

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
SITO NEL COMUNE DI CERIGNOLA
IN PROVINCIA DI FOGGIA

Valutazione di Impatto Ambientale
(artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/2006)

Commissione Tecnica PNRR-PNIEC
(art. 17 del D.L. 77/2021, convertito in L. 108/2021)

Prot. CIAE: DPE-0007123-P-10/08/2020

Idea progettuale, modello insediativo e coordinamento generale: **AG Advisory S.r.l.**

Paesaggio e supervisione generale: **CRETA S.r.l.**

Elaborazioni grafiche: **Eclettico Design**

Assistenza legale: **Studio Legale Sticchi Damiani**

Progettisti:

Responsabili VIA: **CRETA S.r.l.**

Arch. Sandra Vecchietti

Arch. Filippo Boschi

Arch. Anna Trazzi

Arch. Giulia Bortolotto

Arch. Mattia Zannoni

Contributi specialistici:

Acustica: **Dott. Gabriele Totaro**

Agronomia: **Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Agronomia: **Dott. Agr. Giuseppe Palladino**

Archeologia: **Dott.ssa Caterina Polito**

Archeologia: **Dott.ssa Michela Rugge**

Asseverazione PEF: **Omnia Fiduciaria S.r.l.**

Fauna: **Dott. Giacomo Marzano**

Geologia: **Geol. Pietro Pepe**

Idraulica: **Ing. Luigi Fanelli**

Piano Economico Finanziario: **Dott. Marco Marincola**

Vegetazione e microclima: **Dott. Leonardo Beccarisi**

Cartella

VIA_3/

Identificatore:
DOCSPEC11

Studio meteo-climatico

Descrizione Studio meteo-climatico

Nome del file:
DOCSPEC11.pdf

Tipologia
Relazione

Scala
-

Autori elaborato: Dott. Leonardo Beccarisi

Rev.	Data	Descrizione
00	01/02/22	Prima emissione
01		
02		

Spazio riservato agli Enti:

Sommario

ACRONIMI	2
NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	2
1. PREMESSA	3
2. AREA DI STUDIO	4
3. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – PRINCIPI E METODI	6
4. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – ANALISI DEI RISULTATI	8
TEMPERATURA	8
<i>Temperature medie mensili</i>	8
<i>Temperature medie annue</i>	9
<i>Intervallo di confidenza al 95% per la media</i>	10
<i>Temperature estreme</i>	11
STAZIONE TERMOMETRICA ORTANOVA	13
<i>Temperature medie mensili</i>	13
<i>Temperature medie annue</i>	14
<i>Intervallo di confidenza al 95% per la media</i>	14
<i>Temperature estreme</i>	16
PRECIPITAZIONI	17
<i>Piovosità media mensile</i>	17
<i>Piovosità annua</i>	18
<i>Intervallo confidenza al 95% della media</i>	19
STAZIONE PLUVIOMETRICA ORTA NOVA	21
<i>Piovosità media mensile</i>	21
<i>Piovosità annua</i>	22
<i>Intervallo confidenza al 95% della media</i>	22
VENTO AL SUOLO	24
UMIDITÀ RELATIVA	26
<i>Umidità relativa media mensile</i>	26
<i>Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile dell'umidità relativa dell'aria</i>	27
INDICI CLIMATICI	28
<i>Indice di De Martonne</i>	28
<i>Diagramma climatico di Walter e Leith</i>	30

ACRONIMI

C.F.D. – Centro Funzionale Decentrato

I.C. 95% - Intervallo di confidenza al 95% per la media

A.I. – Annali Idrologici

NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

D.C.P. 15/10/2019 n.34 – *Indirizzi organizzativi e procedimenti per lo svolgimento della procedura di VIA di progetti per la realizzazione di impianti fotovoltaici ed eolici nel territorio della provincia di Brindisi*

ISPRA – MANUALI E LINEE GUIDA n.84/2013 – *Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici*

ARPA PUGLIA – *Linee guida per la valutazione della compatibilità ambientale di impianti di produzione a energia fotovoltaica – Rev. 1 (2011)*

L. DABBONI (1970) – *Calcolo delle probabilità ed elementi di statistica*. UTET

STRAHLER A. (1984) – *Geografia fisica*. PICCINNO

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta a integrazione e completamento del progetto di un impianto agro-fotovoltaico da realizzarsi in agro del Comune di Cerignola (FG) (fig.1), in località "Mass.a Mavellia" (fig.2).

Obiettivo dello studio è stata la definizione delle caratteristiche meteo-climatiche del sito di intervento e di un suo adeguato intorno, utili tanto a un inquadramento ex-ante dell'area quanto all'orientamento delle scelte progettuali relative all'impianto di produzione di energia, alla gestione delle colture interfilare e alla predisposizione del monitoraggio microclimatico.

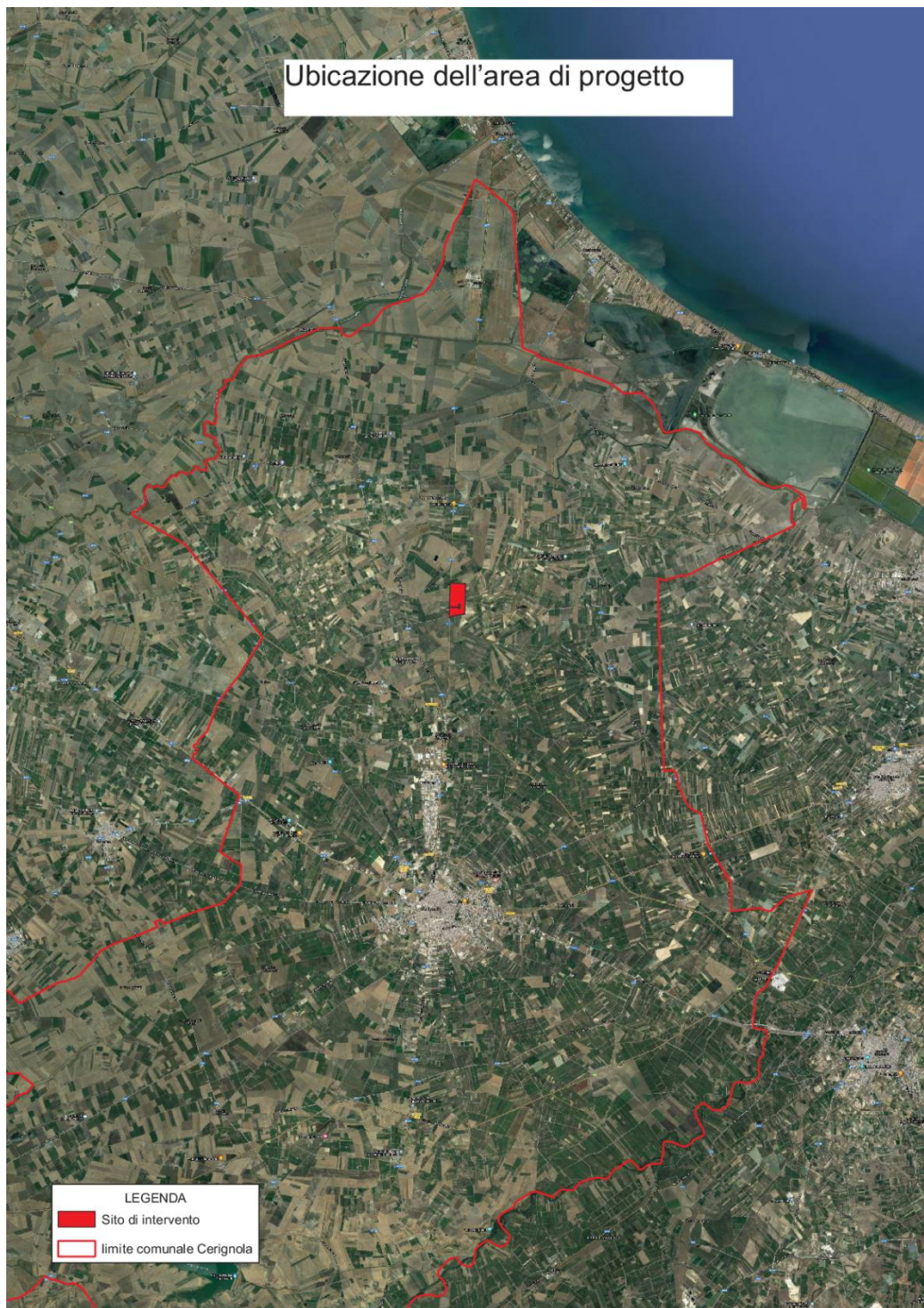


Fig.1 Ubicazione area di progetto

2. AREA DI STUDIO

L'area di progetto costituisce la parte di territorio direttamente interessata dall'intervento. Trattasi di una superficie dell'estensione di oltre 50 ettari, ubicata in agro del Comune di Cerignola (fig.2-3 e tab.1).

SUPERFICIE AREA DI PROGETTO	50,46 ha
LOCALITÀ	Mass.a Mavellia
COMUNI	Cerignola
PROVINCIA	Foggia
BARICENTRO GEOGRAFICO	X:575716; Y:4578606 (UTM 33N – WGS84)
INTERVALLO ALTIMETRICO	45 ÷ 32 m s.l.m.

