



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 2021 - settembre 2022

INDICE

INTRODUZIONE	4
1. ANALISI METEOROLOGICA GENERALE	6
2. LE PRECIPITAZIONI DELL'ANNATA	10
2.1. Andamento complessivo dell'annata	10
2.2. Andamento della stagione piovosa	13
2.3. Analisi della neve	15
3. LE PRECIPITAZIONI SU GRUPPI DI MESI	17
3.1. Il trimestre ottobre-dicembre	17
3.2. Il quadrimestre gennaio-aprile	18
3.3. Il quinquemestre maggio-settembre	20
4. TEMPERATURE ANNUALI	22
4.1. Temperature medie dei singoli mesi	24
4.2. Indicatori di condizioni termiche particolari	26
4.2.1. Giorni di gelo	26
4.2.2. Notti tropicali	28
4.2.3. Giornate estive	29
5. ANOMALIA DEL LIVELLO DEL MARE IN SARDEGNA	32
6. ELABORAZIONI AGROMETEOROLOGICHE SPECIFICHE	33
6.1. Evapotraspirazione e bilancio idroclimatico	33
6.2. Indice di precipitazione standardizzata - SPI	36
6.3. Sommatorie termiche	42
6.4. Wind Chill Index (WCI)	48
6.5. Temperature Humidity Index (THI)	51
6.6. Heat Waves – Onde di calore	54
7. BIOMETEOROLOGIA - HEAT INDEX	58

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.

A cura di

Michele Fiori
Alessandro Delitala
Ilaria Peana

Hanno collaborato

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

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 2021-settembre 2022 ha registrato cumulati di pioggia superiori alla media climatica 1981-2010 sulla Sardegna centromeridionale e inferiori alla media sulla Sardegna settentrionale.

Sulle zone poco piovose del Nord Sardegna i cumulati sono stati inferiori alla media di oltre il 10% con deficit pluviometrici sino a - 50% nel Sassarese. Sul Centro-Sud dell'Isola il rapporto tra il cumulato 2021-2022 e la media climatologica sono risultati compresi tra 1 e 1.25. Nel Sulcis e nell'area vasta di Cagliari i cumulati sono risultati superiori alla media tra il 25% e il 50%.

Rispetto alla climatologia 1981-2010, le piogge dell'annata confermano l'andamento degli anni successivi al 2017-2018 (un anno particolarmente asciutto), tutti caratterizzati da un'anomalia leggermente positiva.

Su gran parte dell'Isola i cumulati hanno superato generalmente i 600 mm. I cumulati massimi hanno interessato i rilievi principali, con valori anche sopra i 1000 mm su Gennargentu, Montiferru, Limbara e Monti del Sulcis. La località più piovosa dell'annata è stata Pula Is Cannoneris dove sono caduti 1319.8 mm, seguita da Arzana Sicca d'Erba con 1139.6 mm. Cumulati inferiori ai 600mm si sono avuti nel Sassarese, nella Valle del Coghinas, nell'Oristanese e nel Medio-Basso Campidano. La stazione meteorologica meno piovosa dell'annata è stata Sassari Università, con 375.4 mm.

All'interno dell'annata 2021-2022, l'ultimo trimestre del 2021 è quello che ha mostrato cumulati superiori alla corrispondente media climatica, grazie soprattutto alle abbondanti piogge del mese di novembre, mentre il primo quadrimestre del 2022, cioè la seconda parte della stagione piovosa, ha presentato condizioni di deficit climatico su tutta l'Isola. Le piogge della terza parte dell'annata (maggio-settembre 2022) sono state in linea con la climatologia sia come cumulati sia come caratteristiche dei fenomeni, con un prevalere di precipitazione temporalesche, quindi localizzate e con una forte variabilità spaziale.

L'indice SPI trimestrale, rappresentativo delle condizioni di umidità dei suoli, mostra le condizioni più significative nei tre mesi novembre-gennaio, con diffuse condizioni di *moderatamente umido*, *molto umido* ed *estremamente umido* nella parte Nord-orientale e meridionale della Sardegna. Dal mese di febbraio e fino al mese di aprile si è registrato un progressivo calo dei valori con condizioni *vicino alla media* e *moderatamente siccitoso* e alcune aree caratterizzate da condizioni *molto siccitoso* ed *estremamente siccitoso* (particolarmente in febbraio e marzo).

L'analisi dell'SPI su periodi di 12 mesi, che è adatta a monitorare la siccità per i bacini idrici di piccole-medie dimensioni, per le falde e per le portate fluviali, ha mostrato all'inizio dell'annata una prevalenza di condizioni *vicino alla media*. A partire dal mese di gennaio, invece, si sono registrate condizioni siccitose nel settore Nord-occidentale della Sardegna; nella parte meridionale, invece, a partire da gennaio si sono avute condizioni umide, per via delle piogge superiori alla media dei mesi di marzo, maggio, agosto e settembre.

Per quanto riguarda le temperature, le medie annuali delle minime risultano in linea o leggermente superiori rispetto alla media climatologica di riferimento, mentre le massime mostrano un'anomalia positiva rispetto alla media climatica decisamente più marcata, con una media di +1.2 °C fino a superare +1.5 °C nella parte Sud-occidentale dell'Isola.

Il mese più freddo è stato gennaio, con medie delle temperature minime negative (fino circa a -2 °C) sul Gennargentu e sui Monti di Alà dei Sardi; nello stesso mese temperature medie prossime a zero si sono registrate sulle Barbagie, nonché sul Marghine e sulle grandi vallate circostanti. L'anomalia climatica evidenzia un raffreddamento generalizzato fino ai quasi a -2 °C del settore orientale, causato dalle prolungate avvezioni fredde da nord-est che hanno caratterizzato il periodo. La temperatura minima assoluta dell'annata, pari a -8.36 °C, è stata misurata nella stazione di Villagrande Strisaili il 27 gennaio.

Le temperature massime hanno iniziato a essere sensibilmente superiori alle corrispondenti medie climatiche già dal mese di maggio, diventando particolarmente elevate nel periodo estivo. Risultano di rilievo le anomalie climatiche del mese di giugno, pari a +4.3 °C come media regionale. Nel periodo maggio-settembre si sono registrati numerosi giorni con temperature massime superiori ai 35 °C, con picchi superiori a 80 giorni in alcune stazioni; si tratta di valori sensibilmente superiori rispetto a quelli dei tre anni precedenti (dal 50% al 75% in più rispetto al numero medio del triennio 2019-21). Le temperature massime giornaliere nel trimestre caldo hanno superato i 40 °C per diversi giorni in alcune località (fino a 18 giorni nella stazione Ozieri c.ra Fraigas), raggiungendo in alcuni casi picchi superiori a 44 °C, nel mese di giugno.

Per quanto riguarda le sommatorie termiche, le alte temperature dal mese di maggio in poi hanno determinato un sensibile incremento di tali indicatori rispetto ai corrispondenti valori climatici. I maggiori scostamenti, superiori a 300 GDD, hanno interessato le aree collinari e montuose dell'Isola per i valori in base 0 °C e quasi tutto il territorio regionale per quelli in base 10 °C. Analizzando separatamente i due periodi ottobre '21 – marzo '22 e aprile – settembre '22 è possibile rilevare che lo scostamento rispetto al dato climatico è attribuibile quasi esclusivamente al secondo semestre. Infatti, il primo semestre ha mostrato un evidente ritardo termico per i valori in base 0 °C su quasi tutto il territorio regionale. Il periodo aprile-settembre, invece, è stato particolarmente caldo e in anticipo termico rispetto al dato medio, con anomalie sempre positive e superiori ai 200 GDD per entrambe le soglie di riferimento.

1. ANALISI METEOROLOGICA GENERALE

L'autunno 2021, inizio dell'annata 2021-2022, da un punto di vista meteorologico ha inizio dopo Ferragosto 2021, quando la prima perturbazione ben strutturata a scala sinottica riesce ad affacciarsi con efficacia sui bacini italiani, persistendo per alcuni giorni. Chiaramente la circolazione anticiclonica viene ripristinata rapidamente, tuttavia il marcato calo delle temperature segna il confine netto con la prima quindicina di agosto, e dà il via a quella successione di perturbazioni intercalate da ampie rimonte anticicloniche che è tipica delle mezze stagioni. Questa è infatti l'impronta di settembre e ottobre 2021, che mantengono in generale temperature miti, e fenomeni atmosferici che spesso sono contraddistinti da quella tipica instabilità atmosferica dell'estate, come quello del 9 ottobre (**Figura 1**), in cui un ampio minimo barico centrato in area adriatico-balcanica dà luogo, insieme all'alta temperatura dei mari sardi, a un parossismo elettrico che quel pomeriggio porta a contare oltre quattrocentomila fulminazioni in area sardo-corsa.

Novembre è il mese del cambiamento e alle prime due decadi ancora di impronta autunnale fa bruscamente seguito l'ingresso dell'inverno con l'impulso umido e freddo del 24-25 novembre, che il 29 diviene gelido (**Figura 2**) e porta nevicate sopra i 550 metri sulla Sardegna. Fenomeno straordinario in quanto consiste in una precoce avvezione di aria polare marittima da nord-ovest, e non della usuale, e comunque di solito molto più tardiva, avvezione di aria artica continentale da nord-est che tipicamente induce le prime nevicate in Sardegna. E le nevicate a quote collinari si protraggono, tra alti e bassi, per tutta la prima decade di dicembre. Dopo questo inizio eclatante l'inverno si sviluppa in maniera usuale, fino alle gelide avvezioni fredde da nord-est di fine febbraio e inizio marzo.

A metà marzo 2022 ha inizio la primavera, con l'affermazione sul Mediterraneo Occidentale del grande promontorio barico (**Figura 3**) che dà il via alla tipica alternanza di saccature e rimonte, che continua per aprile e per la prima metà di maggio.

Maggio 2022 dal punto di vista meteorologico segna l'inizio dell'estate, grazie al progressivo approfondirsi e strutturarsi di un grande e persistente ciclone che va a occupare l'intero Atlantico Settentrionale, dal Labrador alla Penisola Iberica (**Figura 4**). La risalita di aria calda ai bassi strati lungo il ramo ascendente della struttura investe in pieno il Mediterraneo Occidentale, iniziando a far registrare alte temperature in Sardegna.

Giugno e luglio sono anch'essi dominati dall'espansione settentrionale dell'Anticiclone Africano e della zona di convergenza intertropicale. Nell'emisfero settentrionale l'estate culmina il 20-21 luglio, quando il promontorio barico, che già occupa l'Europa centro-occidentale, a seguito di una prepotente avanzata settentrionale verso la Scandinavia riesce a congiungersi con un'analogica figura barica protesa verso nord dallo Stretto di Bering, stabilendo un esile ma lunghissimo ponte altopressorio tra Oceano Atlantico e Pacifico, che passa proprio sopra il Polo Nord (**Figura 5**) e che riesce straordinariamente a spaccare in due le solidissime Basse Polari.

Segue un agosto che vede il ritorno dei temporali termoconvettivi pomeridiani che nei precedenti mesi estivi erano latitati, resi possibili dai passaggi di vorticità positiva correlati a una curvatura dei flussi che inizia ad assumere spesso impronta ciclonica, segno del progressivo cedimento dell'estate a favore dell'autunno. Se si dovesse indicare un giorno preciso di fine dell'estate - e dell'annata - sarebbe il 25 settembre, molto vicino all'equinozio, quando una propaggine delle Basse Pressioni Polari riesce a insinuarsi sull'Europa Occidentale (**Figura 6**) dando il via a quella lunga danza di alte e basse pressioni che chiamiamo autunno.

Figura 1: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) - 09 ottobre 2021.

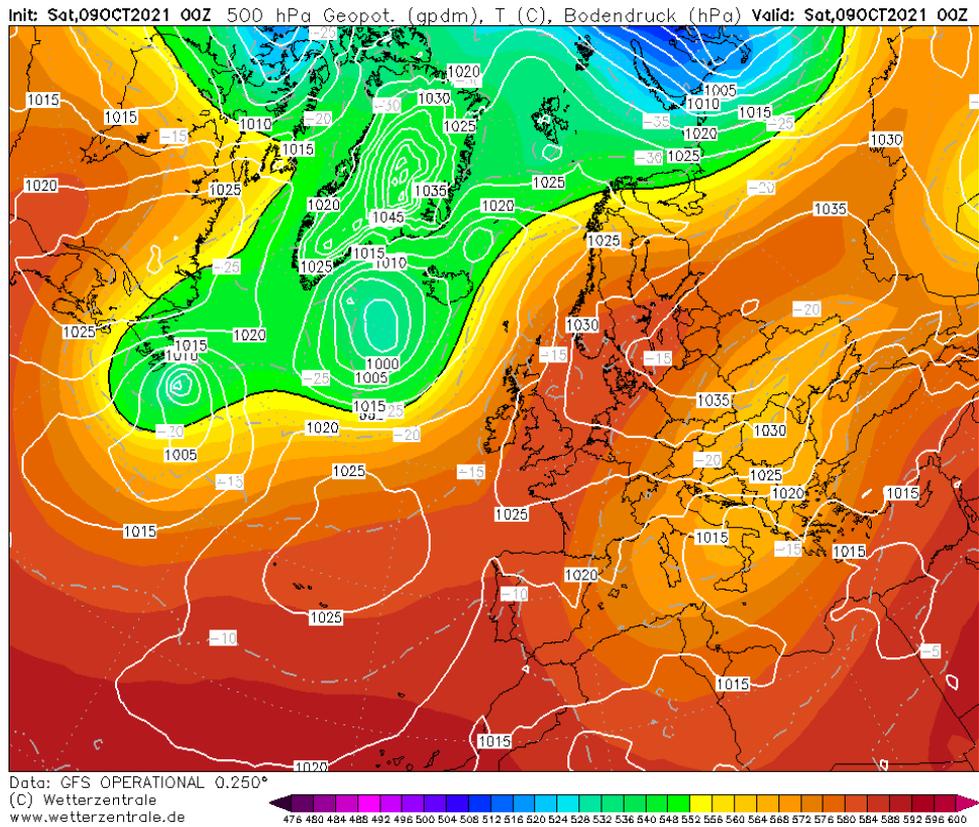


Figura 2: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 850 hPa - 29 novembre 2021.

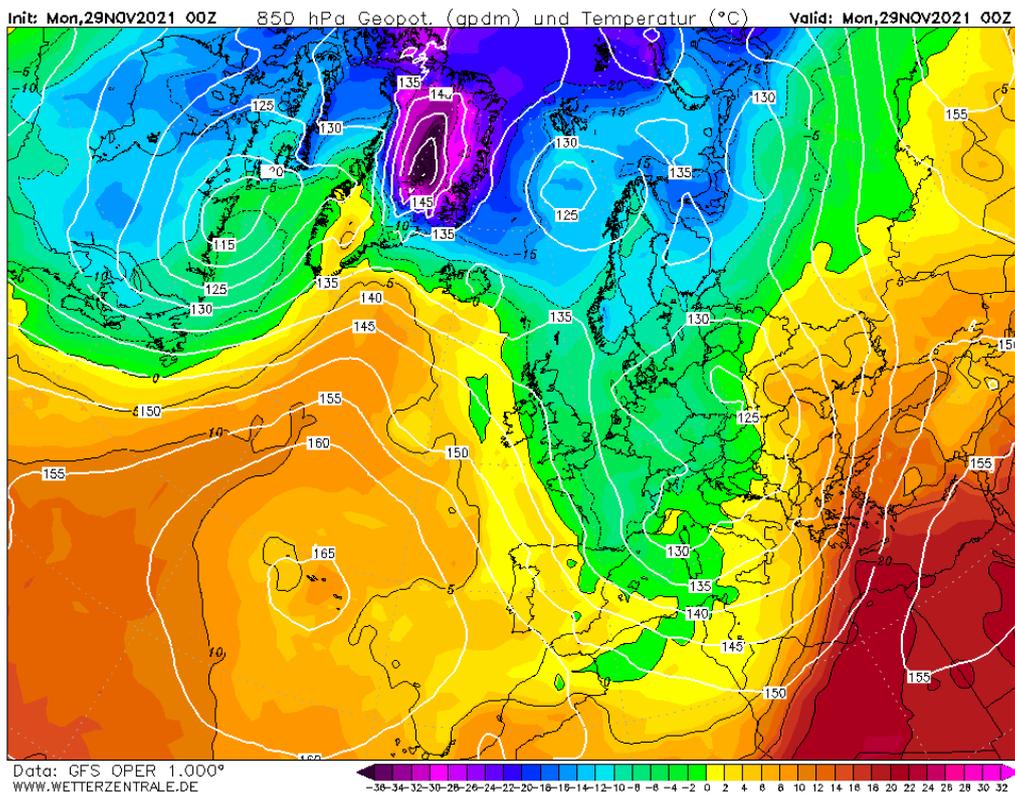


Figura 3: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) - 14 marzo 2022.

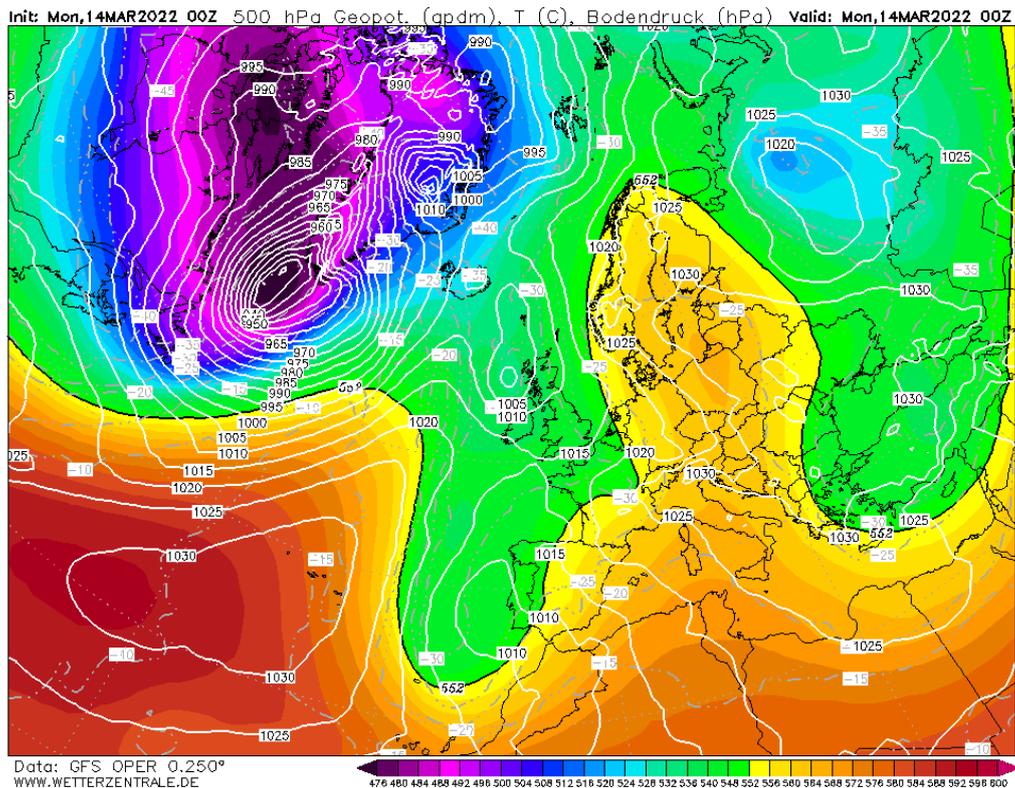


Figura 4: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 850 hPa - 16 maggio 2022.

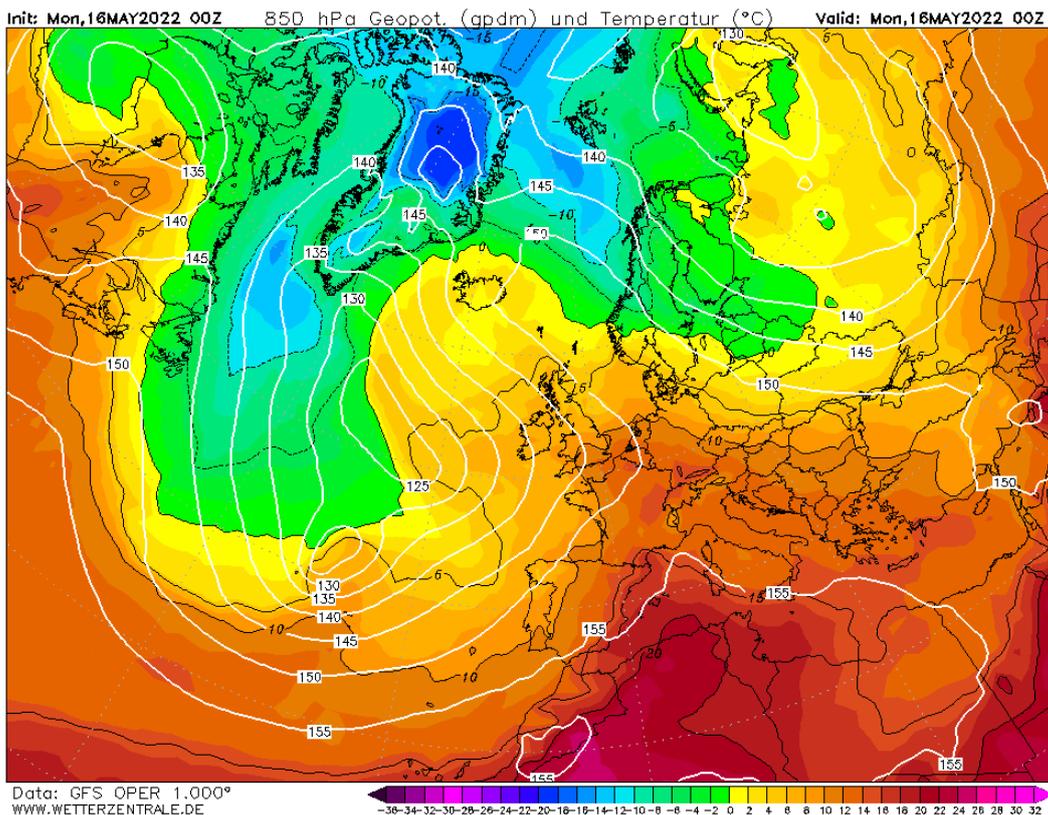


Figura 5: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) – 21 luglio 2022.

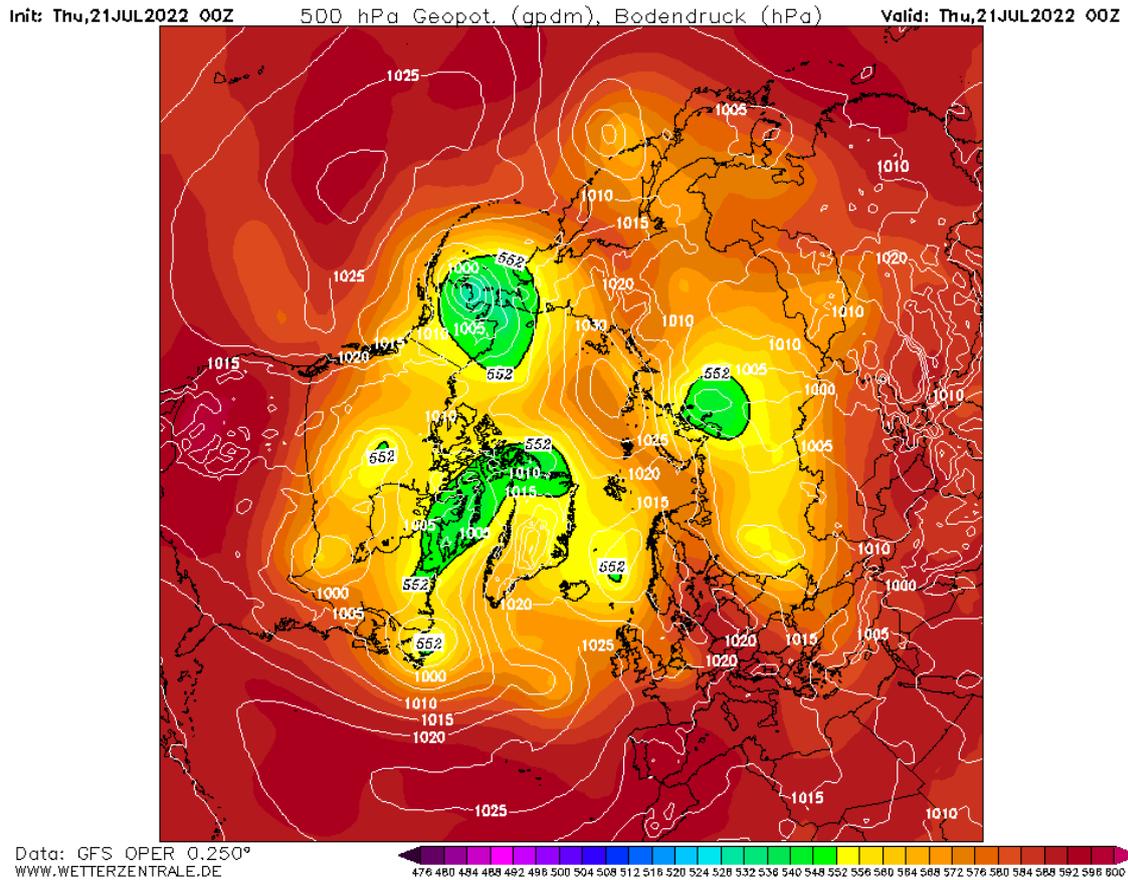
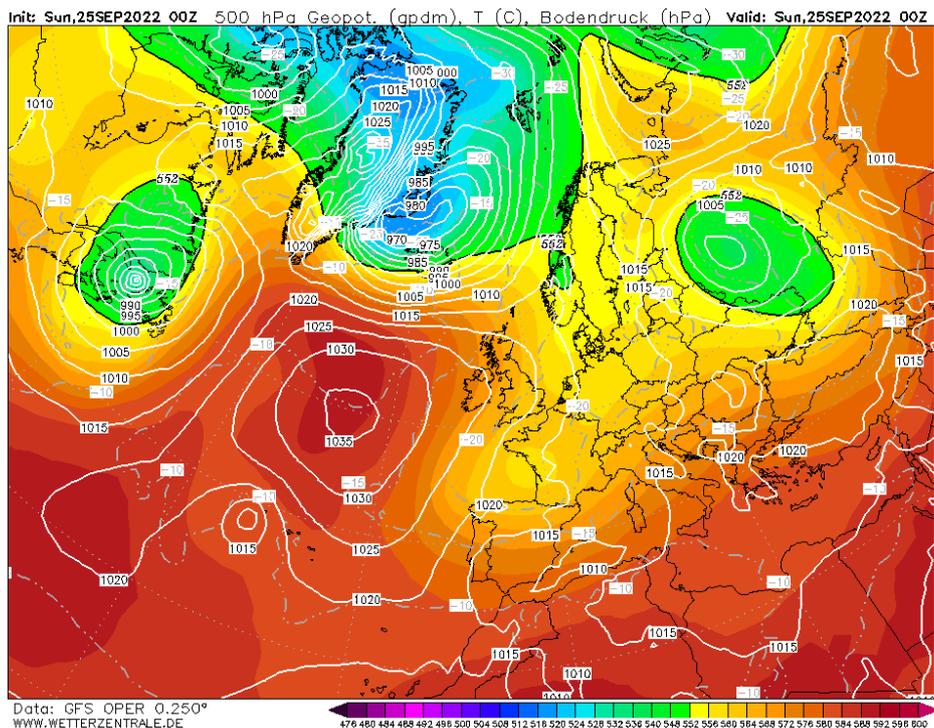


Figura 6: Altezza del campo di geopotenziale (gpdam) e Temperatura (°C) al livello di 500 hPa e Pressione al livello del mare (hPa) – 25 settembre 2022.



2. LE PRECIPITAZIONI DELL'ANNATA

2.1. Andamento complessivo dell'annata

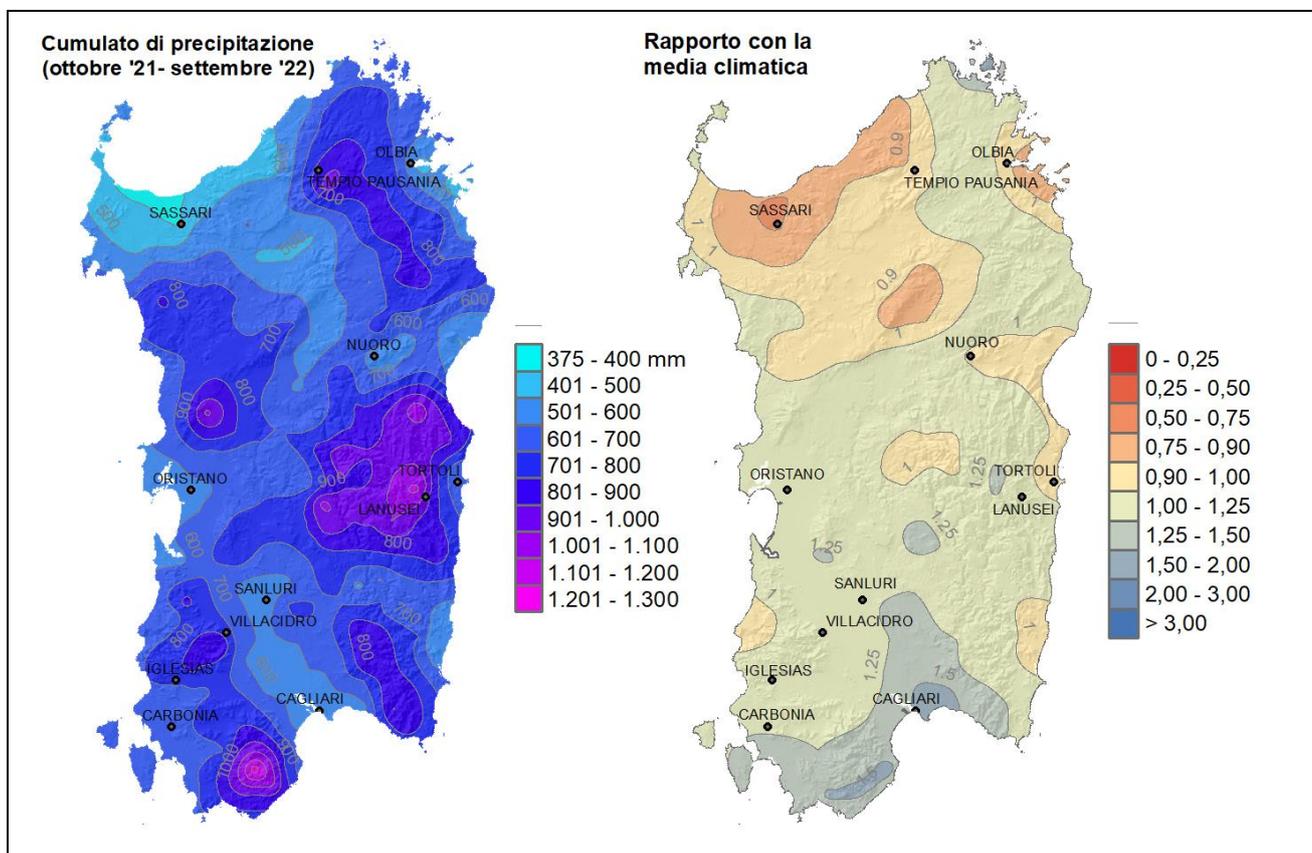
L'analisi delle precipitazioni che segue si basa sulle precipitazioni sull'annata e su determinati sottoperiodi. La climatologia di riferimento utilizzata per i confronti è quella relativa al periodo 1981-2010.

In **Figura 7** si riportano i cumulati totali dell'annata agraria 2021-2022 e il relativo rapporto con la media climatica. I cumulati massimi hanno interessato i rilievi principali dell'Isola, con valori anche sopra i 1000 mm su Gennargentu, Montiferru, Limbara e Monti del Sulcis. La località più piovosa dell'annata è stata Pula Is Cannoneris dove sono caduti 1319.8 mm; segue Arzana Sicca d'Erba con 1139.6 mm. Su gran parte dell'Isola i cumulati hanno superato generalmente i 600 mm.

Le zone meno interessate dalle precipitazioni sono state il Sassarese, la piana di Ozieri, l'Oristanese e il Medio-Basso Campidano. Il cumulado più basso dell'annata, pari a 375.4 mm, è stato registrato nella stazione di Sassari Università.

I cumulati sopra descritti sono stati in media o leggermente al di sopra della media climatica su gran parte della regione, con valori del rapporto compresi tra 1 e 1.25. Sulle zone deficitarie del Nord Sardegna i cumulati sono invece stati inferiori alla media almeno del 10% e localmente anche sotto il 50% nel Sassarese. Nel Sud Sardegna i cumulati sono invece stati al di sopra della media, almeno sopra il 25% e localmente sino al 50% in più nel Sulcis e nel Cagliariitano.

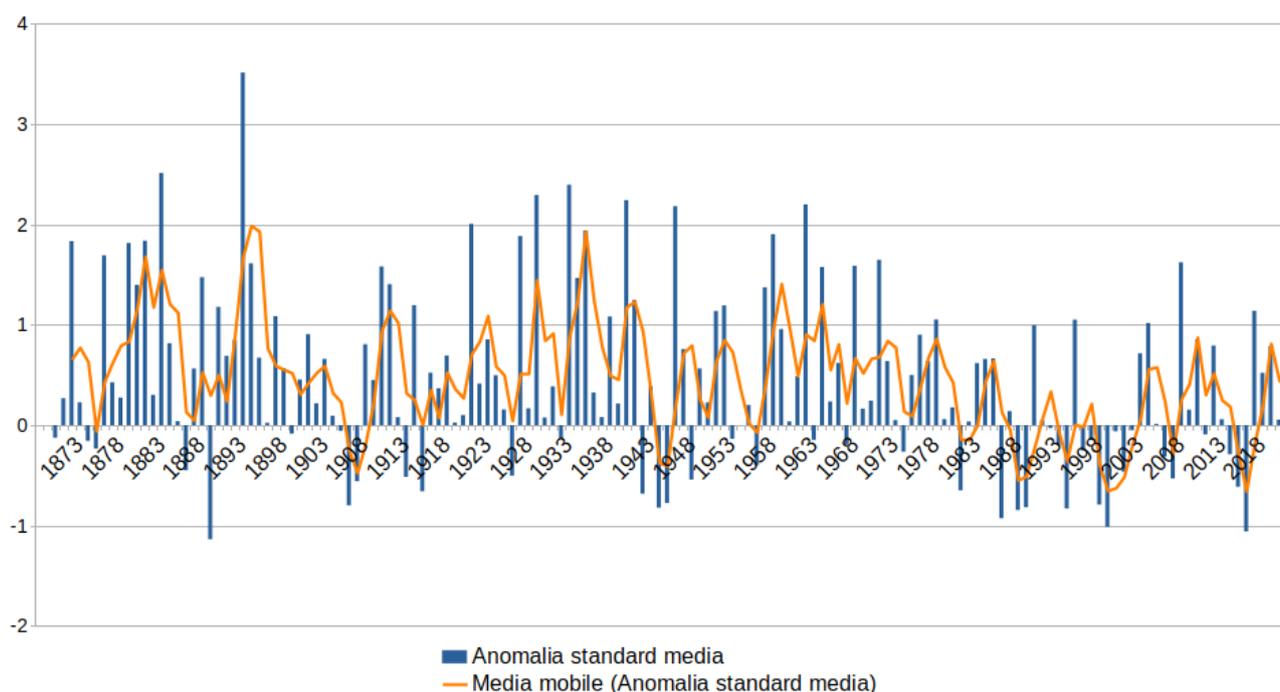
Figura 7: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre 2021 a settembre 2022 e rapporto tra il cumulado e la media climatica.



