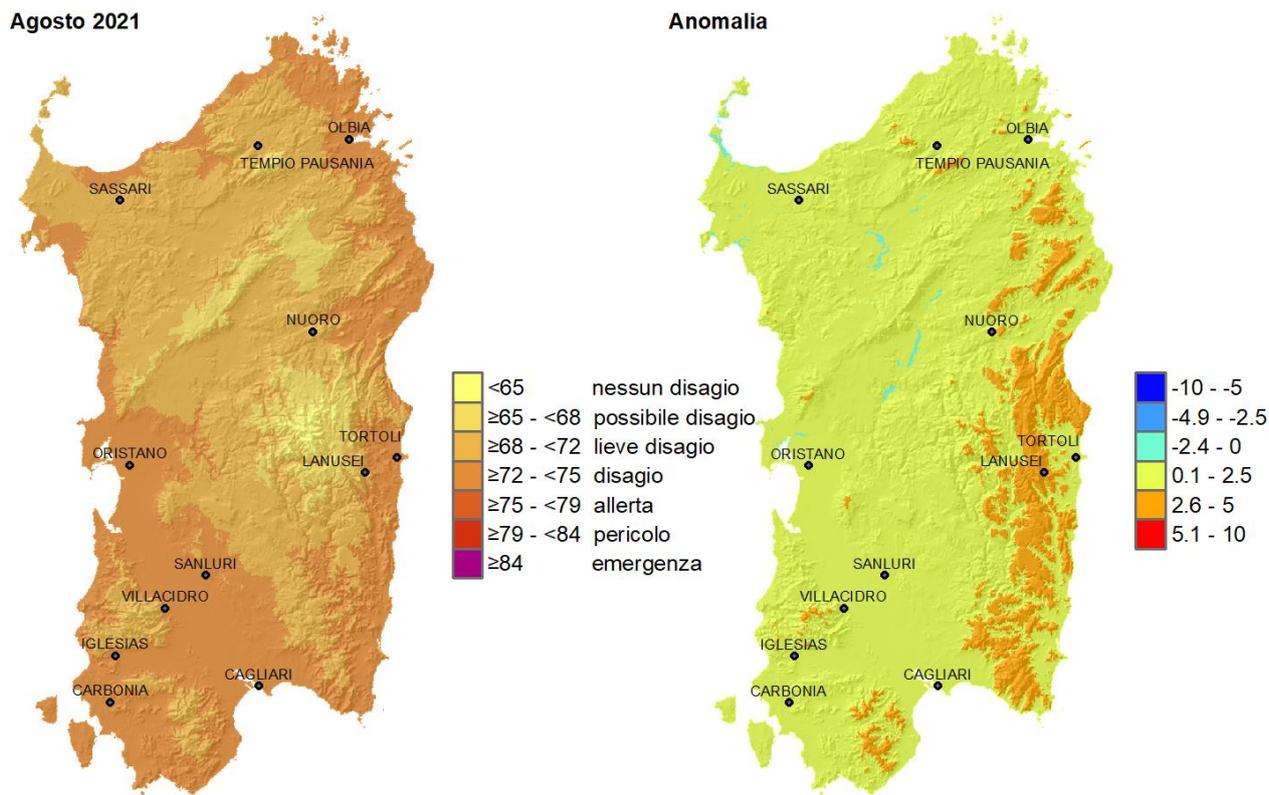


Figura 68: THI - Media dei valori massimi per agosto 2021 e raffronto con il periodo 1995-2014.

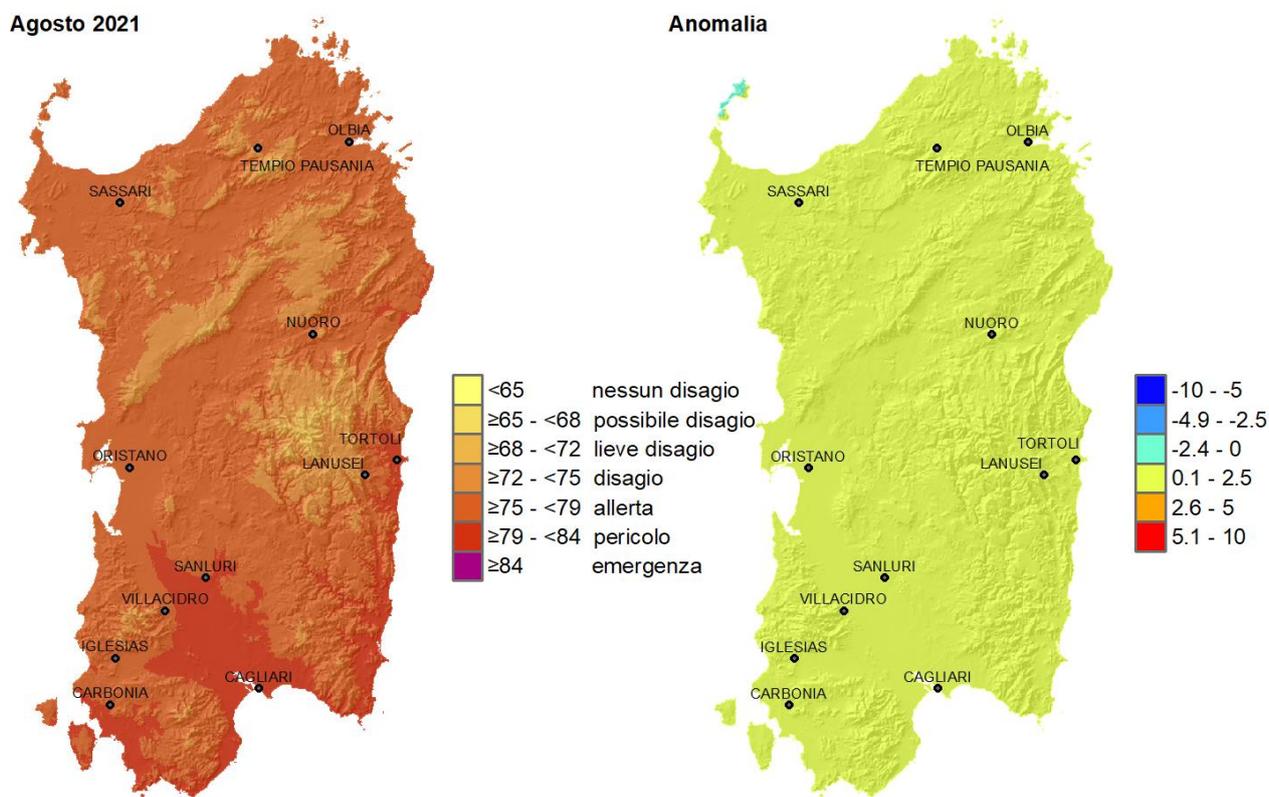
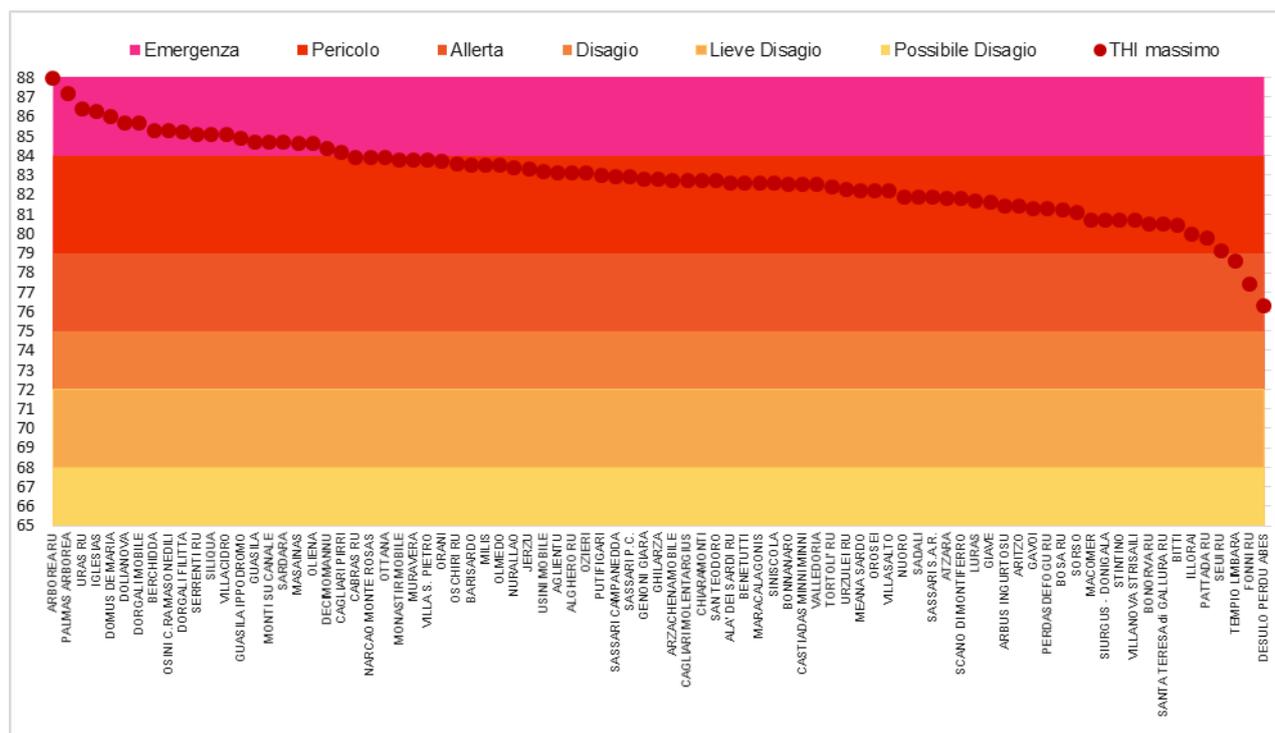


Figura 69: Valori massimi di THI per il mese di agosto 2021.