Tab.1 Caratteristiche dell'area di progetto

La caratterizzazione meteo-climatica del sito di intervento ha richiesto l'individuazione delle stazioni di rilevamento più vicine allo stesso e ubicate in aree con caratteristiche climatiche simili o comparabili con quelle dell'area di interesse. Ciò ha portato ad una configurazione di un'area di studio ben più vasta di quella di progetto che include i territori comunali di Orta Nova, Cerignola e Foggia.

L'ubicazione planimetrica delle stazioni di rilevamento rispetto al sito di progetto è riportata in fig. 3 e in tab.2.

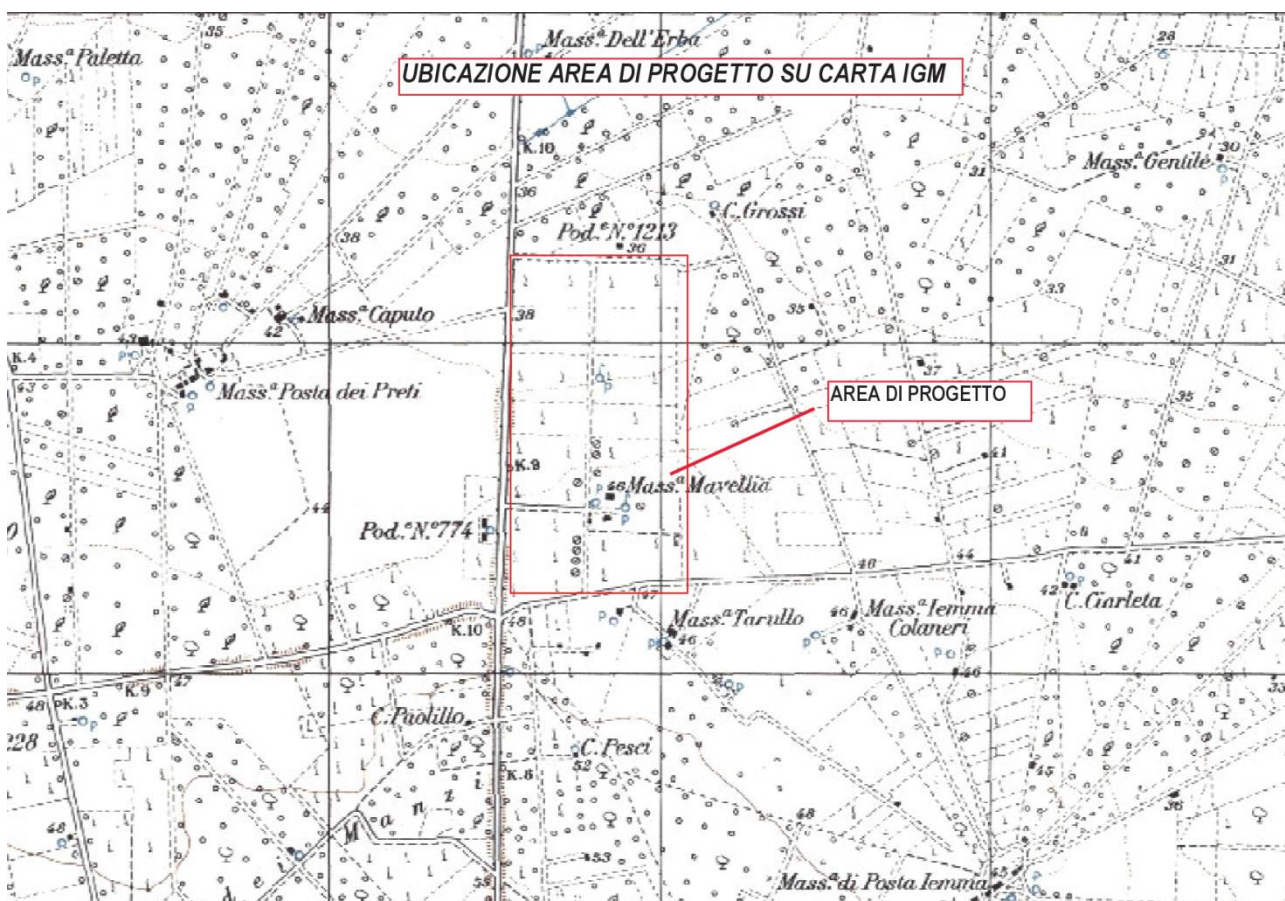


Fig.2 Ubicazione planimetrica delle stazioni meteo-climatiche rispetto all'area di progetto

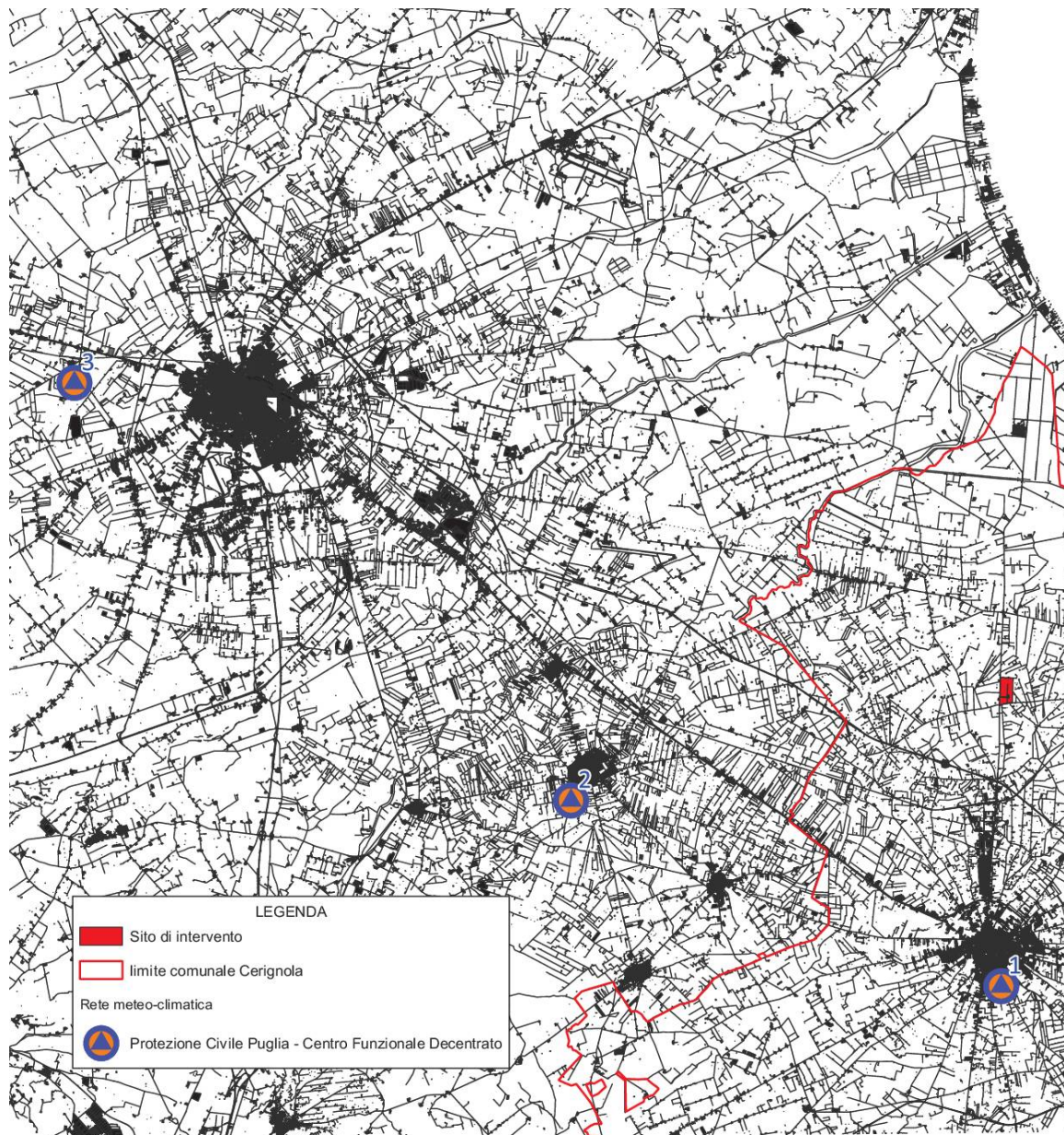


Fig.3 Ubicazione planimetrica delle stazioni meteo-climatiche rispetto all'area di progetto

ID STAZIONE	COMUNE	ENTE GESTORE	QUOTA STAZIONE (m s.l.m.)	COORD. X	COORD. Y	DISTANZA DALL'AREA DI PROGETTO (km)	GRANDEZZA METEO-IDROLOGICA REPERITA
1	Cerignola	Protezione Civile Puglia - C.F.D.	134	575297	4566495	11,5	Piuvosità, Temperatura
2	Orta Nova	Protezione Civile Puglia - C.F.D.	84	559151	4575163	17,5	Piuvosità, Temperatura
3	Foggia – Istituto Agronomico	Protezione Civile Puglia - C.F.D.	85	542988	4589192	38	Umidità relativa, Vento al suolo

Tab.2 Caratteristiche delle stazioni di rilevamento impiegate per la caratterizzazione meteo-climatica dell'area di progetto e grandezze idrologiche reperite da ciascuna (Sistema di coord. UTM fuso 33 N datum WGS84).