In **Figura 8** si riporta l'anomalia standard media del cumulato di precipitazione tra ottobre e settembre dal 1870 al 2022. L'elaborazione comprende un numero di stazioni variabile per ogni annata. Le anomalie relative al periodo 1870-1922 sono costruite su un numero di stazioni relativamente basso rispetto al periodo successivo.

Da tale grafico si evince che sino agli anni '80 del '900, l'anomalia standard di precipitazione ha avuto sì oscillazioni periodiche ma si è mantenuta mediamente su valori superiori alla media, eccetto per alcuni brevi sotto-periodi. Negli ultimi 40 anni invece l'anomalia ha mantenuto l'oscillazione ma ha assunto più spesso valori negativi. La tendenza per gli anni successivi al 2017 (anno particolarmente poco piovoso) è quella del mantenimento di un'anomalia leggermente positiva.

Figura 8: Andamento ultrasecolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre-settembre.



La **Figura 9** mostra la distribuzione dei giorni di pioggia e il relativo rapporto con la media climatica. Nelle regioni centrali e sui rilievi maggiori le precipitazioni sono state frequenti, con valori sino a 100 giorni sul Gennargentu e più diffusamente superiori ai 70 giorni. La costa orientale con la Nurra e l'Anglona sono state le sub-regioni in cui le precipitazioni sono state meno frequenti, con valori inferiori ai 60 giorni e localmente anche inferiori a 55 giorni. Queste frequenze portano la Sardegna Orientale, Settentrionale e una fascia che va dall'Oristanese a Nuoro passando per la Piana di Ottana a essere in linea o al di sotto della media climatica con valori del rapporto da 0,75 a 1. Le restanti zone hanno invece ricevuto precipitazione con frequenza al di sopra della media, sino al 50% in più.

In **Figura 10** è mostrato l'andamento dell'anomalia standard media dei giorni di pioggia tra ottobre e settembre dal 1922 al 2022. L'andamento secolare dell'anomalia è oscillante e alterna periodi sopra media a periodi sotto media su intervalli di qualche annata e a volte anche tra annate successive. Per gli ultimi anni successivi al 2017 si nota una tendenza positiva in cui i giorni piovosi sull'Isola sono significativamente sopra media.

Figura 9: Numero di giorni piovosi da ottobre 2021 a settembre 2022 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica

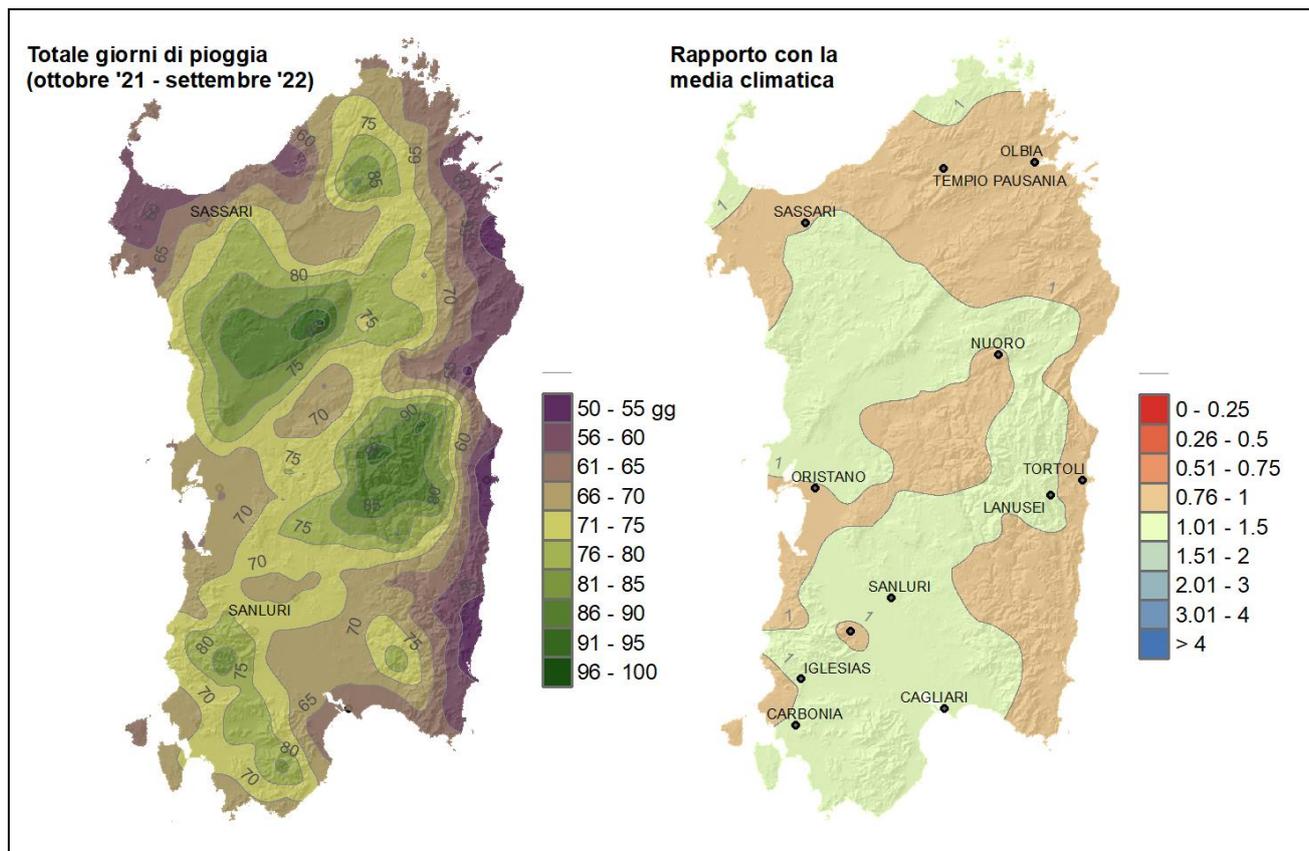
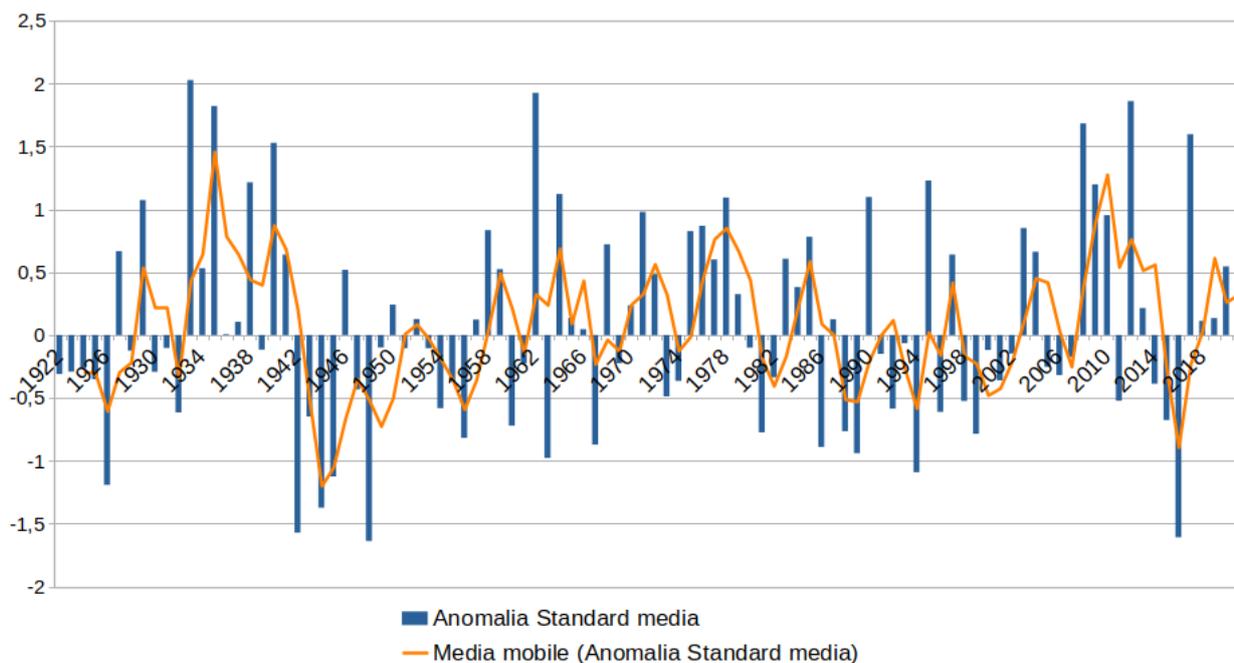


Figura 10: Andamento secolare del numero di giorni piovosi in Sardegna



2.2. Andamento della stagione piovosa

La stagione piovosa in Sardegna convenzionalmente è il periodo compreso tra ottobre e aprile. In **Figura 11** si riporta la mappa dei cumulati relativi al periodo ottobre 2021 – aprile 2022 e il relativo rapporto con la media climatica.

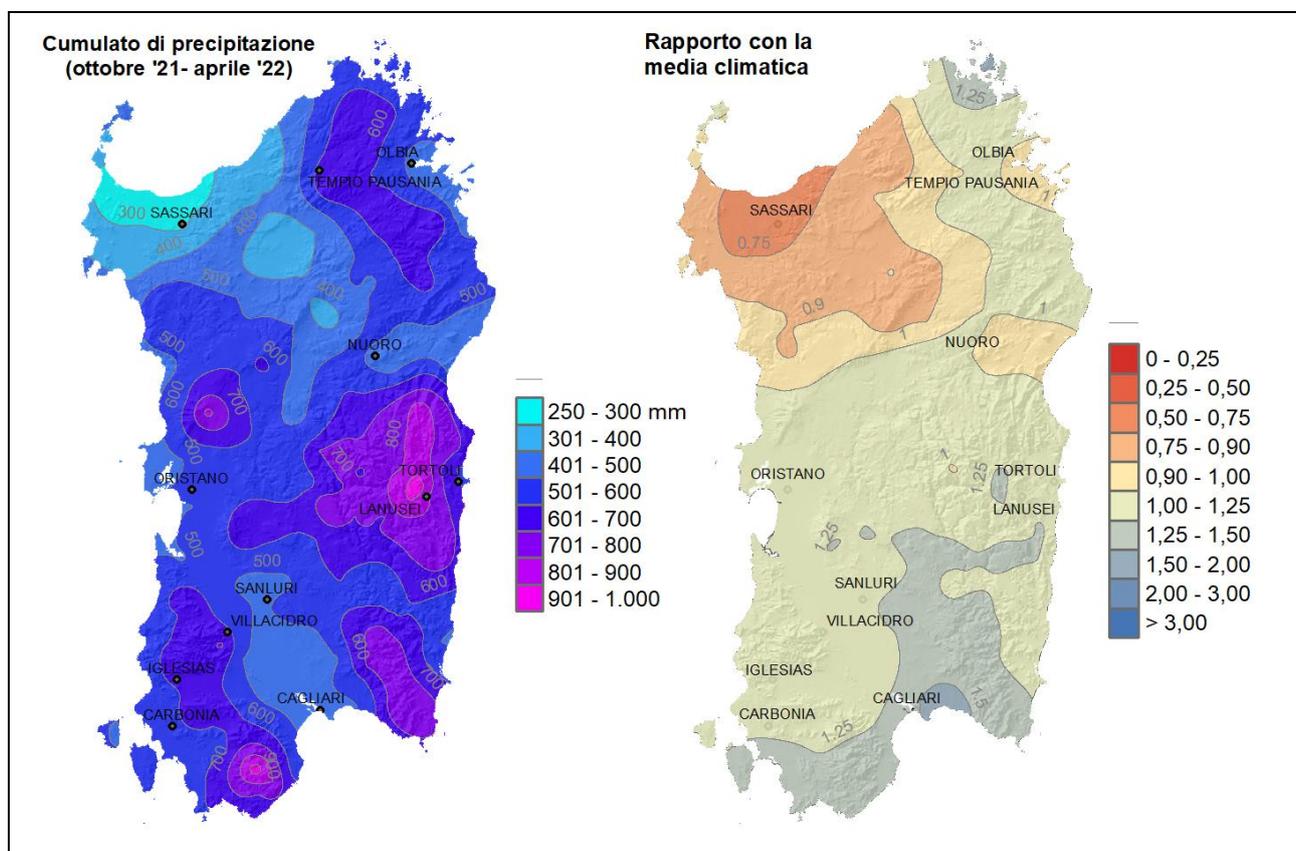
La distribuzione dei cumulati di precipitazione della stagione piovosa ricalca piuttosto bene il cumulo sull'intera annata, indice del fatto che la stagione piovosa dà un contributo importante al cumulo totale.

I cumulati massimi sono stati osservati sui rilievi maggiori della Sardegna Centrale e Meridionale: Montiferru, Gennargentu, Monti del Sulcis e nel Sarrabus-Gerrei. Il massimo, pari a 1073.2 mm (81% del cumulo massimo sull'annata), si è avuto a Pula Is Cannoneris, seguito da Arzana Sicca d'Erba con 982.2 mm.

I cumulati minimi sono stati osservati nel Sassarese con valori inferiori ai 300 mm, nella Piana di Ozieri, nelle Baronie e nel Medio-Basso Campidano con valori sotto i 400 mm. La località in cui ha piovuto di meno è Porto Torres Andriolu con 246.8 mm.

Rispetto alla media climatica la maggior parte della regione ha ricevuto cumulati in linea o poco al di sopra, sino al 25% in più. Il rapporto è minimo nel Nord-ovest, in particolare nel Sassarese dove i cumulati sono stati inferiori anche del 50% rispetto alla media. Nel Sud Sardegna invece i valori sono stati al di sopra del 25% e localmente su Cagliari anche superiori del 50%.

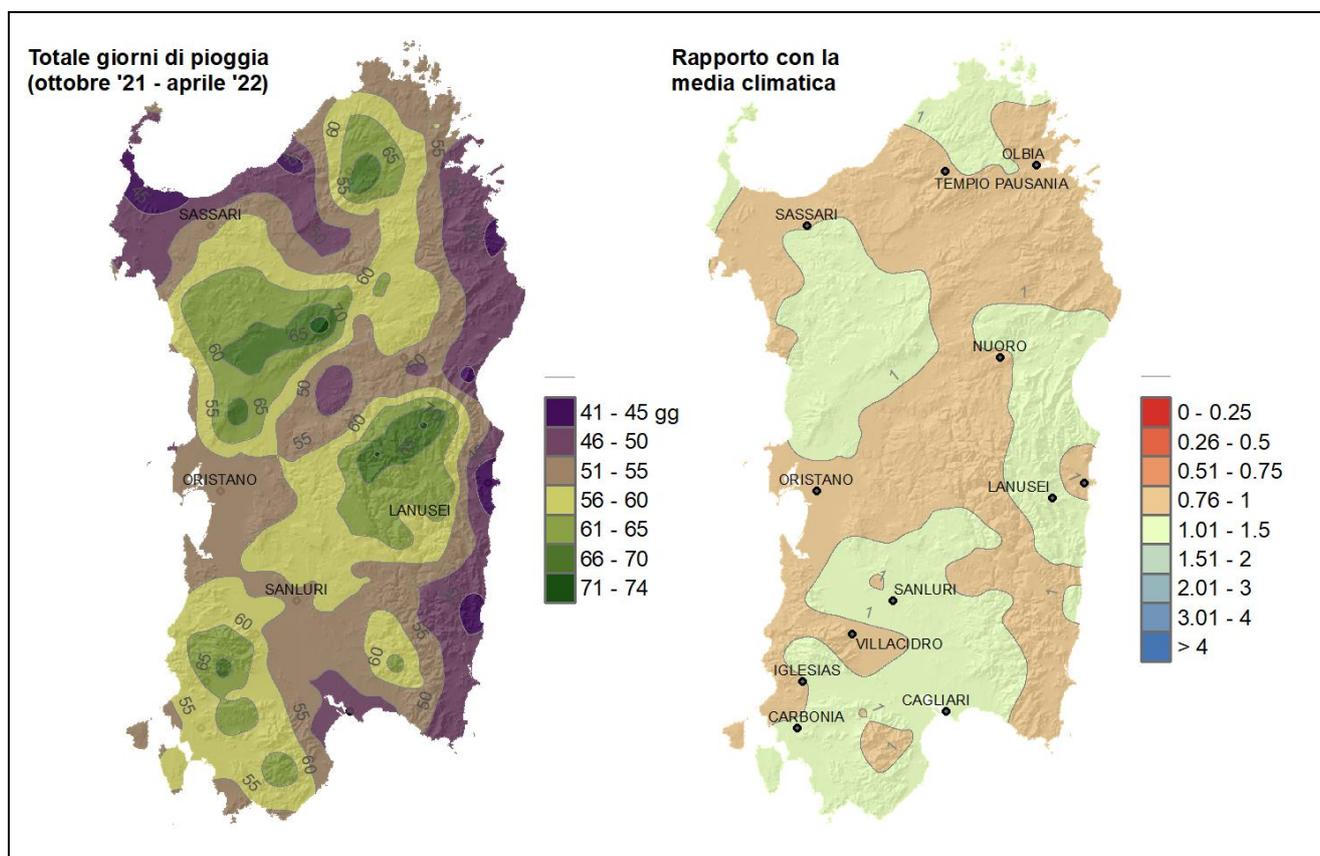
Figura 11: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre 2021 ad aprile 2022 e rapporto tra il cumulo e la media climatica.



In **Figura 12** si riporta la distribuzione dei giorni di pioggia e del relativo rapporto con la media climatica. Le precipitazioni sono state frequenti nei territori centrali e sui rilievi maggiori con valori almeno superiori ai 60 giorni e localmente sino a 74 giorni su Marghine e Gennargentu. Sulla costa orientale e sul territorio che va dalla Nurra all'Anglona i giorni di pioggia sono stati minimi, con valori inferiori a 50 giorni e localmente al di sotto dei 45 giorni.

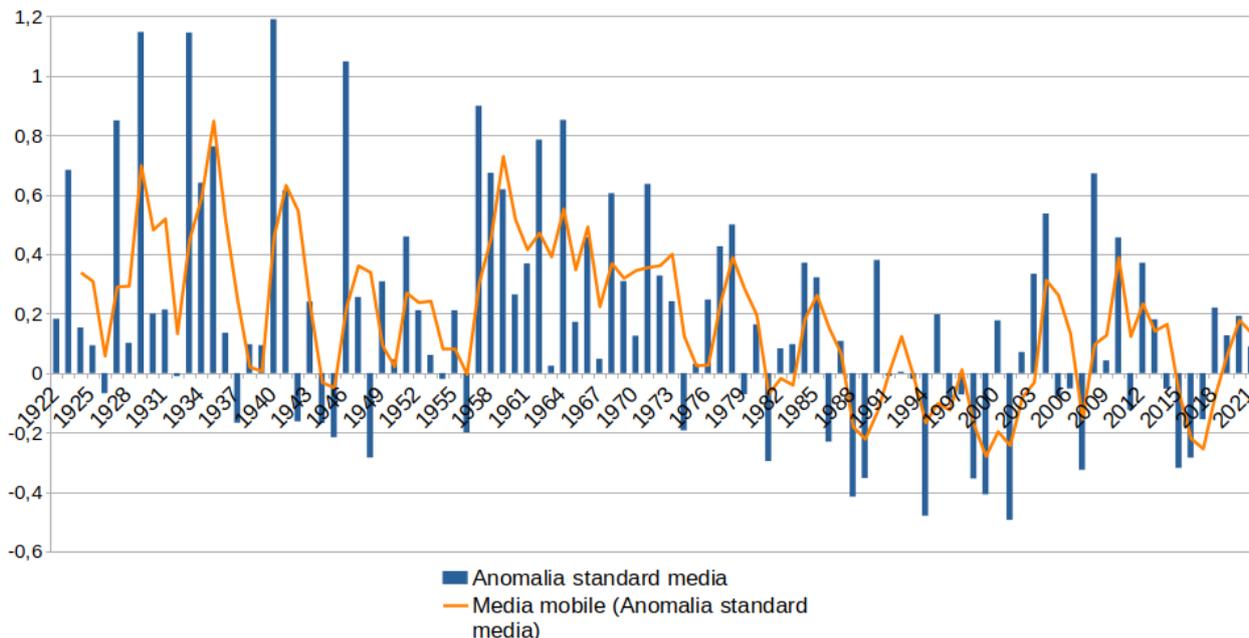
Tali frequenze sono per la maggior parte in linea o leggermente al di sotto della media climatica sino al 25% in meno. Tuttavia in ampie zone dell'Isola i giorni di pioggia sono stati sino al 50% maggiori rispetto alla media.

Figura 12: Numero di giorni piovosi da ottobre 2021 a aprile 2022 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.



In **Figura 13** si riporta l'andamento dell'anomalia standard media della precipitazione tra ottobre e aprile dal 1922 al 2022. Nella prima metà del secolo analizzato l'anomalia è stata spesso positiva con serie di stagioni piovose sopra media lunghe anche un decennio, intervallate da decenni in cui l'anomalia ha oscillato tra valori positivi e negativi anche su annate successive. Dalla fine degli anni '70 l'anomalia si è tenuta su valori più bassi rispetto al periodo precedente e ha avuto una forte variabilità inter-annata. La tendenza per gli ultimi anni successivi al 2017 è positiva, con valori di anomalia poco inferiori a 1.

Figura 13: Andamento secolare del cumulo di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre – aprile.



2.3. Analisi della neve

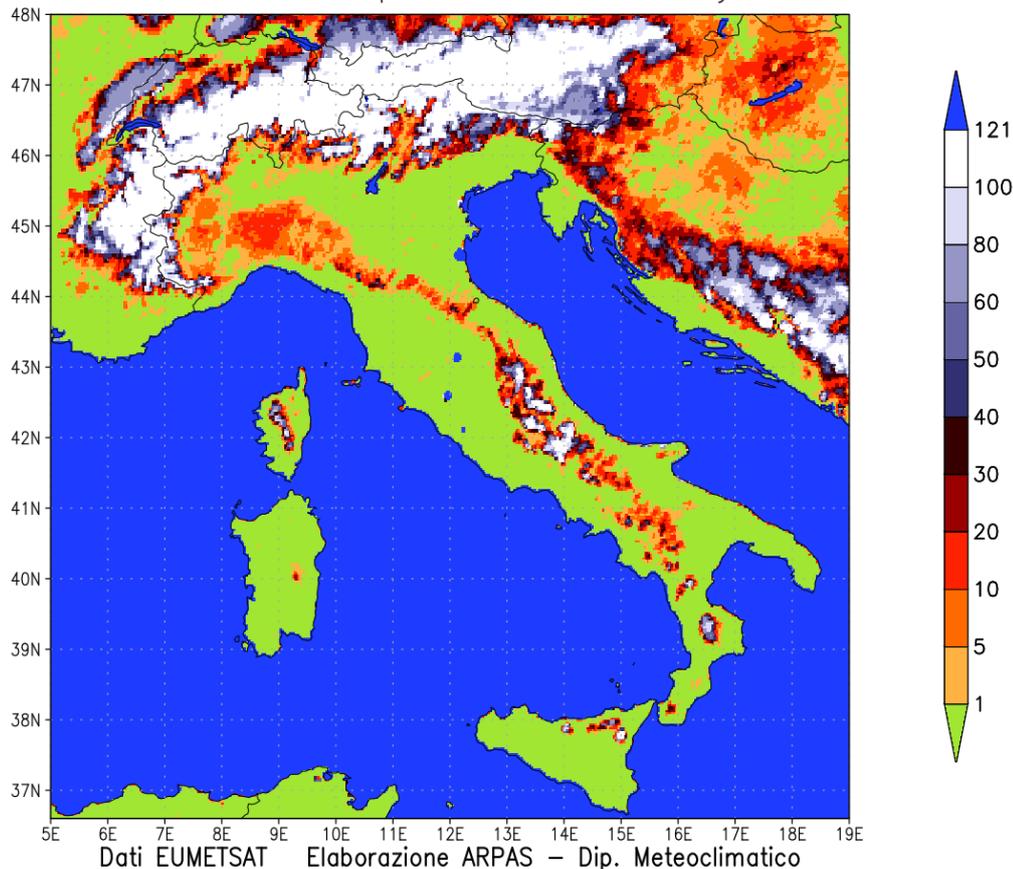
Nell'annata 2021-2022 le precipitazioni nevose sono iniziate tardi, con i primi eventi registrati a partire dal 18 gennaio 2022, anche a quote collinari. Le basse temperature di gennaio hanno permesso una significativa permanenza del manto nevoso per la seconda metà del mese. A febbraio si sono osservati due principali eventi nevosi con accumuli anche a quote collinari, con manto nevoso che sulle cime più alte del Gennargentu è perdurato per tutto il mese. Durante i primi giorni di marzo si sono avuti accumuli significativi osservabili da satellite sopra i 1200 m circa. Anche quest'anno si sono osservate nevicate tardive ad aprile ma in località di alta montagna, il cui manto è rimasto visibile solo per tre giorni, dal 4 al 6.

In **Figura 14** si mostra la mappa dei giorni di copertura nevosa in Italia. Solo sulle cime del Gennargentu i giorni di copertura nevosa sono stati tra 20 e 30 mentre sul resto dei rilievi non si sono avuti accumuli significativi sui 12 mesi oggetto di questa analisi.

La **Figura 15** mostra la tendenza del numero massimo di giorni nevosi in Sardegna dall'inverno 2007-2008 all'inverno 2021-2022. Il numero massimo osservato nell'inverno 2021-2022 è stato pari a 25, stabilizzando la tendenza su tale valore, il più ricorrente dal 2015.

Figura 14: Numero di giorni con copertura nevosa sulla base delle informazioni estratte dalle immagini del satellite MSG: quadrimestre dicembre 2021 - marzo 2022.

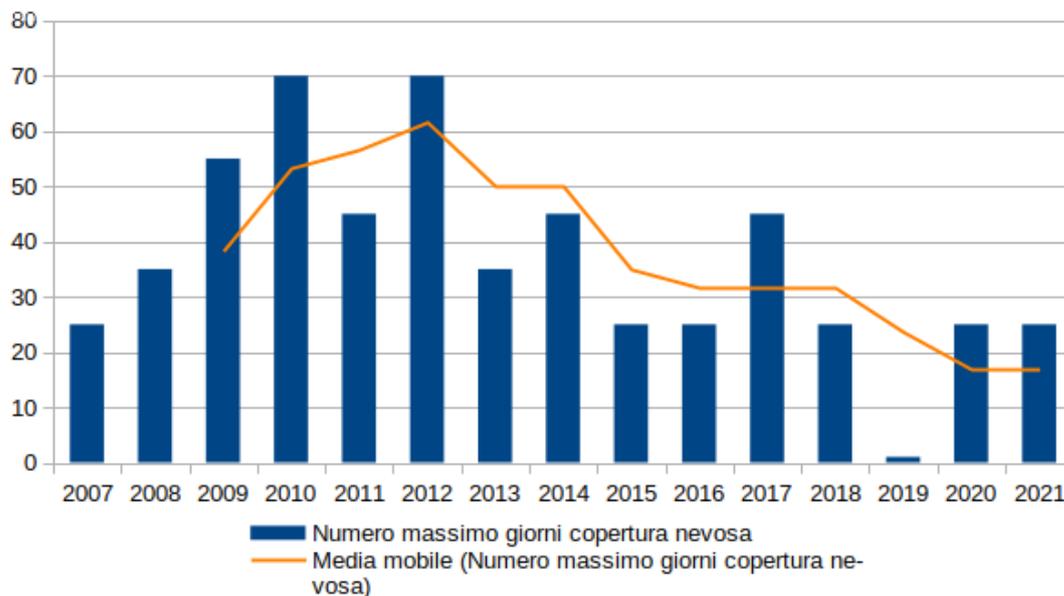
DEC21–MAR22 Giorni di copertura nevosa–Days of snowcover



GrADS/COLA

2023-01-23-13:26

Figura 15: 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.



3. LE PRECIPITAZIONI SU GRUPPI DI MESI

3.1. Il trimestre ottobre-dicembre

La **Figura 16** mostra la distribuzione delle precipitazioni sul trimestre ottobre-dicembre 2021 e il relativo rapporto con la media climatica. La maggior parte della regione ha ricevuto più di 360 mm di precipitazione sul trimestre. I cumulati massimi si dividono tra il Centro-Sud e il Nord-est con valori localmente intorno a 650 mm sui Monti del Sulcis e Gennargentu. Le località con il cumulato più alto sono state Desulo con 651.0 mm e Laconi Santa Sofia con 644.2 mm. Il valore minimo sul trimestre è invece stato osservato a Stintino, dove sono caduti 179.0 mm.

I cumulati di cui sopra sono in gran parte tra il 50% e il 100% superiori rispetto alla climatologia. Nel Sud i valori si attestano tra il 100% e il 200% in più. Il Sassarese è stato invece l'unico settore in deficit, con valori del rapporto inferiori a 1 e localmente tra 0.75 e 0.9.

In **Figura 17** viene riportato l'andamento secolare dell'anomalia standard di precipitazione per il periodo ottobre-dicembre dal 1922 al 2022 in base alla climatologia 1981-2010.

Anche in questo caso l'andamento è oscillante con solo alcuni intervalli più o meno lunghi in cui l'anomalia si è mantenuta positiva per diverse annate, come ad esempio dal 1958 al 1969, oppure negativa come tra il 1986 e il 1989. Per gli ultimi anni, dopo la persistenza di valori negativi tra il 2014 e il 2018, si sono registrate anomalie positive nelle ultime 4 annate.

Figura 16: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre a dicembre 2021 e rapporto tra il cumulato e la media climatica.

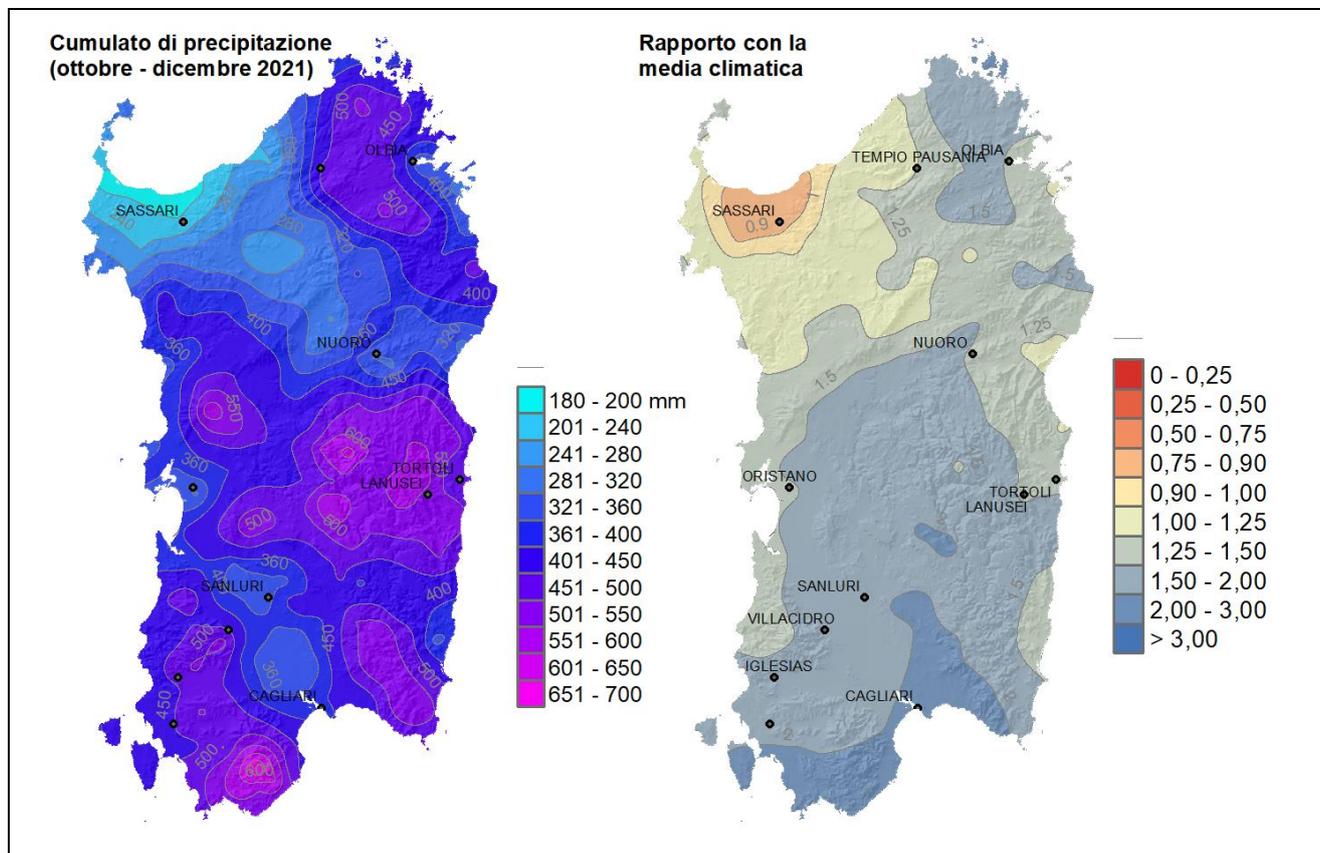
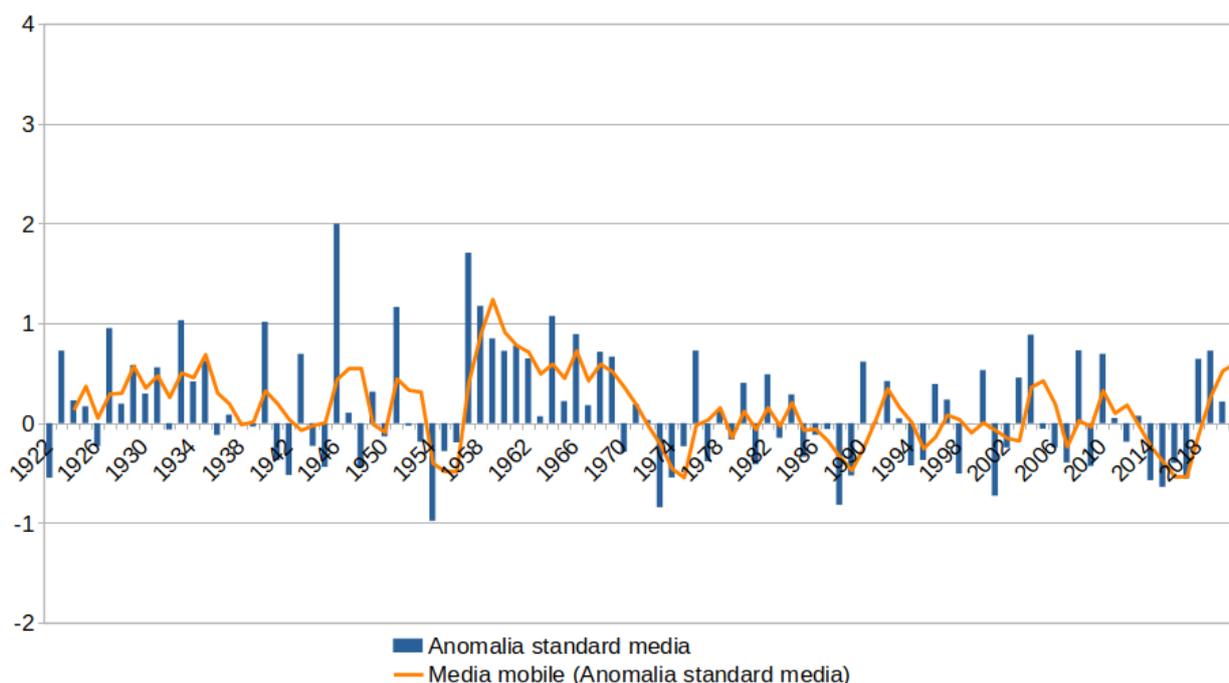


Figura 17: Andamento secolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre-dicembre.