6.6. Heat Waves – Onde di calore

Elaborando i dati orari di THI è possibile derivare un altro indicatore di interesse zootecnico, l'onda di calore o Heat Waves (HW), che permette di stimare la situazione di prolungato disagio a cui è soggetto il bestiame esposto a condizioni meteorologiche particolarmente calde e umide. Un'onda di calore si verifica ogni qualvolta il THI orario risulta uguale o superiore a 72 per oltre 14 ore giornaliere e per tre giorni consecutivi.

Il bimestre luglio-agosto 2021 (**Figura 70**) è stato contraddistinto da diverse onde di calore, in numero variabile da due fino a un massimo di sei, queste ultime registrate nelle stazioni di Domus de Maria e San Teodoro. Il periodo più critico è risultato tra la terza decade di luglio e la prima metà di agosto quando in numerose stazioni si sono verificate condizioni di criticità, di intensità variabile da *Lieve* ad *Alta*, per un periodo di tempo molto prolungato. Infatti, nelle stazioni di Cagliari Pirri, Decimomannu e Villa San Pietro in questo periodo è stata registrata un'unica onda di calore della durata di 30 giorni consecutivi, mentre la stazione di Cagliari Molentargius ha fatto osservare un'onda della durata di 29 giorni. Nella maggior parte dei casi invece le onde di calore sono state due, separate da un periodo di ristoro in corrispondenza dei primi giorni di agosto.

Figura 71: Heat Waves registrate nella stazione di Barisardo nel bimestre luglio-agosto 2021.

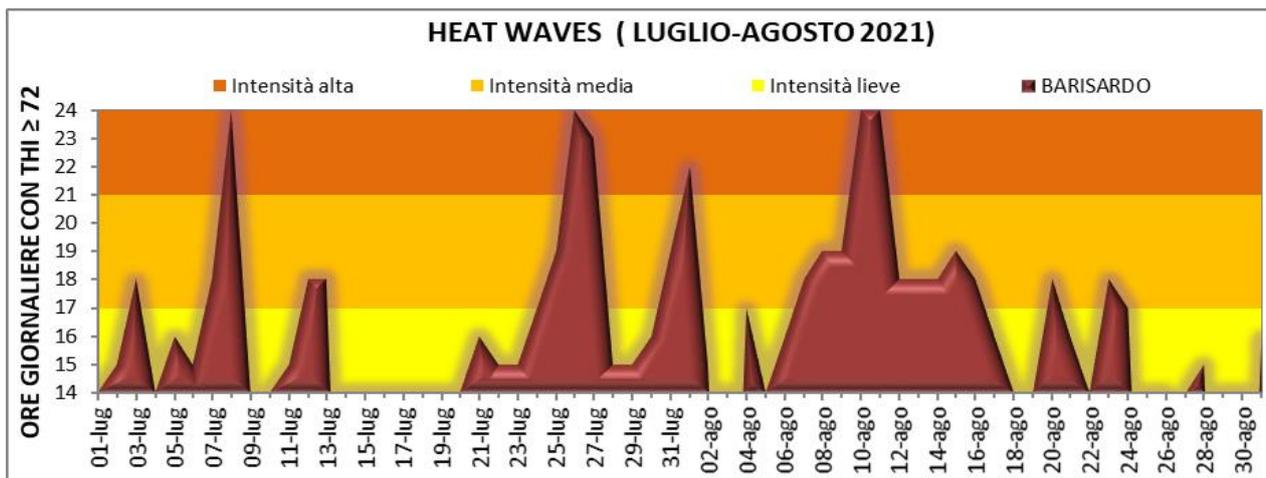


Figura 72: Heat Waves registrate nella stazione di Cagliari Molentargius nel bimestre luglio-agosto 2021.

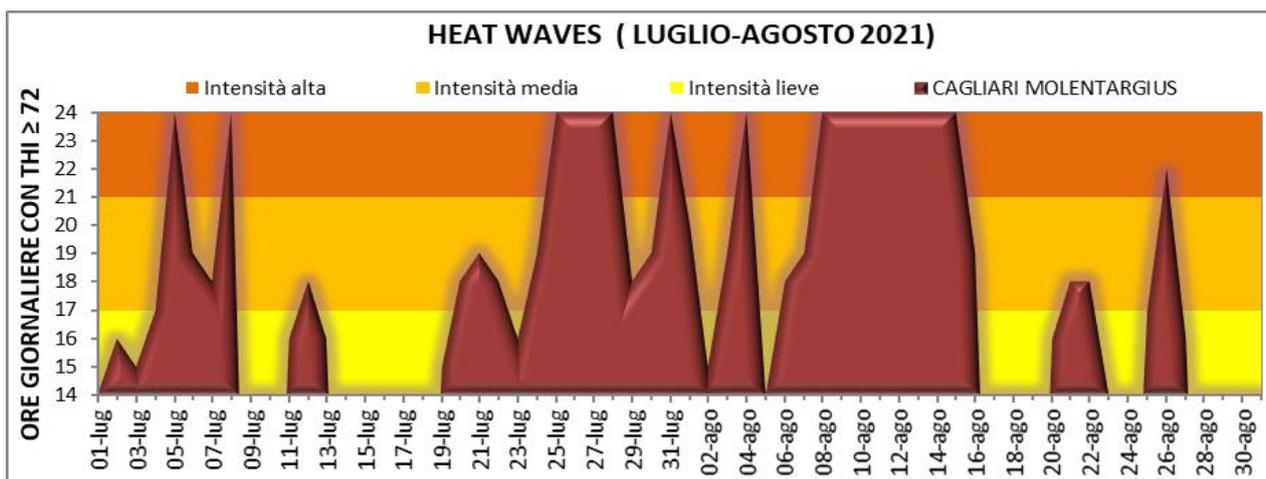


Figura 73: Heat Waves registrate nella stazione di Domus de Maria nel bimestre luglio-agosto 2021.

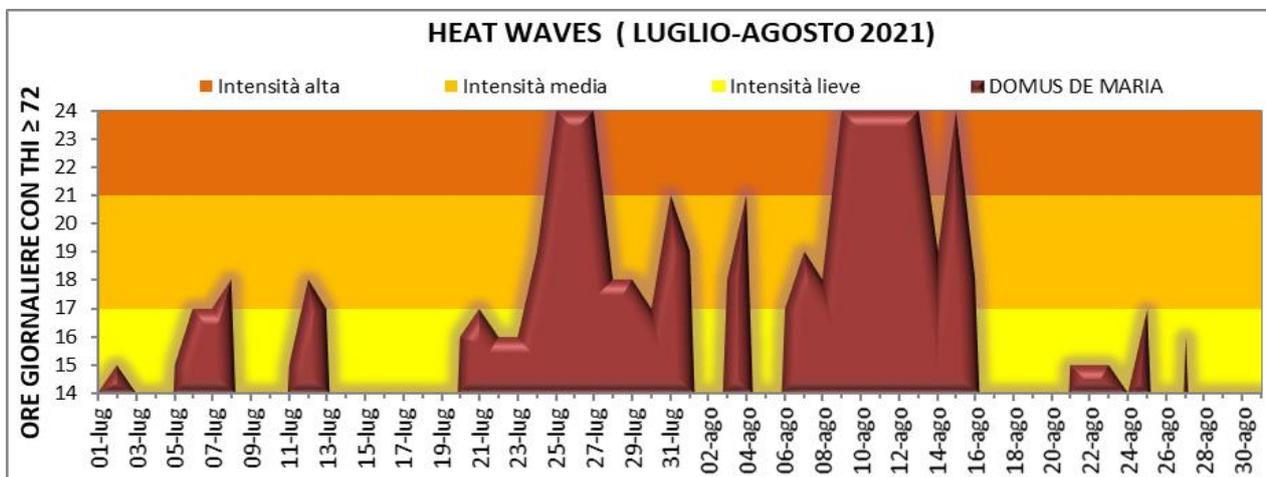


Figura 74: Heat Waves registrate nella stazione di Jerzu nel bimestre luglio-agosto 2021.