I dati relativi all'eliofania e alla radiazione solare globale sono stati richiesti al Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare ma, ad oggi, il materiale non è stato ancora rilasciato. Pertanto, la relazione è priva delle elaborazioni dei due parametri, che verranno integrate in un successivo elaborato, appena i dati saranno disponibili.

3. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – PRINCIPI E METODI

Per la scelta delle grandezze meteo-idrologiche da analizzare ci si è ispirati alle indicazioni della normativa vigente in materia di produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici e alla letteratura, individuando quelli ritenuti più significativi per le finalità progettuali:

1. **Temperatura**
2. **Piuvosità**
3. **Umidità relativa**
4. **Vento al suolo**
5. **Eliofania**
6. **Radiazione solare globale**

I suddetti dati sono stati acquisiti, in forma gratuita, negli Annali Idrologici pubblicati dal Centro Funzionale Decentrato (CFD) – Sezione Protezione Civile della Regione Puglia (<https://protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale-decentrato/rete-di-monitoraggio/annali-e-dati-idrologici-elaborati/annali-idrologici-parte-i-download/>).

Per ciascuna serie storica sono state definite le seguenti caratteristiche intrinseche (Linee Guida ISPRA 84/2013):

- **Lunghezza** – quando reperibili, sono state analizzate delle serie climatiche della lunghezza di 30 anni, nel rispetto delle indicazioni della *World Meteorological Organization*;
- **Continuità**, definita dalla seguente relazione $1 - 2 \times \frac{\text{numero di intervalli di dati mancanti}}{\text{numero massimo di dati}}$; è pari a 1 nelle serie prive di intervalli di dati mancanti;
- **Completezza**, data dal rapporto $\frac{\text{numero di dati validati}}{\text{numero massimo di dati}}$

I dati acquisiti sono stati elaborati statisticamente per ricavare, a seconda delle grandezze, i valori **medi mensili e annui** con i relativi trend e/o la **frequenza di distribuzione**.

Inoltre, partendo dall'assunto che i dati analizzati costituiscono un campione delle misure eseguite presso le stazioni di rilevamento, per poter verificare che la media campionaria sia effettivamente rappresentativa della media della popolazione, per ciascuna grandezza si è proceduto al calcolo dell'**errore**

standard della media e alla definizione dell'**intervallo di confidenza al 95% della media**.

L'errore standard di una media è definito dal rapporto

$$\frac{\sigma}{\sqrt{(n-1)}}$$

σ = deviazione standard; n=dimensione campionaria.

Questa grandezza è direttamente proporzionale alla variabilità/eterogeneità del campione e inversamente proporzionale alla sua numerosità. L'errore, dunque, è tanto più elevato quanto maggiore è l'eterogeneità dei dati e più piccolo il campione.

Dall'errore standard è possibile ricavare l'intervallo di confidenza al 95% della media, ovvero l'intervallo di valori entro i quali si stima che cada, con una probabilità prescelta del 95%, la media della popolazione. Esso è definito dalla relazione

$$\text{I.C. 95\%} = \text{media campionaria} \pm 1,96 * \frac{\sigma}{\sqrt{(n-1)}}$$

L'ampiezza dell'intervallo si modifica in maniera direttamente proporzionale alla variabilità del campione e inversamente proporzionale alla radice quadrata della dimensione campionaria.

Rapportando ciò all'analisi effettuata sulle serie climatiche, si deduce che l'ampiezza dell'intervallo di confidenza diminuisce all'aumentare dell'omogeneità dei valori misurati e/o al crescere del numero di dati disponibili.

Inoltre, alcune delle grandezze meteo-idrologiche sono state combinate per ricavare ulteriori **indici climatici** utili alla caratterizzazione del sito di progetto.

I dati di piovosità e temperatura sono stati correlati analiticamente allo scopo di calcolare l'**indice di aridità di De Martonne** e il relativo andamento nel tempo. L'elaborazione dell'indice di De Martonne si effettua applicando la seguente formula

$$I = \frac{P}{T+10}$$

dove

P= precipitazione totale annua (mm)

T= temperatura media annua (°C).

Questo indice consente una classificazione climatica dell'area di studio (tab.3).

INDICE DI ARIDITÀ	TIPO CLIMATICO
<5	Arido estremo (deserto)
5÷15	Arido (steppe circumdesertiche)

15÷20	Semiarido (di tipo mediterraneo)
20÷30	Subumido
30÷60	Umido
>60	Iperumido

Tab.3 Tipi climatici di De Martonne

Un incremento di tale indice evidenzia periodi di maggiore piovosità e/o minore temperatura, mentre l'opposto si ottiene in caso di diminuzione della piovosità e/o incremento della temperatura. Inoltre, l'analisi cronologica dei dati e la relativa stima di tendenza, espressa graficamente dal calcolo della retta di regressione, evidenziano l'andamento dell'indice di aridità nel tempo.

Per il calcolo del bilancio termo pluviometrico annuo è stata adottata l'**elaborazione di Walter e Lieth** (1959-1966) che mette in relazione la quantità di precipitazioni medie mensili con l'andamento delle temperature medie mensili. Questa analisi può essere sintetizzata graficamente mediante un apposito diagramma termo pluviometrico che riporta in ascissa i vari mesi e in ordinata le temperature e le precipitazioni in scala doppia (1 °C=2mm). Il diagramma così elaborato permette di valutare immediatamente il così detto "periodo di siccità" dell'anno che ha inizio quando la curva delle precipitazioni scende al di sotto della curva delle temperature e termina quando l'andamento si inverte, individuando così i periodi di "surplus idrico".

I risultati dell'analisi relativa agli aspetti climatologici citati vengono di seguito esaminati.

4. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – ANALISI DEI RISULTATI

TEMPERATURA

I dati relativi alla temperatura dell'aria sono stati desunti dagli Annali Idrologici – Parte I del C.F.D. della Protezione Civile della Regione Puglia, registrati da due stazioni poste nelle vicinanze al sito di intervento. In particolare, sono state utilizzate le misurazioni della stazione termo-pluviometrica di Cerignola registrate nel periodo 1990÷2020 e quelle della stazione termo-pluviometrica di Orta Nova del periodo 1990÷2020.

Per l'analisi dei trend mensili e annui sono stati presi a riferimento i valori medi massimi e medi minimi delle temperature, pubblicati negli A.I., e i valori medi ottenuti dalla loro semisomma.

STAZIONE TERMOMETRICA CERIGNOLA

STAZIONE DI MISURA	Stazione termometrica di Cerignola (FG)
COORDINATE (UTM 33 N – WGS84)	X: 575297 Y: 4566495
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	134 m
STRUMENTO DI MISURA	Termometro a resistenza elettrica

ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI DI INPUT	Temperature medie mensili e temperature estreme
LUNGHEZZA DELLA SERIE STORICA	1990÷2020
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	710
CONTINUITÀ	0,91
COMPLETEZZA	0,95
DATI DI OUTPUT	Trend temperature medie mensili e annue + I.C. 95% Frequenza valori estremi di temperatura

Temperature medie mensili

Le caratteristiche termiche salienti (fig.4) sono le seguenti:

- i valori della temperatura si aggirano mediamente intorno ai 9,4° nella stagione invernale e intorno ai 26,1° in quella estiva;
- mediamente le temperature più elevate vengono raggiunte nei mesi di luglio e agosto, con valori massimi medi di 33,3°;
- i mesi più freddi sono gennaio e febbraio, con valori minimi medi di 5,1°;
- la maggiore escursione termica viene registrata nei mesi di luglio ed agosto (12,4°), quella minima nel mese di dicembre (7,3°).

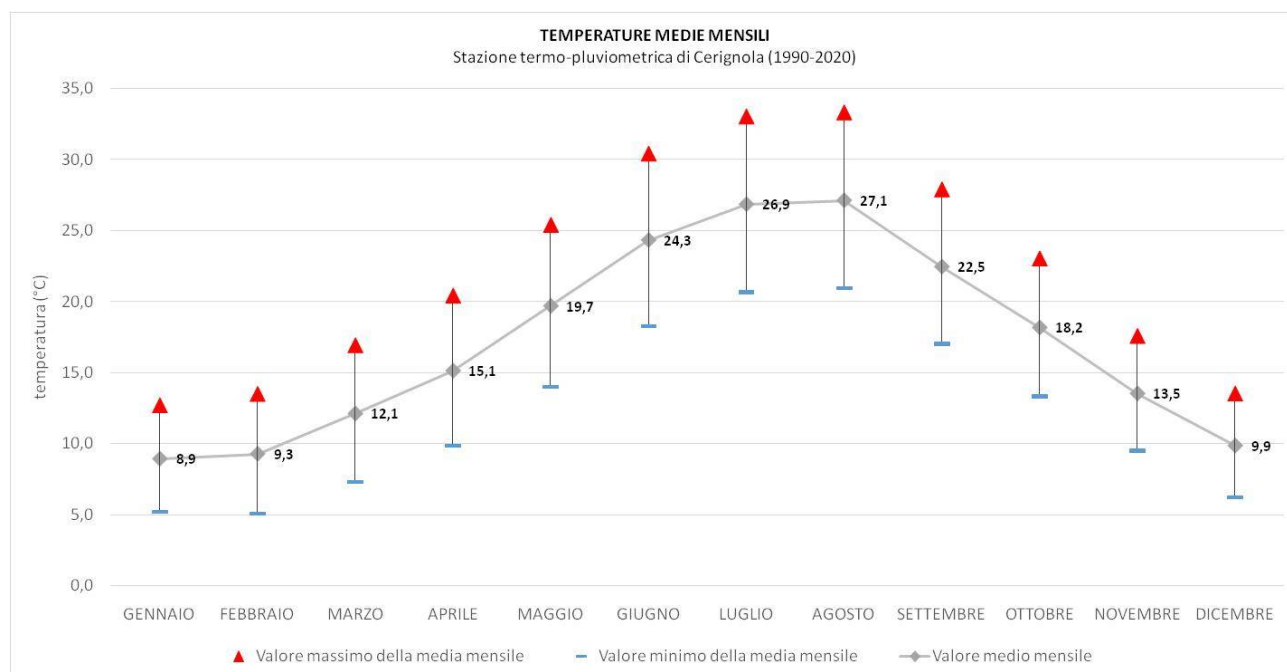


Fig.4 Andamento delle temperature medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Cerignola (1990-2020).