3.2. Il quadrimestre gennaio-aprile

La **Figura 18** mostra i cumulati di precipitazione nel quadrimestre gennaio-aprile 2022 e il relativo rapporto con la media climatica. La distribuzione dei cumulati è in questo caso diversa da quelle analizzate in precedenza. I valori massimi hanno infatti interessato principalmente i settori orientali dell'Isola, tra il Gennargentu e il Sarrabus. Il cumulato massimo, pari a 401.0 mm si è osservato ad Arzana Sicca d'Erba. Tale valore rappresenta un estremo locale poiché i massimi secondari più rilevanti sono intorno a 340 mm (343.2 mm a Villagrande Strisaili e 341.8 mm a Gairo Taquisara). Le zone di deficit pluviometrico viste nelle sezioni precedenti si confermano anche in questo quadrimestre, come ad esempio il Sassarese, a cui si aggiungono Olbiese e Cagliariitano. Il cumulato più basso si è osservato a Cagliari, dove sono caduti appena 54.4 mm.

Rispetto alla media climatica i valori descritti sono generalmente inferiori, soprattutto al Centro-Nord dove i valori sono stati dal 50% al 75% inferiori alla media. Localmente in Ogliastra nei pressi di Lanusei i cumulati sono stati quasi in linea con la media.

L'andamento secolare dell'anomalia standard di precipitazione in base alla climatologia 1981-2010 è mostrato in **Figura 19**. L'anomalia gennaio-aprile si è mantenuta quasi sempre positiva dal 1922 al 1979, eccetto alcune annate isolate in cui è stata negativa. A partire dagli anni '80 si è osservata una frequenza di oscillazione tra valori positivi e negativi maggiore, in cui ricadono due sotto-periodi: i) dal 1990 al 2002 con anomalie negative; ii) dal 2003 al 2018 con anomalie spesso positive e solo in alcune annate negative. Per gli ultimi anni dopo il 2017 si sono osservate anomalie negative in continua decrescita.

Figura 18: Cumulato di precipitazione in Sardegna da gennaio ad aprile 2022 e rapporto tra il cumulato e la media climatologica.

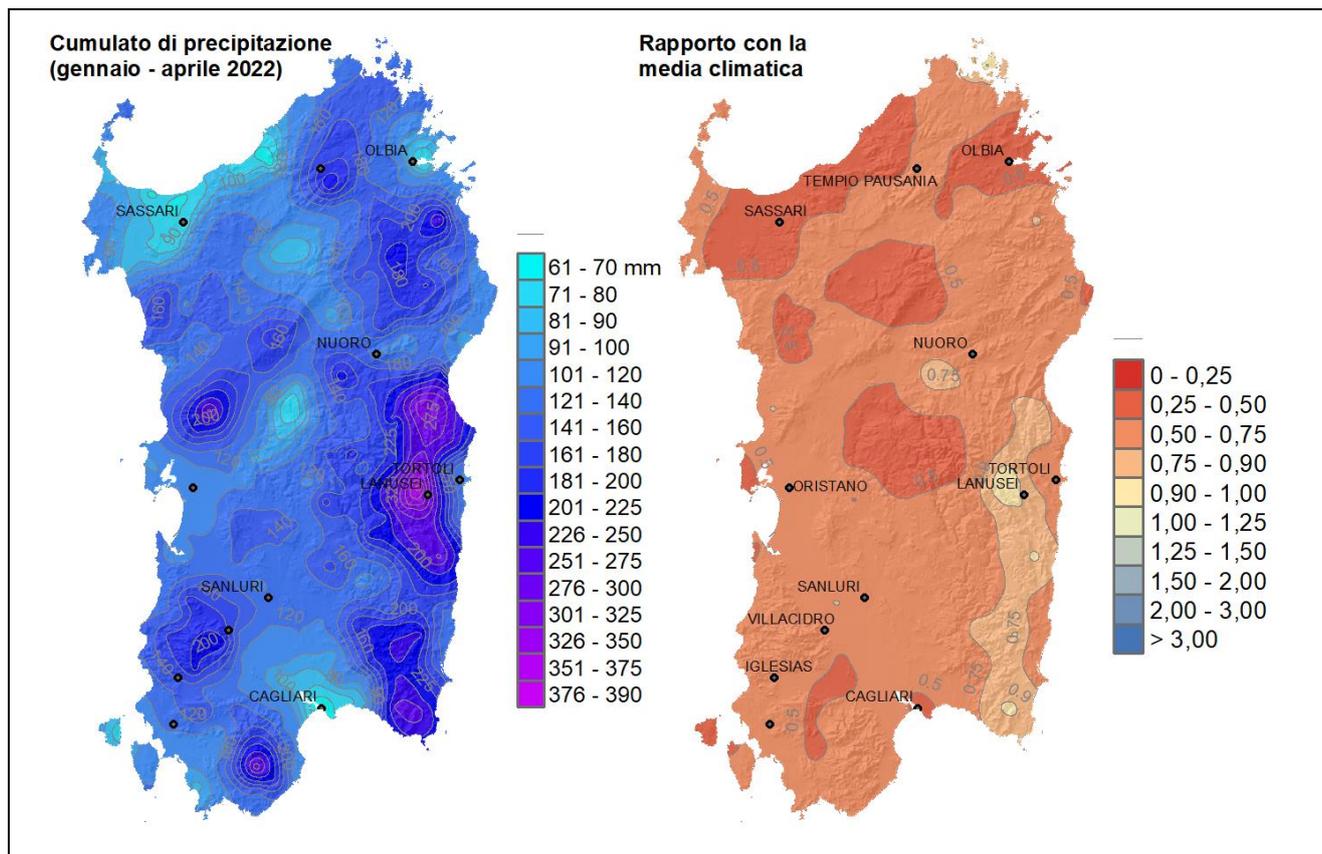
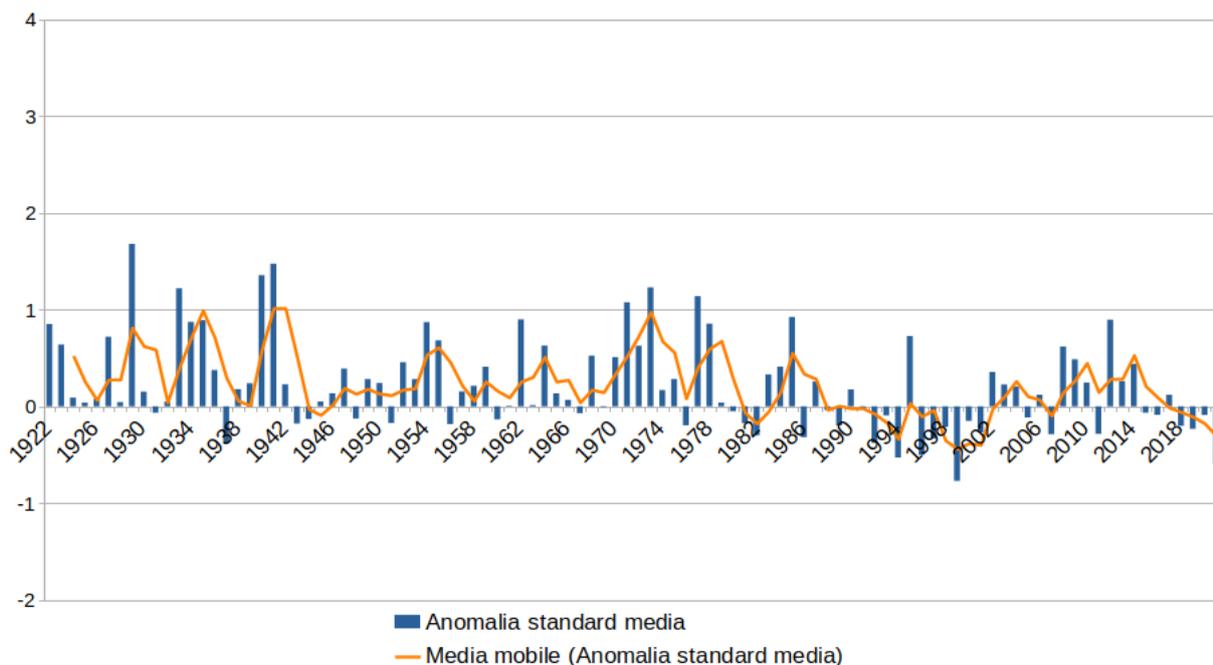


Figura 19: Andamento secolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo gennaio-aprile.



3.3. Il quinquemestre maggio-settembre

Il quinquemestre maggio-settembre in Sardegna è convenzionalmente un periodo secco, caratterizzato da scarse precipitazioni. I cumulati di precipitazione per tale periodo sono riportati in **Figura 20**. La distribuzione dei cumulati è in linea con la tipica fenomenologia che interessa la Sardegna nel periodo primaverile ed estivo: instabilità pomeridiana unita a convergenze al suolo e umidità nei bassi strati. Tali condizioni tipicamente portano a cumulati elevati sui rilievi e nelle zone interne dell'Isola. I massimi del periodo si sono osservati nel Sarcidano, in particolare a Isili dove sono caduti 271.8 mm nel quinquemestre. Altri massimi relativi hanno interessato sempre il Centro-Sud, come nella stazione di Seui dove il cumulo ha raggiunto 254.0 mm, e il Sud, in particolare Pula in località Is Cannoneris, dove il pluviometro ha registrato 246.6 mm. In generale, circa il 10% delle stazioni ha misurato cumulati sopra i 200 mm, mentre i cumulati sopra i 100 mm hanno interessato il 78% delle stazioni.

I cumulati minori sono stati misurati tra le Coste Ogliastrine e il Sarrabus, generalmente inferiori a 60 mm e localmente inferiori a 40 mm. Muravera è stata la località meno piovosa del periodo, con 25.2 mm.

In confronto alla media climatica i cumulati del periodo sono stati maggiori nel Nord-ovest e Sud-ovest, dal 25% al 100% in più. Nel Nord-est, localmente nel Centro e nel Sud-est i cumulati sono stati inferiori alla media, dal 25% al 75% in meno.

L'andamento secolare dell'anomalia standard di precipitazione è mostrato in **Figura 21**. Tale andamento è fortemente oscillante tra valori positivi e negativi, quasi sempre nel range (-0.5;0.5) eccetto qualche annata isolata in cui l'anomalia ha raggiunto valori intorno a 1.

Figura 20: Cumulato di precipitazione in Sardegna da maggio a settembre 2022 e rapporto tra il cumulo e la media climatica.

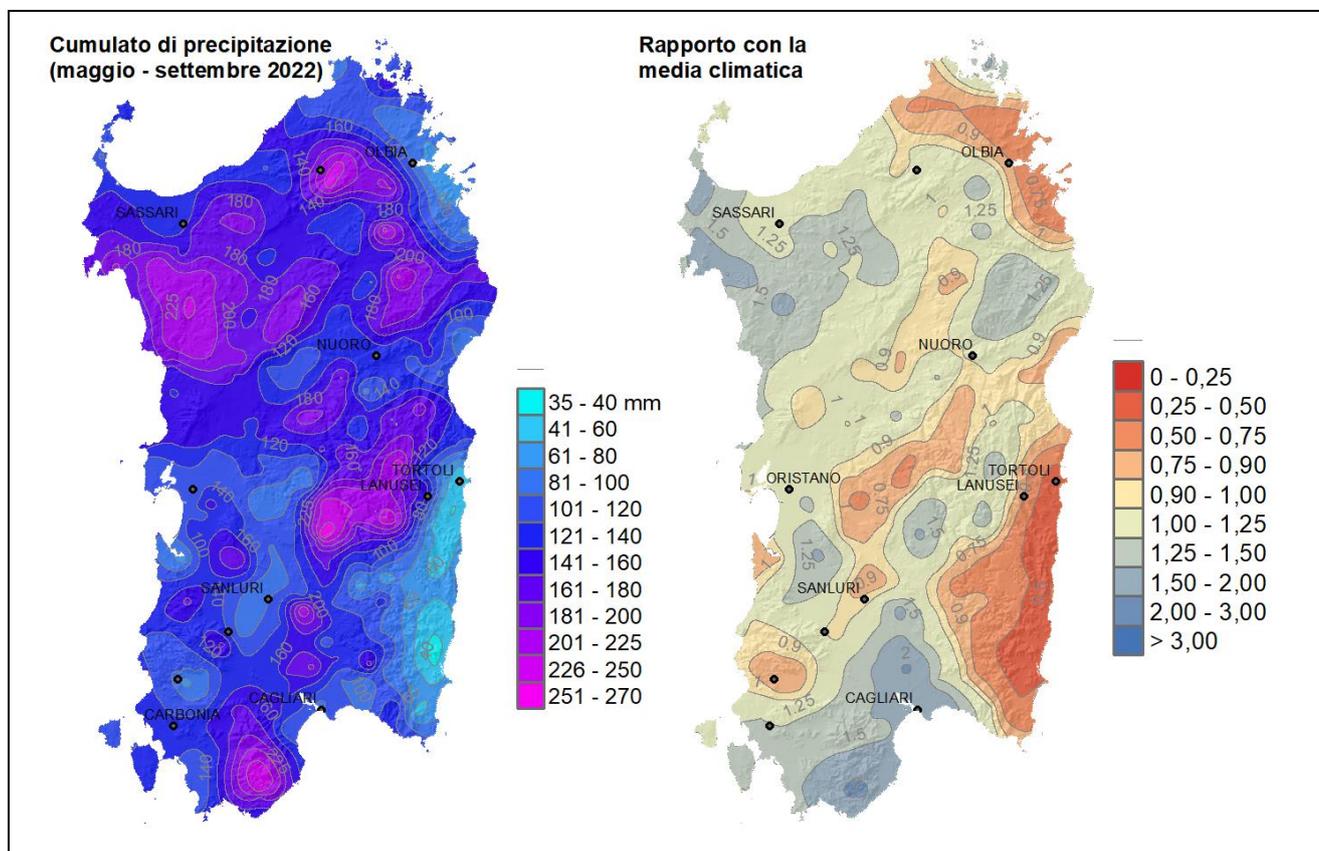
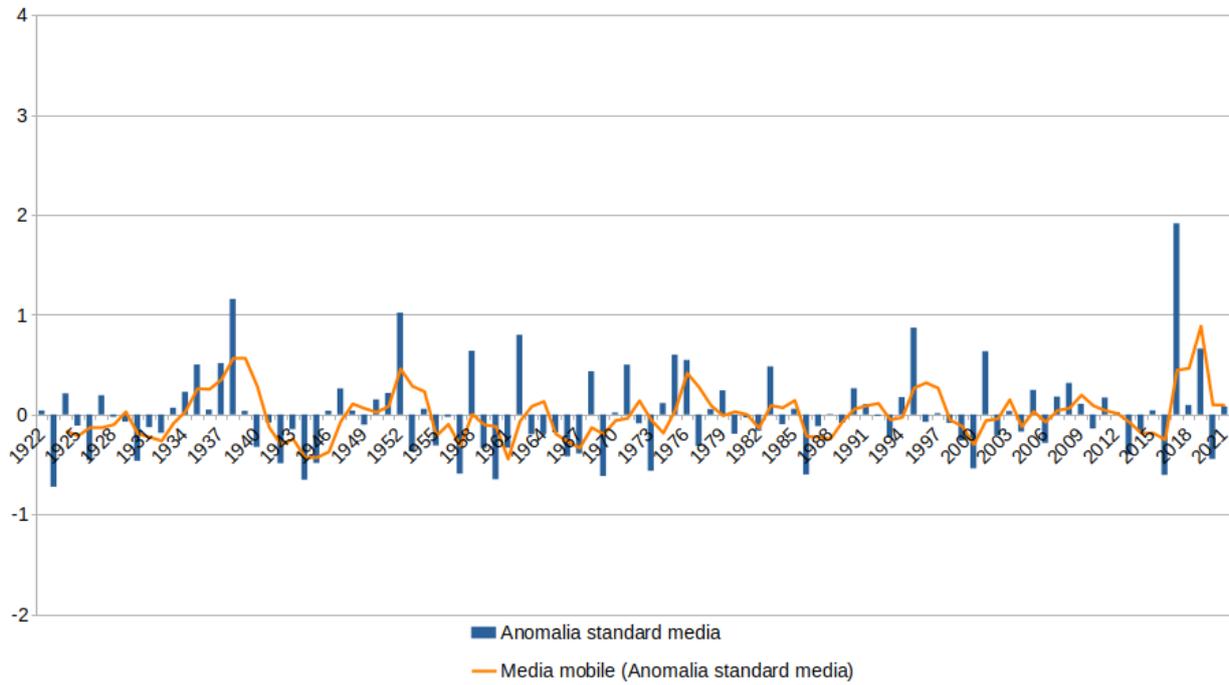


Figura 21: Andamento secolare del cumulato di precipitazione in Sardegna nel periodo maggio-settembre.

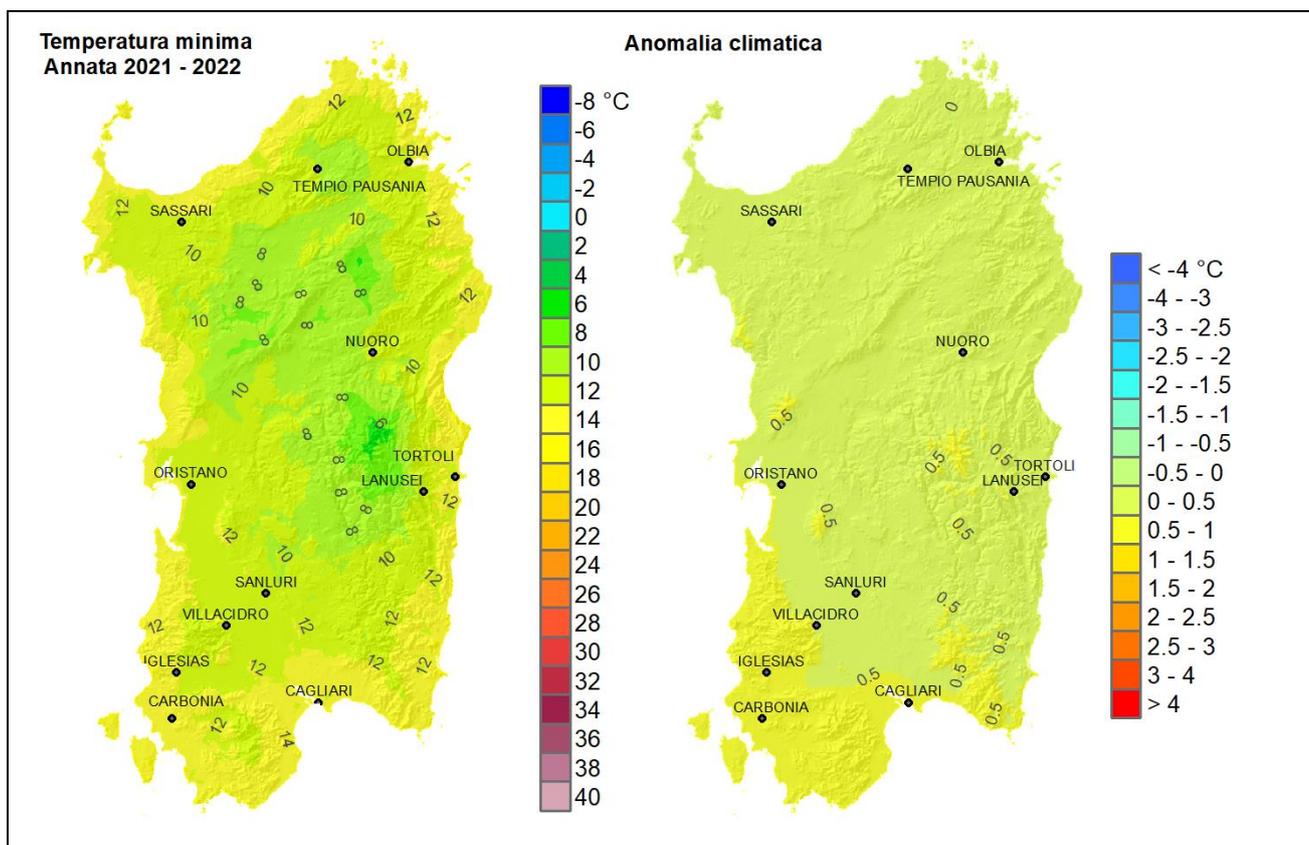


4. TEMPERATURE ANNUALI

L'annata 2021-2022 è stata eccezionale sotto il profilo termico, ed è necessario usare diversi indicatori per mostrarne appieno la particolarità. Un primo indicatore utile è sicuramente la media annuale delle temperature minime, mostrata in **Figura 22** a sinistra. È evidente il gradiente altimetrico, con i rilievi del Gennargentu che scendono sotto gli 8 °C; solo altre piccole zone condividono queste basse temperature, e tra queste c'è sicuramente da notare come i monti di Alà dei Sardi siano freddi almeno quanto il Marghine, che è più elevato; inoltre spicca l'anomalia fredda di Campu Giavesu e Piana di Santa Lucia, la zona a bassa quota più particolare della Sardegna per il regime termico. Si nota inoltre che Monte Limbara, pur elevato quanto il Marghine e posto più a nord, risulti apprezzabilmente più caldo. Scendendo a quote inferiori le temperature tipiche aumentano, e ampie zone collinari si attestano intorno ai 10 °C. L'effetto mitigatore del mare produce lungo la fascia costiera temperature tipiche intorno ai 12 °C. Infine, l'estensione delle zone con temperature tipiche maggiori di 12 °C, sensibilmente più grande al Sud dell'Isola, è indice dell'influenza della latitudine.

La relativa mappa delle anomalie climatiche (**Figura 22** a destra) indica per le temperature minime un'annata pienamente allineata con la climatologia, con l'unica eccezione dei rilievi, soprattutto quelli meridionali, che risultano leggermente più caldi della media.

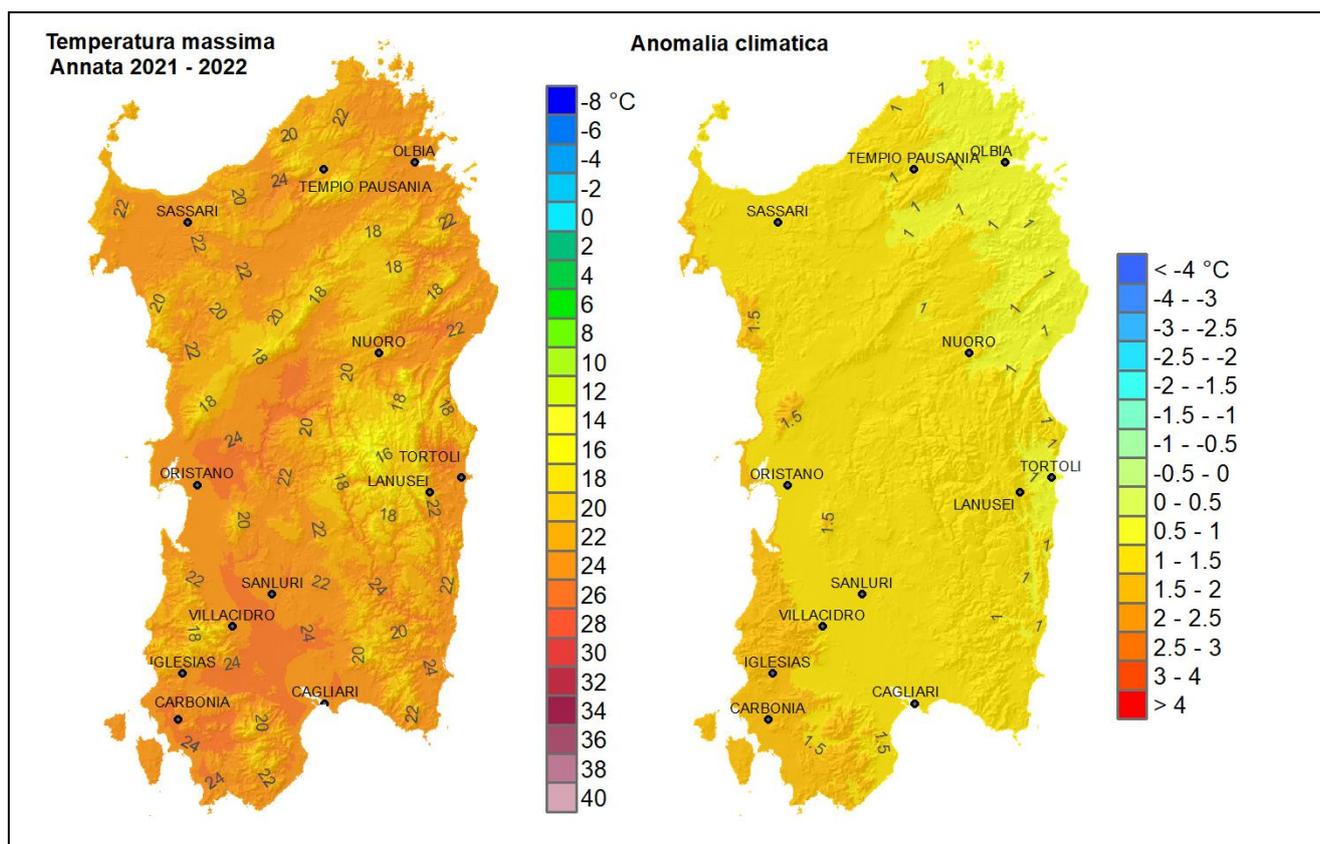
Figura 22: Media annuale delle temperature minime 2021-2022 e anomalia rispetto alla media 1995-2014.



La media annuale delle temperature massime, mostrata in **Figura 23** a sinistra, mostra anch'essa una chiara distribuzione altitudinale, con le vette montane frequentemente sotto i 18 °C, che si innalzano fino ai 22 °C comuni sulle coste. L'influsso mitigatore del mare, meno evidente che nella distribuzione delle minime, riesce comunque a confinare nell'entroterra le zone più calde, con la notevole eccezione della costa sulcitana, dove la stazione marina di Porto Pino registra spesso temperature eccezionalmente alte. In questa distribuzione di massime mediate è chiaro anche il gradiente longitudinale, con il Nord più fresco del Centro e il Centro più fresco del Sud, anche se bisogna notare che le temperature massime di picco sono spesso più alte a Settentrione, specie nella Valle del Coghinas. E le vallate interne sono appunto le uniche aree a salire sopra i 24 °C.

Lo scostamento di questo campo termico rispetto alla media climatica è mostrato in **Figura 23** a destra, e conferma la tendenza al riscaldamento. Gallura e Baronia risultano più calde della media di oltre 0.5°C; il Sulcis e la Costa Verde sono più caldi di quasi 2°C; in mezzo c'è tutto il resto dell'Isola, più caldo della media di quasi 1.5°C. Anche quest'annata ha avuto quindi massime decisamente sopra la media, e ciò è dovuto principalmente al contributo delle onde di calore estive, frequenti, persistenti e che hanno colpito soprattutto i due terzi occidentali dell'Isola. Il settore Nord-orientale si è scaldato relativamente poco a causa delle avvezioni da nord-est, gelide tra novembre e marzo, e relativamente fresche nel resto dell'annata.

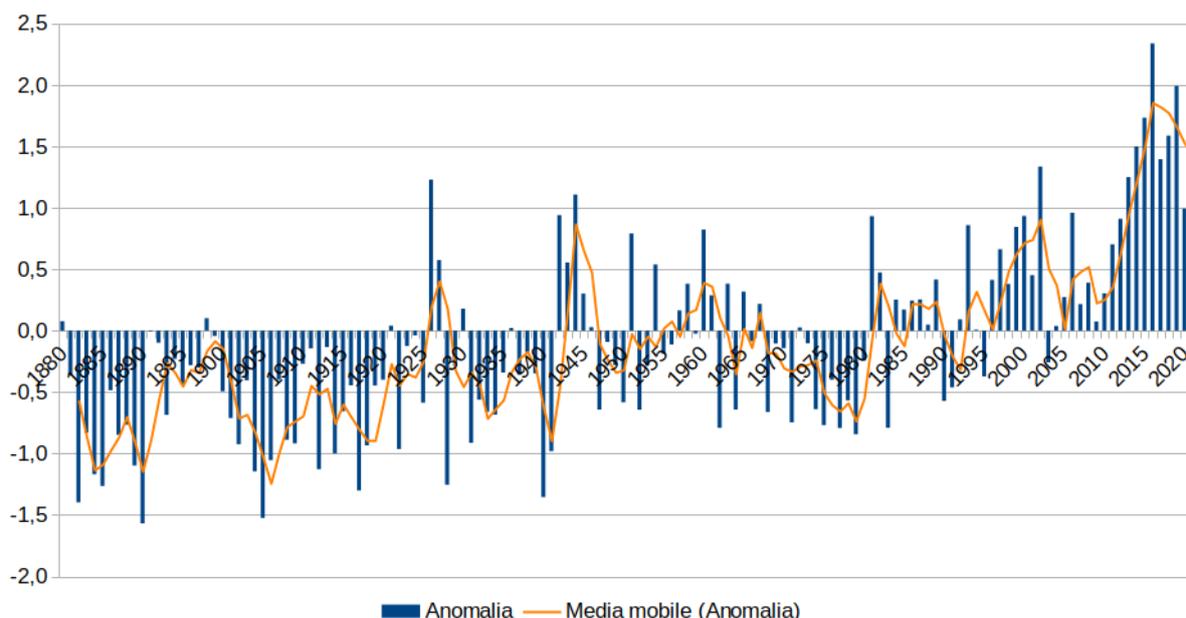
Figura 23: Media annuale delle temperature massime 2021-2022 e anomalia rispetto alla media 1995-2014.



Allargando la prospettiva temporale alla scala secolare, è importante 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 24**, che evidenzia tre periodi: un quarantennio freddo (1880-1920) con massime costantemente

inferiori alla media, spesso di oltre un grado; un settantennio altalenante (1920-1990) con massime talvolta inferiori, talvolta superiori alla media, ma con una anomalia più piccola, generalmente inferiore in valore assoluto a 1 °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 °C. L'annata 2021-2022 si colloca pienamente in quest'ultima tendenza, con un'anomalia che sfiora i +1.5 °C.

Figura 24: 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 2021-2022 è stato gennaio, che con riguardo alle temperature minime è stato un poco più freddo della media climatica. Segue da vicino febbraio, che invece è stato leggermente più caldo della media. Seguono poi, sempre da vicino, dicembre 2021 e marzo 2022, che sono stati entrambi grossomodo in linea con la climatologia: dicembre è iniziato gelido a causa della grande avvezione fredda iniziata a fine novembre; marzo, a sua volta, è stato gelido nei primi giorni, prima dell'inizio della circolazione primaverile a metà mese. È stato quindi un inverno con temperature minime tutto sommato in linea con la climatologia attesa, e grossomodo costanti nel corso dei suoi quasi quattro mesi.

La media mensile delle temperature minime giornaliere di gennaio è mostrata in **Figura 25**, e presenta valori negativi, fino circa a -2 °C, sul Gennargentu e sui Monti di Alà dei Sardi; temperature tipiche prossime a zero si sono registrate sulle Barbagie, nonché sul Marghine e sulle grandi vallate circostanti; sulle coste settentrionali e occidentali si è arrivati fino a +6 °C. L'anomalia climatica fa ben vedere il raffreddamento generalizzato, fino ai quasi a -2 °C del settore orientale, causato dalle prolungate avvezioni fredde da nord-est del periodo. Il minimo assoluto, pari a -8.36 °C, è stato misurato nella stazione di Villagrande Strisaili il 27 gennaio.

Dopo un aprile abbastanza in linea con il clima termico, estate e autunno 2022 sono stati fenomenali per la persistenza delle alte temperature. Forti e diffuse anomalie positive mensili nelle temperature massime si

sono registrate ininterrottamente da maggio a dicembre, con valori spesso superiori ai +4 °C. Tra i classici mesi estivi, quello con l'anomalia maggiore è stato giugno, quando quasi tutta l'Isola ha registrato massime tipiche maggiori di oltre 4 °C rispetto alla media. Giugno ha mostrato il picco di anomalia termica, con +4.3 °C.