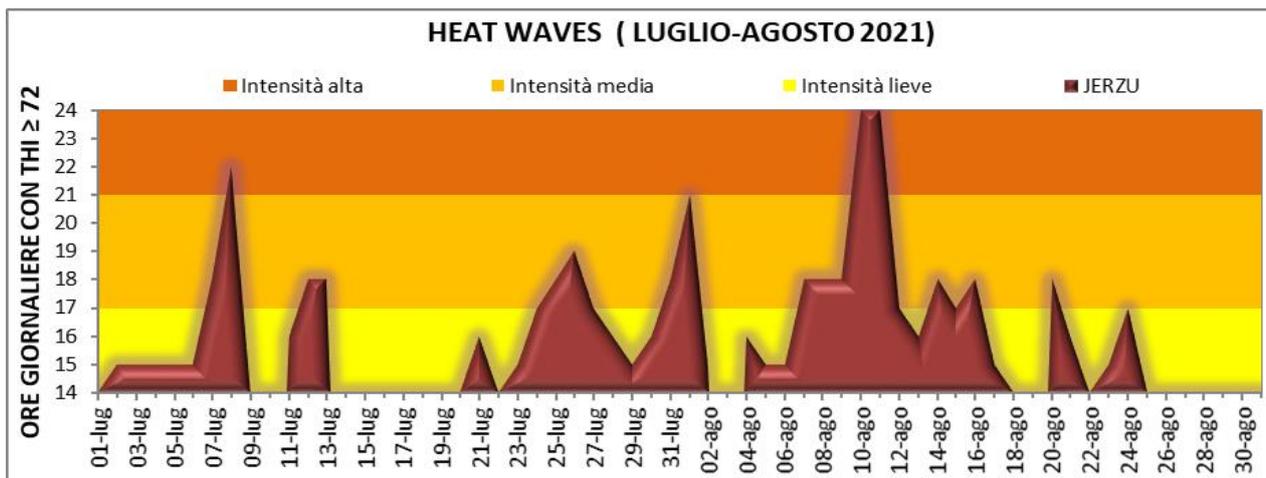


Figura 75: Heat Waves registrate nella stazione di Muravera nel bimestre luglio-agosto 2021.

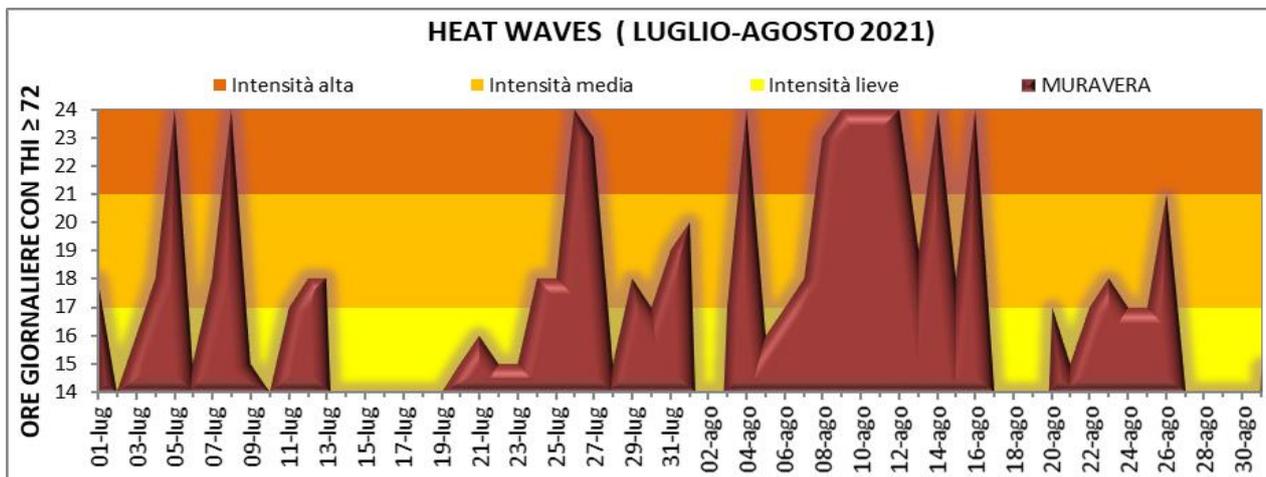
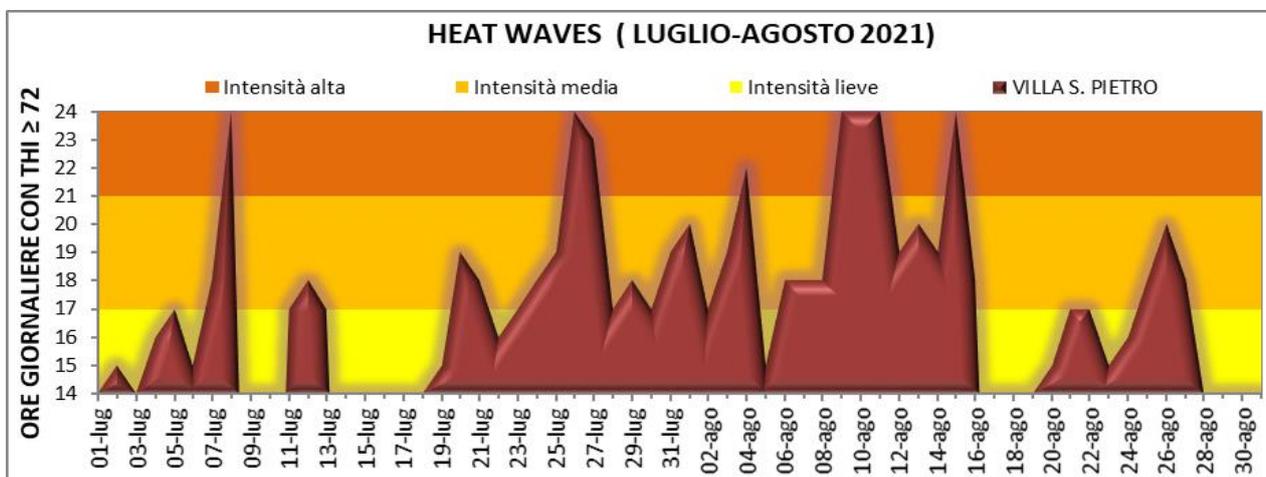


Figura 76: Heat Waves registrate nella stazione di Villa San Pietro nel bimestre luglio-agosto 2021.



7. CONSIDERAZIONI AGROMETEOROLOGICHE

Il periodo analizzato è stato contraddistinto da un primo trimestre ottobre-dicembre 2020 con basse temperature, salvo le massime di novembre, e precipitazioni sostanzialmente deficitarie. Fanno eccezione i territori della fascia orientale a novembre e di quella occidentale a dicembre che hanno fatto registrare cumulati sopra la media per effetto di piogge frequenti e abbondanti, ma anche di eventi a carattere alluvionale come quelli che hanno interessato la Sardegna Sud-occidentale e soprattutto le zone interne in prossimità del Golfo di Orosei il 27-29 novembre 2020. Il bimestre invernale gennaio-febbraio 2021 è risultato molto piovoso a gennaio e deficitario a febbraio, con temperature sopra la media climatica, soprattutto nei valori massimi. Il successivo periodo marzo-maggio 2021 è stato contraddistinto da scarse precipitazioni e da temperature in linea o sotto media in entrambi i valori. Nella prima decade di aprile a causa dell'avvezione di area fredda di origine polare si sono verificate, inoltre, intense gelate che hanno coinvolto gran parte dell'Isola anche in territori a bassa quota e costieri. I mesi estivi (giugno-settembre 2021) sono stati caldi in particolare nella terza decade di luglio e nella prima parte di agosto, evidenziando molte località nelle quali sono stati superati i 40 °C di massima anche per più giorni consecutivi. Il periodo estivo è stato anche poco piovoso, a parte il verificarsi di qualche evento isolato a carattere convettivo che ha interessato alcune aree dell'Isola localizzate in particolare lungo la fascia orientale.

Le condizioni meteorologiche dell'annata hanno avuto ripercussioni più o meno marcate nel ciclo colturale delle diverse specie di interesse agricolo, nelle attività zootecniche, nella diffusione di insetti e patogeni vegetali nonché nel ciclo vegetativo delle specie forestali, ornamentali e di interesse allergologico e apistico. In particolare si ricorda che le piogge abbondanti e intense di novembre che hanno colpito in gran parte i territori centro-orientali dell'Isola hanno provocato allagamenti e devastazione con ingenti danni alle infrastrutture, alle attività agricole e zootecniche, alla viabilità e causando la drammatica perdita di vite umane.

Foraggiere autunno-primaverili

Nel mese di ottobre sono iniziate regolarmente le semine degli erbai e dei prati a ciclo autunno-vernino e si sono svolti i lavori di preparazione per le semine successive (**Figura 77**). È proseguito, inoltre, l'accrescimento delle essenze spontanee dei pascoli e delle specie autoriseminanti in particolare nelle aree maggiormente interessate dalle precipitazioni che hanno permesso di garantire una buona disponibilità idrica nei terreni. Le semine sono proseguite in tutta l'Isola nel mese di novembre nonostante le condizioni dei terreni fossero particolarmente asciutte, soprattutto nelle aree meridionali a causa delle scarse piogge di ottobre. Tale situazione ha determinato alcuni problemi nella fase di emergenza delle piantine nei territori del Sud, mentre nelle zone settentrionali le colture hanno presentato una buona emergenza e un discreto ritmo di accrescimento grazie alla soddisfacente riserva di acqua nei terreni.