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
Temp. Max (valore medio mensile) [°C]	12,7	13,5	16,9	20,4	25,4	30,4	33,0	33,3	27,9	23,0	17,6	13,5
Temp. Min (valore medio mensile) [°C]	5,2	5,1	7,3	9,8	14,0	18,2	20,7	20,9	17,0	13,3	9,5	6,2
Temp. Media mensile [°C]	8,9	9,3	12,1	15,1	19,7	24,3	26,9	27,1	22,5	18,2	13,5	9,9
Escursione media mensile [°C]	7,5	8,4	9,6	10,6	11,4	12,2	12,4	12,4	10,9	9,7	8,1	7,3

Tab.4 Temperature medie mensili registrate alla stazione termometrica di Cerignola (1990÷2020)

Temperature medie annue

Le temperature medie annue per il periodo di riferimento presentano un trend piuttosto uniforme, con un valore medio di 17,6°. Il minimo rilevabile nel 2007 e 2013 è dovuto all'assenza di registrazioni nei mesi di luglio ed agosto. La linea di tendenza evidenzia un graduale aumento della temperatura nel trentennio di osservazione.

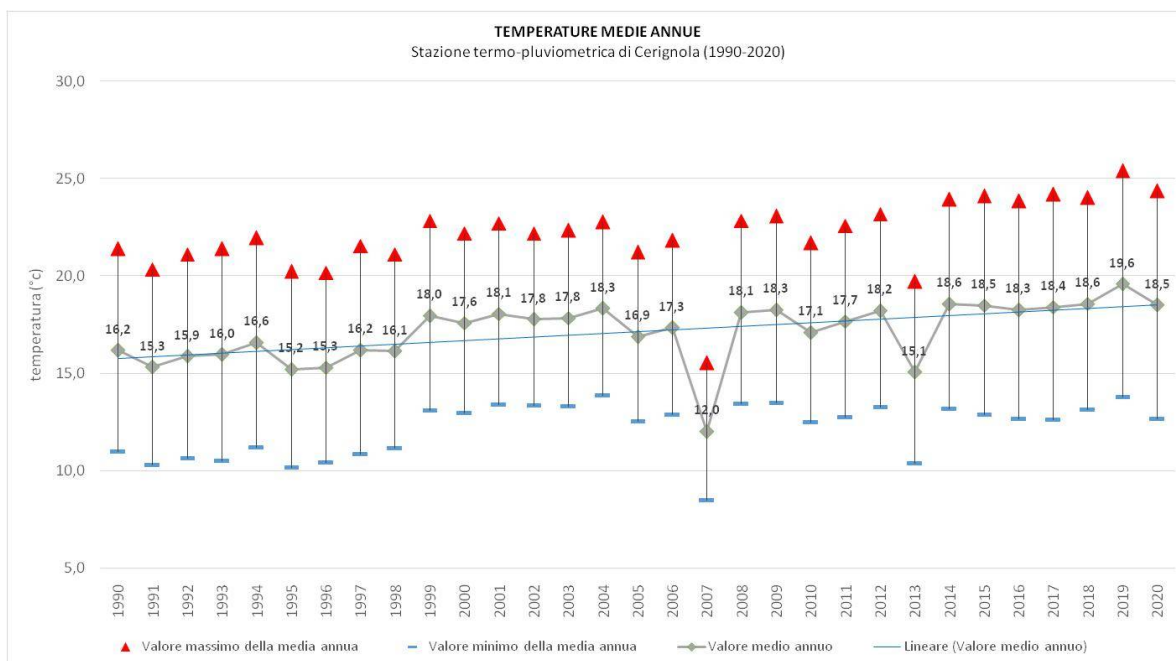


Fig.5 Andamento delle temperature medie annue registrate presso la stazione termometrica di Cerignola (1990÷ 2020).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Temp. Max (valore medio annuo) [°C]	21,4	20,4	21,1	21,4	22,0	20,2	20,2	21,6	21,1	22,8
Temp. Min (valore medio annuo) [°C]	11,0	10,3	10,7	10,5	11,2	10,2	10,4	10,9	11,2	13,1
Temp. Media annua [°C]	16,2	15,3	15,9	16,0	16,6	15,2	15,3	16,2	16,1	18,0

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Temp. Max (valore medio annuo) [°C]	22,2	22,7	22,2	22,4	22,8	21,2	21,8	15,5	22,8	23,1
Temp. Min (valore medio annuo) [°C]	13,0	13,4	13,3	13,3	13,9	12,5	12,9	8,5	13,4	13,5
Temp. Media annua [°C]	17,6	18,1	17,8	17,8	18,3	16,9	17,3	12,0	18,1	18,3

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Temp. Max (valore medio annuo) [°C]	21,7	22,6	23,2	19,7	23,9	24,1	23,8	24,2	24,0	25,4	0,0
Temp. Min (valore medio annuo) [°C]	12,5	12,8	13,3	10,4	13,2	12,9	12,7	12,6	13,1	13,8	0,0
Temp. Media annua [°C]	17,1	17,7	18,2	15,1	18,6	18,5	18,3	18,4	18,6	19,6	0,0

Tab.5 Temperature medie annue registrate alla stazione termometrica di Cerignola (1990÷2020)

Intervallo di confidenza al 95% per la media

La serie storica analizzata è caratterizzata da buona continuità (0,91) e completezza dei dati (0,95), con un periodo di osservazione statisticamente significativo (30 anni).

Per le medie mensili (fig.6, tab.6), il basso errore standard e il ridotto scostamento dei limiti fiduciali dal valore medio rispecchiano l'omogeneità dei dati medi mensili di temperatura.

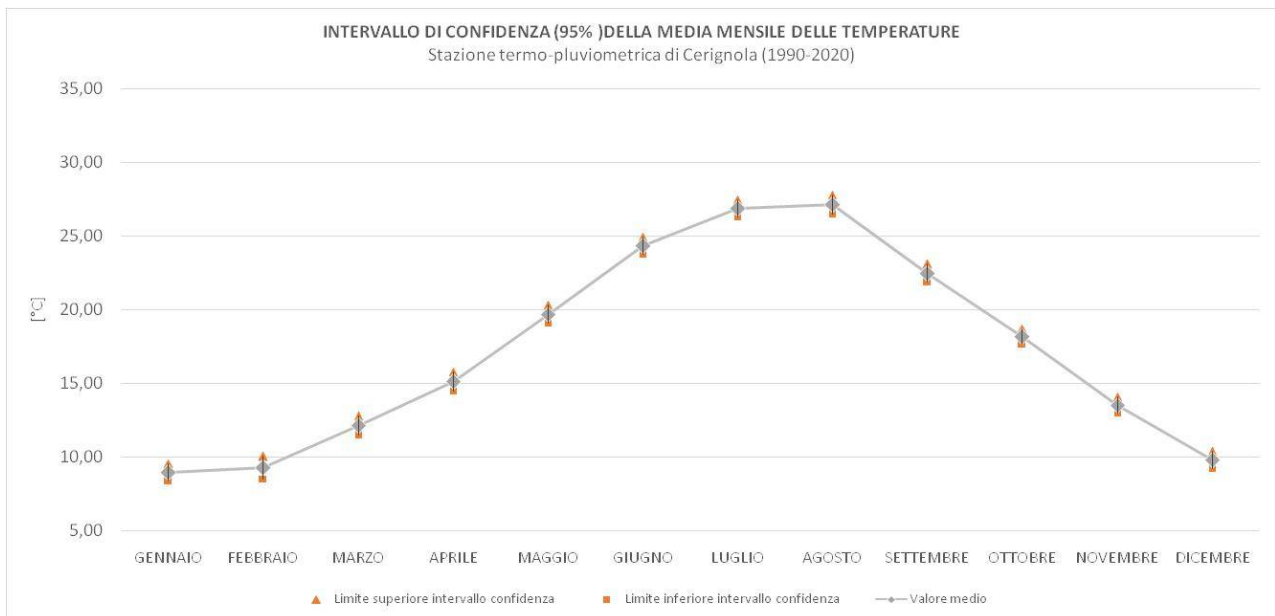


Fig.6 Intervallo di confidenza al 95% delle medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Cerignola.