Con riguardo invece ai valori assoluti, il mese più caldo dell'estate e dell'annata è stato luglio, la cui media mensile delle temperature massime giornaliere, e relativa anomalia climatica, è mostrata in **Figura 26**. Ampie porzioni del territorio hanno registrato temperature massime tipiche maggiori di 36 °C. I valori più bassi, ma comunque prossimi ai 30 °C, sono stati propri soltanto di poche vette montane. Lo scostamento rispetto alla climatologia, seppur inferiore a quello di giugno, è comunque notevole, e mostra quasi ovunque sull'Isola anomalie positive tra i +3 e i +4 °C; alcuni rilievi, specie sulcitani, salgono anche oltre i +4 °C, mentre le località della costa orientale si attestano intorno ai +2 °C. Le temperature massime giornaliere nel trimestre caldo hanno superato i 40 °C per diversi giorni in alcune località (fino a 18 giorni nella stazione Ozieri c.ra Fraigas), raggiungendo in alcuni casi picchi superiori anche a 44 °C, nel mese di giugno.

Si sono inoltre raggiunti valori straordinari della temperatura superficiale del mare (dati GDS2 di NCEP via CEAM): i bacini intorno all'Isola registrano il 26 luglio valori intorno ai 29 °C, a fronte dei 26 °C che costituiscono il picco massimo tipico che, tra l'altro, si raggiunge di solito in agosto; il Mediterraneo Occidentale e quello Centrale risultano più caldi del Bacino Levantino, sovvertendo il naturale ordine delle cose; e il Basso Tirreno, con temperature superficiali maggiori di 30 °C, risulta più caldo del Mar Rosso settentrionale, che insieme al Golfo Persico è normalmente il mare più caldo del pianeta.

Figura 25: Media delle minime del mese più freddo (gennaio 2022).

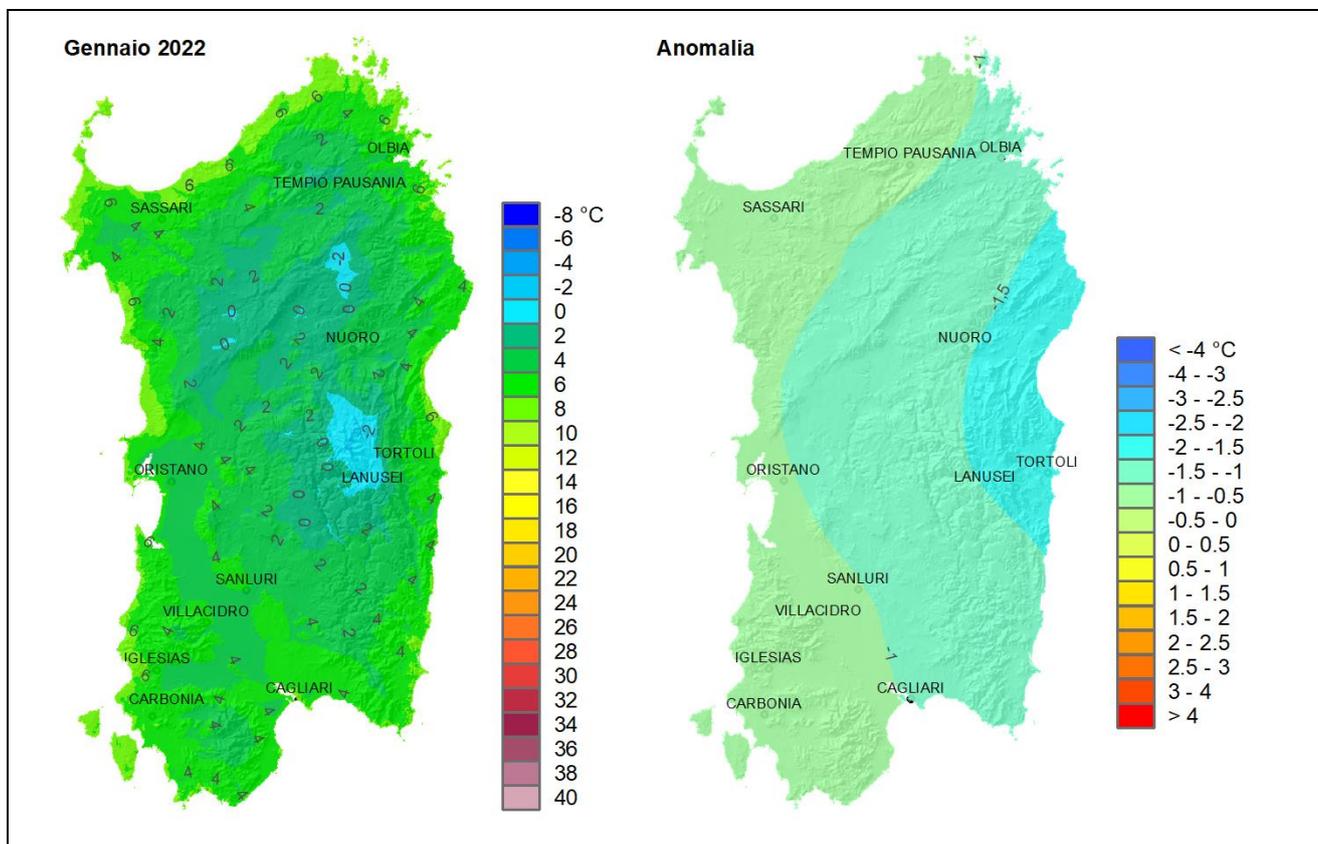
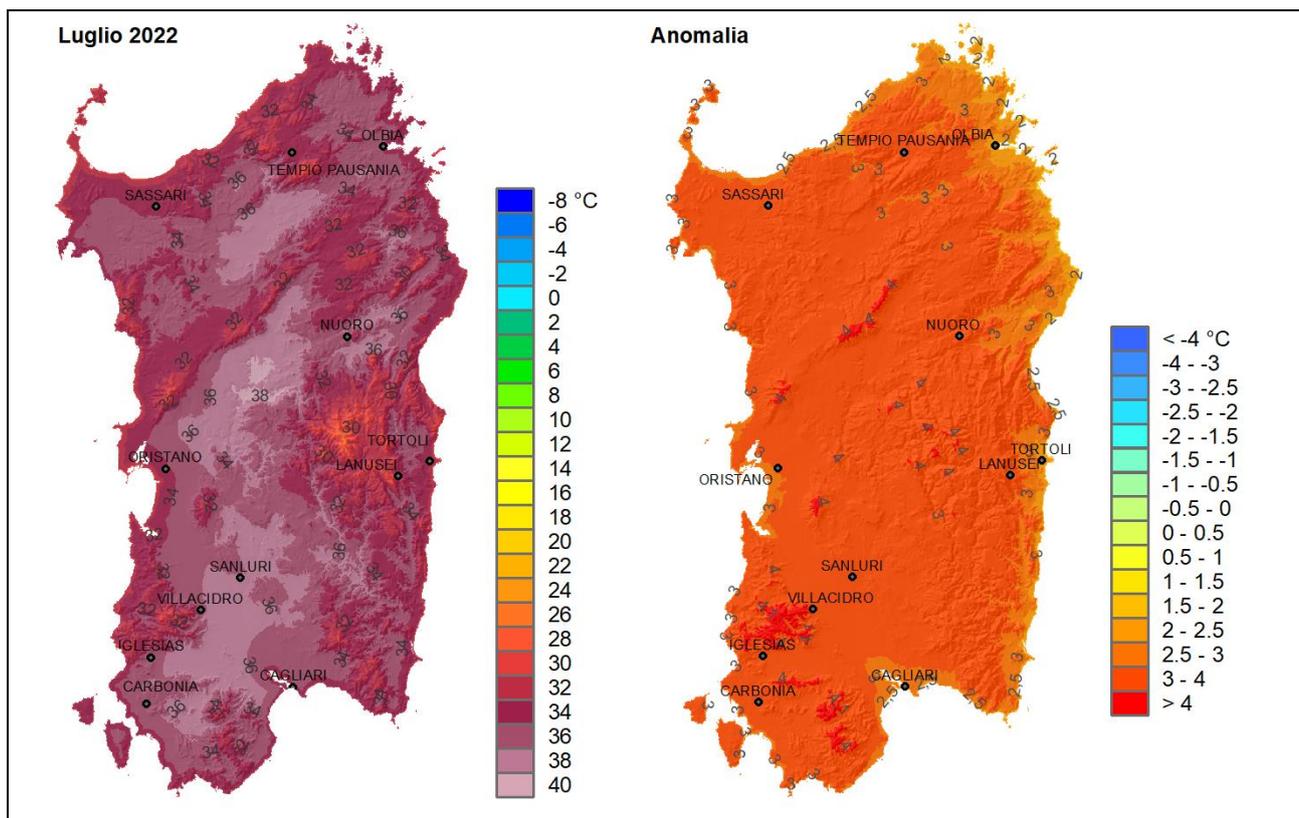


Figura 26: Media delle massime del mese più caldo in assoluto (luglio 2022).



4.2. Indicatori di condizioni termiche particolari

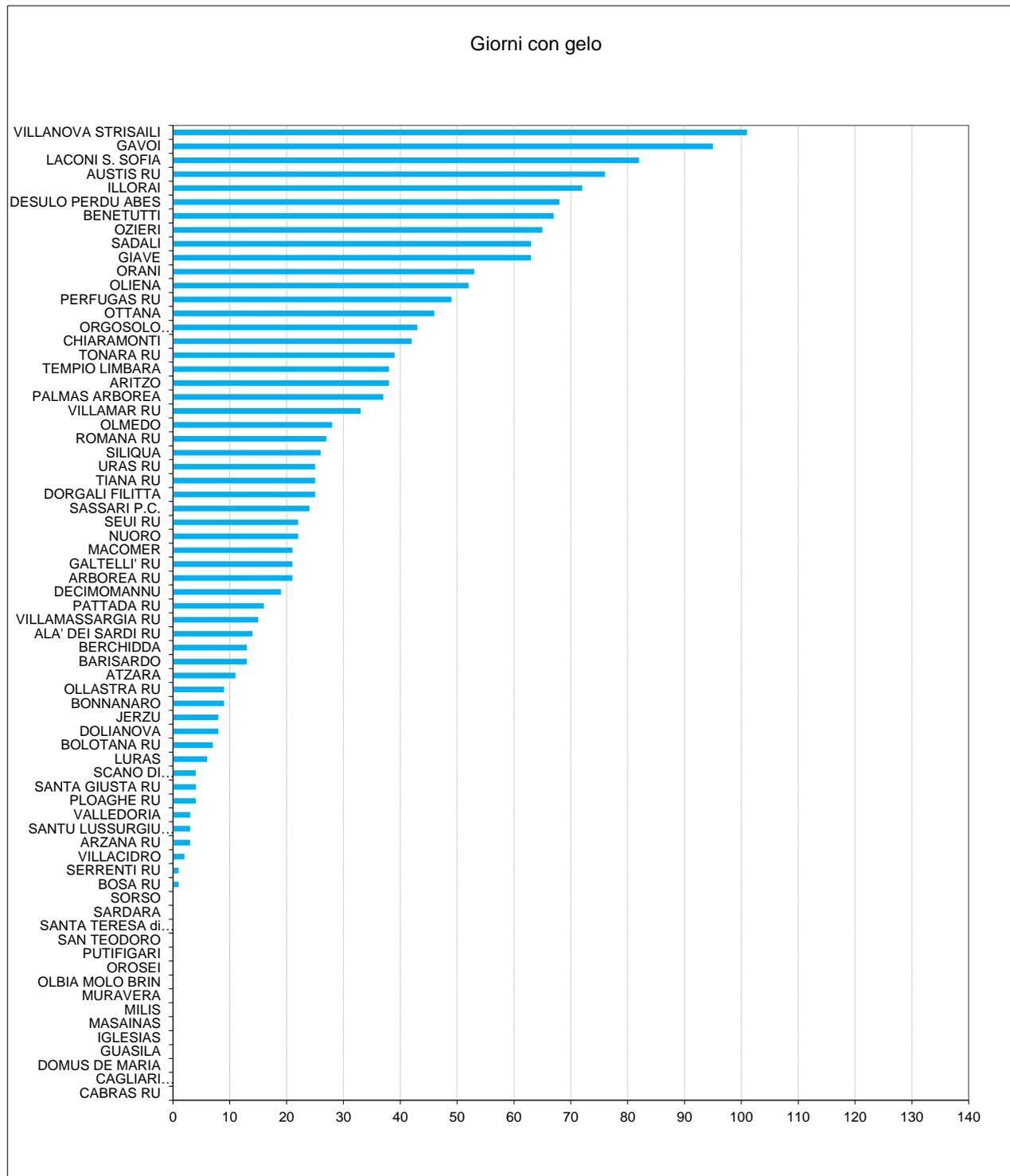
L'analisi delle temperature estreme è effettuata attraverso l'elaborazione di indici proposti dal "CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection", basati sui valori minimi e massimi giornalieri, i giorni con gelo, le notti tropicali e le giornate estive¹.

4.2.1. Giorni di gelo

Il numero di giorni in cui si è scesi sotto lo zero termico è mostrato, per alcune decine di stazioni, in **Figura 27**. Le forzanti fisiche dominanti sono l'altitudine e la distanza dal mare, con diverse eccezioni. Le stazioni in quota Villanova Strisaili e Gavoi guidano la classifica con circa 100 giorni di gelo ciascuna, seguite dalle stazioni sempre in entroterra ma a quota minore Laconi Santa Sofia e Austis RU, che registrano circa 80 giorni (ma per contrasto si noti che la stazione Austis Diga Benzone, posta più a valle, raggiunge frequentemente picchi di temperatura massima tra i più alti sull'Isola). Seguono una dozzina di stazioni poste sempre in quota o sull'entroterra, fino ad arrivare a Palmas Arborea, posta a pochi metri sul livello del mare e non lontana dallo stesso, che sfiora i 40 giorni di gelo, chiaramente dovuti quasi tutti alle gelate notturne per irraggiamento infrarosso nelle notti limpide invernali e primaverili. Si consideri però il contrasto con la stazione Cabras RU, posta in posizione confrontabile, dove la temperatura non è mai scesa sotto lo zero durante l'annata.

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.

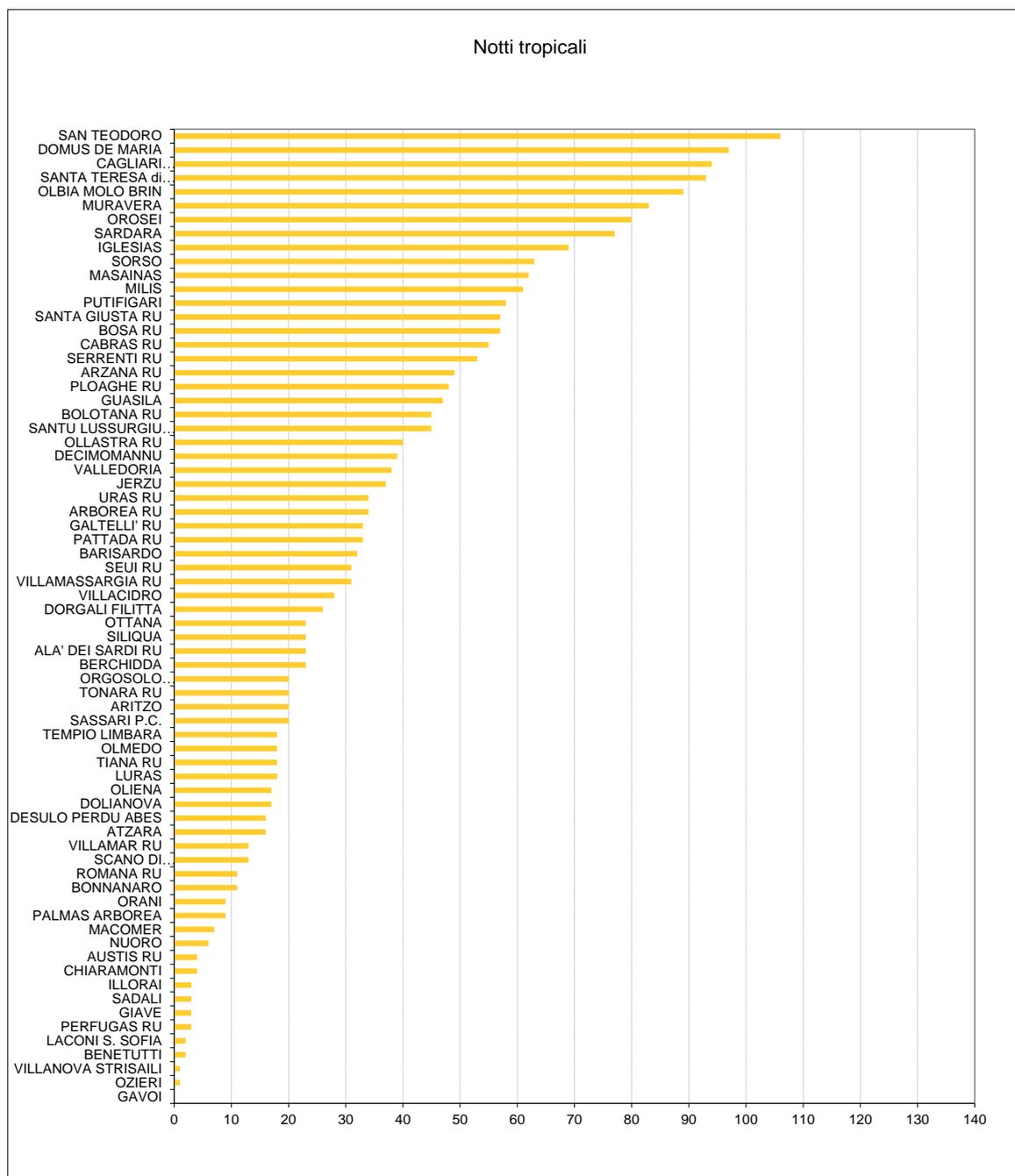
Figura 27: Numero di giorni con gelo ($T_{min} \leq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) registrati nell'annata 2021-2022.



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 28**) eccede gli 80 solo in località costiere, fino al massimo di ben 105 notti tropicali registrate a Domus de Maria. 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.

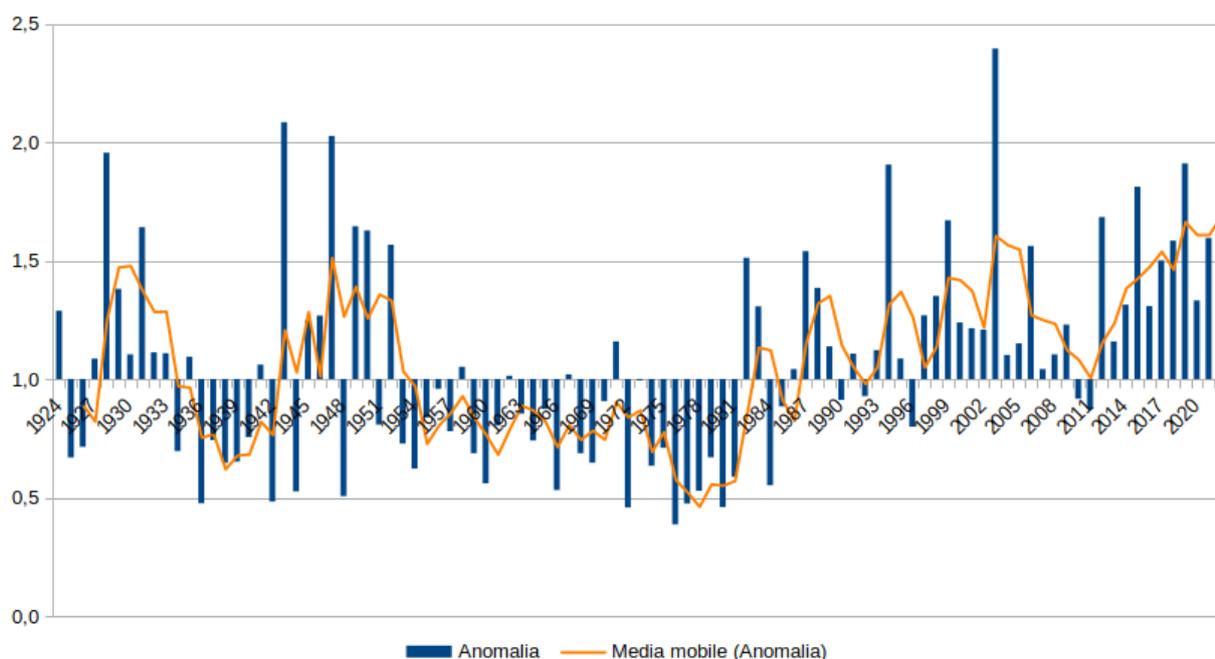
Figura 28: Numero di notti tropicali (Tmin > 20 °C) registrati nel periodo aprile-ottobre 2022.



I valori massimi di quest'ultima annata sono eccezionalmente alti: si consideri che nel 2020-2021 Domus de Maria ebbe appena 72 notti tropicali, e si ebbe un massimo di 80 notti tropicali registrate a Stintino, mentre nel 2021-2022 diverse stazioni hanno superato quest'ultimo valore.

Il numero delle notti tropicali è dagli anni '80 in aumento, come mostrato in **Figura 29**. 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. L'annata 2021-2022 si colloca pienamente in quest'ultima tendenza, con una frazione di notti tropicali così elevata (più del doppio della media climatica) da collocarsi al secondo posto assoluto.

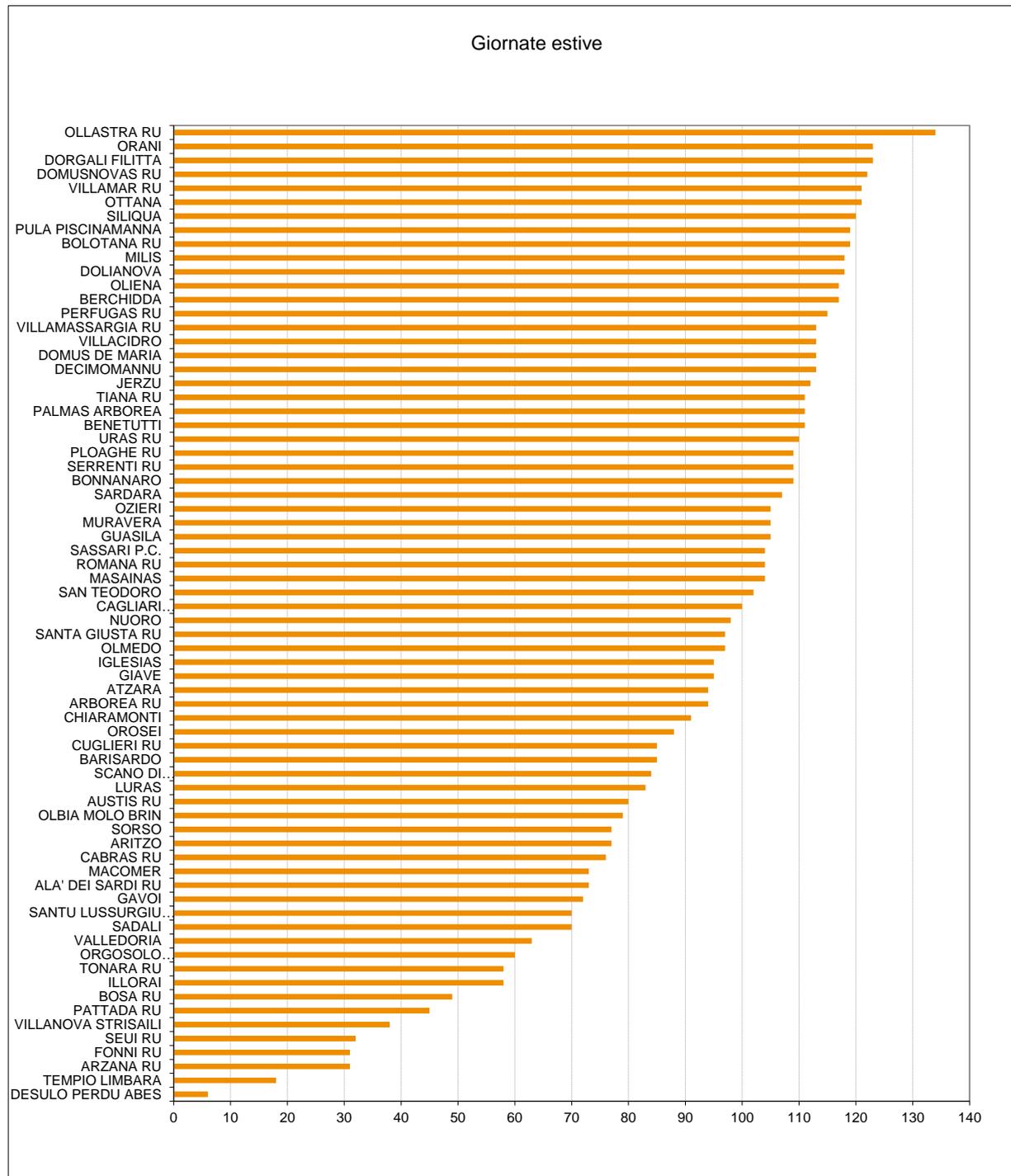
Figura 29: Andamento secolare della frazione del numero di notti tropicali (giorni con temperatura minima > 20 °C da aprile a ottobre rispetto alla media 1971-2000). Il valore 1 indica i valori nella media del periodo 1971-2000.



4.2.3. Giornate estive

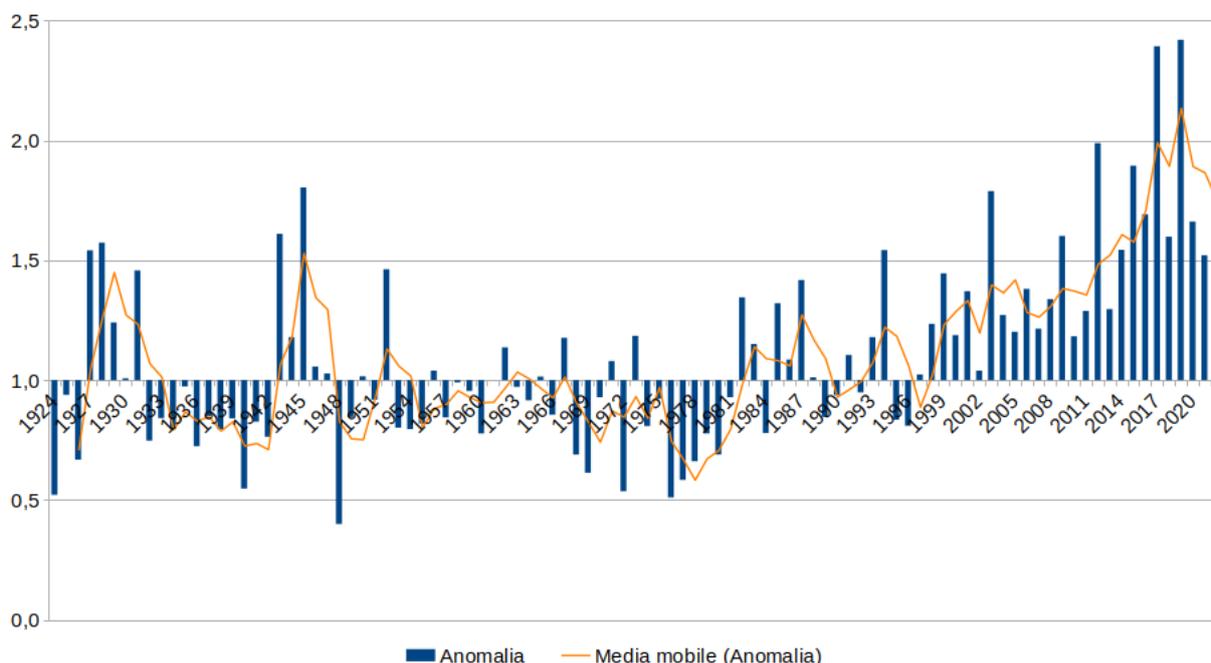
Il numero di giornate estive (cioè quelle in cui la temperatura ha superato i 30 °C) registrate nell'annata è mostrato in **Figura 30**. È anche questo un fenomeno comune in Sardegna, che però in quest'annata si è presentato più intenso che mai: decine di stazioni hanno superato le 100 giornate estive, che nell'annata 2020-2021 non furono raggiunte da alcuna stazione. Il picco è a Ollastra RU con 133 giornate estive.

Figura 30: Numero di giornate estive (Tmax > 30 °C) registrate nell'anno 2022.



Questo indice, visto su una prospettiva temporale ampia un secolo (**Figura 31**), mostra anch'esso 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 tre lustri ha toccato valori record. Il 2022 continua la serie positiva, avendo fatto registrare oltre il doppio delle giornate estive rispetto alla media climatica, il che lo colloca al terzo posto assoluto dietro il 2017 e il 2019.

Figura 31: 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.



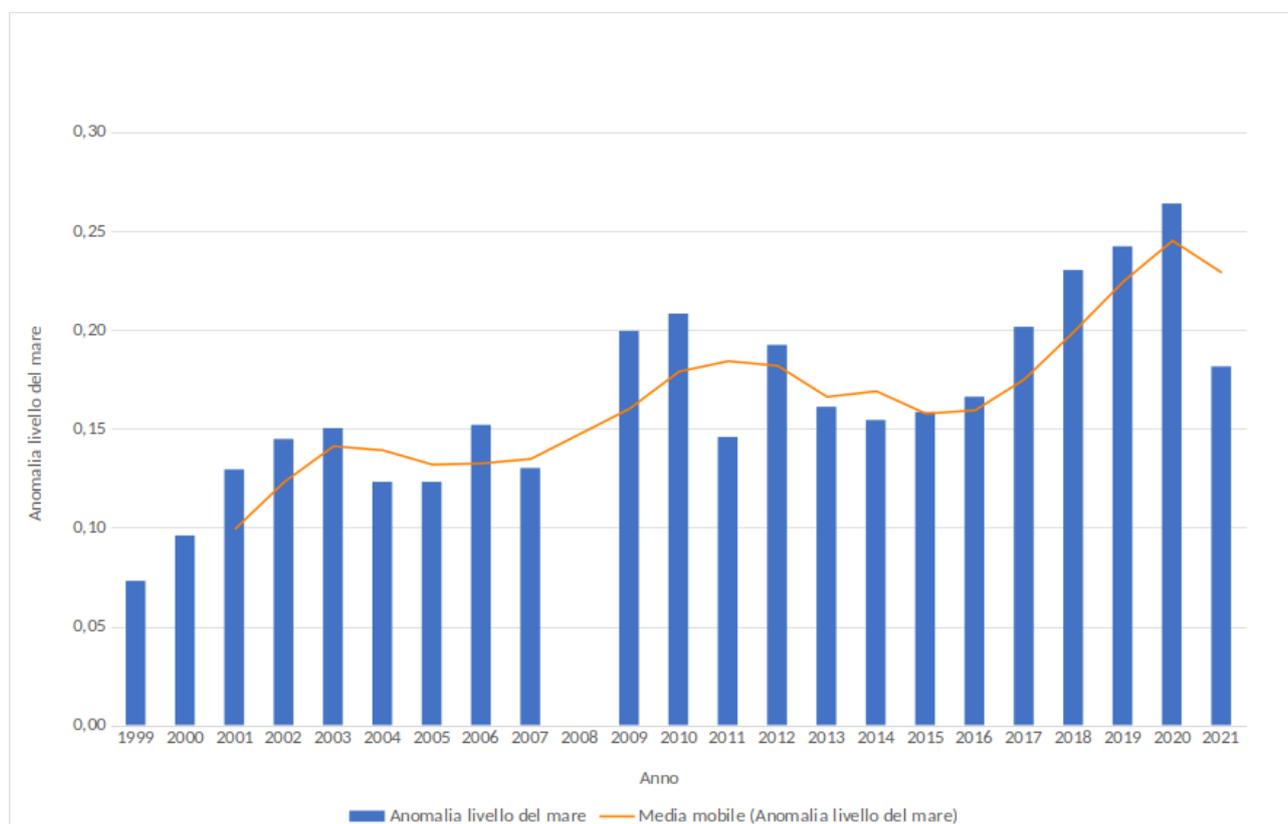
5. ANOMALIA DEL LIVELLO DEL MARE IN SARDEGNA

La **Figura 32** riporta l'anomalia media del livello del mare in Sardegna relativa al periodo 1999-2021, 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 questo indicatore.

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.

Dopo la tendenza positiva dal 2014-2015 al 2020-2021, l'ultima annata ha registrato un'anomalia più bassa, pari a 18 cm, tornando sui livelli del 2017.

Figura 32: 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 2021, 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 **Figura 33** e **Figura 34**. Nel primo semestre si possono osservare condizioni estese di surplus idrico nei mesi di novembre e dicembre, mentre i restanti mesi mostrano ampie zone di deficit; nei mesi di ottobre e marzo sono presenti localmente estese condizioni di surplus idrico, perlopiù lungo il versante orientale. 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.

Rispetto alla media climatica si sono registrate anomalie positive prevalenti nei mesi di novembre e dicembre e successivamente in agosto e settembre; in ottobre, aprile e maggio si sono registrate contemporaneamente condizioni di anomalie positive e negative, con prevalenza di queste ultime. Nei restanti mesi si sono avute le anomalie negative più estese, particolarmente significative nel primo bimestre 2022.

Figura 33: Mappe mensili di bilancio idroclimatico (mm) del semestre ottobre 2021 – marzo 2022.