Nei successivi mesi invernali si è assistito a un accrescimento lento ma continuo delle foraggiere, caratterizzato da un rigoglio vegetativo generoso, grazie a un regime termico non particolarmente limitante e a una considerevole disponibilità idrica dei suoli (**Figura 78**). Tuttavia, le giornate intensamente piovose di dicembre e gennaio non sempre hanno consentito il regolare accesso del bestiame al pascolo per la presenza di ristagni.

L'incremento graduale delle temperature a marzo e aprile ha consentito una ripresa degli accrescimenti a ritmi più intensi compatibilmente comunque con il regime termico del bimestre che si è presentato meno caldo della media. In alcune aree dell'Isola ad aprile si sono verificati danni più o meno estesi e disseccamenti, in particolare a carico delle leguminose, a causa delle gelate che hanno interessato l'inizio del mese. A maggio sono proseguite le fasi finali del ciclo senza particolari problemi (**Figura 79**) e sono iniziate da metà mese in poi le operazioni di sfalcio e fienagione grazie all'assenza di giornate di pioggia che hanno permesso l'accesso regolare nei campi (**Figura 80**). Tali operazioni si sono poi concluse regolarmente nel mese di giugno con la produzione di foraggio di buona qualità grazie alle condizioni non

particolarmente umide del periodo che hanno limitato la diffusione di muffe e la perdita di elementi nutritivi del fieno.

Figura 77: Terreno pronto per la semina a fine ottobre 2020.



Figura 78: Ovini al pascolo - dicembre 2020.



Figura 79: Foraggiere in accrescimento nella Nurra – maggio 2021.



Figura 80: Sfalcio erbaio di loglio a giugno.



Cereali autunno-vernini

Le operazioni di semina dei cereali autunno-vernini sono state particolarmente complicate nel 2020-2021 a causa delle scarse piogge di ottobre e della piovosità che ha contraddistinto il periodo successivo, dalla fine di novembre 2020 a tutto gennaio 2021. Si sono verificate poche finestre temporali in cui si è potuti intervenire per seminare, con terreni che spesso si trovavano in condizioni di saturazione non ottimale per le lavorazioni.

Le semine dei cereali minori sono iniziate a novembre con diversi problemi soprattutto al Sud in quanto a causa dei terreni particolarmente secchi si sono verificate delle difficoltà nella emergenza delle piantine. A fine novembre, poco prima delle piogge che hanno contraddistinto gli ultimi giorni del mese, sono iniziate anche le semine del frumento. La maggior parte delle semine effettuate a dicembre sono avvenute durante la metà del mese in corrispondenza di alcune giornate prive di pioggia (**Figura 81**). Tuttavia, in molte aree di coltivazione, particolarmente quelle caratterizzate da terreni pesanti, ci sono state molte complicazioni per accedere in campo anche in questo periodo in quanto i terreni erano particolarmente umidi e si è preferito aspettare i giorni successivi in cui tuttavia vi è stata una ripresa delle piogge. Sono state segnalate delle problematiche anche per coloro che avevano effettuato le semine a novembre. In alcuni casi, infatti, le piogge intense di inizio dicembre hanno compromesso la fase di emergenza delle piantine. Inoltre, le condizioni di eccessiva saturazione dei terreni hanno causato in diverse aree condizioni di stress nelle piantine, sia di frumento che dei cereali minori, con la presenza di ingiallimenti a carico delle parti aeree.

Figura 81: Terreno appena seminato con frumento – dicembre 2020 (Fonte AGRIS).



Le persistenti piogge di gennaio hanno ulteriormente posticipato e ostacolato le semine determinando una marcata scalarità in campo (**Figura 82**). In alcuni casi infatti le operazioni si sono protratte eccezionalmente oltre la metà di gennaio, ma non sono rare le situazioni in cui si è seminato a febbraio. Inoltre, coloro che non sono riusciti a seminare il frumento per tempo hanno optato per la semina dell'orzo essendo una coltura caratterizzata da un ciclo più breve. La situazione venutasi a creare in campo ha per di più comportato una riorganizzazione delle tecniche colturali. Infatti, si è assistito a una contemporaneità di operazioni in campi diversi tra semine, diserbi e concimazioni. Solo nei fortunati casi in cui si è riusciti a seminare prima delle intense piogge di fine novembre, le varie operazioni colturali del periodo si sono svolte regolarmente e uniformemente. Data la progressione delle semine tra la fine di novembre e tutto gennaio anche le fasi fenologiche hanno mostrato una naturale variabilità. A gennaio si potevano infatti osservare piantine in fase di *emergenza* fino ad arrivare a *inizio accestimento* in quei terreni in cui le semine sono state svolte a novembre. Nonostante le piogge frequenti sono stati poco estesi a livello regionale i fenomeni di ristagno idrico, limitati esclusivamente nelle aree contraddistinte da suoli particolarmente argillosi in cui sono stati osservati ingiallimenti nella parte aerea a gennaio come anche a dicembre. Tale sintomatologia è stata osservata, sempre in casi circoscritti, anche nei cereali minori che comunque in generale a gennaio hanno proseguito lentamente ma regolarmente il loro ciclo colturale.

Figura 82: Emergenza di frumento a gennaio 2021 su semine svolte a dicembre 2020 (Fonte AGRIS).



A febbraio, invece, si potevano osservare piantine in fase di *emergenza* tra quelle appena seminate, in fase di *accestimento* inoltrato per le semine di metà dicembre, fino a *inizio levata* per le semine ancora più anticipate. Gli accrescimenti sono stati avvantaggiati dalle temperature sopra media che hanno caratterizzato una certa parte del mese, anche se l'attività vegetativa ha subito un discreto rallentamento in

particolare a metà mese a causa del repentino abbassamento delle temperature che per contro ha agevolato lo sviluppo dell'apparato radicale. In alcuni appezzamenti in cui si sono verificati ristagni idrici sono stati osservati ingiallimenti delle parti aeree, ma il fenomeno è stato piuttosto limitato grazie alle piogge, di debole intensità, che si sono distribuite abbastanza uniformemente. Sono proseguite nel corso del mese le operazioni di concimazione e diserbo. Per quanto riguarda la situazione dei cereali minori non si segnalano condizioni particolari. Il loro accrescimento è proseguito regolarmente anche a febbraio evidenziando fasi fenologiche più avanzate rispetto al frumento.

Le condizioni meteorologiche di marzo con piogge frequenti, seppur generalmente sotto media, e temperature più rigide nei valori minimi hanno comunque permesso una prosecuzione regolare del ciclo dei cereali autunno-vernini. Nel caso del frumento si è presentata, al pari di gennaio e febbraio, una evidente scalarità nello sviluppo delle piante. Mediamente infatti le piante si trovavano nelle fasi da *inizio accestimento* fino alla *levata* in base al periodo in cui è avvenuta la semina. Un altro aspetto che ha contraddistinto buona parte delle coltivazioni è stata la ridotta altezza delle piante con molta probabilità dovuta a un altrettanto minor sviluppo e approfondimento osservato negli apparati radicali. Nonostante a fine febbraio, ma anche a marzo, le temperature fossero piuttosto rigide, condizione che normalmente favorisce lo sviluppo delle radici dei cereali, quest'anno tale andamento non si è verificato, probabilmente per effetto dell'abbondante riserva idrica dei terreni che ha limitato l'estensione dell'apparato radicale e conseguentemente anche lo sviluppo in altezza dei culmi. Tale fenomeno è risultato più evidente nei campi seminati con maggior ritardo, mentre per le semine effettuate a fine novembre e i primi di dicembre questa problematica è risultata meno evidente.



Aprile è stato piovoso in particolare nel settore Sud-occidentale e in alcune aree costiere orientali con temperature tendenzialmente più basse della media in particolare per i valori minimi. Tali condizioni, in particolare le gelate che hanno contraddistinto l'inizio del mese, non hanno apparentemente creato particolari criticità alle colture cerealicole in campo che hanno proseguito con regolarità il loro ciclo seppur evidenziando, come nei mesi precedenti, una certa variabilità nelle fasi di sviluppo. Ad aprile il frumento ha presentato fasi variabili dalla *levata* alla *spigatura*, fino all'*ingrossamento della cariosside* nei campi seminati con maggior anticipo (fine novembre), mentre i cereali minori si trovavano in fase più avanzata. Ciò che permane anche nel mese di aprile è la evidente minore altezza dei culmi rispetto all'atteso, variabile anche all'interno dello stesso campo (**Figura 83**).

Figura 83: Piante di frumento con altezza diversa dei culmi e radici deboli e superficiali- aprile 2021 (Fonte AGRIS).