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [°C]	9,54	10,04	12,77	15,76	20,30	24,91	27,45	27,80	23,07	18,69	14,09	10,36
LIMITE INFERIORE [°C]	8,37	8,51	11,45	14,49	19,08	23,76	26,26	26,46	21,84	17,65	12,96	9,24
VALORE MEDIO [°C]	9,0	9,3	12,1	15,1	19,7	24,3	26,9	27,1	22,5	18,2	13,5	9,8
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	0,3	0,4	0,3	0,33	0,31	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Tab.6 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile delle temperature

Al contrario, nel caso delle medie annue, la maggiore variabilità dei valori medi di temperatura si traduce in un più elevato valore dell'errore standard e in una maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza (fig.7, tab.7).

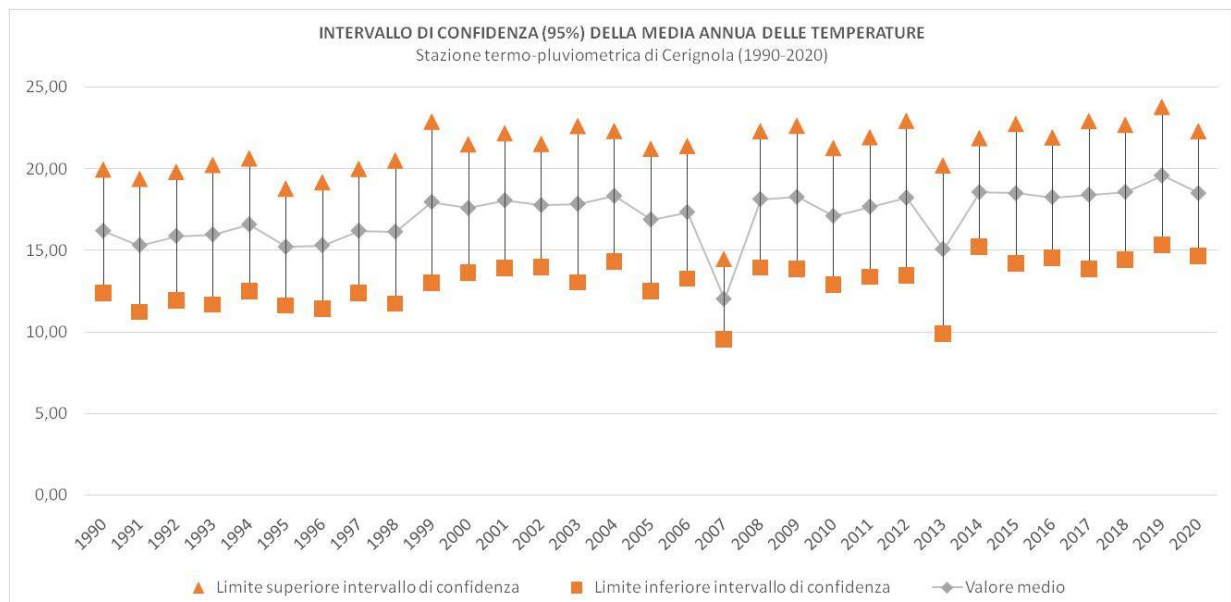


Fig.7 Intervallo di confidenza al 95% delle medie annue registrate presso la stazione termometrica di Cerignola.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
LIMITE SUPERIORE [°C]	19,95	19,38	19,81	20,24	20,64	18,78	19,17	20,00	20,51	22,90	
LIMITE INFERIORE [°C]	12,43	11,26	11,96	11,70	12,53	11,65	11,44	12,40	11,77	13,03	
VALORE MEDIO [°C]	16,2	15,3	15,9	16,0	16,6	15,2	15,3	16,2	16,1	18,0	
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	
ERRORE STANDARD	1,92	2,07	2,00	2,18	2,07	1,82	1,97	1,94	2,23	2,52	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
LIMITE SUPERIORE [°C]	21,51	22,18	21,53	22,62	22,32	21,23	21,40	14,46	22,31	22,64	
LIMITE INFERIORE [°C]	13,68	13,95	14,02	13,07	14,34	12,54	13,29	9,58	13,97	13,91	
VALORE MEDIO [°C]	17,6	18,1	17,8	17,8	18,3	16,9	17,3	12,0	18,1	18,3	
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	
ERRORE STANDARD	2,0	2,1	1,9	2,4	2,0	2,2	2,1	1,2	2,1	2,23	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LIMITE SUPERIORE [°C]	21,28	21,94	22,95	20,20	21,89	22,76	21,93	22,93	22,70	23,80	22,31
LIMITE INFERIORE [°C]	12,94	13,41	13,50	9,93	15,24	14,23	14,59	13,87	14,46	15,37	14,69
VALORE MEDIO [°C]	17,1	17,7	18,2	15,1	18,6	18,5	18,3	18,4	18,6	19,6	18,5
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	2,1	2,2	2,4	2,6	1,7	2,2	1,9	2,3	2,1	2,2	1,9

Tab.7 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua delle temperature.

Temperature estreme

I dati relativi alle temperature estreme sono stati elaborati con l'obiettivo di definirne la frequenza di registrazione nel periodo di osservazione (1990÷2020) e nei vari mesi dell'anno.

Dall'analisi delle tabb.8, emerge che i mesi in cui le temperature massime raggiungono valori estremi sono quelli da giugno ad agosto (36,2°÷45,0°), mentre i valori minimi estremi sono tipici del periodo compreso tra dicembre ed aprile (-4,0°÷2,7°).

In particolare, il record massimo per il periodo di riferimento (45,0°) si è registrato ad agosto 2017, quello minimo (-4,0°) a febbraio 2018.

Determinato il range di variabilità delle temperature estreme massime e minime, sono stati individuati degli intervalli di riferimento rispetto ai quali definire la frequenza (%) con la quale la temperatura ha raggiunto o superato tali valori nel corso del periodo di osservazione (tabb.8).

Questa analisi ha evidenziato che nell'intervallo temporale oggetto di analisi:

- nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre, nel 3,7% dei casi la temperatura ha raggiunto valori compresi tra 35° e 37°, nel 44,4% dei casi si è attestata fra 37°÷40°, e nel 51,8% ha superato i 40°;
- luglio è il mese in cui più frequentemente le temperature hanno raggiunto valori estremi di almeno 35°(51,8%);
- agosto è il mese in cui è stato superato più spesso la temperatura di 40° (33,3%);
- nel periodo dicembre-aprile, le temperature minime estreme sono state $\geq 0^\circ$ nel 19,1% dei casi, hanno raggiunto valori di $0^\circ \div -2^\circ$ nel 53,8% dei casi – nei mesi tra dicembre e marzo - e valori compresi fra -2° e -4° nel 23,1% dei casi; sono state inferiori a -4° nel 3,8% dei casi e solo nel mese di febbraio;

- gennaio e febbraio sono i mesi in cui la temperatura è scesa più frequentemente sotto lo zero.

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
GIUGNO	35-37	0,0
	37-40	3,7
	>40	0,0
LUGLIO	35-37	3,7
	37-40	29,6
	>40	18,5
AGOSTO	35-37	0,0
	37-40	11,1
	>40	33,3

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
DICEMBRE	≥0	0,0
	0÷2	11,5
	-2 ÷4	7,7
	<-4	0,0
GENNAIO	≥0	11,5
	0÷2	23,1
	-2 ÷4	7,7
	<-4	0,0
FEBBRAIO	≥0	3,8
	0÷2	7,7
	-2 ÷4	7,7
	<-4	3,8
MARZO	≥0	0,0
	0÷2	11,5
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0
APRILE	≥0	3,8
	0÷2	0,0
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0

Tab.8 Frequenza dei valori estremi di temperatura registrati presso la stazione termometrica di Cerignola (1990÷ 2020).

STAZIONE TERMOMETRICA ORTANOVA

STAZIONE DI MISURA	Stazione termometrica di Orta Nova (FG)
COORDINATE (UTM 33 N - WGS84)	X: 559151 Y: 4575163
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	84 m
STRUMENTO DI MISURA	Termometro a resistenza elettrica
ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI DI INPUT	Temperature medie mensili e temperature estreme
LUNGHEZZA DELLA SERIE STORICA	1990÷2020
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	734
CONTINUITÀ	0,97
COMPLETEZZA	0,99
DATI DI OUTPUT	Trend temperature medie mensili e annue + I.C. 95%

Temperature medie mensili

Le caratteristiche termiche salienti (fig.8) sono le seguenti:

- i valori della temperatura si aggirano mediamente intorno ai 9,2° nella stagione invernale e intorno ai 26,0° in quella estiva;
- mediamente le temperature più elevate vengono raggiunte nei mesi di luglio e agosto, con valori massimi medi di 32,8°;
- i mesi più freddi sono gennaio e febbraio, con valori minimi medi di 5,0°;

la maggiore escursione termica viene registrata nel mese di giugno (11,7°), quella minima nel mese di dicembre (7,3°).