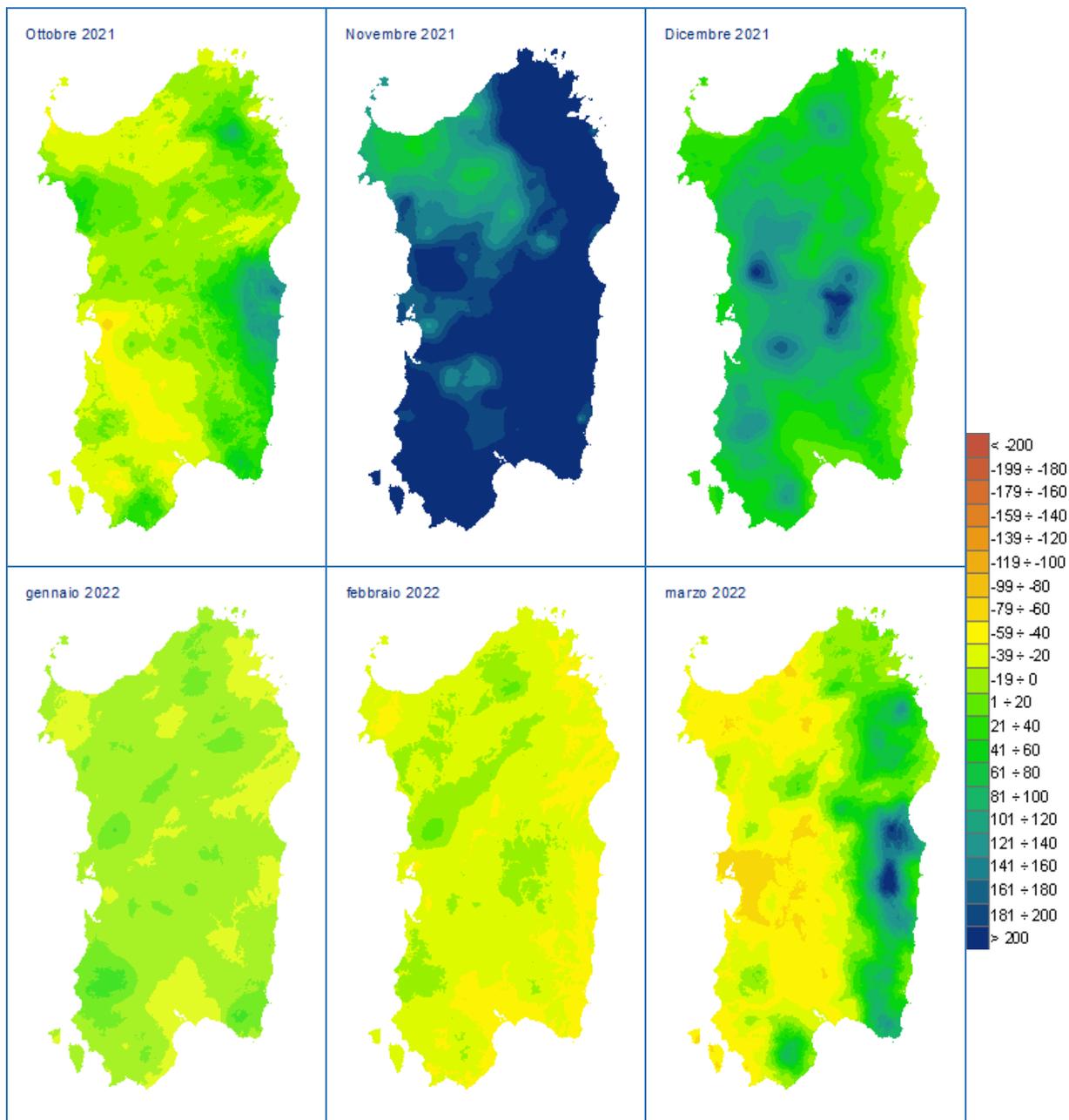
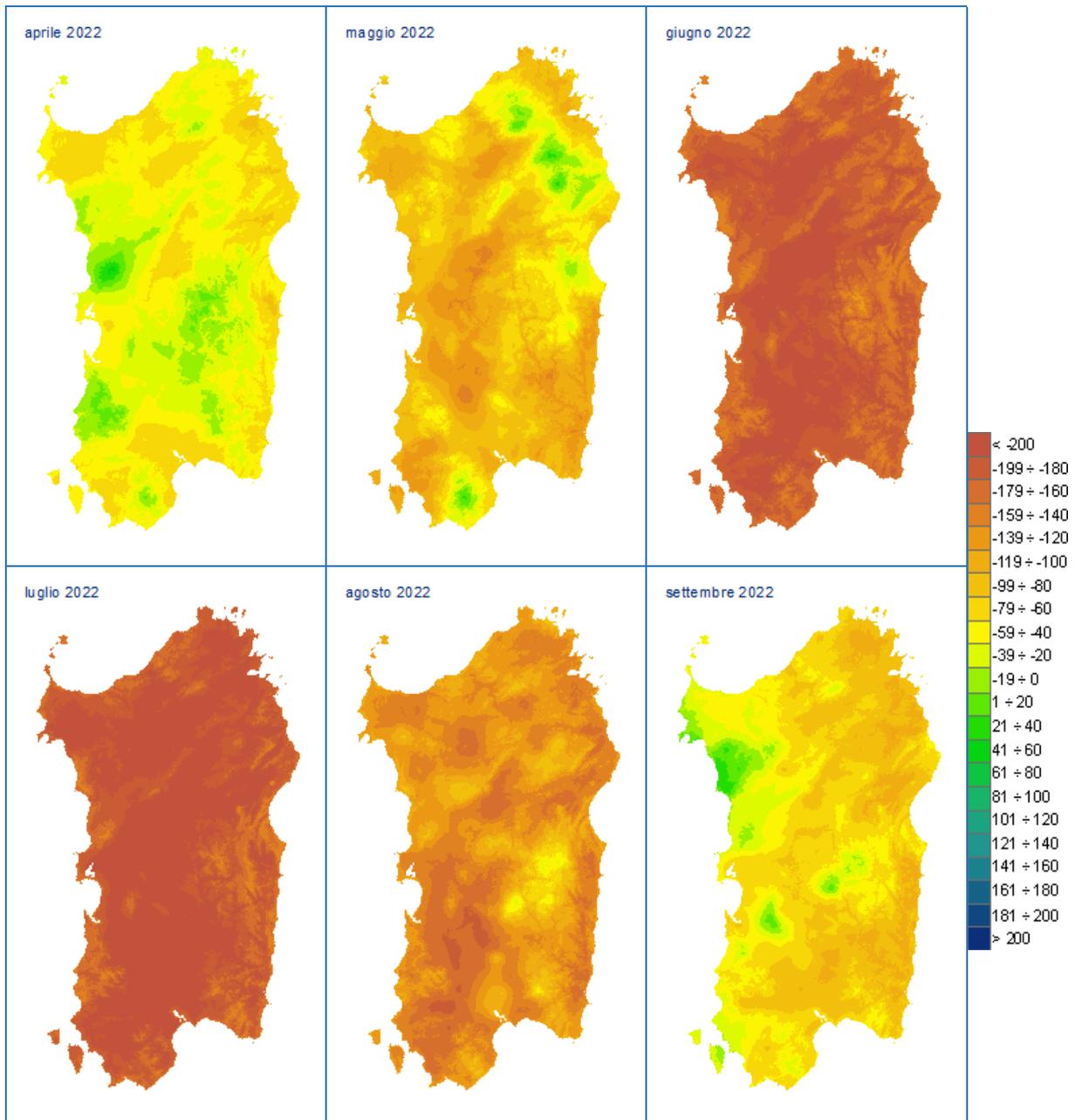


Figura 34: Mappe mensili di bilancio idroclimatico (mm) del semestre aprile - settembre 2022.



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 invasate nei laghi e nei serbatoi artificiali.

Per quanto riguarda l'analisi trimestrale (**Figura 35** e **Figura 36**) si osserva nel mese di ottobre una condizione caratterizzata dalle classi *vicino alla media* nella maggior parte dell'Isola, mentre in alcune aree della parte centro-occidentale è presente *moderatamente siccitoso* e più localmente *molto siccitoso*; tale condizione si è nettamente modificata nel corso del trimestre successivo, in virtù delle piogge che hanno caratterizzato soprattutto il mese di novembre, con diffuse condizioni di *moderatamente umido*, *molto umido* ed *estremamente umido* nella parte Nord-orientale e meridionale; nella parte Nord-occidentale le condizioni non si discostano dalla classe *vicino alla media*.

Dal mese di febbraio e fino al mese di aprile a causa della penuria di precipitazioni (deficit esteso nel primo bimestre dell'anno) si è registrato un progressivo calo dei valori con condizioni *vicino alla media* e *moderatamente siccitoso* e aree caratterizzate da condizioni *molto siccitoso* ed *estremamente siccitoso* (particolarmente in febbraio e marzo). Con le piogge di maggio le condizioni si sono attenuate e hanno prevalso per tutto il periodo successivo condizioni *vicino alla media*.

Figura 35: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2021 a marzo 2022, calcolato con finestre temporali di 3 mesi.

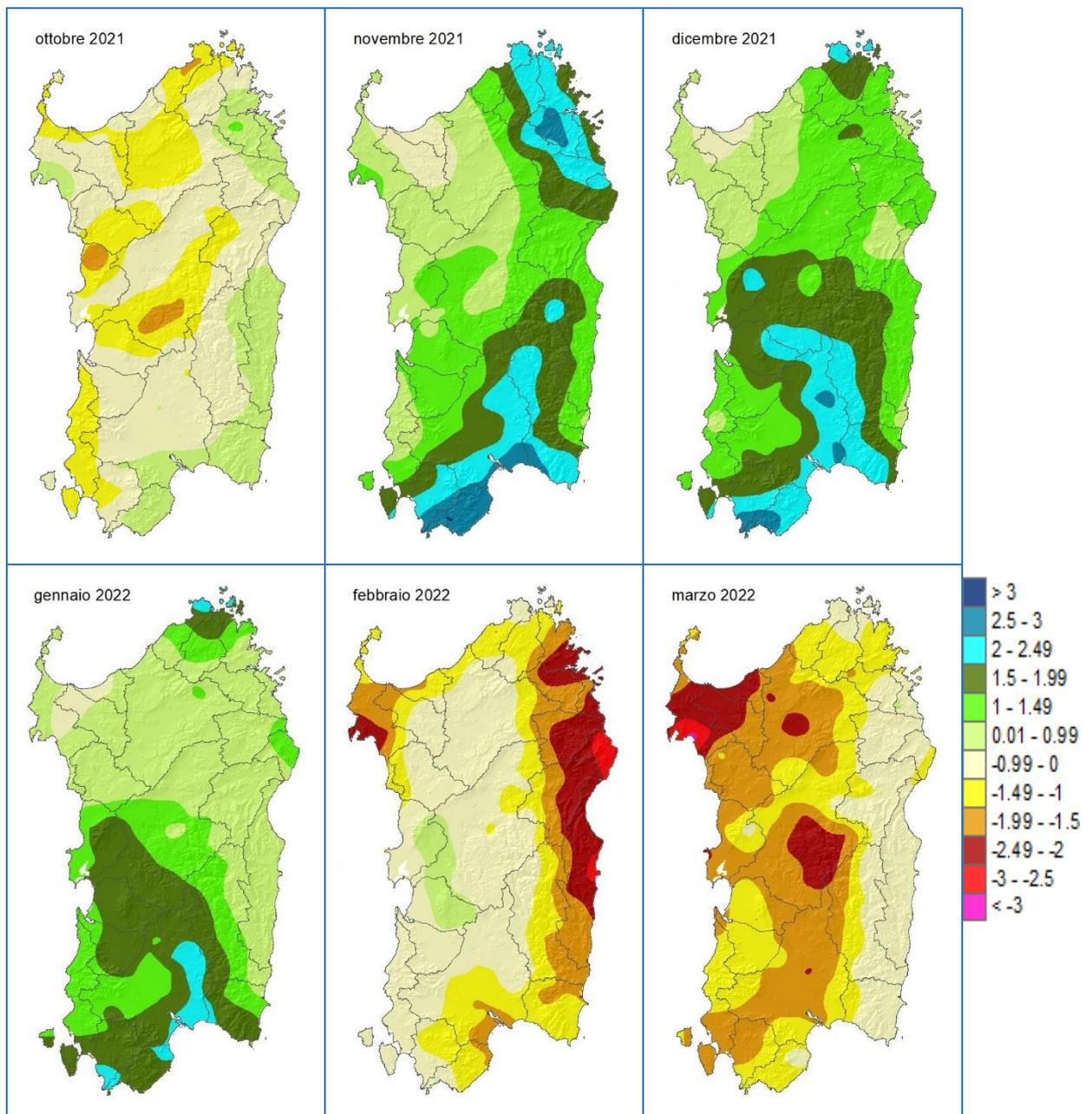
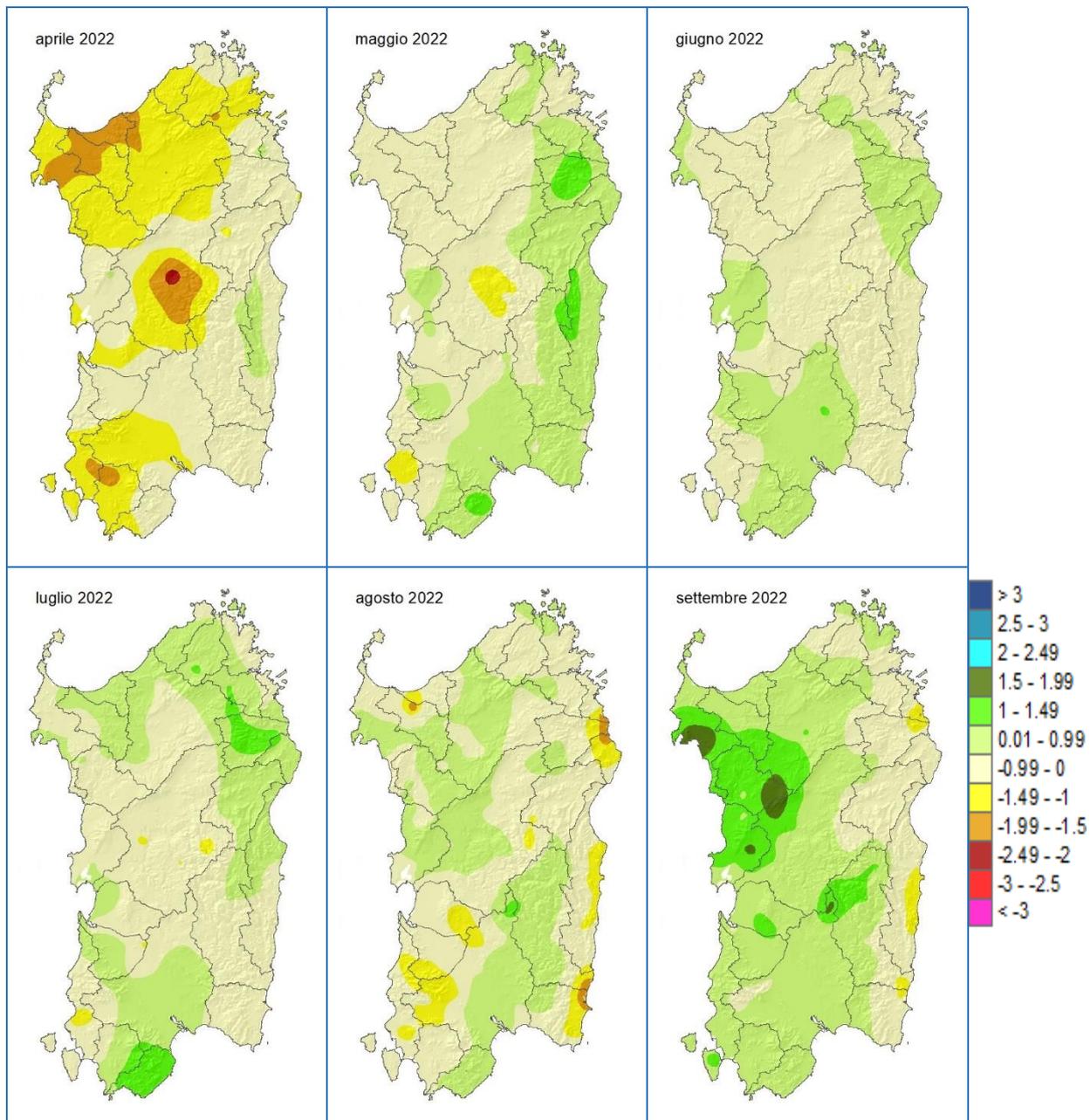


Figura 36: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2022, calcolato con finestre temporali di 3 mesi.



L'analisi dell'SPI calcolato sui cumulati di pioggia registrati su periodi di 12 mesi (**Figura 37 e Figura 38**) mostra per gli ultimi tre mesi del 2021 in generale condizioni *vicino alla media*, con novembre contraddistinto per ampie aree con condizioni *umide*, per le abbondanti piogge del mese, di cui si è detto; dal mese di gennaio hanno prevalso condizioni *vicino alla media* con l'eccezione del settore Nord-occidentale caratterizzato da condizioni siccitose e della parte meridionale in cui invece si sono avute condizioni umide in virtù delle piogge superiori alla media dei mesi di marzo, maggio, agosto e settembre.

Figura 37: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2021 a marzo 2022, calcolato con finestre temporali di 12 mesi.

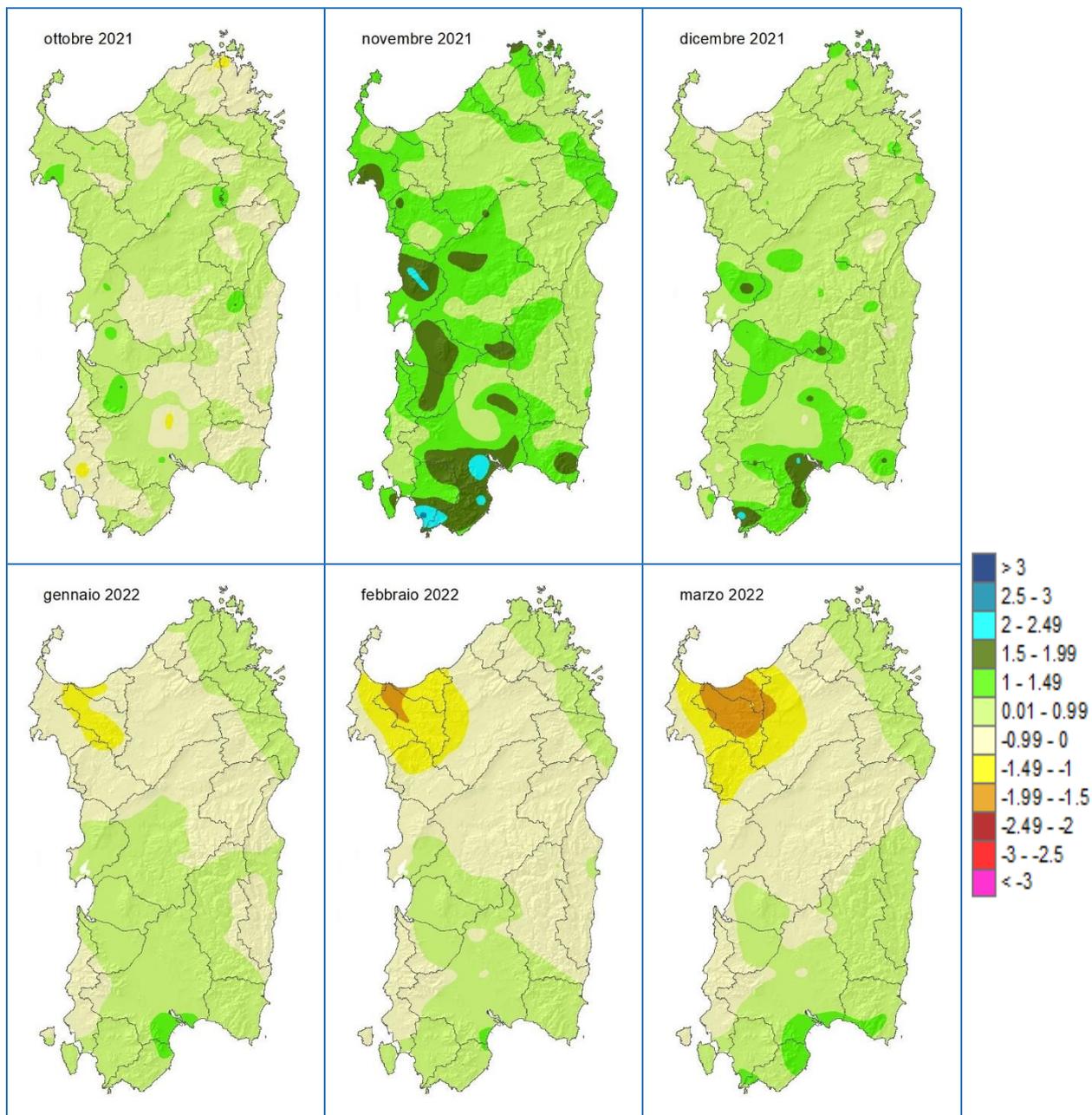
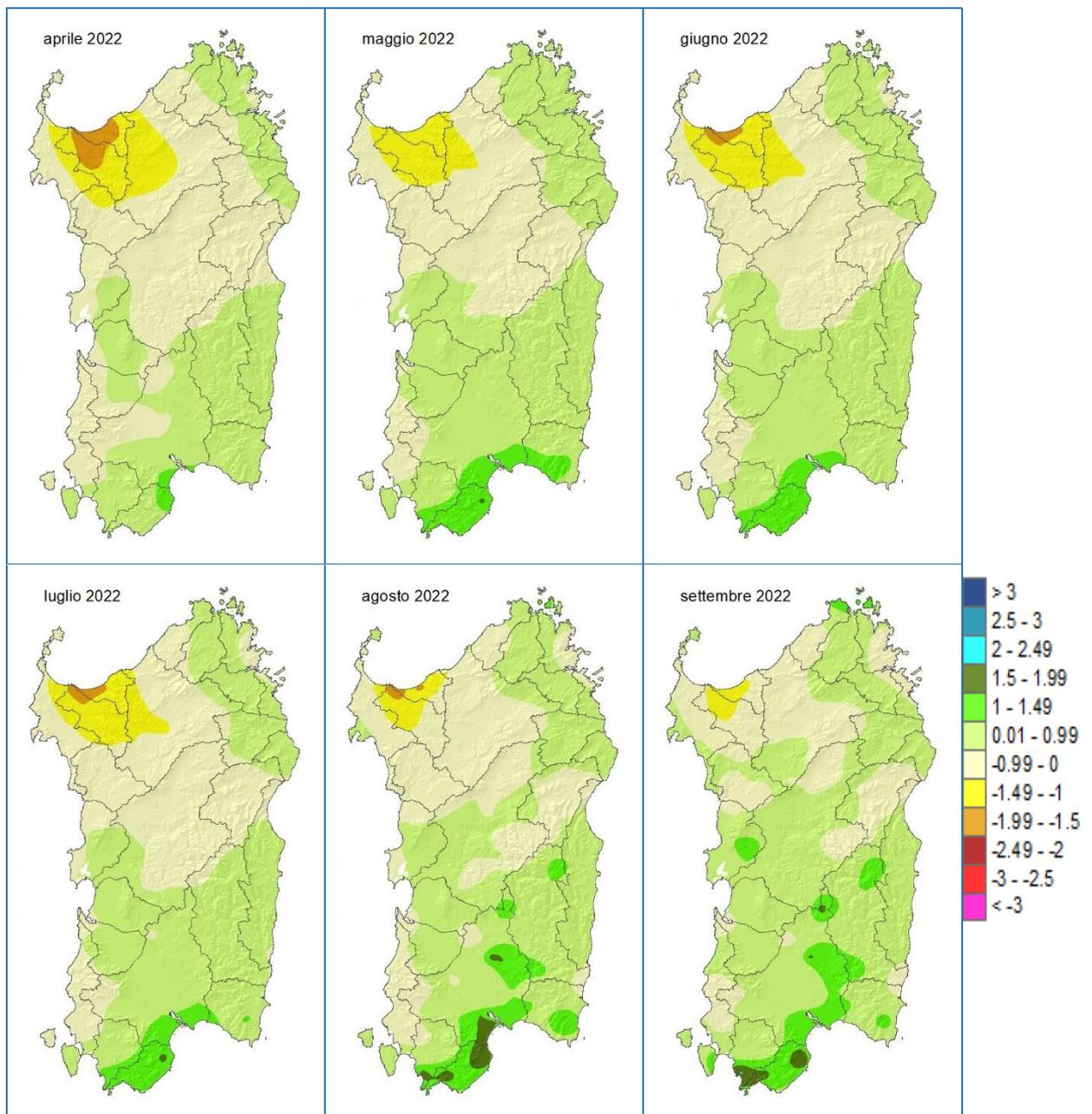
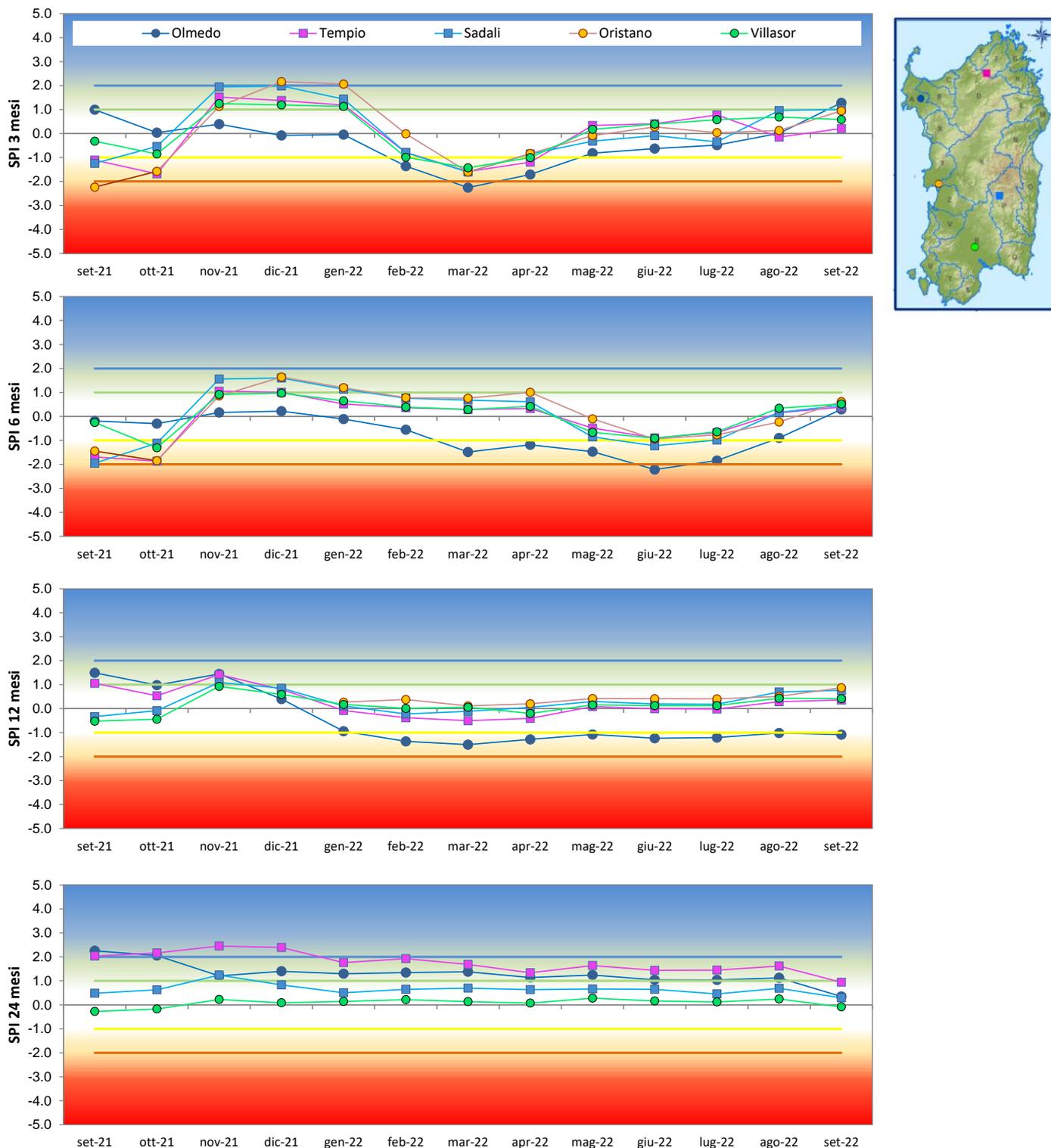


Figura 38: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2022, calcolato con finestre temporali di 12 mesi.



Nella **Figura 39** 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 39: 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 2021 – settembre 2022 è stato molto caldo, in particolare dal mese di maggio in poi, come si evince dai valori di anomalia in base 0 °C e 10 °C calcolati per l'intero periodo (**Figura 40** e **Figura 41**). I maggiori scostamenti, superiori a 300 GDD, hanno interessato le aree collinare e montuose dell'Isola per i valori in base 0 °C e quasi tutto il territorio regionale per quelli in base 10 °C. Nel dettaglio, le sommatorie in base 0 °C hanno variato tra 2900 GDD e 6700 GDD, mentre quelle in base 10 °C tra 600 GDD e 3050 GDD, su valori sostanzialmente simili all'annata precedente.

Figura 40: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo ottobre 2021 - settembre 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

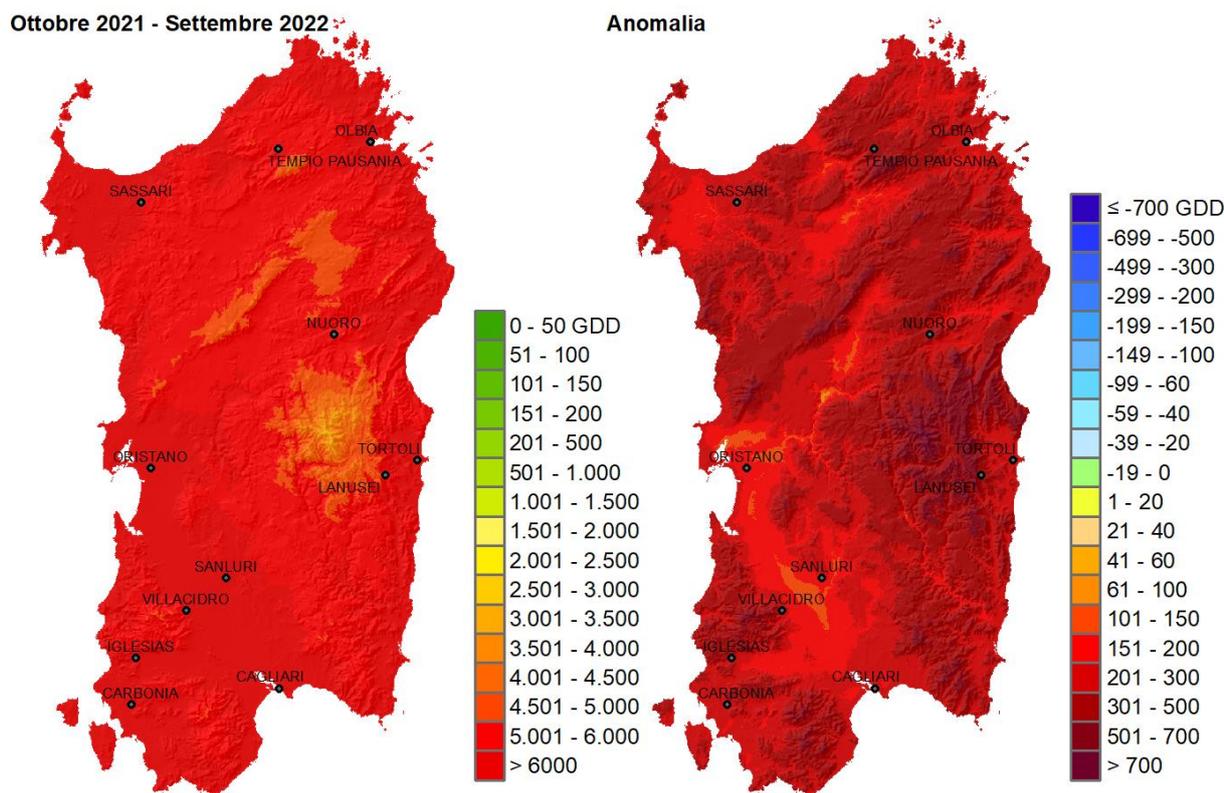
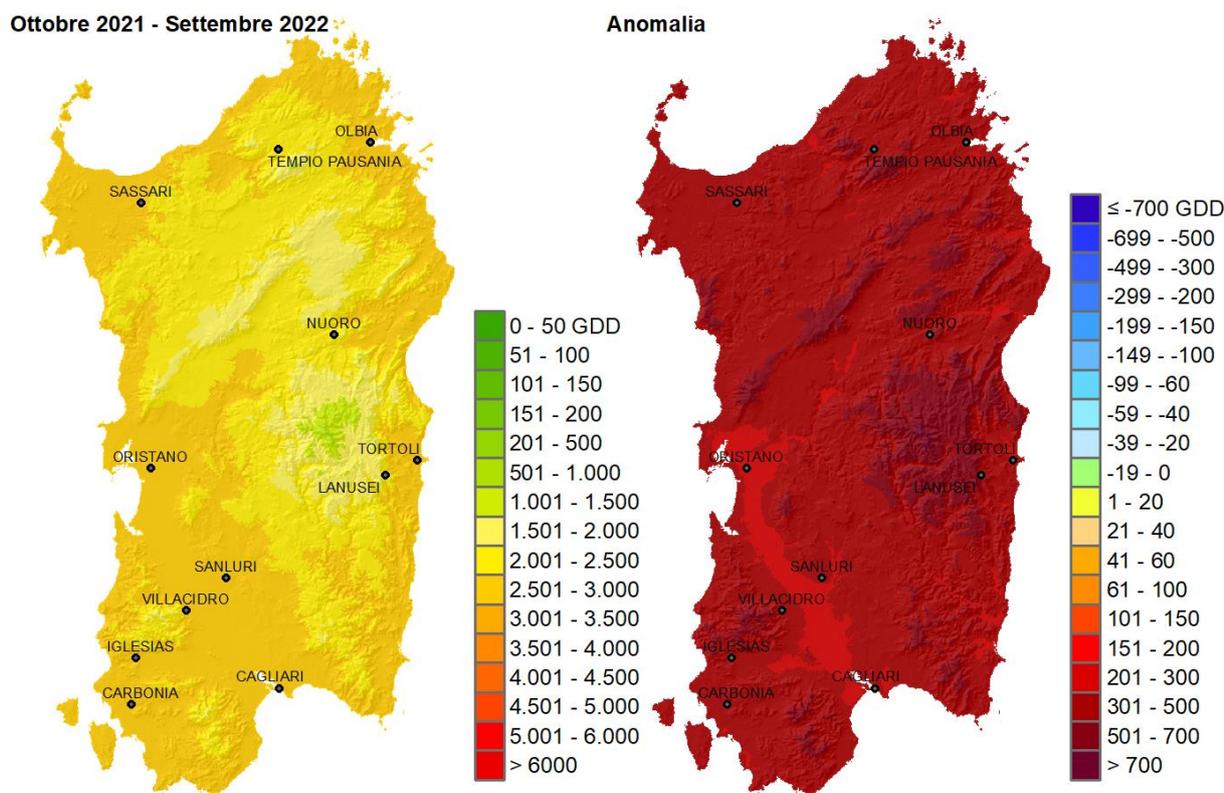


Figura 41: Sommatorie termiche in base 10 °C calcolate per il periodo ottobre 2021 - settembre 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.