Nel mese di maggio, le temperature non particolarmente elevate, hanno permesso un graduale ma progressivo avanzamento nello sviluppo e accrescimento delle colture grazie anche alla discreta riserva idrica dei terreni garantita dalle seppur esigue piogge di maggio e da quelle soprattutto di aprile. Le piante di frumento nel corso del mese si trovavano nella fase variabile tra ingrossamento cariosside e maturazione piena, mentre i cereali minori erano quasi prossimi alla raccolta. Un aspetto tuttavia che si è evidenziato a maggio e che ha colpito in particolare le colture di frumento seminate con maggiore anticipo (fine novembre - primi di dicembre) è rappresentato dai danni da freddo causati dalle persistenti basse

temperature della prima decade di aprile. Tali condizioni, infatti, hanno colpito le colture nella fase di fecondazione, momento in cui le piante sono particolarmente sensibili alle brusche variazioni di temperatura, causando aborto delle spighe con mancato ingrossamento dell'ovario. Questo fenomeno si è potuto osservare solamente a distanza di qualche tempo dalla gelata di aprile in quanto è stato riscontrato il mancato riempimento delle cariossidi e la formazione di spighe piatte (Figura 84); in alcuni casi la sintomatologia ha riguardato solo alcune piante all'interno dello stesso appezzamento, in altri, particolarmente nelle aree maggiormente colpite dalle gelate, ha compromesso l'intera semina. Questo fenomeno fortunatamente non si è verificato nelle colture di frumento seminate più in ritardo (a causa delle



piogge invernali) in quanto si trovavano generalmente nella fase più resistente della levata. Tali piante, inoltre, hanno potuto beneficiare delle piogge seppur limitate di maggio che hanno consentito loro di recuperare il ritardo fenologico accumulato nei mesi precedenti garantendo una condizione generalmente buona delle colture.

Figura 84: Aborto della spiga di frumento duro (spighe piatte) - maggio 2021 (Fonte AGRIS).

A partire dalla seconda metà di giugno sono iniziate le operazioni di raccolta dei cereali autunno-vernini (prima i cereali minori e poi il frumento) le quali si sono svolte regolarmente grazie alle condizioni di bel tempo che hanno contraddistinto la fine di giugno (Figura 85). Le rese si sono presentate comunque soddisfacenti nonostante i problemi connessi alla difficoltà di semina per le piogge invernali e alle gelate primaverili.

Figura 85: Frumento dopo mietitrebbiatura.



Foraggiere e cereali primaverili-estivi

Le condizioni meteorologiche primaverili hanno permesso lo svolgimento delle operazioni di preparazione e semina delle specie foraggiere e cerealicole a ciclo primaverile-estivo. Le colture hanno fatto osservare una regolare emergenza e accrescimento nel trimestre aprile-giugno grazie alla buona riserva idrica dei terreni. Si è solo registrato un lieve ritardo nell'espressione fenologica dovuto alle temperature primaverili sotto media. Non sono stati, inoltre, osservati danni particolari alle colture a seguito delle alte temperature che hanno contraddistinto la seconda parte del mese di giugno, salvo in quei terreni non adeguatamente assistiti da una corretta irrigazione in cui possono essersi verificati problemi legati a una eccessiva evapotraspirazione. Il mese di luglio è stato caldo e poco piovoso. Tali condizioni comunque non hanno creato particolari problemi nella prosecuzione del ciclo delle specie in irriguo se adeguatamente irrigate. Sono stati effettuati regolarmente i tagli dell'erba medica (**Figura 86**), la cui fienagione in campo è stata favorita dalla sostanziale assenza di piogge, e gli sfalci di sorgo per il foraggiamento verde (**Figura 87**). Il mais nel corso del mese si trovava mediamente nella fase di *levata-fioritura*. Le temperature alte oltre i 35 °C che hanno interessato in particolare la prima e la terza decade del mese potrebbero avere alterato il processo di impollinazione e fecondazione in quei campi in cui non si è intervenuti per tempo con una idonea irrigazione, ma in generale non si sono evidenziati condizioni particolarmente avverse per le colture.

Figura 86: Andane di erba medica dopo il taglio.



Figura 87: Sfalcio di sorgo per il foraggiamento verde.



Figura 88: Fioritura in campo di mais ad agosto.



Anche il mese di agosto è stato contraddistinto da scarse piogge e alte temperature in particolare durante la prima metà del mese. In diverse giornate sono stati registrati valori superiori a 35 °C di massima e oltre 20 °C di minima. Il mais ha mostrato fasi variabili da *fioritura* a *maturazione* in base all'epoca di semina e alla classe di maturazione dell'ibrido (**Figura 88**), mentre sono proseguiti i tagli della medica e gli sfalci del sorgo.

Le condizioni meteorologiche di settembre hanno consentito il completamento del ciclo colturale delle diverse specie di interesse. Sono stati eseguiti regolarmente i tagli di erba medica e le operazioni di insilamento del mais e del sorgo, salvo qualche problema legato alla presenza di abbondanti precipitazioni che hanno interessato però una porzione limitata del territorio regionale (**Figura 89**). È proseguito normalmente il ciclo delle coltivazioni di mais per la produzione di granella e laddove le condizioni dei suoli lo consentivano sono state effettuate le lavorazioni per le semine delle specie autunno-primaverili (**Figura 90**).

Figura 89: Trinciatura del mais.



Figura 90: Lavorazioni estive.



8. BIOMETEOROLOGIA - Heat Index

Heat Index (HI) o indice di calore permette di stimare la condizione di disagio fisiologico avvertita dalle persone in condizioni di “caldo afoso”. In particolare, in base ai valori assunti dall’indice sono definiti cinque livelli di disagio, con associata la descrizione del rischio, riportati nella seguente tabella:

| HEAT INDEX | LIVELLO DISAGIO | DESCRIZIONE RISCHIO |
|------------|------------------|--|
| HI<27 | NESSUN DISAGIO | - |
| 27≤HI<32 | CAUTELA | Possibile stanchezza per prolungata esposizione e/o attività fisica. |
| 32≤HI<41 | ESTREMA CAUTELA | Possibile colpo di sole, crampi muscolari da calore per prolungata esposizione e/o attività fisica |
| 41≤HI<54 | PERICOLO | Probabile colpo di sole, crampi muscolari da calore o spossatezza da calore. Possibile colpo di calore per prolungata esposizione e/o attività fisica. |
| HI≥54 | ELEVATO PERICOLO | Elevata probabilità di colpo di calore o colpo di sole in seguito a continua esposizione. |

Il periodo maggio-settembre 2021 è stato contraddistinto da valori di HI generalmente più bassi, e quindi meno critici, della media pluriennale a eccezione dei mesi di luglio e agosto che hanno mostrato condizioni di maggior disagio rispetto al dato medio, in particolare nel settore meridionale e nelle coste Sud-orientali dell’Isola. Il mese più “afoso” del 2021 è stato agosto (**Figura 91** e **92**) con valori di HI medio compresi tra 28 e 31.7, in corrispondenza dell’intervallo di *Cautela*, mentre la media delle massime ha variato tra 28.3 e 34.6 in corrispondenza dei livelli di *Cautela* ed *Estrema Cautela*. Le aree con i valori maggiori dell’indice sono state quelle meridionali e i territori della pianura del Campidano.

Se si esamina la permanenza oraria dell’indice nei vari livelli di rischio per l’intero periodo in analisi (**Figura 93**) è possibile osservare come le stazioni che hanno presentato le maggiori condizioni di stress siano state quelle di Muravera, Villa San Pietro, Dolianova, Dorgali Filitta, Milis e Dorgali Mobile con oltre 1100 ore complessive tra i livelli di *Cautela* ed *Estrema Cautela* e in qualche caso anche *Pericolo*. Nelle stazioni di Decimomannu, Jerzu e Domus de Maria sono state, inoltre, totalizzate oltre 1200 ore disagio con una maggiore prevalenza nel livello di *Cautela*. Non è stata registrata alcuna ora nel livello di *Pericolo*. La condizione meno critica è stata osservata nella stazione di Illorai con meno di 400 ore tra *Cautela* ed *Estrema Cautela*. Rispetto alla media pluriennale, la permanenza nel livello di *Cautela* è stata più alta in tutte le località monitorate (**Figura 94**), mentre in quello di *Estrema Cautela* e *Pericolo* ci sono stazioni che hanno mostrato meno criticità come ad esempio Arzachena, Benetutti, Dorgali Filitta, Monastir, Olmedo e Stintino.

Il valore di HI più alto del periodo (**Figura 95**) è stato registrato ad agosto a Palmas Arborea pari a 45.5, seguito da 43.7 a Iglesias e 43.5 a Ozieri. Tutte le altre stazioni hanno rilevato valori progressivamente inferiori fino a 34.2 di Stintino. Rispetto al dato medio pluriennale (**Figura 96**) i valori di HI massimo sono stati quasi tutti più bassi, a esclusione di alcune stazioni tra cui in particolare Aritzo, Dolianova, Ozieri e Palmas Arborea che hanno evidenziato i maggiori scostamenti. Nelle **Figure 97-101** è riportato l’andamento dell’indice HI massimo giornaliero relativamente alle stazioni più significative per i mesi esaminati. Il periodo più critico è risultato tra la terza decade di luglio e la metà di agosto in cui sono stati registrati valori di HI massimo nei livelli di *Cautela* ed *Estrema Cautela* per numerosi giorni consecutivi. Nelle stazioni di Dolianova, Dorgali Filitta, Palmas Arborea si sono evidenziate condizioni di *Pericolo*. Nei mesi di giugno e settembre i valori di HI massimo sono rimasti quasi sempre nell’intervallo di *Cautela*, mentre nel mese di maggio le giornate con disagio sono state molto limitate.