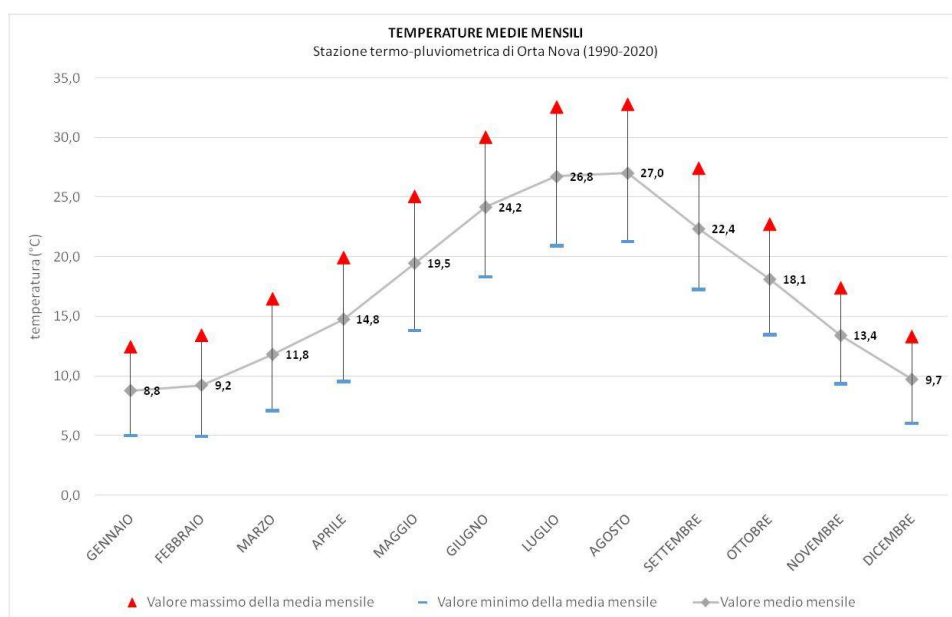


Fig.8 Andamento delle temperature medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2020).

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
Temp. Max (valore medio mensile) (°C)	12,5	13,5	16,5	20,0	25,1	30,0	32,6	32,8	27,5	22,8	17,4	13,4
Temp. Min (valore medio mensile) (°C)	5,0	5,0	7,1	9,6	13,9	18,3	20,9	21,3	17,3	13,5	9,4	6,1
Temp. Media mensile (°C)	8,8	9,2	11,8	14,8	19,5	24,2	26,8	27,0	22,4	18,1	13,4	9,7
Escursione media mensile (°C)	7,5	8,5	9,4	10,4	11,2	11,7	11,6	11,5	10,2	9,3	8,1	7,3

ab.9 Temperature medie mensili registrate alla stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2020)

Temperature medie annue

Le temperature medie annue (fig.9) per il periodo di riferimento presentano un trend piuttosto uniforme, con un valore medio di 17,2°. La media più elevata del 2009 è dovuta all'assenza di registrazioni nei mesi autunnali e invernali.

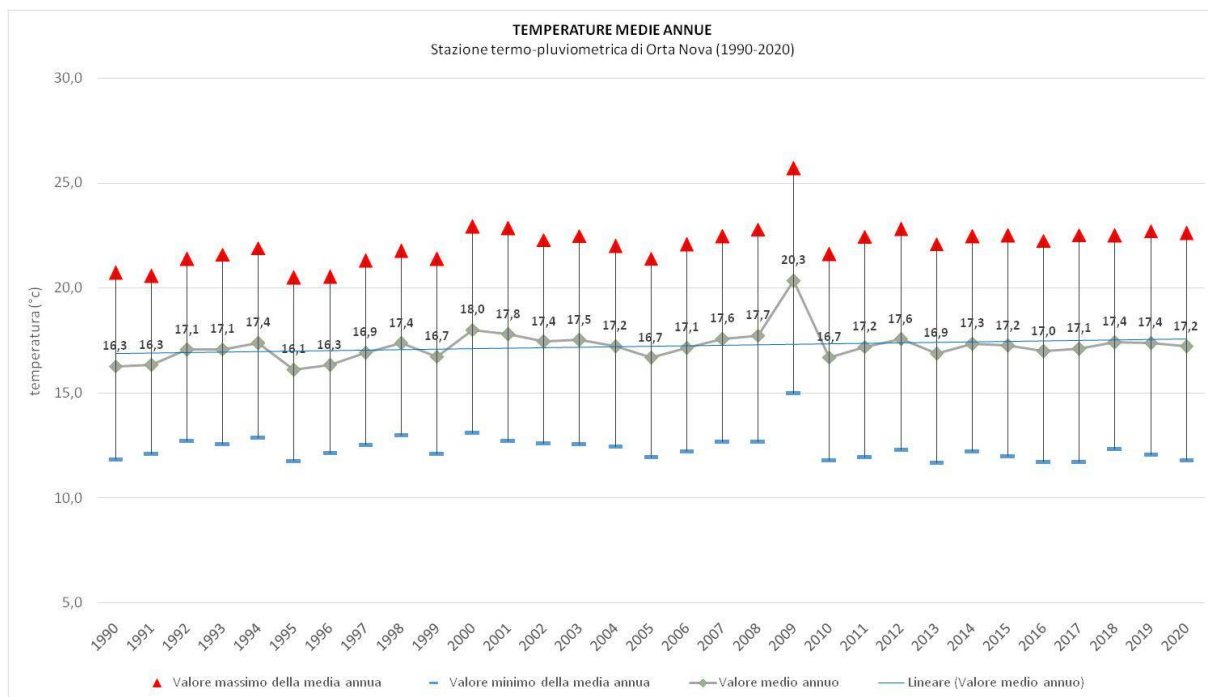


Fig.9 Andamento delle temperature medie annue registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova (1990÷ 2020).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Temp. Max (valore medio annuo) [°C]	20,7	20,6	21,4	21,6	21,9	20,5	20,5	21,3	21,8	21,4	22,9	22,9	22,3	22,5	22,0
Temp. Min (valore medio annuo) [°C]	11,8	12,1	12,7	12,6	12,9	11,7	12,1	12,5	13,0	12,1	13,1	12,7	12,6	12,5	12,4
Temp. Media annua [°C]	16,3	16,3	17,1	17,1	17,4	16,1	16,3	16,9	17,4	16,7	18,0	17,8	17,4	17,5	17,2

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Temp. Max (valore medio annuo) [°C]	21,4	22,1	22,5	22,8	25,7	21,6	22,4	22,8	22,1	22,5	22,5	22,3	22,5	22,5	22,7	22,6
Temp. Min (valore medio annuo) [°C]	11,9	12,2	12,7	12,7	15,0	11,8	11,9	12,3	11,7	12,2	12,0	11,7	11,7	12,3	12,1	11,8
Temp. Media annua [°C]	16,7	17,1	17,6	17,7	20,3	16,7	17,2	17,6	16,9	17,3	17,2	17,0	17,1	17,4	17,4	17,2

Tab.10 Temperature medie annue registrate alla stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2020)

Intervallo di confidenza al 95% per la media

La serie storica analizzata è caratterizzata da una elevata continuità (0,97) e completezza dei dati (0,99).

Per le medie mensili, il basso errore standard e il ridotto scostamento dei limiti fiduciali dal valore medio rispecchiano l'omogeneità dei dati medi mensili di temperatura.

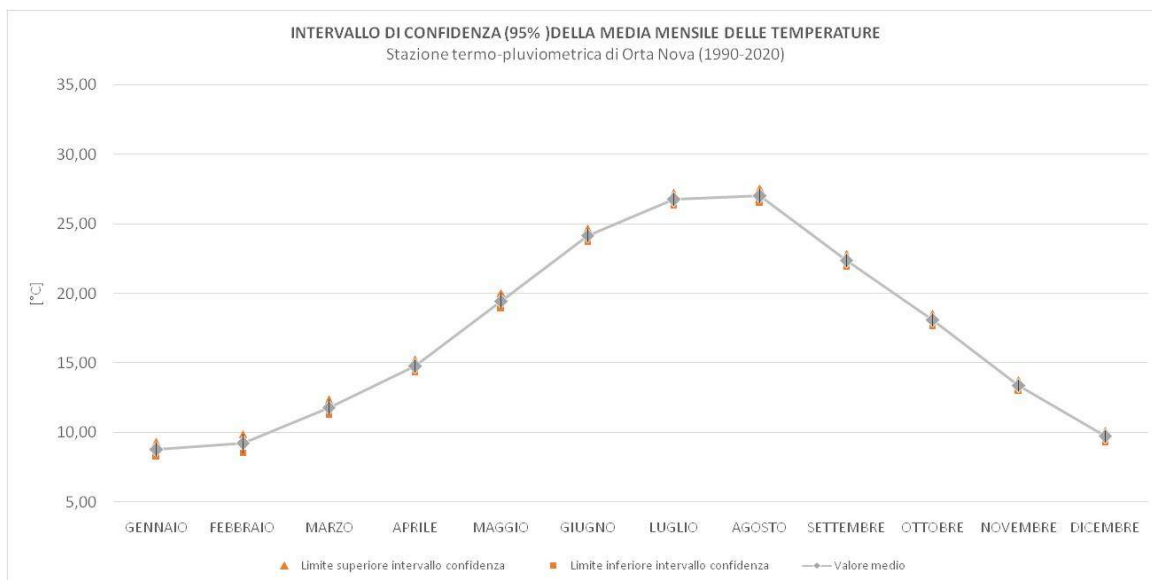


Fig.10 Intervallo di confidenza al 95% delle medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [°C]	9,27	9,90	12,35	15,22	20,03	24,68	27,21	27,58	22,81	18,58	13,80	10,12
LIMITE INFERIORE [°C]	8,26	8,55	11,27	14,33	18,92	23,71	26,31	26,52	21,93	17,68	13,02	9,31
VALORE MEDIO [°C]	8,8	9,2	11,8	14,8	19,5	24,2	26,8	27,0	22,4	18,1	13,4	9,7
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	0,3	0,3	0,3	0,23	0,28	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

Tab.11 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile delle temperature

Al contrario, nel caso delle medie annue, la maggiore variabilità dei valori medi di temperatura si traduce in un più elevato valore dell'errore standard e in una maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza (fig.11, tab.12).