Analizzando separatamente i due periodi ottobre 2021 – marzo 2022 e aprile – settembre 2022 è possibile osservare come il maggior apporto in termini di temperatura e di scostamento rispetto al dato medio sia attribuibile quasi esclusivamente al secondo semestre. Infatti, il periodo ottobre 2021-marzo 2022 ha mostrato un evidente ritardo termico per i valori in base 0 °C su quasi tutto il territorio regionale, ad eccezione di alcune aree localizzate in prevalenza nella fascia orientale (**Figura 42**). Anomalie positive per i valori in base 10 °C quasi ovunque salvo per alcuni territori situati lungo il settore occidentale (**Figura 43**).

Nel dettaglio, i valori in base 0 °C sono risultati compresi tra 320 GDD e 2500 GDD, mentre quelli in base 10 °C tra 0 GDD e 670 GDD, con gli accumuli maggiori distribuiti lungo le coste e nella pianura del Campidano.

Il periodo aprile-settembre 2022 è stato, invece, particolarmente caldo e in anticipo termico rispetto al dato medio con anomalie sempre positive e superiori ai 200 GDD per entrambe le soglie di riferimento (**Figura 44 e Figura 45**). Le anomalie maggiori, superiori ai 500 GDD, hanno interessato i principali rilievi montuosi dell'Isola. Le sommatorie hanno variato tra 2600 GDD e 4250 GDD in base 0°C e tra 900 GDD e 2430 GDD in base 10 °C.

Figura 42: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo ottobre 2021 – marzo 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

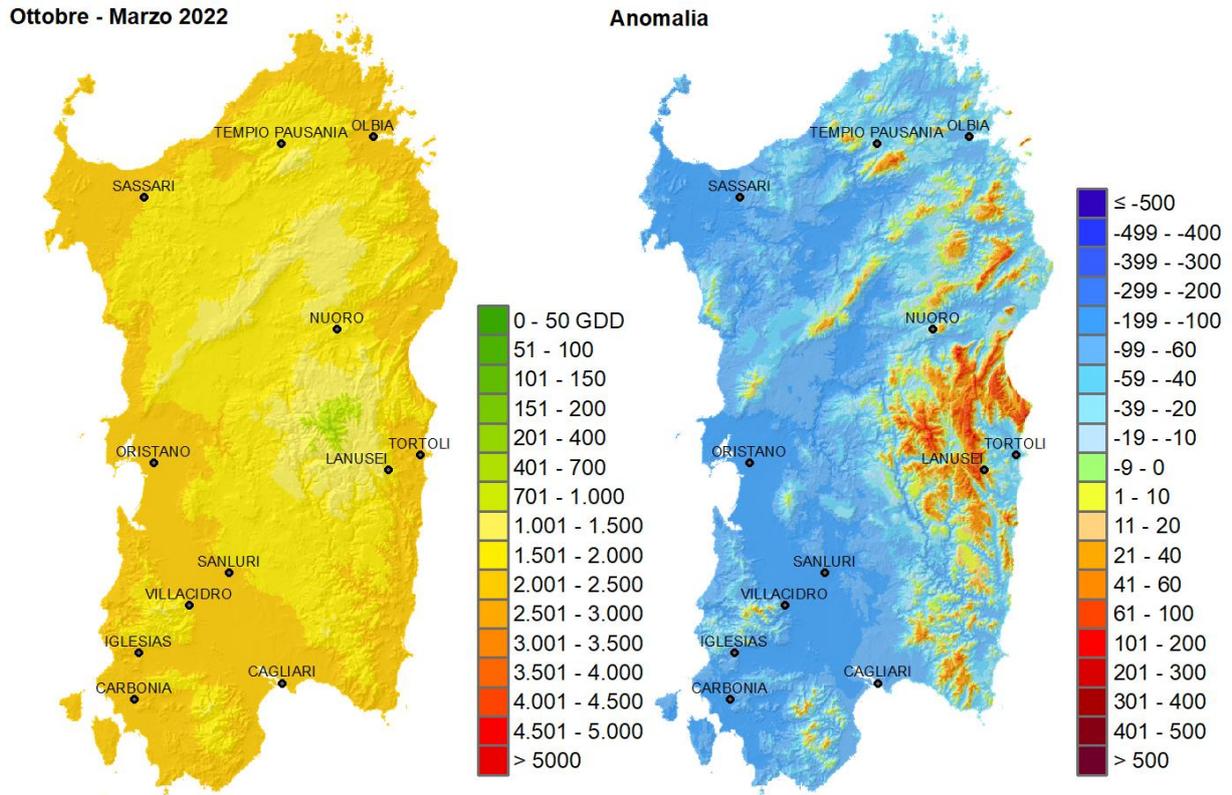


Figura 43: Sommatorie termiche in base 10 °C calcolate per il periodo ottobre 2021 – marzo 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

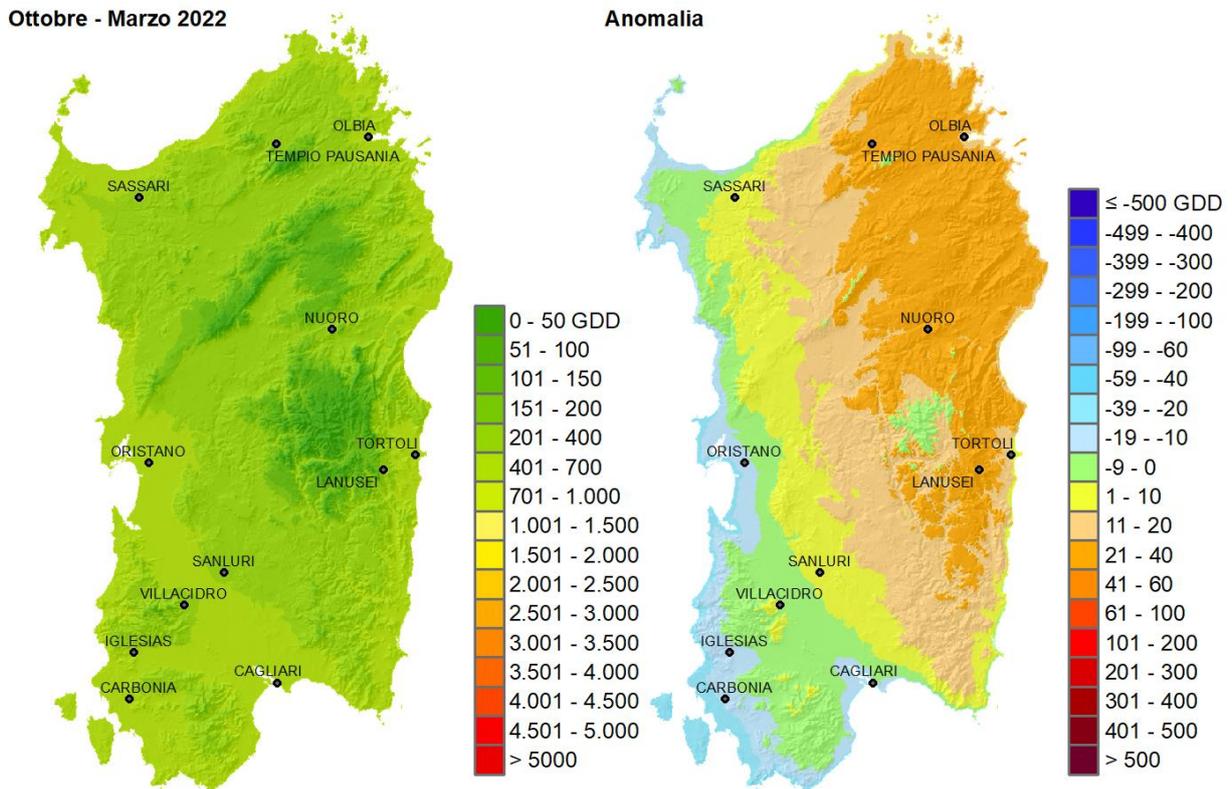


Figura 44: Sommatorie termiche in base 0 °C calcolate per il periodo aprile - settembre 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.

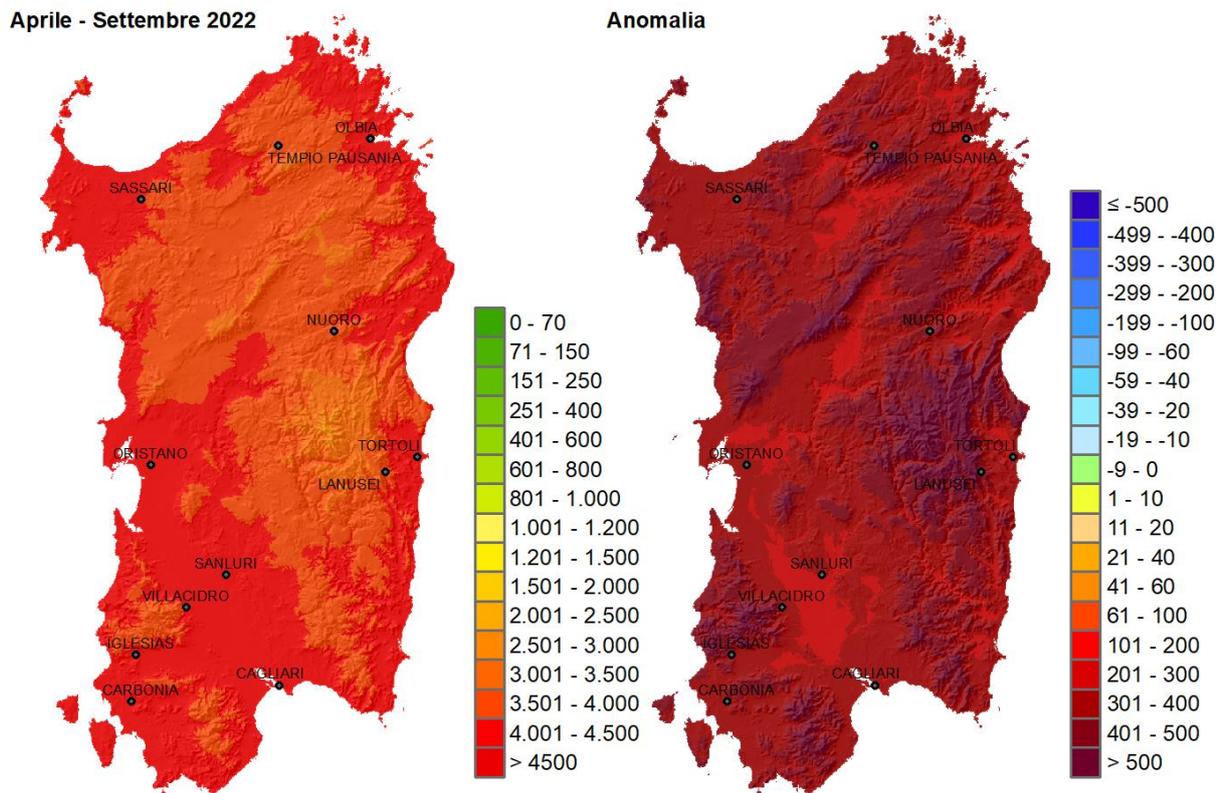
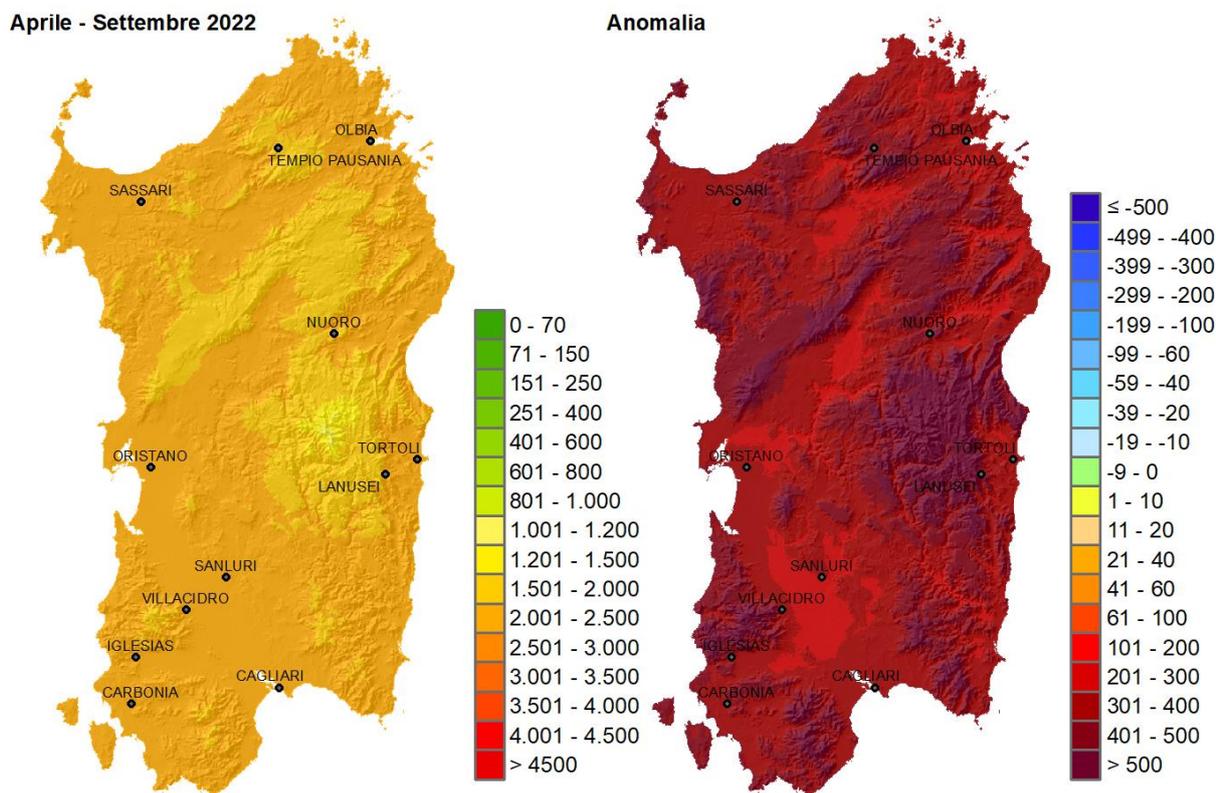


Figura 45: Sommatorie termiche in base 10 °C per il periodo aprile - settembre 2022 e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014.



Nelle **Figura 46 - Figura 48** è riportato l'accumulo termico in base 0 °C e 10 °C calcolato per il periodo ottobre 2021 - settembre 2022 e il confronto con lo stesso periodo relativo agli ultimi 26 anni per tre stazioni rappresentative del territorio regionale (Olmedo, Oliena e Sardara). Dai grafici è possibile osservare come l'annata sia stata la più calda per la stazione di Olmedo con 6287 GDD in base 0 °C e 2742 GDD in base 10, mentre tra le più calde per quella di Sardara al quarto posto per i valori in base 10 °C dopo le annate 2002-2003, 2019-2020 e 2020-2021. La stazione di Oliena ha mostrato valori in base 0 °C vicini al dato mediano e quelli in base 10 °C tra quelli più alti della sua serie storica.

Figura 46: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2022 – Stazione di Olmedo.

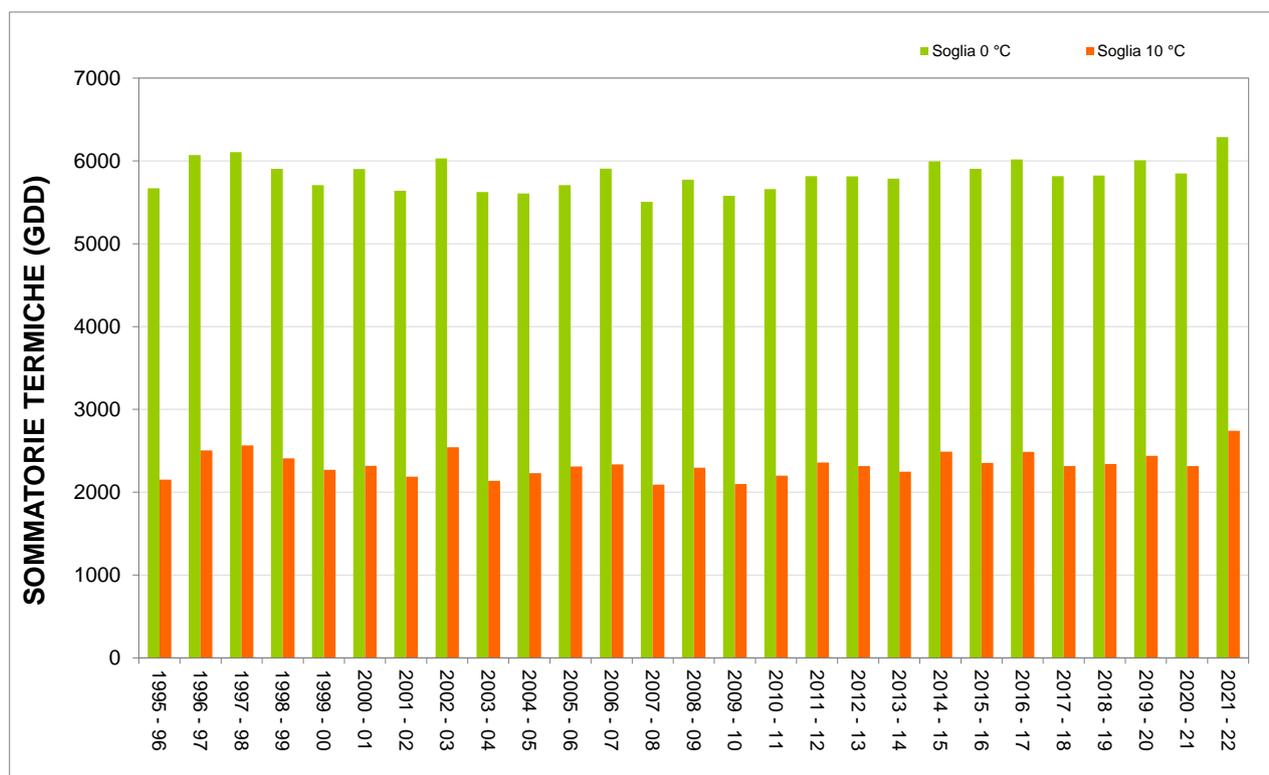


Figura 47: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2022 – Stazione di Oliena.

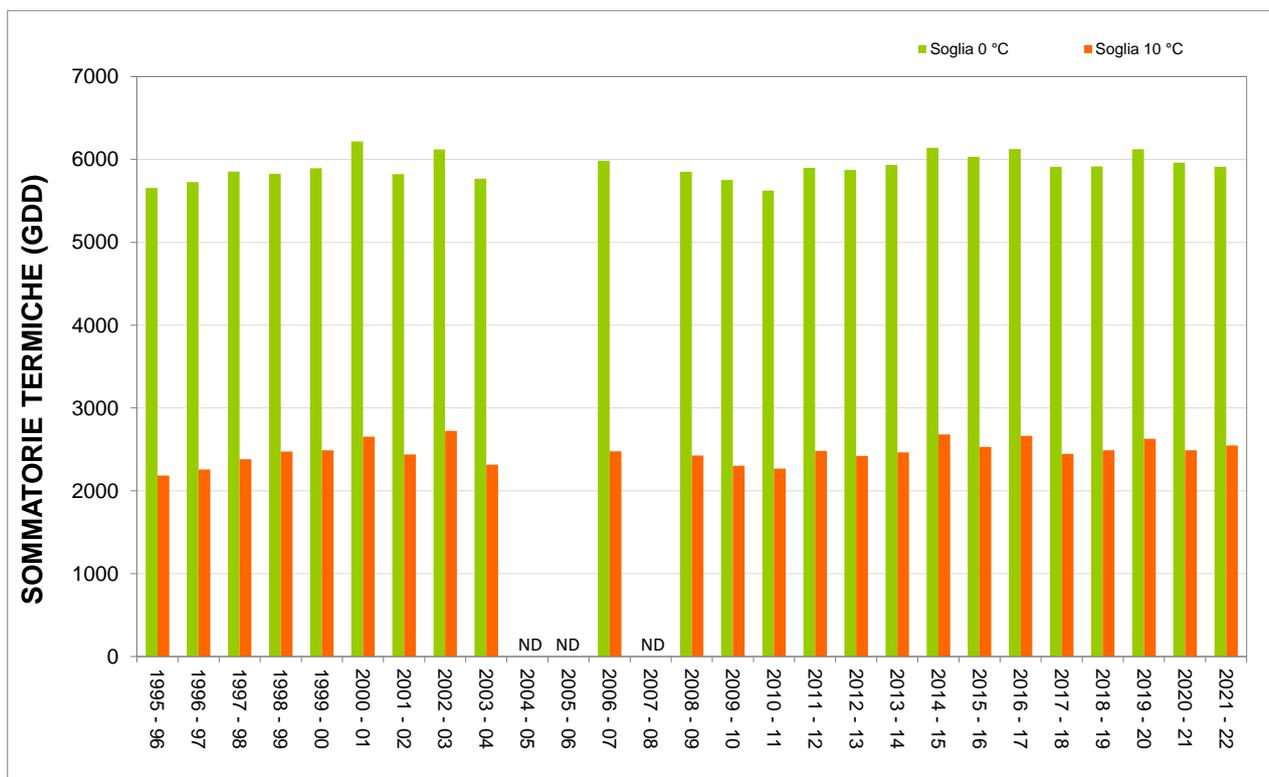
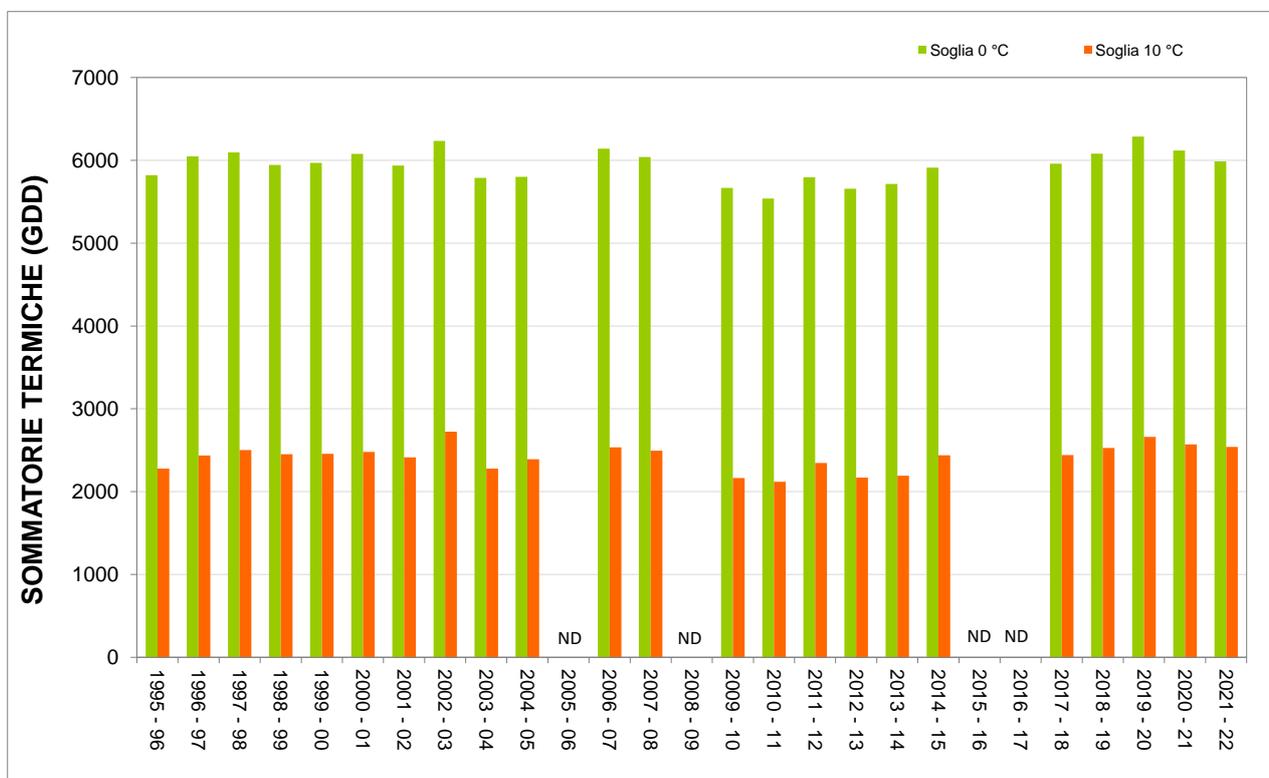


Figura 48: Andamento delle sommatorie termiche in base 0 e 10 °C calcolate per il periodo ottobre - settembre nelle annate dal 1995 al 2022 – Stazione di Sardara.



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 quadrimestre dicembre 2021 – marzo 2022 è stato contraddistinto da un mese di dicembre in cui i valori di WCI sono stati più alti della media, e quindi meno critici, nelle aree centrali dell'Isola e nei territori della Nurra, della Gallura e del Capoterrese, mentre nella restante parte del territorio regionale l'indice è risultato più critico in particolare nelle aree del Sarrabus e del Nuorese. Nel mese di marzo, ma soprattutto di gennaio, i valori di WCI sono stati molto più critici della media, mentre a febbraio sono state registrate condizioni sopra la media pluriennale quasi ovunque, ad eccezione di alcuni territori localizzati in prevalenza nel settore Nord-orientale e Sud-orientale.

Se si considera la permanenza oraria dell'indice WCI per l'intero periodo in esame (**Figura 49**) è possibile osservare come la situazione più critica sia stata registrata nelle stazioni di montagna di Desulo Perdu Abes, Tempio Limbara, Pattada, Seui e Fonni con valori prossimi o superiori a 2700 ore complessive di disagio suddivise tra le classi di *Lieve Disagio* e *Possibile Congelamento*. La stazione, invece, che ha evidenziato minori criticità è stata quella di Villa San Pietro con circa 1500 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 di WCI medio e di media delle minime sono stati quasi ovunque inferiori alla media pluriennale, salvo in alcune aree del centro Sardegna, della Nurra e del Sulcis Iglesiente dove le anomalie sono risultate positive (**Figura 50** e **Figura 51**). Il WCI medio è risultato compreso tra i livelli di *Lieve Disagio* e in misura minore di *Disagio*, mentre la media delle minime ha variato *tra Lieve Disagio* e *Disagio*, mostrando anche la condizione di *Elevato Disagio* in un'area circoscritta del Gennargentu. Il minimo assoluto più basso del quadrimestre (**Figura 52**) è stato registrato sempre a gennaio nella stazione di Desulo Perdu Abes (-23.2, il giorno 12) corrispondente all'intervallo di *Possibile Congelamento*.

Figura 49: Numero di ore totali con WCI nelle diverse classi di disagio per il periodo dicembre 2021-marzo 2022.

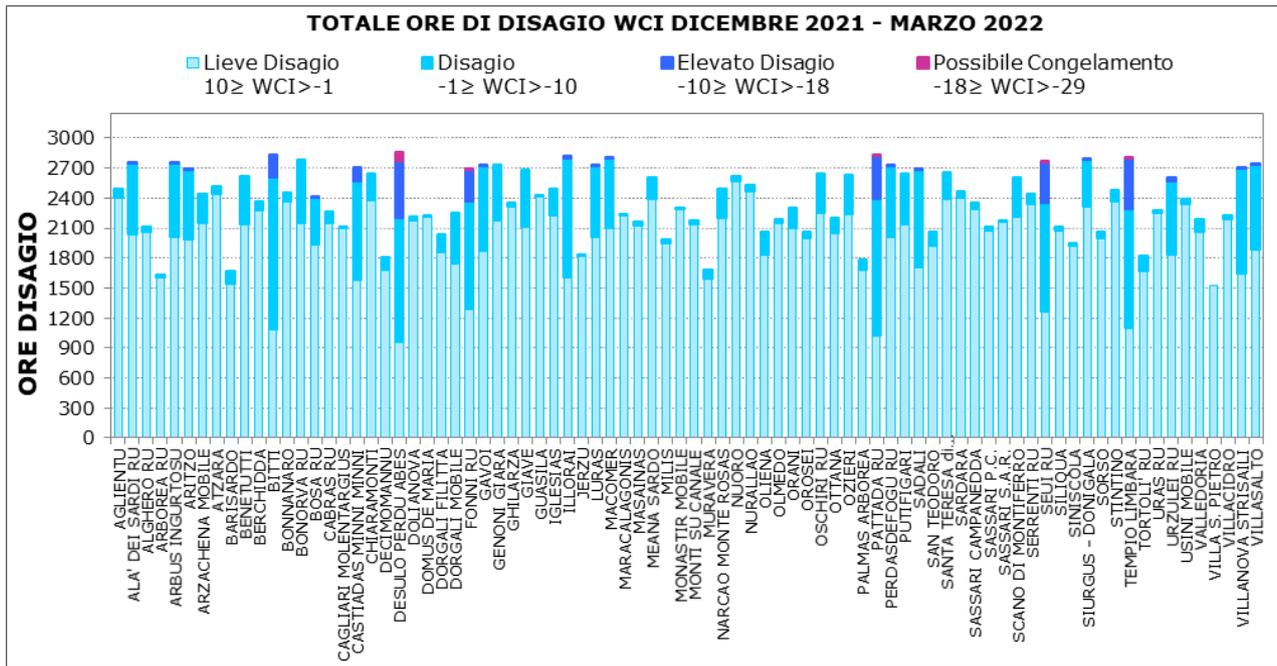


Figura 50: WCI medio per il mese di gennaio 2022 e raffronto con il periodo 1995-2014.

Gennaio 2022

Anomalia

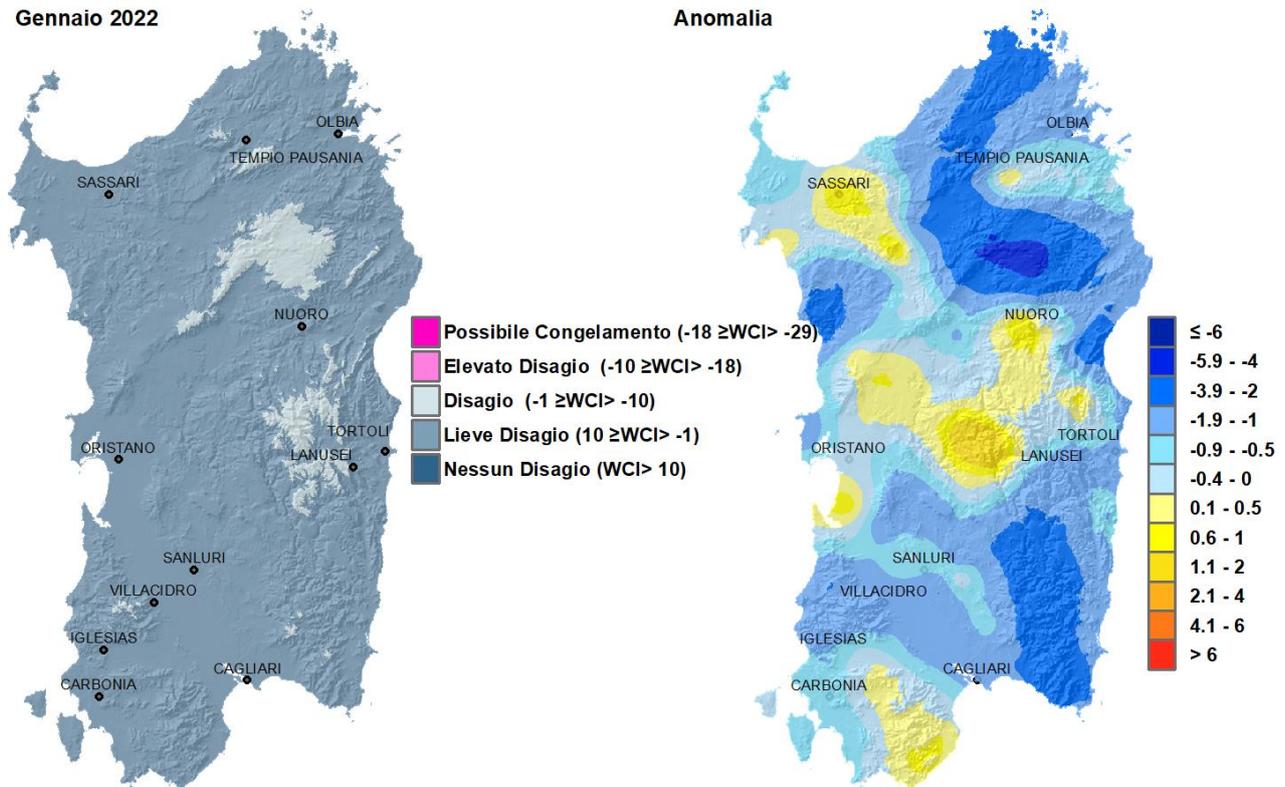


Figura 51: WCI - Media dei valori minimi per gennaio 2022 e raffronto con il periodo 1995-2014.