Figura 91: HI medio e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014 - agosto 2021.

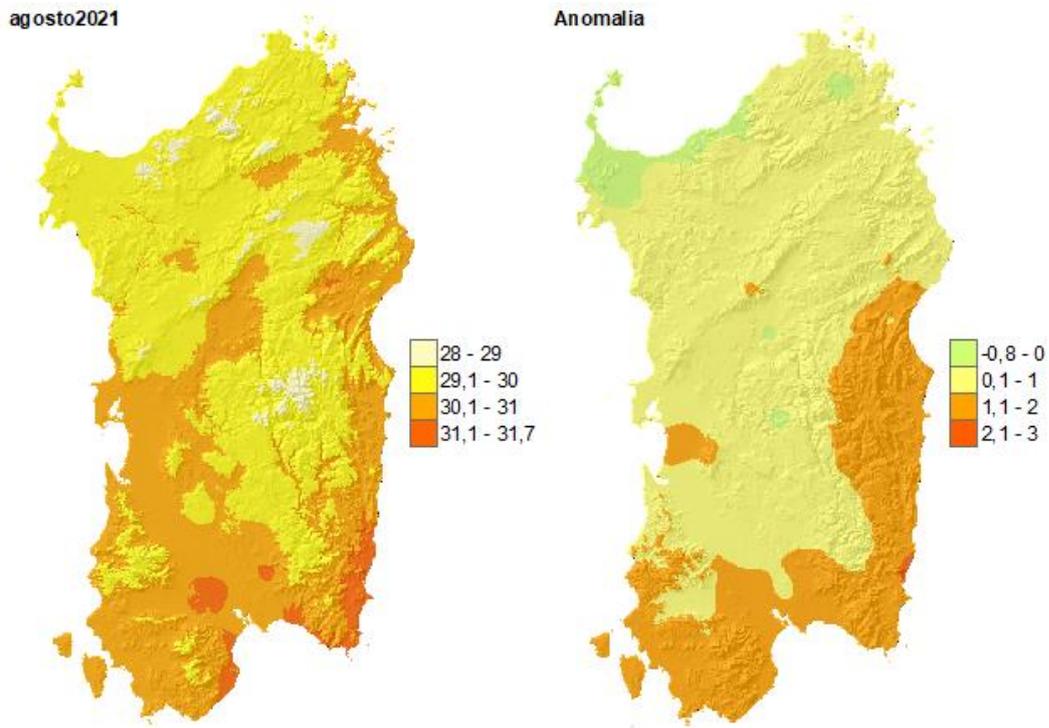


Figura 92: HI - media delle massime e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014 - agosto 2021.

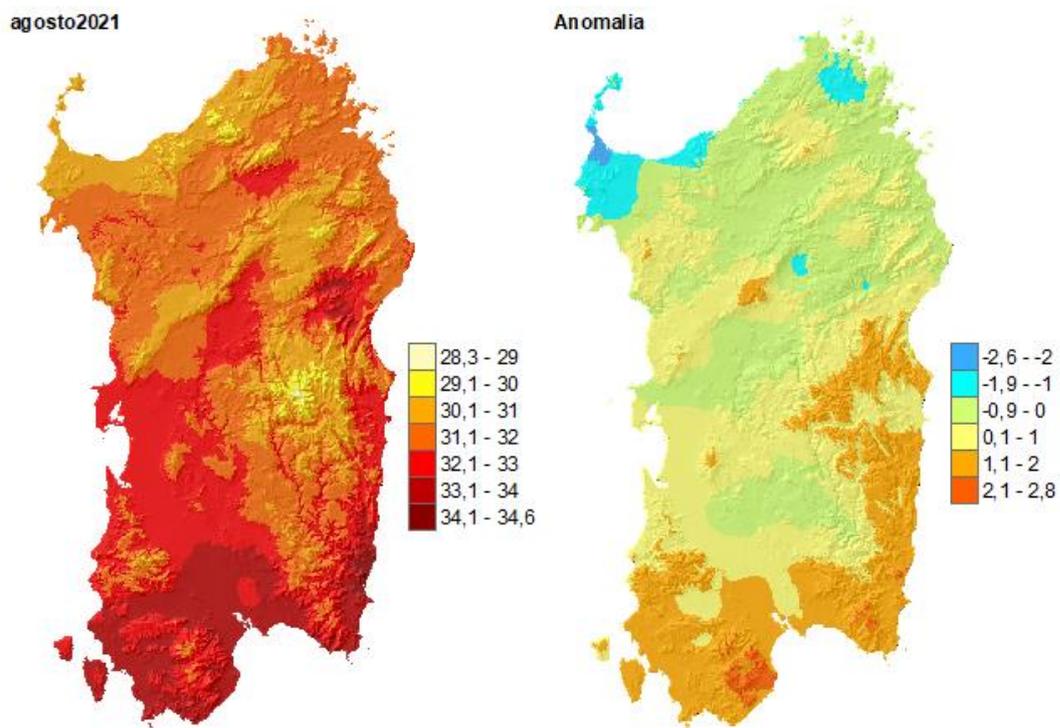


Figura 93: Totale ore mensili con HI nei diversi livelli di disagio per il periodo maggio-settembre 2021.

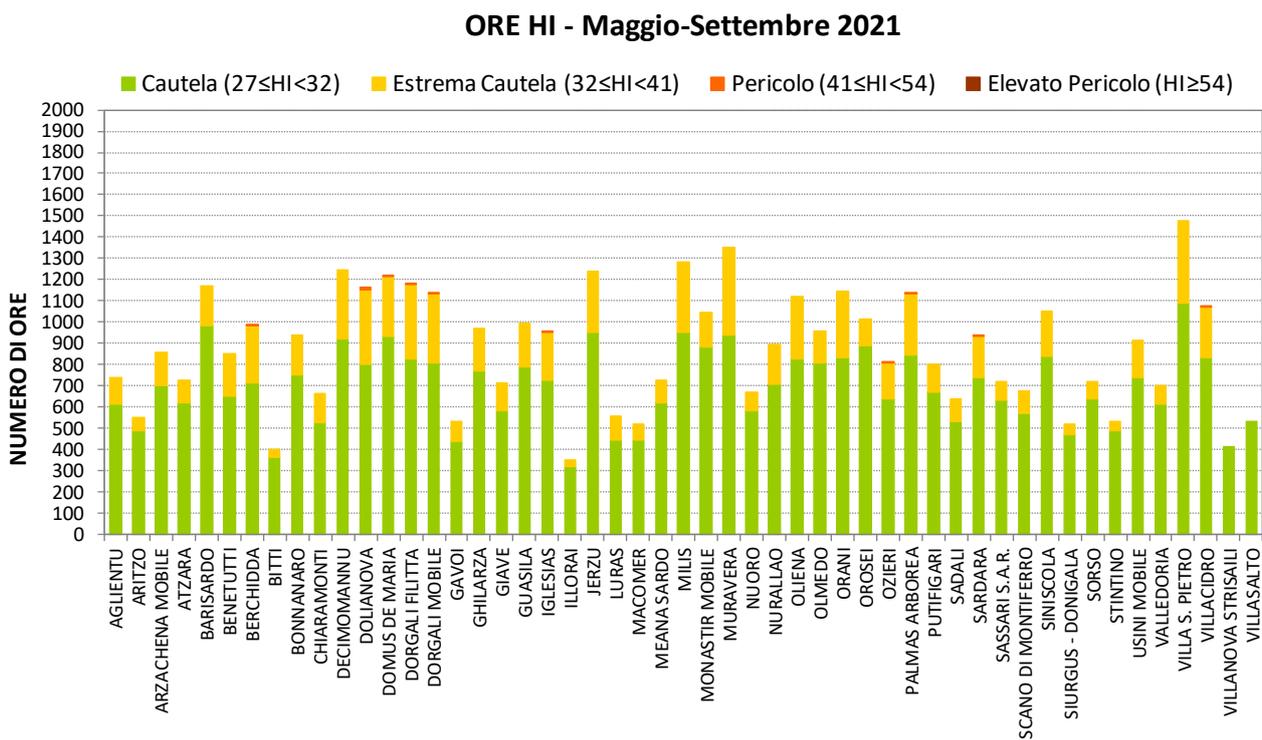


Figura 94: Anomalia delle ore mensili rispetto alla media 1995-2014 relativa al periodo maggio-settembre.