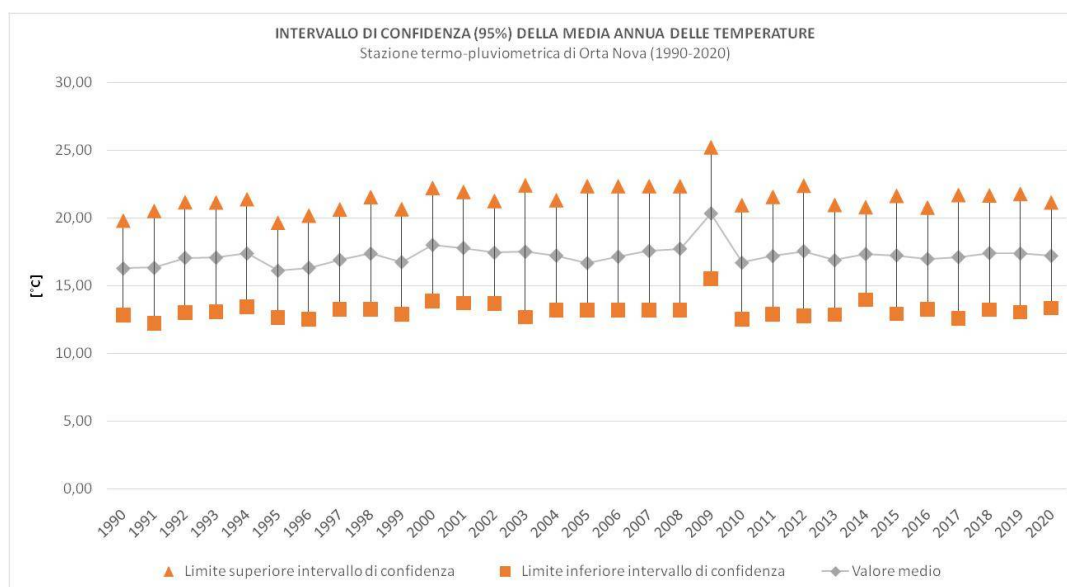


Fig.11 Intervallo di confidenza al 95% delle medie annue registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
LIMITE SUPERIORE [°C]	19,77	20,48	21,13	21,11	21,35	19,61	20,14	20,59	21,51	20,61	22,19	21,90	21,22	22,38	21,28	
LIMITE INFERIORE [°C]	12,79	12,18	13,00	13,05	13,41	12,62	12,51	13,23	13,23	12,87	13,84	13,69	13,66	12,65	13,17	
VALORE MEDIO [°C]	16,3	16,3	17,1	17,1	17,4	16,1	16,3	16,9	17,4	16,7	18,0	17,8	17,4	17,5	17,2	
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	
ERRORE STANDARD	1,78	2,12	2,07	2,06	2,03	1,78	1,95	1,88	2,11	1,98	2,13	2,09	1,93	2,48	2,07	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LIMITE SUPERIORE [°C]	22,31	22,31	22,31	22,31	25,20	20,92	21,52	22,35	20,93	20,76	21,60	20,73	21,67	21,63	21,74	21,11
LIMITE INFERIORE [°C]	13,16	13,16	13,16	13,16	15,50	12,48	12,87	12,76	12,84	13,92	12,89	13,23	12,57	13,19	13,02	13,32
VALORE MEDIO [°C]	16,7	17,1	17,6	17,7	20,3	16,7	17,2	17,6	16,9	17,3	17,2	17,0	17,1	17,4	17,4	17,2
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	2,24	2,09	2,14	2,34	2,47	2,15	2,21	2,45	2,06	1,74	2,22	1,91	2,32	2,15	2,22	1,99

Temperature estreme

I dati relativi alle temperature estreme sono stati elaborati con l'obiettivo di definirne la frequenza di registrazione nel periodo di osservazione (1990÷2020) e nei vari mesi dell'anno.

Dall'analisi delle tabb.13, emerge che i mesi in cui le temperature massime raggiungono valori estremi sono quelli che vanno da giugno a settembre ($36^{\circ}\div 42,8^{\circ}$), mentre i valori minimi estremi sono tipici del periodo compreso tra novembre e marzo ($-4,6^{\circ}\div 2,5^{\circ}$).

Il record massimo per il periodo di riferimento ($42,8^{\circ}$) si è registrato a Luglio 2007, quello minimo ($-4,6^{\circ}$) a dicembre 2014. Solo nel 1997, si è registrato un minimo di $2,5^{\circ}$ nel mese di aprile.

Determinato il range di variabilità delle temperature estreme massime e minime, sono stati individuati degli intervalli di riferimento rispetto ai quali definire la frequenza (%) con la quale la temperatura ha raggiunto o superato tali valori nel corso del periodo di osservazione (tabb.13).

Questa analisi ha evidenziato che nel periodo di riferimento:

- nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre, nel 9,7% dei casi la temperatura ha raggiunto valori compresi tra 35° e 37° ; nel 51,6% dei casi si è attestata fra $37^{\circ}\div 40^{\circ}$, mentre ha superato i 40° nel 38,7% dei casi;
- luglio è il mese in cui più frequentemente la temperatura ha raggiunto valori estremi di almeno 35° (45,2%);
- nel periodo novembre-aprile, le temperature minime estreme sono state $\geq 0^{\circ}$ nel 27,3% dei casi, hanno raggiunto valori di $0^{\circ}\div -2^{\circ}$ nel 45,4% dei casi e valori compresi fra -2° e -4° nel 24,3% dei casi; sono scese al di sotto dei -4° solo nel mese di dicembre (3,0%);
- gennaio e febbraio sono stati i mesi in cui la temperatura è scesa più frequentemente sotto lo zero.

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
GIUGNO	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	3,2
	>40	3,2
LUGLIO	<35	0,0
	35-37	9,7
	37-40	25,8
	>40	9,7
AGOSTO	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	19,4
	>40	25,8
SETTEMBRE	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	3,2
	>40	0,0

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
NOVEMBRE	>0	0,0
	0÷2	3,0
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0
DICEMBRE	>0	3,0
	0÷2	3,0
	-2 ÷4	6,1
	<-4	3,0
GENNAIO	>0	6,1
	0÷2	21,2
	-2 ÷4	9,1
	<-4	0,0
FEBBRAIO	>0	9,1
	0÷2	12,1
	-2 ÷4	9,1
	<-4	0,0
MARZO	>0	6,1
	0÷2	6,1
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0
APRILE	>0	3,0
	0÷2	0,0
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0

Tab.13 Frequenza dei valori estremi di temperatura registrati presso la stazione termometrica di Orta Nova (1990÷ 2020).

PRECIPITAZIONI

Per l'analisi delle caratteristiche pluviometriche dell'area di intervento si è fatto riferimento alle quantità di pioggia registrate presso le stazioni pluviometriche di Cerignola nel periodo 1990÷2020 e di Orta Nova 1990÷2020, e riportate negli Annali Idrologici – Parte I del C.F.D della Protezione Civile della Puglia. In particolare, si è attinto ai valori totali mensili e annui di precipitazione e del numero di giorni piovosi, intesi come il numero di giorni in cui è stata misurata un'altezza di precipitazione uguale o superiore a 1 mm. Questi dati sono stati utilizzati per il calcolo della media mensile di entrambe le grandezze, per definire la piovosità media dell'area e il trend delle precipitazioni annue nel corso del periodo di riferimento.

STAZIONE PLUVIOMETRICA CERIGNOLA

STAZIONE DI MISURA	Stazione termometrica di Cerignola (FG)
COORDINATE (UTM 33 N – WGS84)	X: 575.297 Y: 4.566.495
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	134 m
STRUMENTO DI MISURA	Pluviometro registratore su supporto magnetico
ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI DI INPUT	Totali mensili e annui di precipitazione Numero di giorni piovosi
LUNGHEZZA DELLA SERIE STORICA	1990÷2020
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	720
CONTINUITÀ	0,94
COMPLETEZZA	0,97
DATI DI OUTPUT	Trend piovosità media mensile+ I.C. 95% e

numero medio mensile giorni piovosi
 Piovosità totale annua, numero totale annuo
 giorni piovosi
 Piovosità media sul periodo di osservazione

Piovosità media mensile

L'analisi delle medie mensili (fig.12) della quantità di precipitazione evidenzia che, nel corso dell'anno, il periodo più piovoso è quello autunnale (ottobre - dicembre), con una piovosità massima nel mese di novembre (68,5 mm). I mesi meno piovosi sono, invece, quelli estivi (giugno - agosto), con il minimo attestato a agosto (21,8 mm). Il mese che mediamente presenta il maggior numero di giorni piovosi è dicembre (8 giorni) ed un minimo a luglio ed agosto (3 giorni).