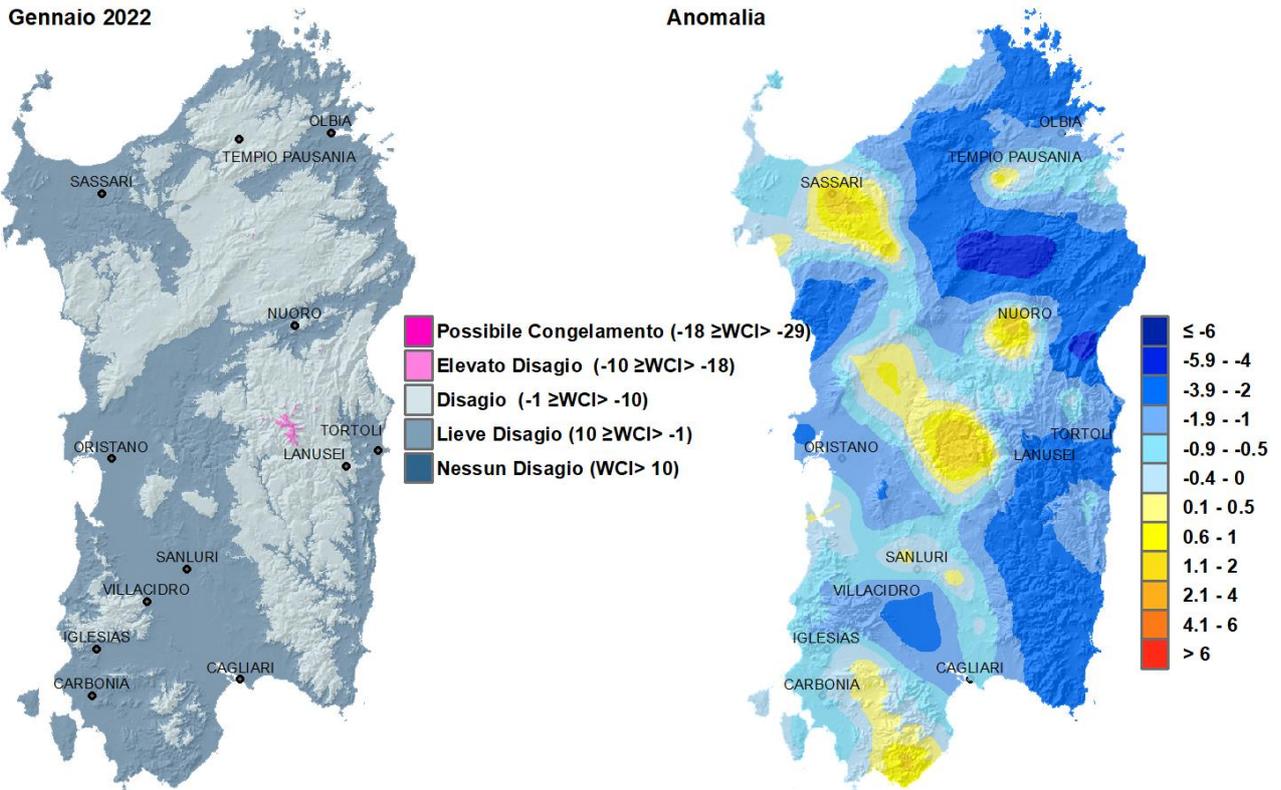
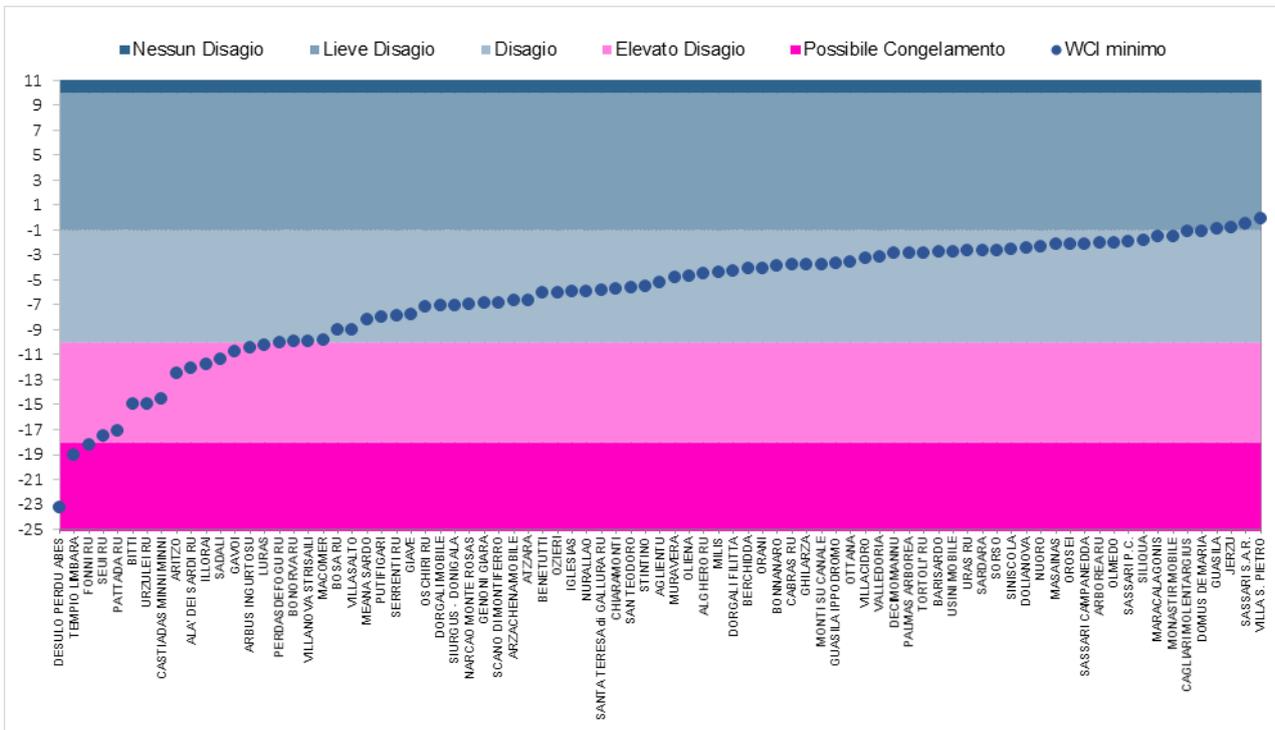


Figura 52: Valori minimi di WCI per il mese di gennaio 2022.



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	<i>Nessun disagio</i>
65≤THI<68	<i>Possibile disagio</i>
68≤THI<72	<i>Lieve disagio</i>
72≤THI<75	<i>Disagio</i>
75≤THI<79	<i>Allerta</i>
79≤THI<84	<i>Pericolo</i>
THI≥84	<i>Emergenza</i>

Il periodo giugno-settembre 2022 è stato contraddistinto da valori più critici della media di riferimento (1995-2014) per tutti i mesi in esame (in particolare giugno) per effetto delle alte temperature del periodo estivo.

Se si considera la permanenza oraria dell'indice nelle diverse classi di disagio **Figura 53**) è possibile osservare come la condizione di maggiore criticità sia stata registrata nelle stazioni costiere di Cagliari Molentargius, San Teodoro, Muravera, Villa San Pietro, Domus de Maria, Cagliari Pirri, Santa Teresa di Gallura e Orosei con oltre 2600 ore complessive di disagio. Tuttavia, sono da evidenziare anche le situazioni occorse nelle stazioni di Osini, Dolianova, Valledoria e Monti che, nonostante abbiano totalizzato meno ore, hanno fatto rilevare condizioni persistenti di disagio nei livelli più critici quali *Allerta*, *Pericolo* ed *Emergenza*. La stazione con le condizioni meno avverse è stata, invece, Desulo Perdu Abes con poco più di 800 ore di disagio complessivo in tutto il quadrimestre.

Il mese di luglio è stato quello mediamente più critico anche se gli estremi più alti sono stati riscontrati ad agosto. I valori di THI medio e di media delle massime di luglio sono stati decisamente sopra la media pluriennale in tutto il territorio regionale, con anomalie mediamente tra 2 e 4 unità, fino a raggiungere le 6 unità per i valori medi nelle aree a più alta quota (**Figura 54** e **Figura 55**). Il THI medio ha variato tra i livelli di *Nessun Disagio* ed *Allerta* con la condizione più diffusa nel livello di *Disagio*, mentre la media delle massime è risultata compresa tra i livelli di *Lieve Disagio* e *Pericolo*, mostrando i valori più critici in particolare nella pianura del Campidano e nelle aree costiere meridionali.

Per quanto riguarda il massimo assoluto del quadrimestre (**Figura 56**), è stato registrato a Muravera il giorno 17 agosto con un valore pari a 85.1, corrispondente all'intervallo di *Emergenza*.

Figura 53: Numero totale di ore con THI nelle diverse classi di disagio - periodo giugno-settembre 2022.

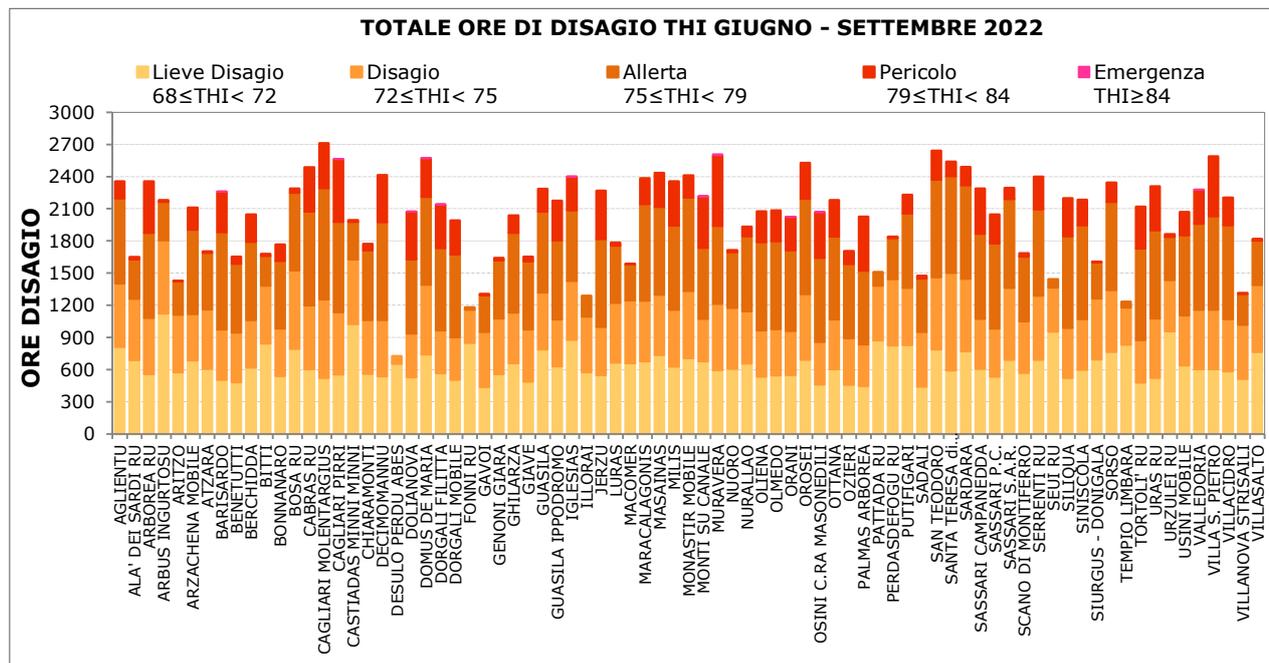


Figura 54: THI medio per il mese di luglio 2022 e raffronto con il periodo 1995-2014.

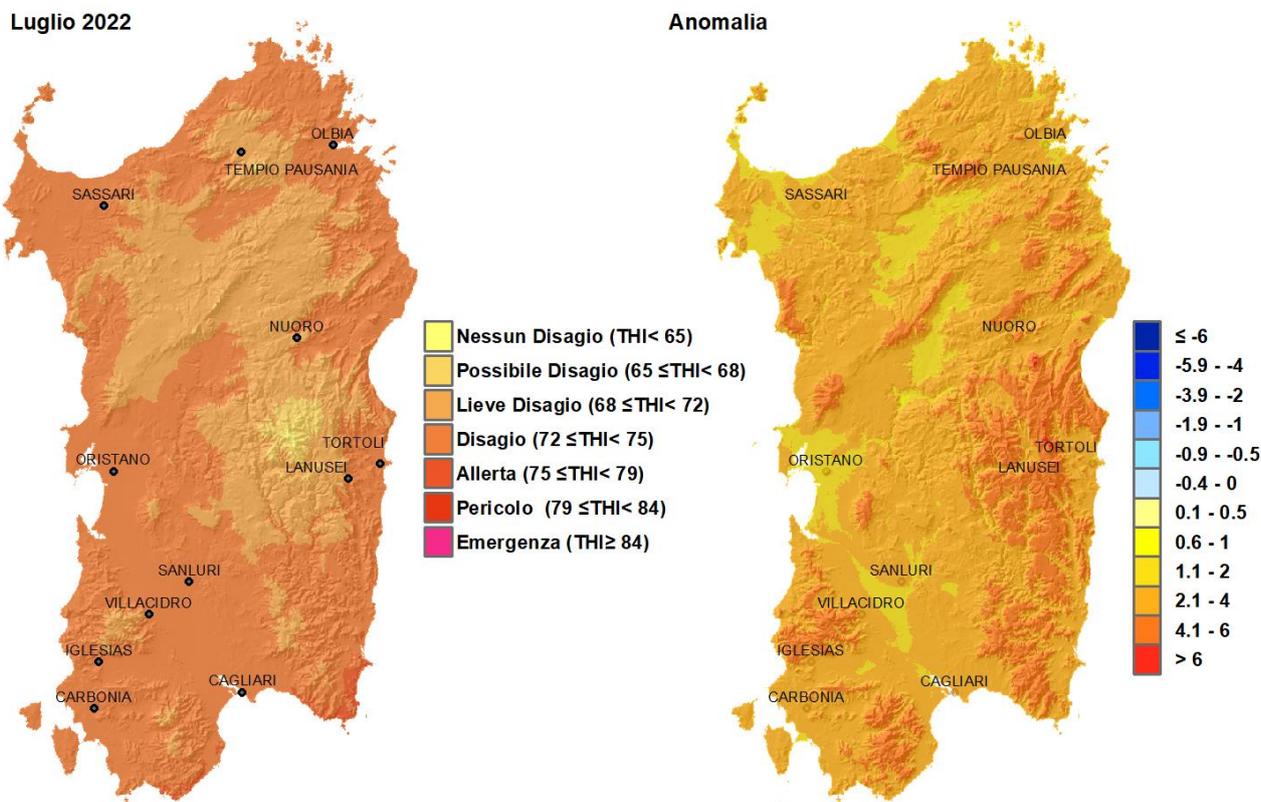


Figura 55: THI - Media dei valori massimi per luglio 2022 e raffronto con il periodo 1995-2014.

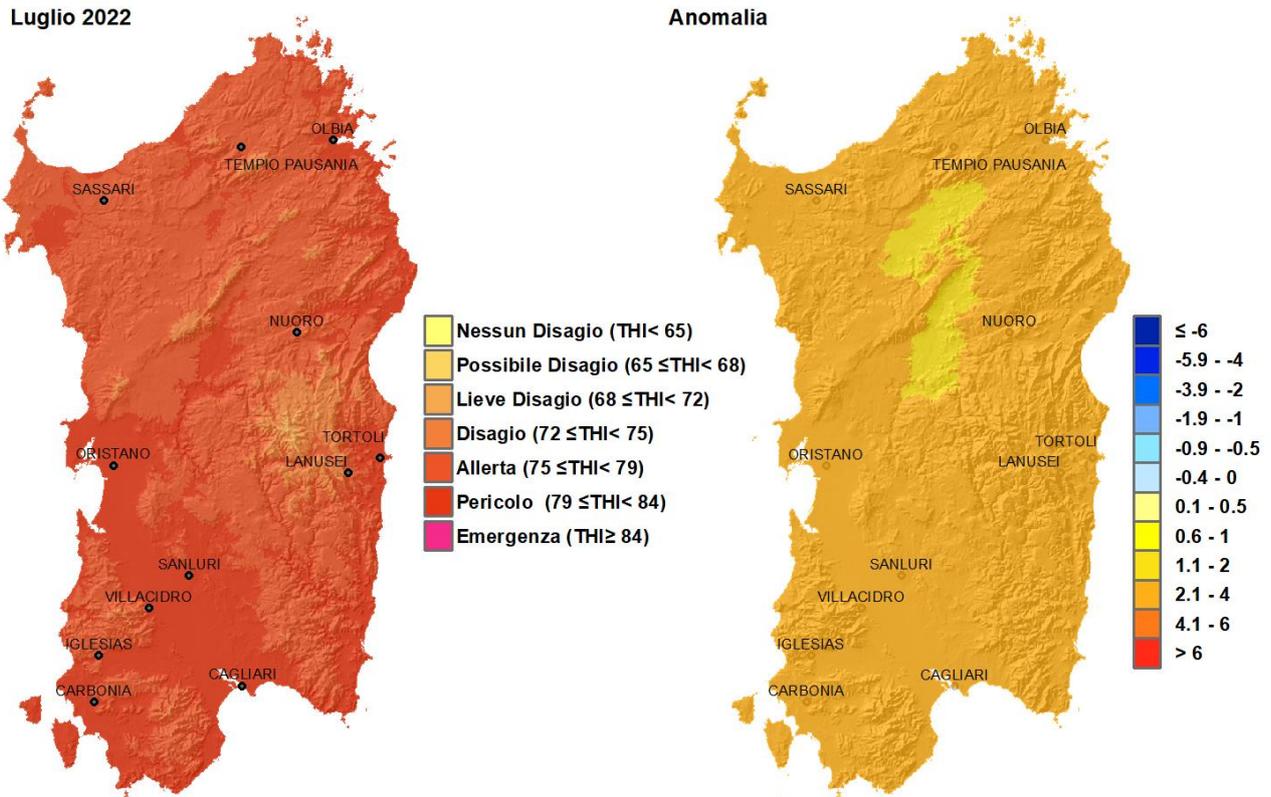
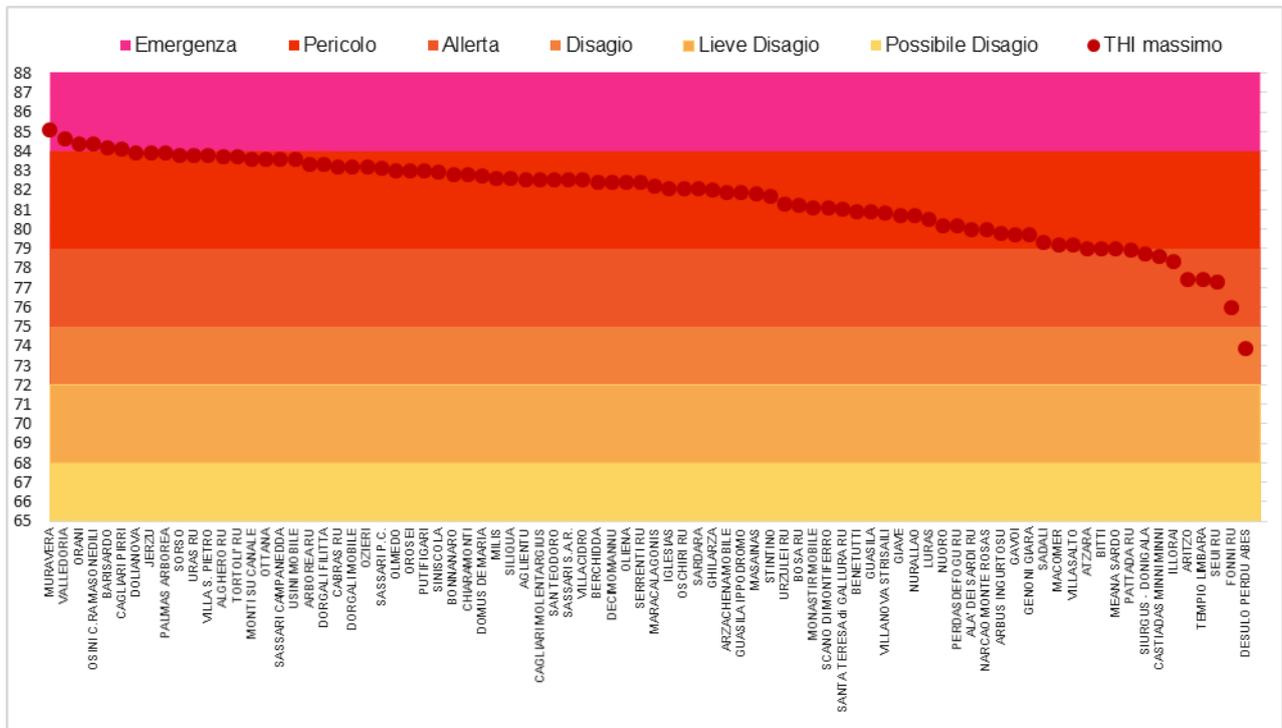


Figura 56: Valori massimi di THI per il mese di luglio 2022.

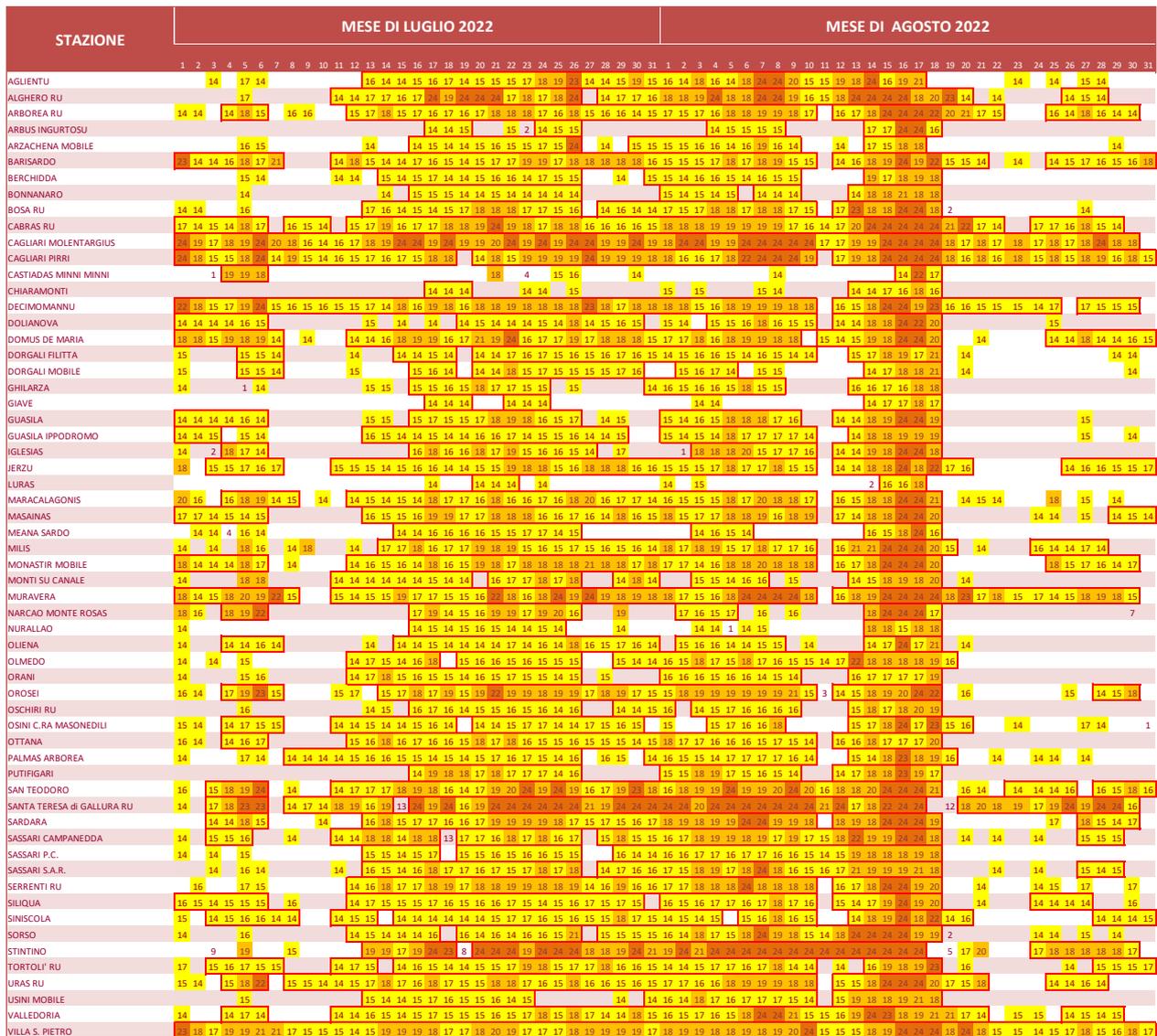


6.6 Heat Waves – Onde di calore

Elaborando i dati orari di THI è possibile derivare un altro indicatore di interesse zootecnico, l'onda di calore o Heat Wave (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 2022 (Figura 57) è stato contraddistinto da diverse onde di calore, in numero variabile da una a sei, di intensità da *Lieve* ad *Alta* e di persistenza piuttosto differente. La situazione più anomala si è evidenziata nelle stazioni di Villa San Pietro e Cagliari Molentargius in cui è stata registrata un'unica onda di calore della durata di 62 giorni e 61 giorni rispettivamente, per cui l'intero bimestre. Nelle stazioni di Cagliari Pirri, Decimomannu e Muravera sono stati totalizzati 60, 59 e 58 giorni di criticità suddivisi in tre onde di calore, mentre in quelle di Santa Teresa di Gallura, Cabras e Barisardo sono stati totalizzati rispettivamente 58, 57 e 56 giorni ripartiti in quattro onde di calore.

Figura 57: Stazioni agrometeorologiche con THI superiore a 72 per almeno 14 ore e onde di calore per il periodo luglio-agosto 2022.



Intensità del disagio nelle singole giornate ■ Lieve ■ Media ■ Alta - Dato non disponibile
 Nelle caselle è indicato il numero di ore giornaliere con THI>72. Con il bordino evidenziato sono indicate le giornate in cui si è verificata un'onda di calore

A parte l'eccezionalità di alcune situazioni, il periodo più critico per gran parte dei territori dell'Isola è stato rilevato tra la metà di luglio e la metà di agosto in cui circa il 70% delle stazioni monitorate (escludendo sostanzialmente quelle di montagna) ha fatto osservare almeno un'onda di calore anche della durata minima di tre giorni.

Nelle **Figura 58 - Figura 63** sono riportati i grafici relativi alle stazioni maggiormente interessate dalle onde di calore nel bimestre in esame, localizzate lungo le coste dell'Isola.

Figura 58: Heat Waves registrate nella stazione di Cabras nel bimestre luglio-agosto 2022.

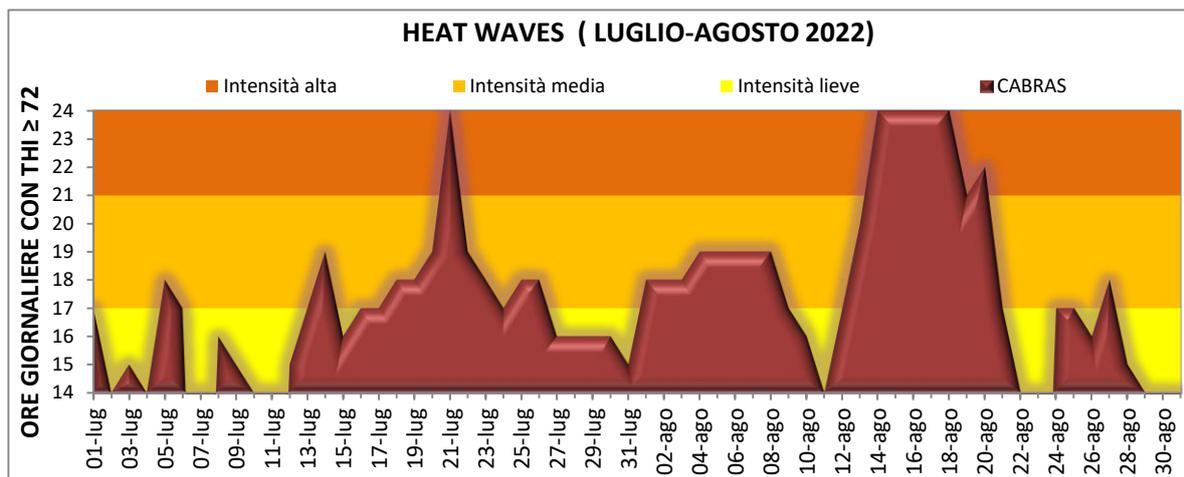


Figura 59: Heat Waves registrate nella stazione di Cagliari Molentargius nel bimestre luglio-agosto 2022.

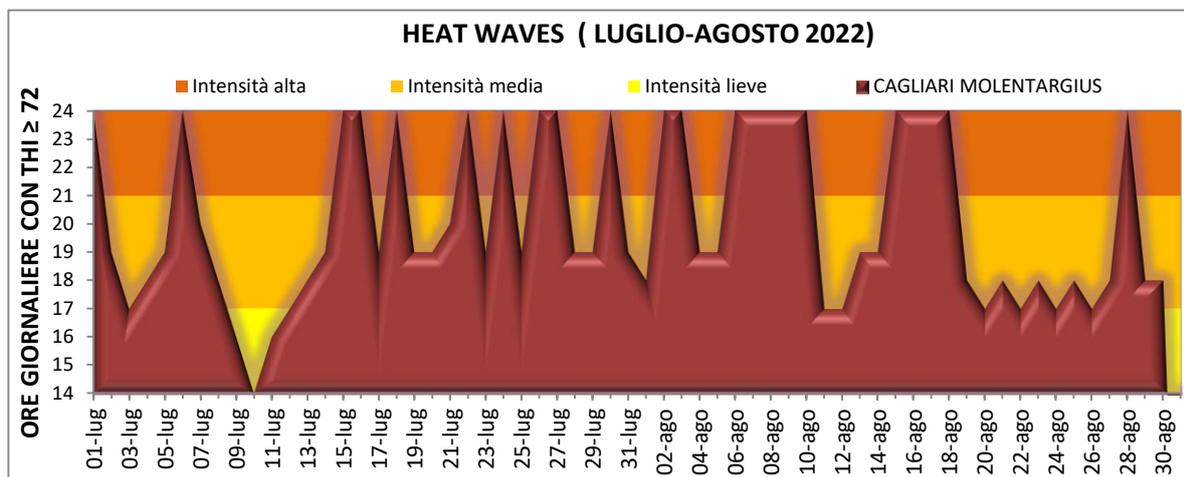


Figura 60: Heat Waves registrate nella stazione di Muravera nel bimestre luglio-agosto 2022.

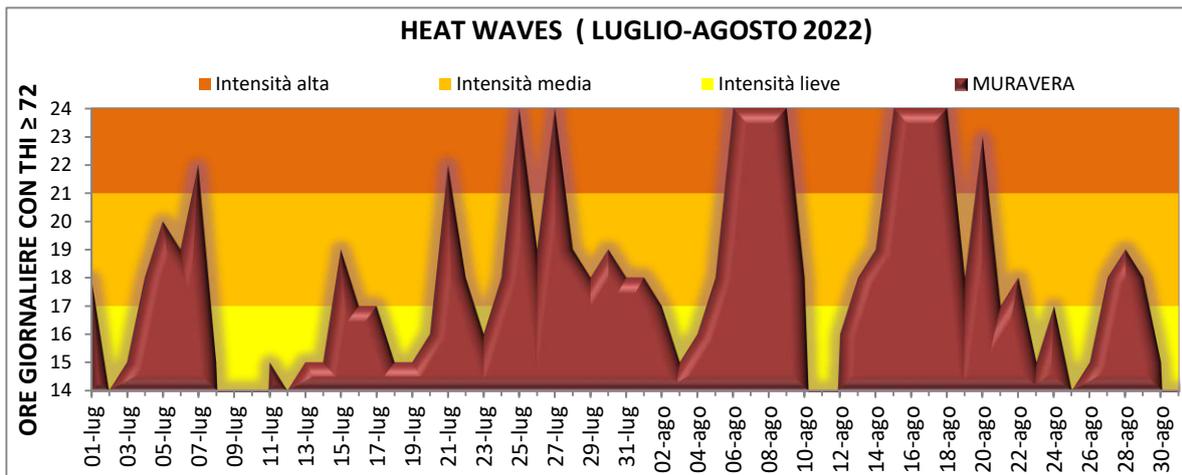


Figura 61: Heat Waves registrate nella stazione di San Teodoro nel bimestre luglio-agosto 2022.

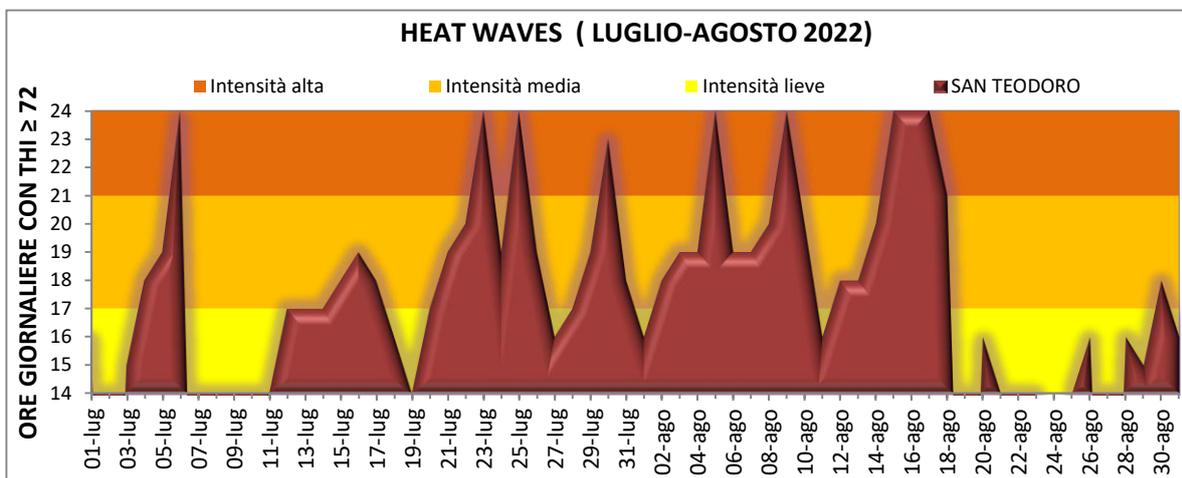


Figura 62: Heat Waves registrate nella stazione di Santa Teresa di Gallura nel bimestre luglio-agosto 2022.