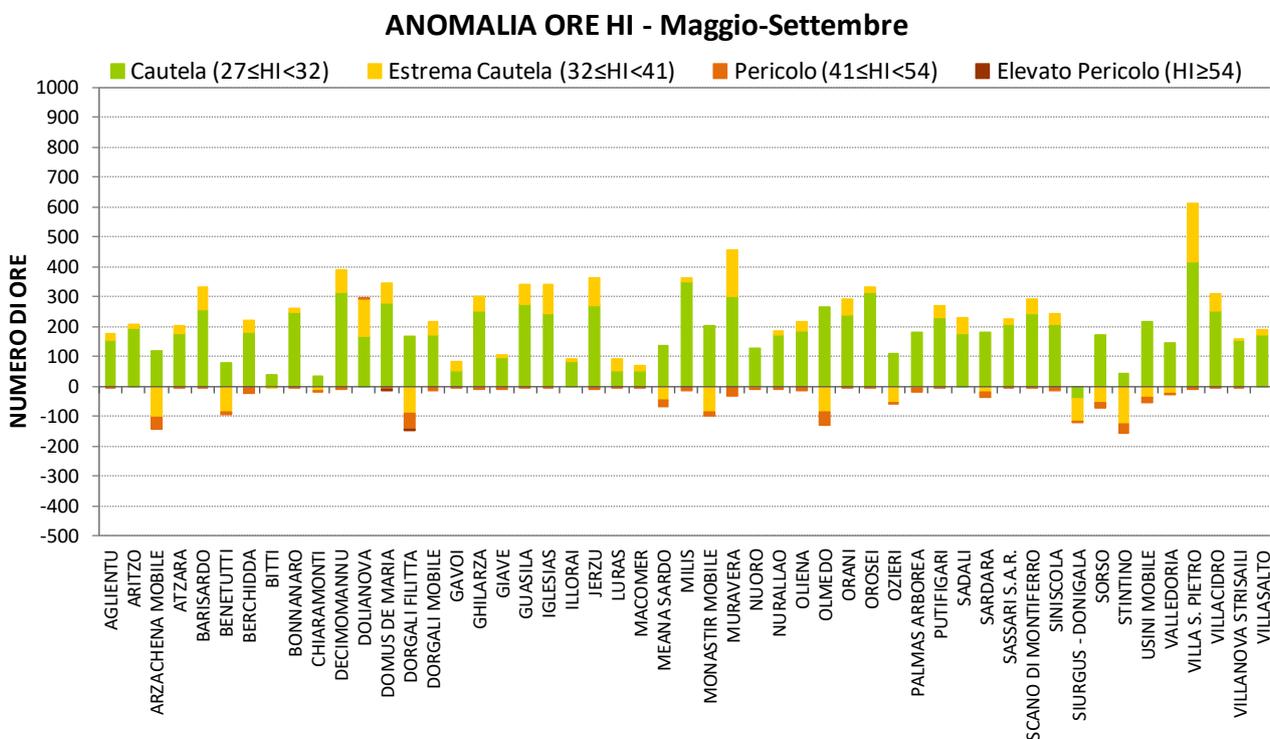


Figura 95: HI massimo assoluto relativo al periodo maggio-settembre 2021.

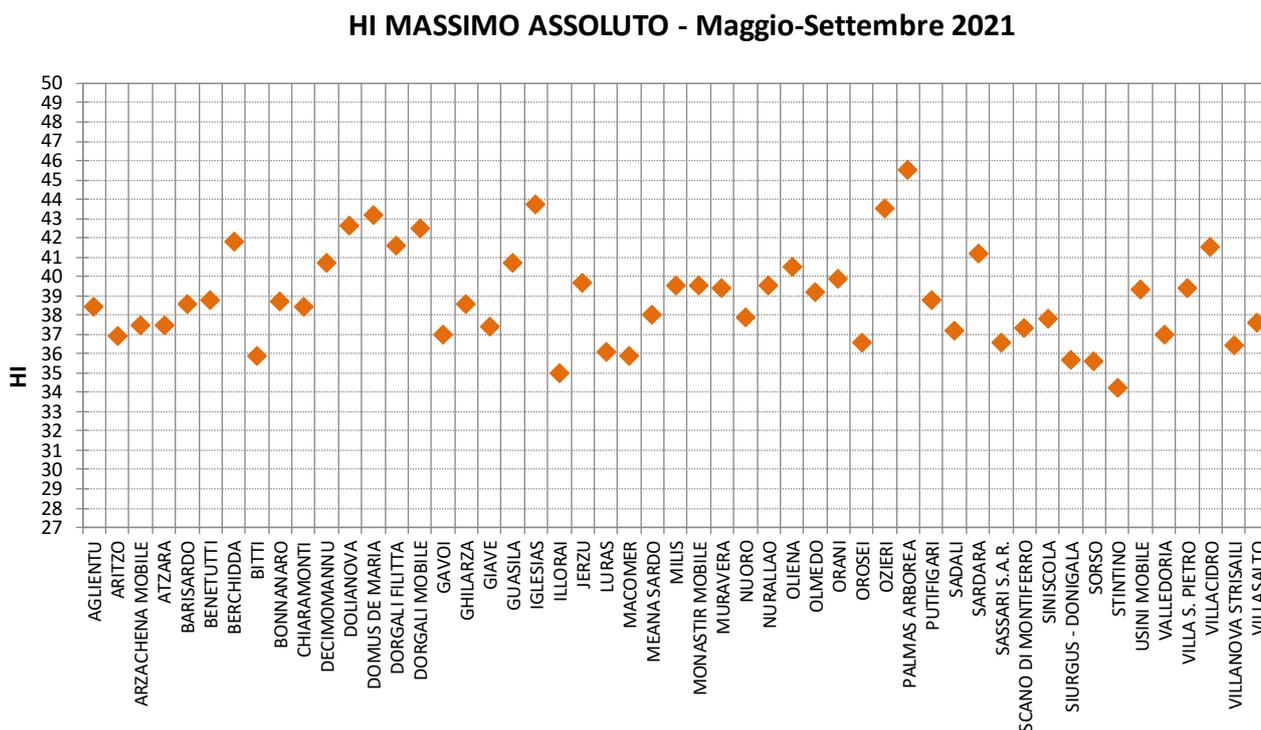


Figura 96: Anomalia del massimo assoluto rispetto alla media 1995-2014 relativa al periodo maggio-settembre.

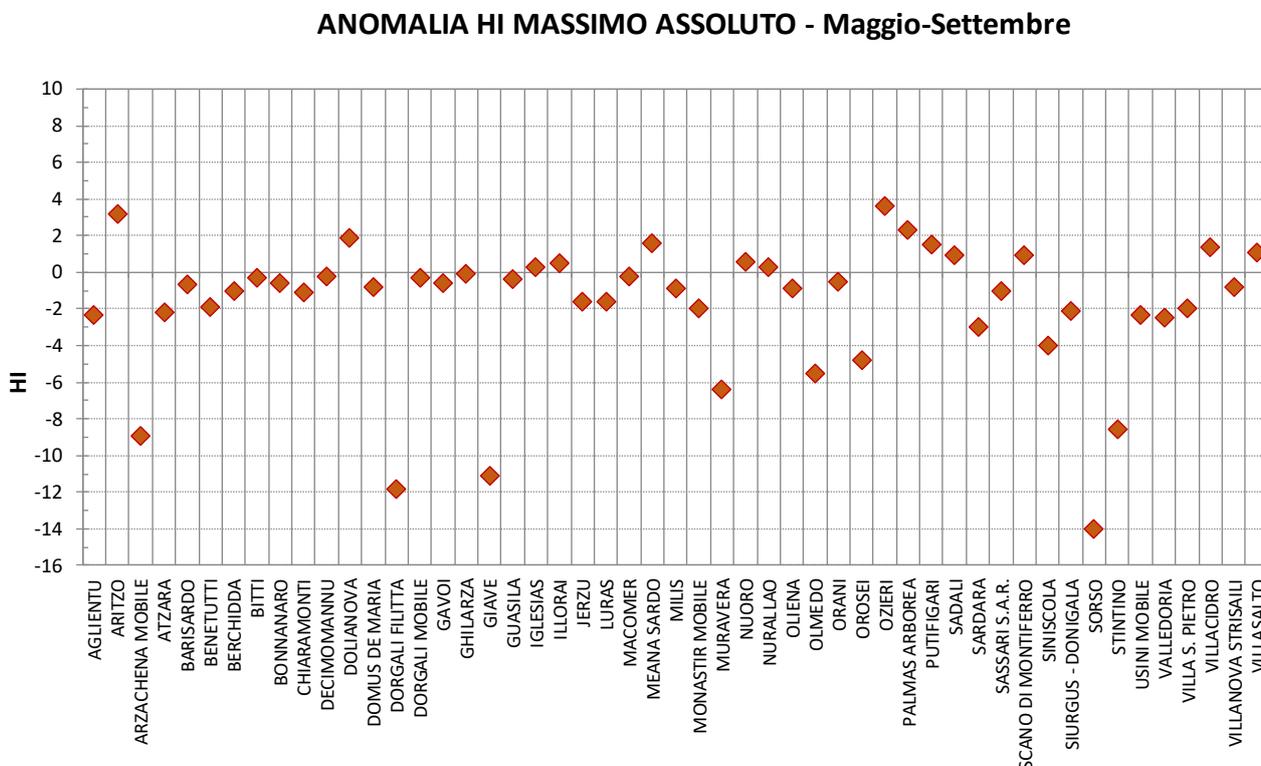


Figura 97: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2021 – Stazione di Dolianova.

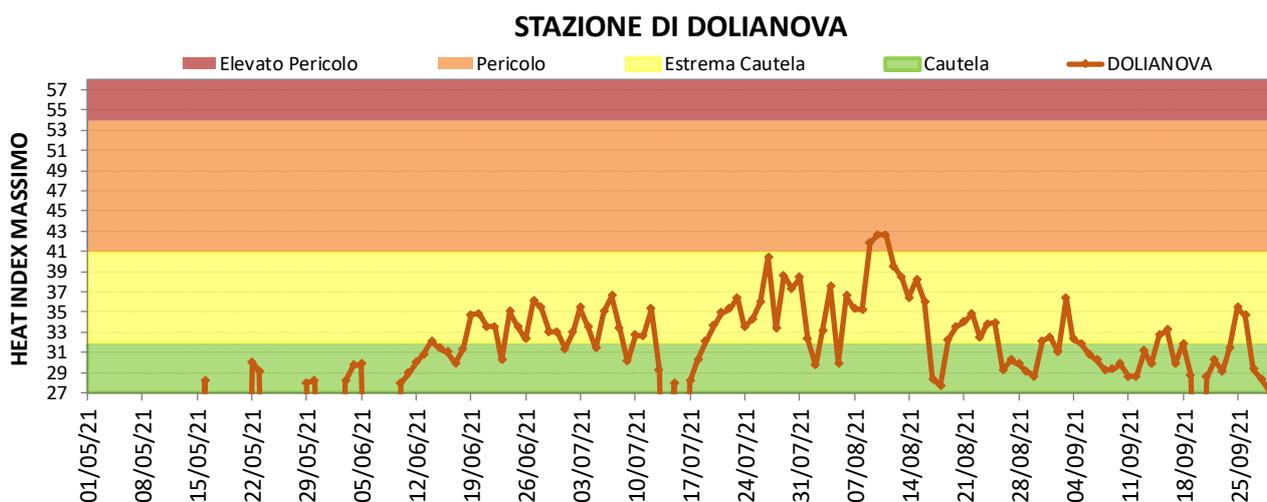


Figura 98: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2021 – Stazione di Dorgali Filitta.

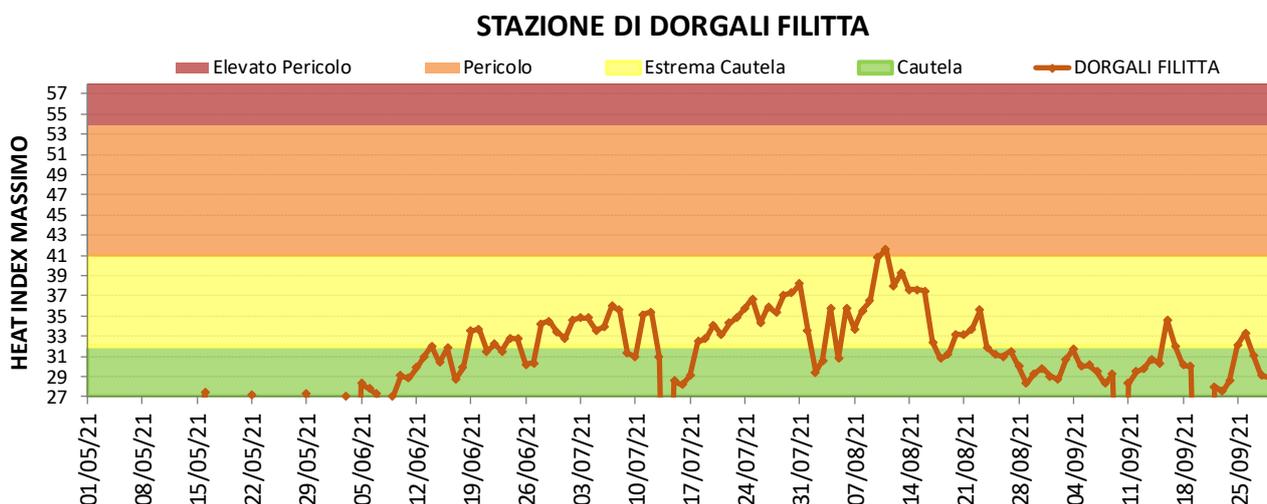


Figura 99: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2021 – Stazione di Decimomannu.

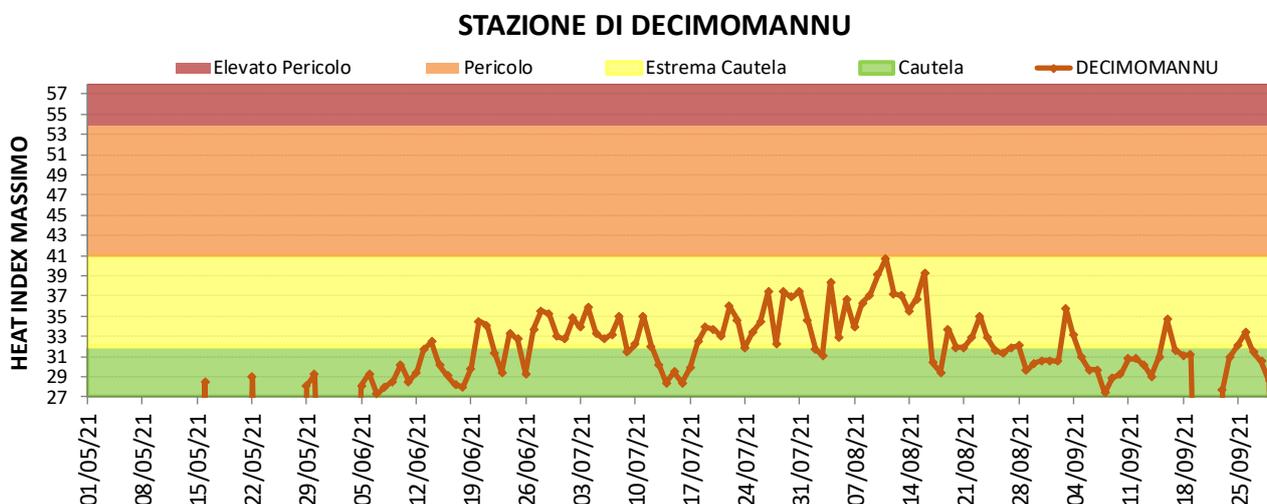


Figura 100: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2021 – Stazione di Muravera.

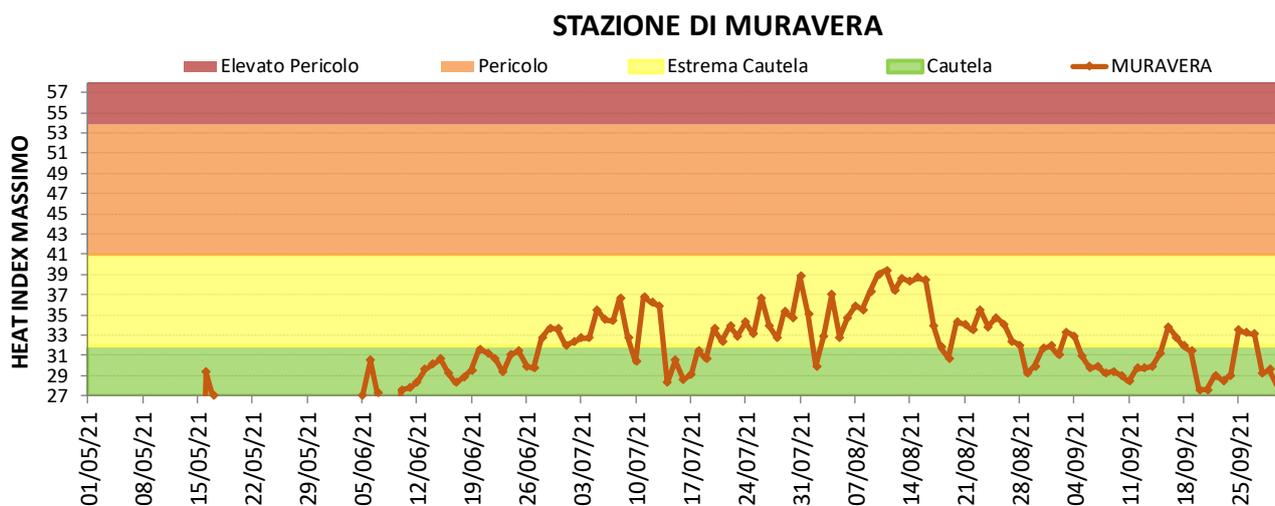


Figura 101: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2021 – Stazione di Palmas Arborea.