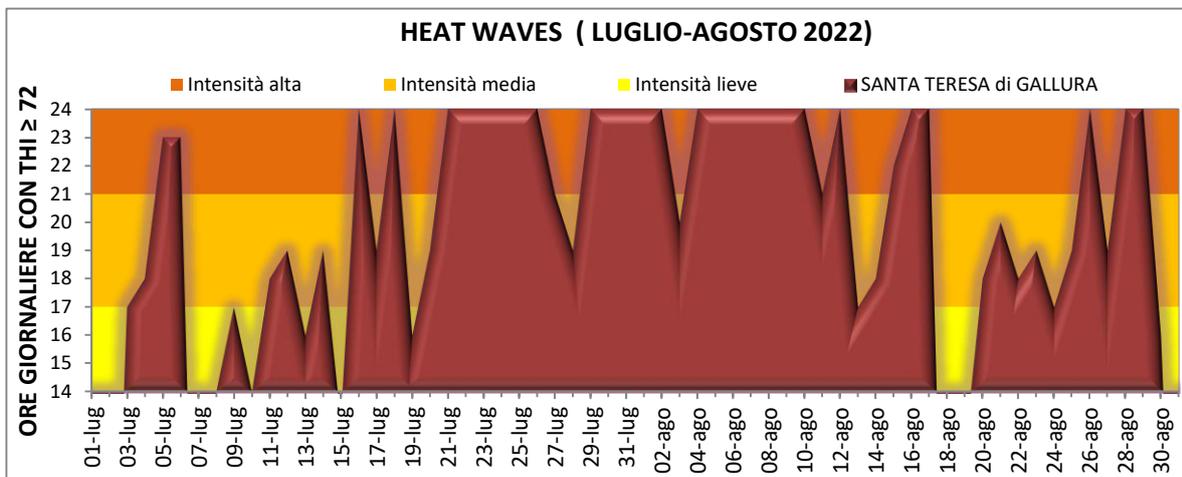
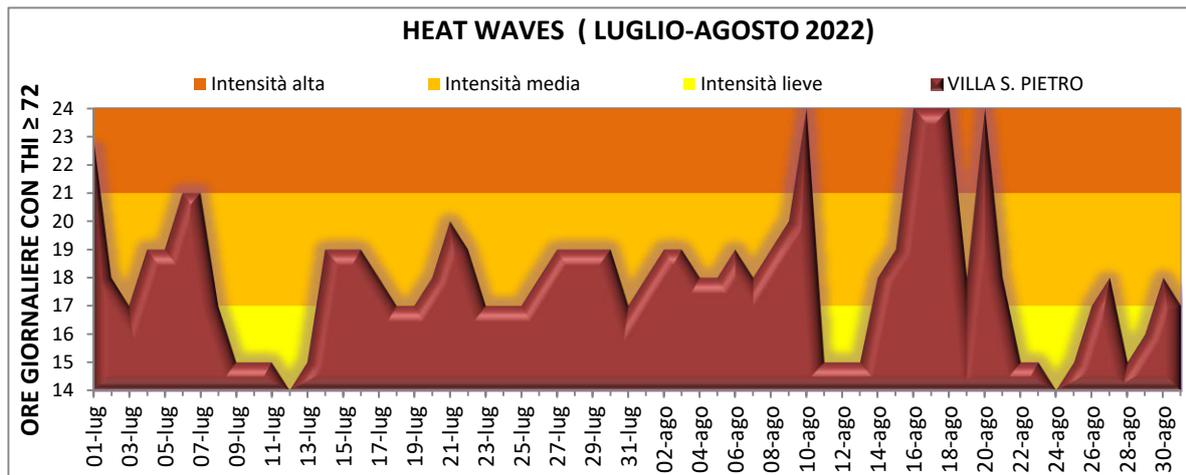


Figura 63: Heat Waves registrate nella stazione di Villa San Pietro nel bimestre luglio-agosto 2022.



7. 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 2022 è stato caratterizzato da valori di HI più alti della media pluriennale, e quindi più critici, nei mesi di giugno, luglio e settembre, mentre a maggio i valori sono stati generalmente più bassi dell'atteso. Nel mese di agosto l'HI è risultato sopra la media lungo le aree costiere e nelle zone pianeggianti in particolare del settore meridionale, mentre condizioni meno critiche hanno interessato i territori centrali e le principali aree montuose. Il mese più "afoso" del 2022 è stato luglio (**Figura 64** e **Figura 65**) in cui l'HI medio ha variato tra valori inferiori a 27 e 30.7 corrispondenti ai livelli di *Nessun Disagio* e *Cautela*, mentre la media delle massime è risultata compresa tra valori inferiori a 27 e 33.6 corrispondenti ai livelli di *Nessun Disagio* ed *Estrema Cautela*. Le aree che hanno presentato i valori più critici sono state la pianura del Campidano, le aree interne della Nurra, Montacuto e il Marghine-Planargia.

Se si esamina la permanenza oraria dell'indice nei vari livelli di rischio per l'intero periodo in esame (**Figura 66**) la situazione potenzialmente più rischiosa per la salute umana ha riguardato le stazioni localizzate in prevalenza nei settori meridionale e centrale della Sardegna ovvero Villa San Pietro, Muravera, Milis, Jerzu, Decimomannu, Domus de Maria, Dorgali Filitta, Barisardo e Ottana con oltre 1400 ore di disagio suddivise tra *Cautela* ed *Estrema Cautela*. La condizione di *Pericolo* è stata registrata unicamente nelle stazioni di Iglesias e Muravera (un'ora) e in quella di Domus de Maria (tre ore). La situazione meno critica è stata osservata invece nella stazione di Bitti, con poco più di 500 ore complessive 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 67**), mentre la condizione di *Estrema Cautela* è risultata superiore in gran parte delle stazioni con qualche eccezione particolarmente evidente per le stazioni di Nuoro, Ozieri, Sassari e Siniscola. La permanenza invece nei livelli più critici di *Pericolo* ed *Elevato Pericolo* è stata sempre inferiore alla media.

Il valore di HI più alto del periodo (**Figura 68**) è stato registrato a giugno a Domus de Maria pari a 42.2, seguito da 41.7 di Muravera registrato ad agosto e da 41.0 di Iglesias registrato a giugno. Tutte le altre stazioni hanno rilevato valori progressivamente inferiori, fino a un minimo di 32.2 ad Illorai. Rispetto al dato medio pluriennale (**Figura 69**) i valori di HI massimo sono stati quasi tutti più bassi, con lo scarto più

elevato registrato a Stintino, Giave e Nuoro. Fanno eccezione alcune stazioni tra cui Milis, Sadali, Siniscola e Sorso che hanno evidenziato le maggiori anomalie positive.

Nelle **Figura 70 - Figura 75** è riportato l'andamento dell'indice HI massimo giornaliero relativamente alle stazioni più significative per i mesi in esame. Il periodo più critico è risultato tra la metà di giugno e la metà di settembre in cui sono stati registrati valori di HI massimo nei livelli di *Cautela* ed *Estrema Cautela* per numerosi giorni consecutivi. Nella stazione di Muravera è stata osservata anche una giornata con condizioni di *Pericolo*. Nella prima metà di maggio e negli ultimi giorni di settembre le giornate con disagio sono state, invece, molto limitate.

Figura 64: HI medio e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014 – luglio 2022.

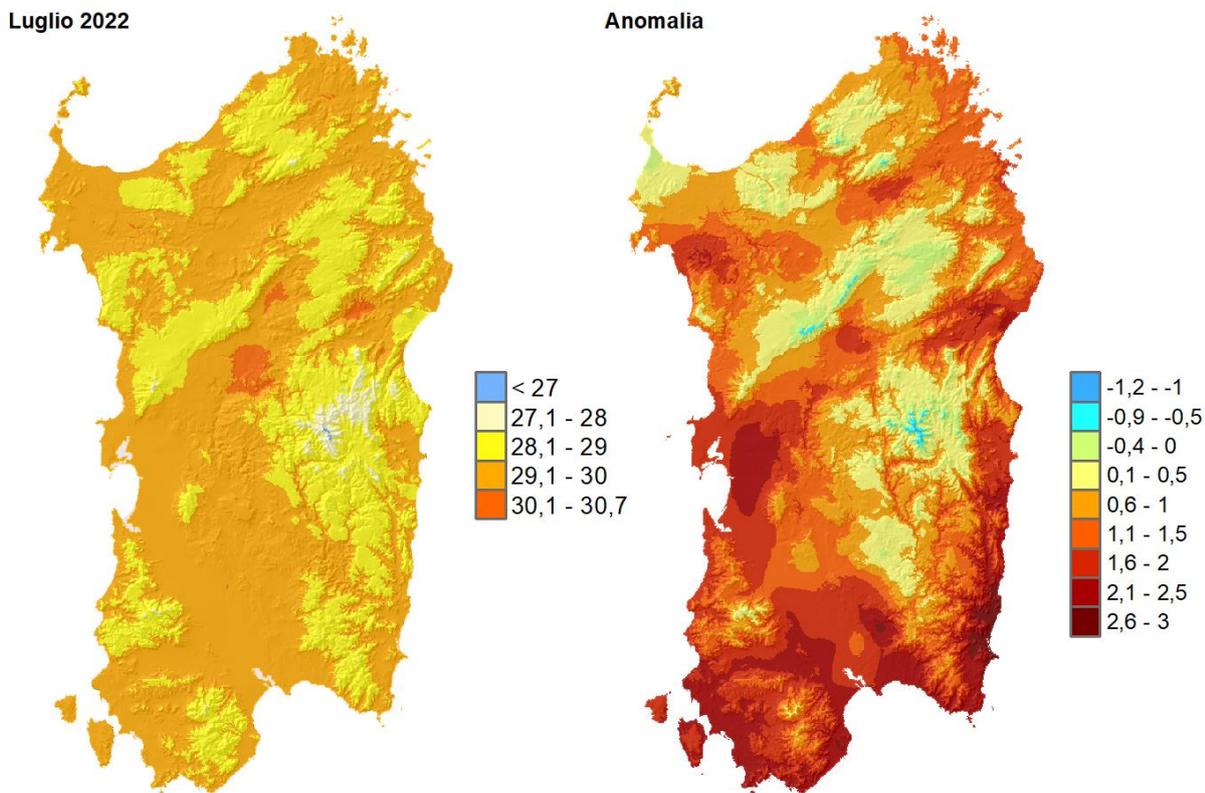


Figura 65: HI - media delle massime e raffronto con i valori medi del periodo 1995-2014 - luglio 2022.

Luglio 2022

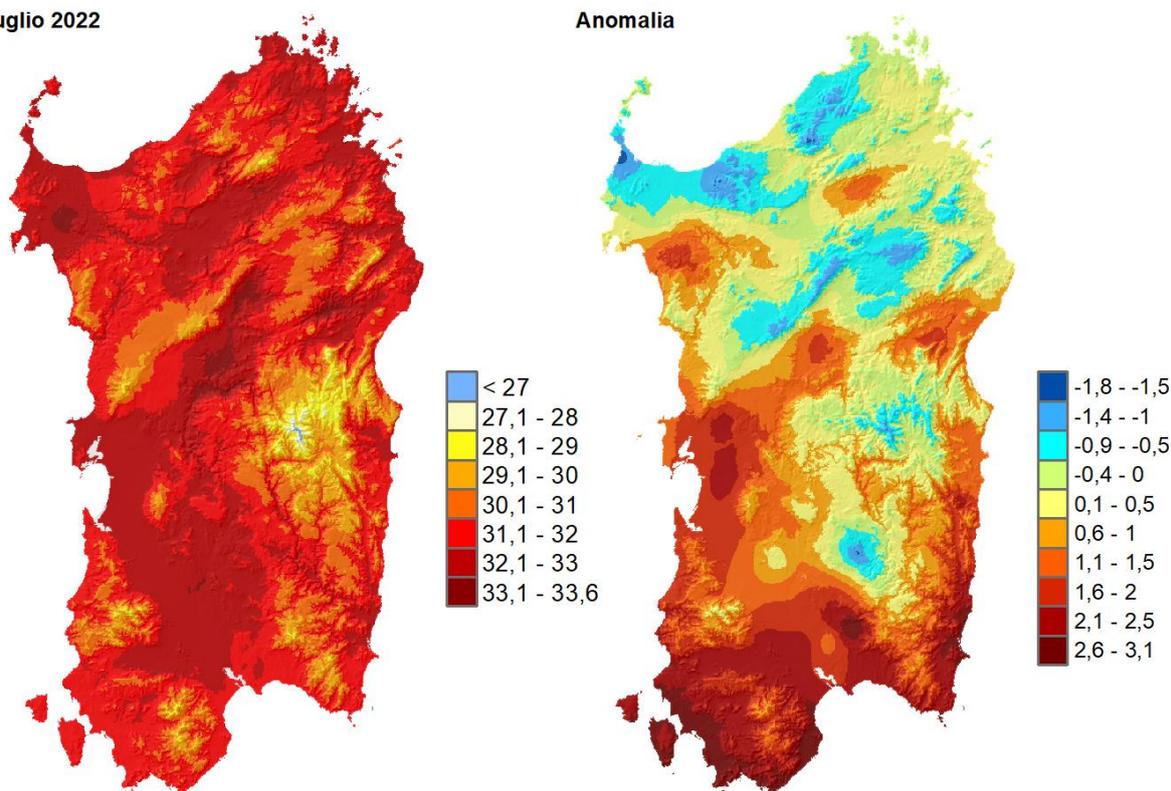


Figura 66: Totale ore mensili con HI nei diversi livelli di disagio per il periodo maggio-settembre 2022.

ORE HI - Maggio-Settembre 2022

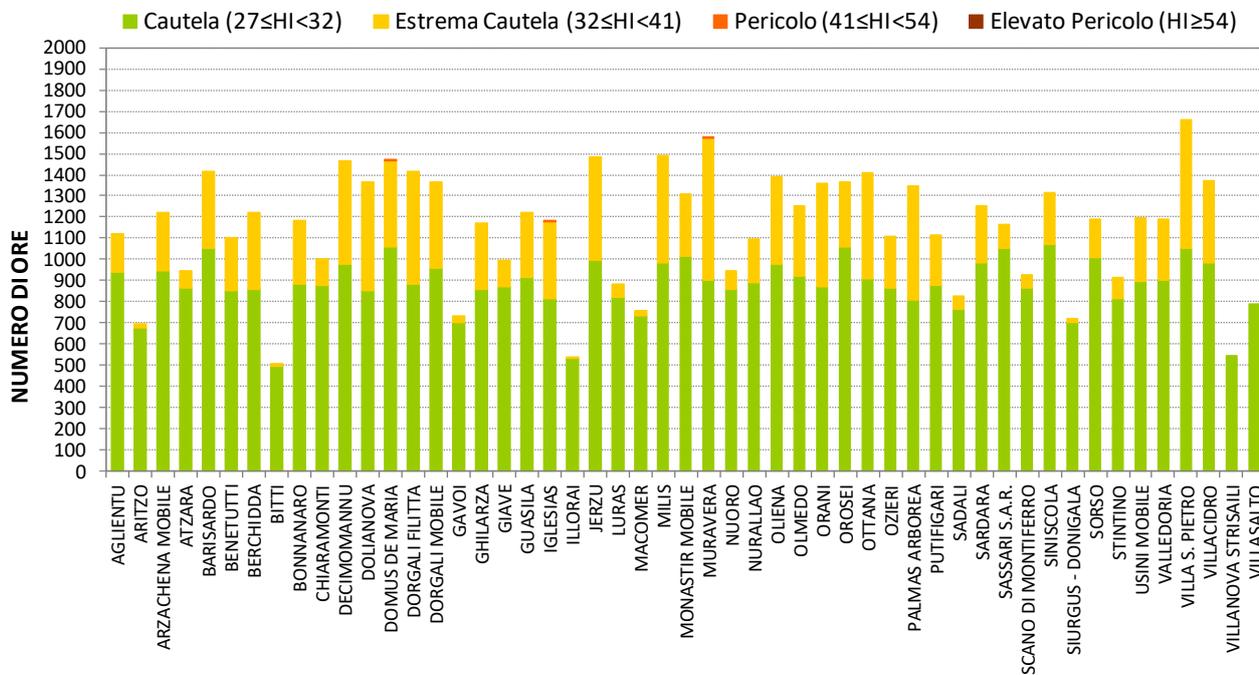


Figura 67: Anomalia delle ore mensili rispetto alla media 1995-2014 relativa al periodo maggio-settembre.

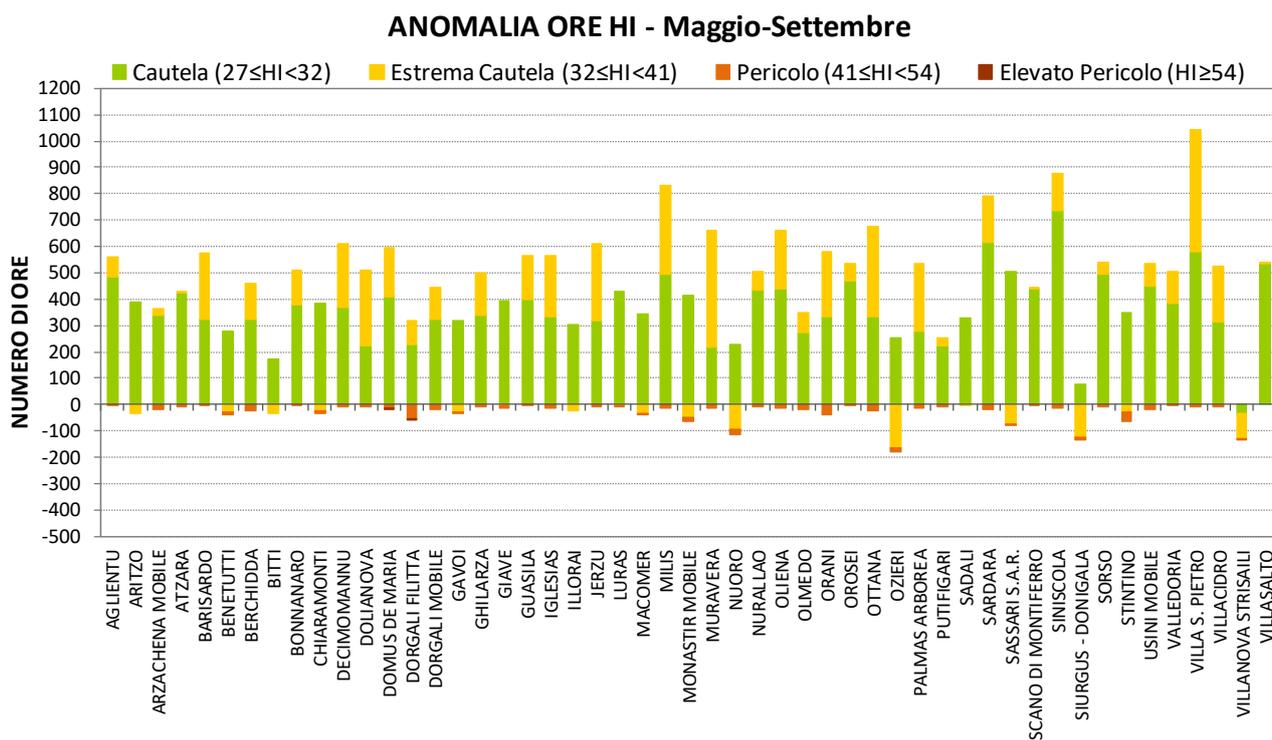


Figura 68: HI massimo assoluto relativo al periodo maggio-settembre 2022.

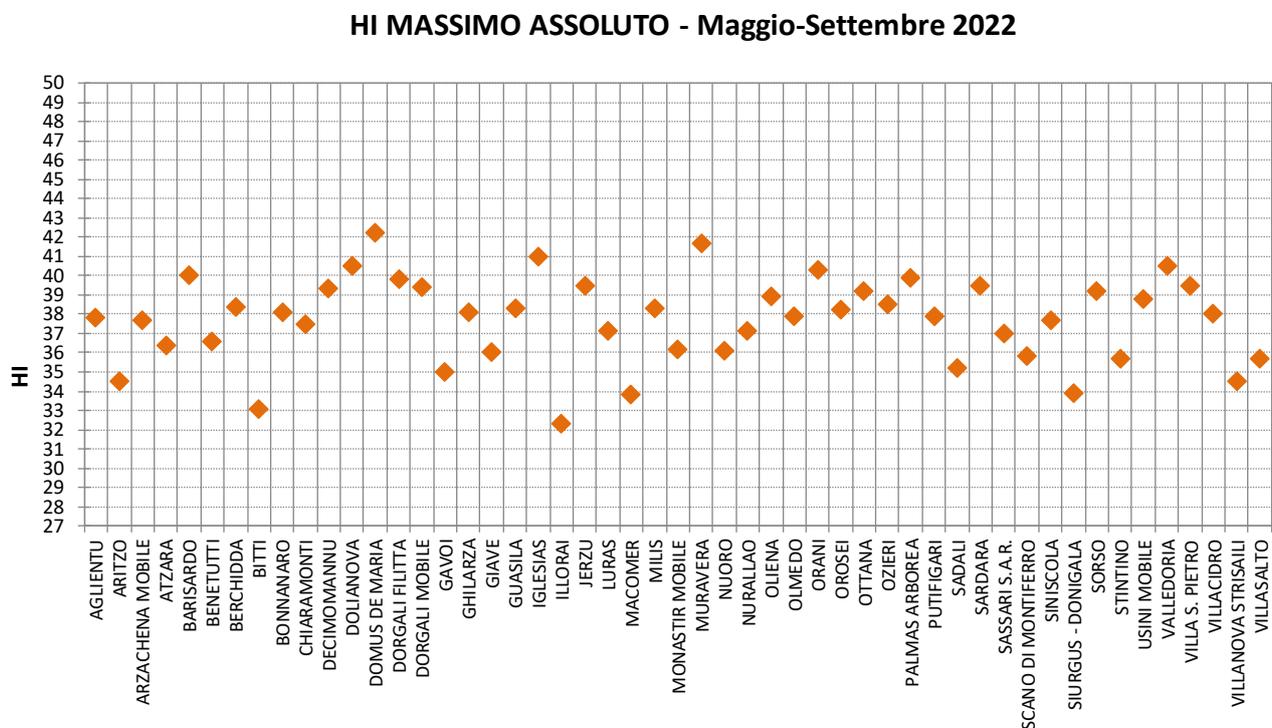


Figura 69: Anomalia del massimo assoluto rispetto alla media 1995-2014 relativa al periodo maggio-settembre.

ANOMALIA HI MASSIMO ASSOLUTO - Maggio-Settembre

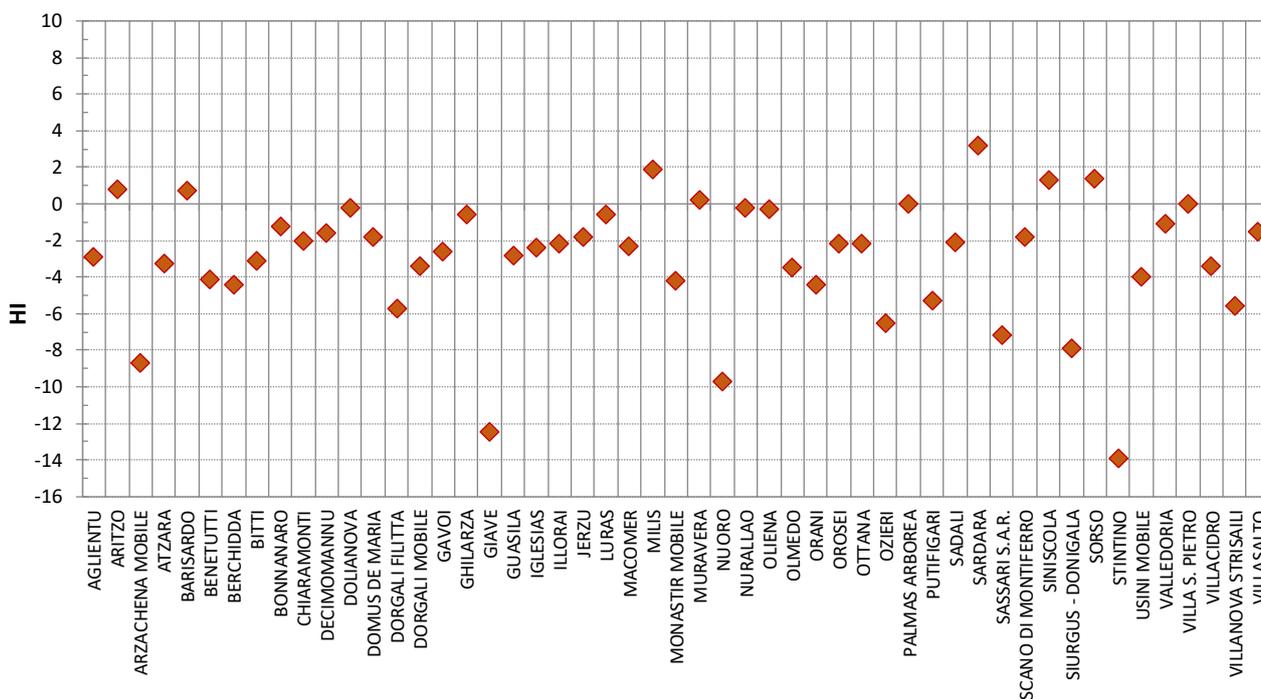


Figura 70: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Dolianova.

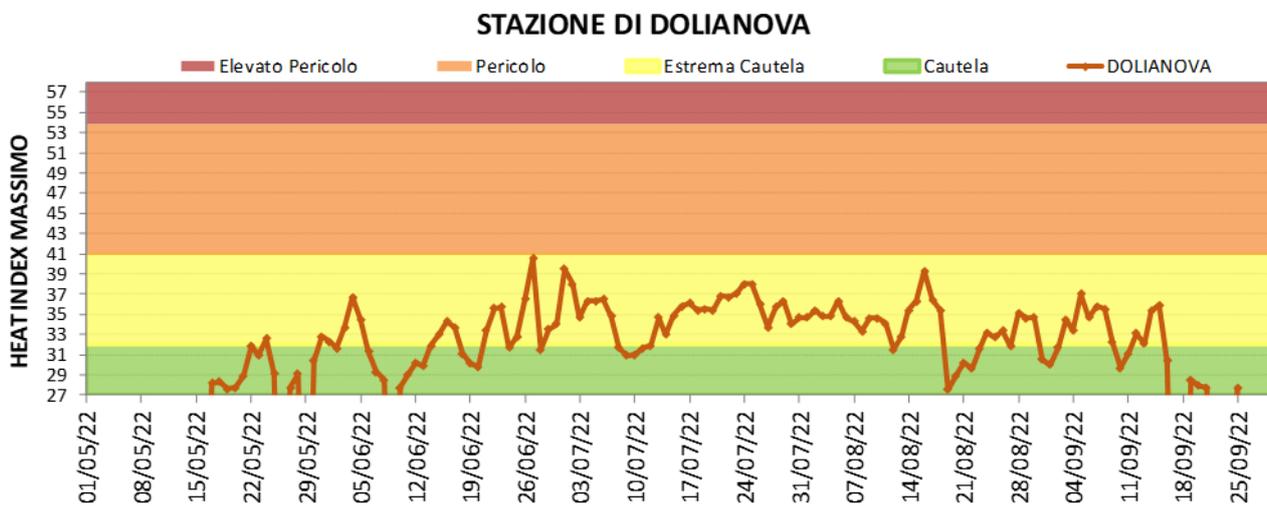


Figura 71: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Dorgali Filitta.

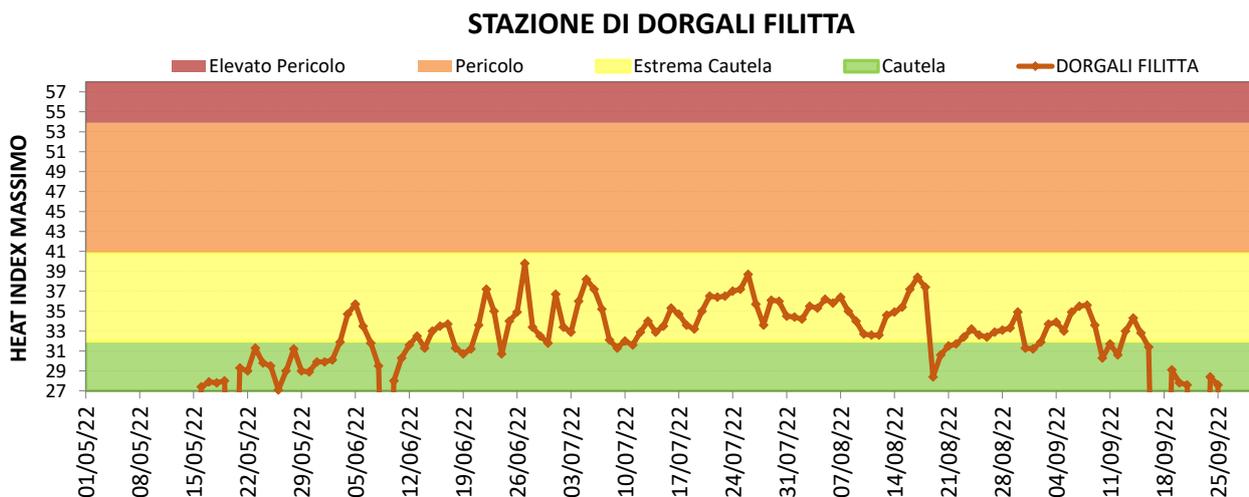


Figura 72: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Dorgali Filitta.

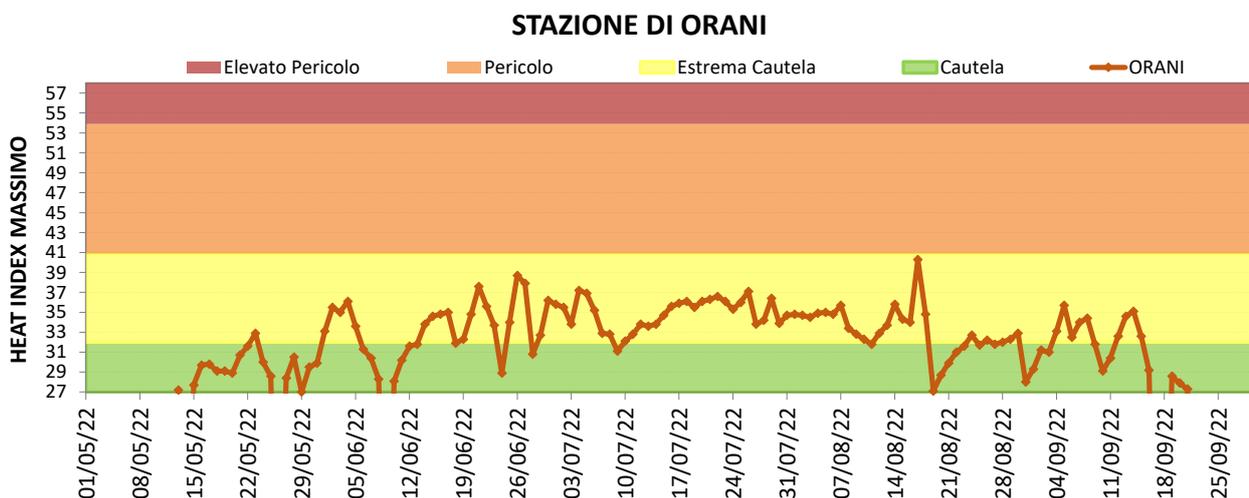


Figura 73: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Palmas Arborea.

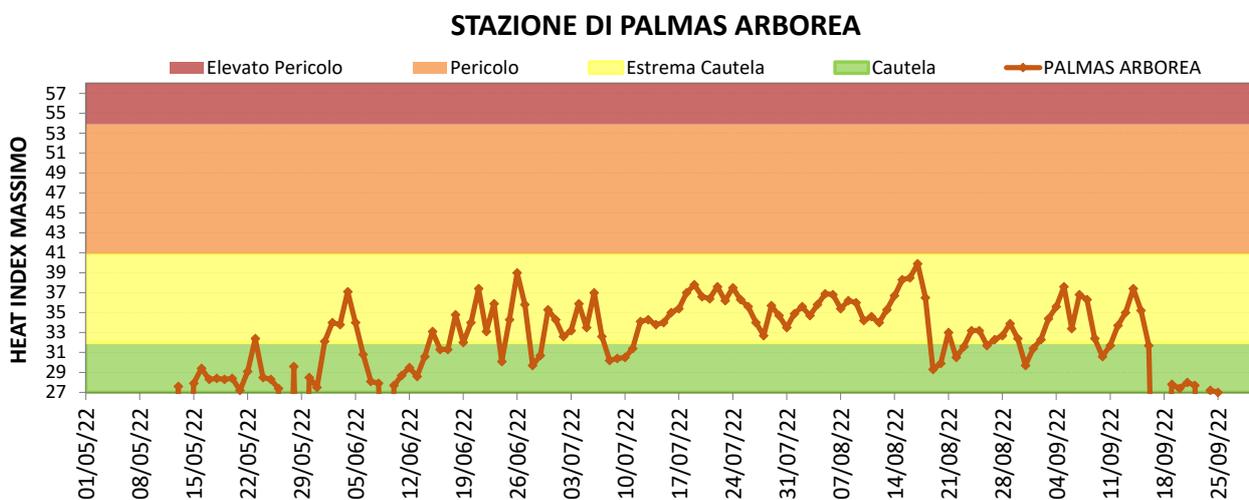


Figura 74: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Muravera.

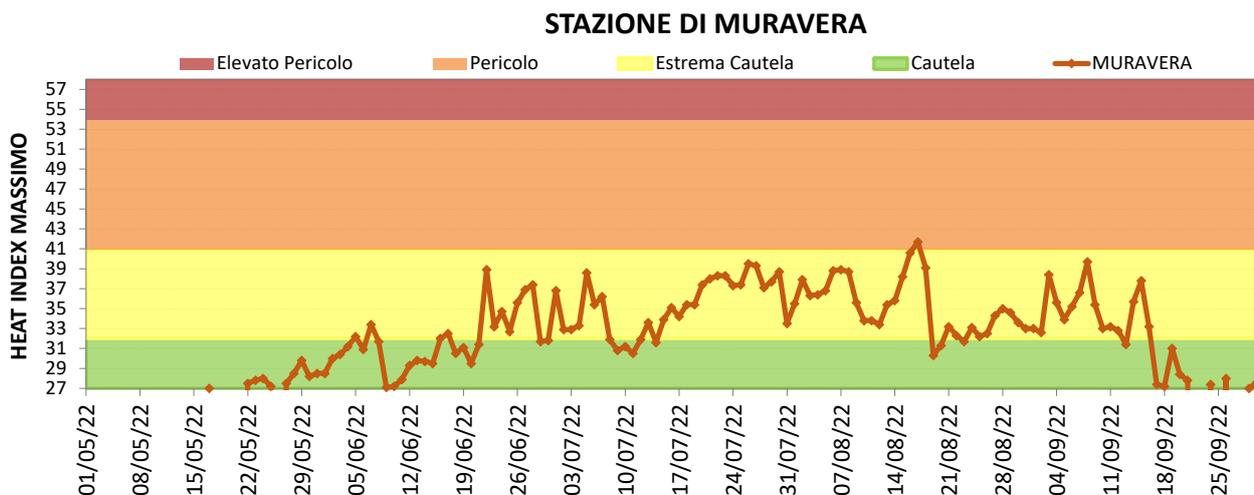


Figura 75: HI massimo giornaliero nel periodo maggio-settembre 2022 – Stazione di Villa San Pietro.