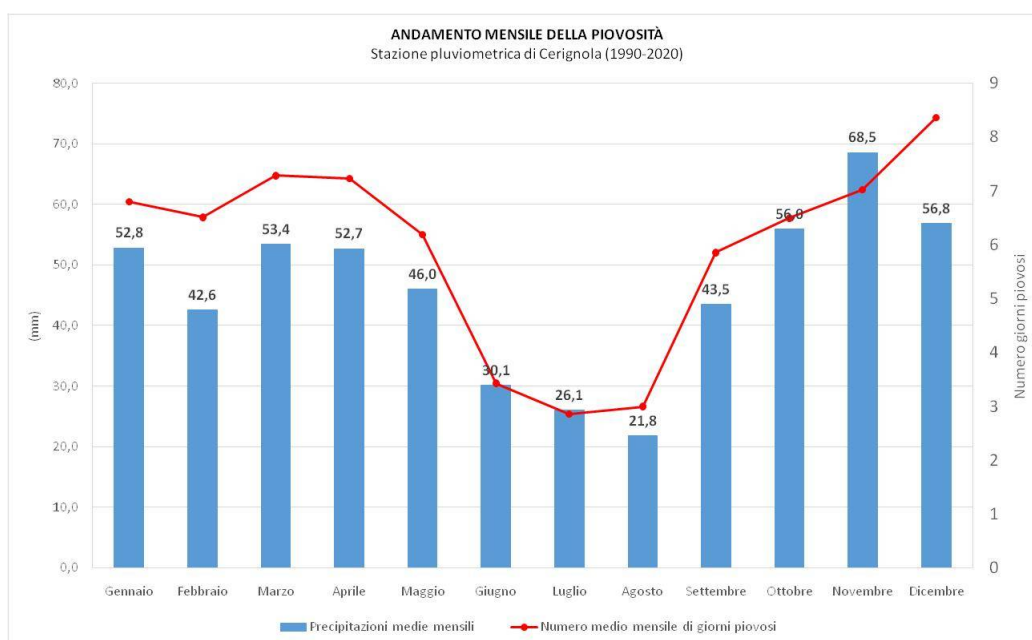


Fig.12 Andamento della piovosità media mensile registrata presso la stazione pluviometrica di Cerignola

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
Precipitazioni medie mensili (mm)	52,8	42,6	53,4	52,7	46,0	30,1	26,1	21,8	43,5	56,0	68,5	56,8
Numero di giorni piovosi	7	7	7	7	6	3	3	3	6	7	7	8

Tab.14 Piovosità media mensile e numero medio di giorni piovosi per la stazione di Cerignola.

Piovosità annua

Dall'esame delle precipitazioni totali annue (fig.13) è stato ricavato un valore medio di precipitazione di 534,3 mm/anno e di 69 giorni di pioggia per anno, calcolati come media aritmetica delle registrazioni.

Nel periodo di riferimento, l'anno più piovoso è stato il 2002 (744 mm), il meno piovoso il 2000 (362 mm). I minimi del 2007 e del 2013 scaturiscono dall'assenza di misure per più mesi successivi.

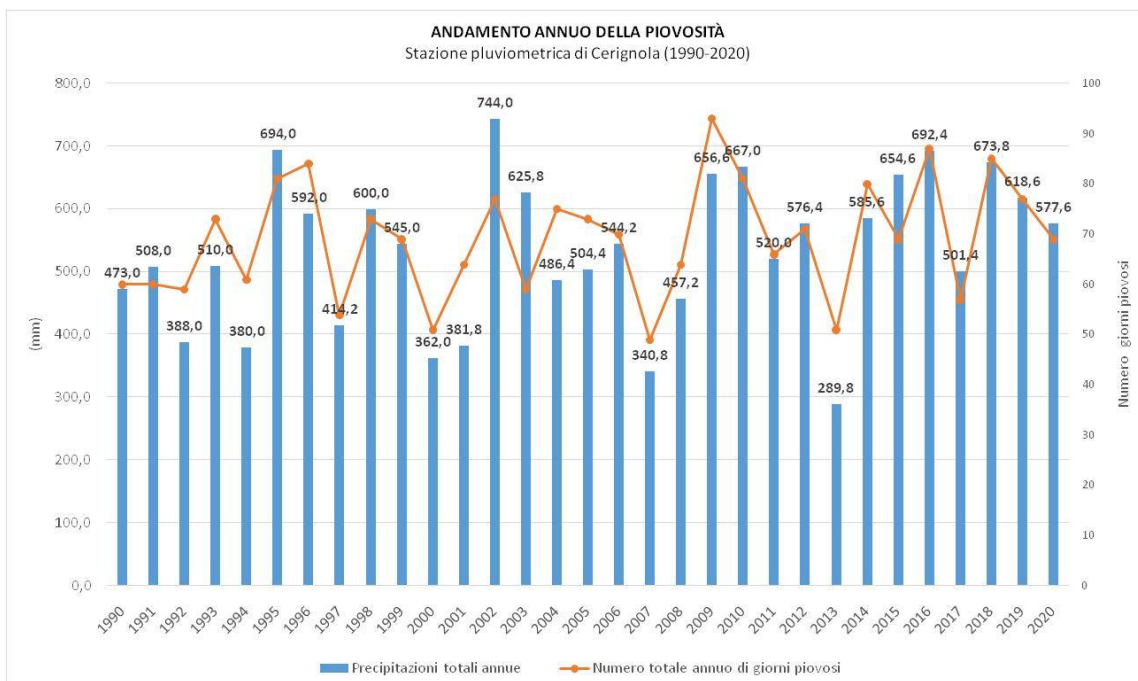


Fig.13 Andamento delle precipitazioni totali annue e numero di giorni piovosi cumulati registrati presso la stazione pluviometrica di Cerignola

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Precipitazioni annue [mm]	473,0	508,0	388	510,0	380,0	694,0	592,0	414,2	600,0	545,0	362,0	381,8	744,0	625,8	486,4
Numero di giorni piovosi	60	60	59	81	61	81	84	54	73	69	51	64	77	59	75

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Precipitazioni annue [mm]	504,4	544,2	340,8	457,2	656,6	667,0	520,0	576,4	289,8	585,6	654,6	692,4	501,4	673,8	618,6	577,6
Numero di giorni piovosi	73,0	70	49	64	93	81	66	71	51	80	69	87	57	85	77	69

Tab.15 Precipitazioni totali annue e numero di giorni piovosi registrati presso la stazione pluviometrica di Cerignola

Intervallo confidenza al 95% della media

La serie storica analizzata è caratterizzata da una buona continuità (0,94) e completezza dei dati (0,97). La piovosità, d'altro canto, rappresenta una grandezza piuttosto variabile su una serie temporale di un trentennio; ciò si riflette sul valore dell'errore standard e sull'ampiezza dell'intervallo di confidenza delle medie mensili (fig.14) che risultano essere ampi, soprattutto nei mesi più piovosi dell'anno.

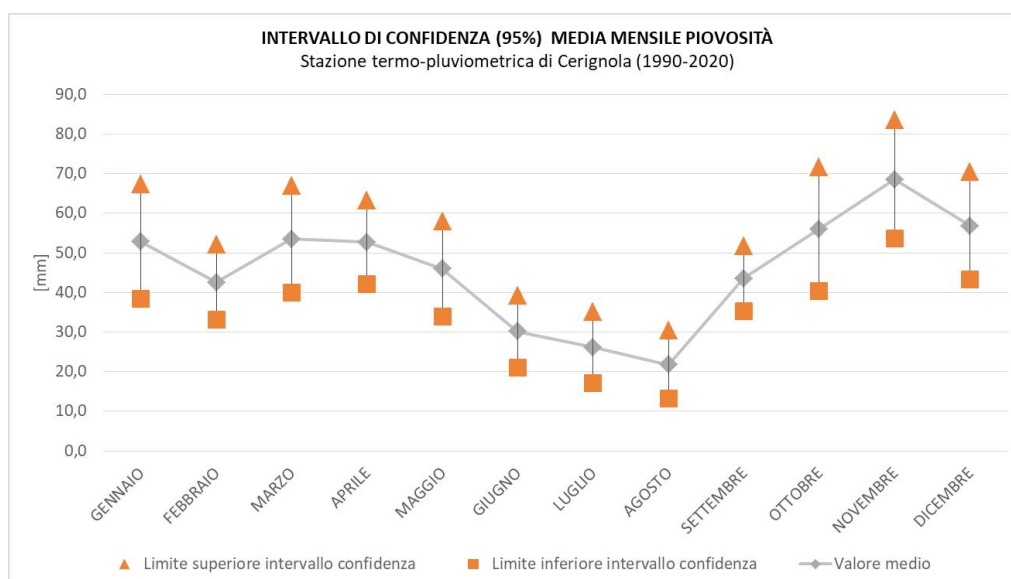


Fig.14 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [mm]	67,2	52,0	66,9	63,2	58,0	39,2	35,1	30,4	51,7	71,6	83,5	70,4
LIMITE INFERIORE [mm]	38,4	33,1	40,0	42,1	33,9	21,1	17,1	13,1	35,2	40,3	53,6	43,2
VALORE MEDIO [mm]	52,8	42,6	53,4	52,7	46,0	30,1	26,1	21,8	43,5	56,0	68,5	56,8
t	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960
ERRORE STANDARD	7,4	4,8	6,9	5,4	6,1	4,6	4,6	4,4	4,2	8,0	7,6	7,0

Tab.16 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

L'intervallo di confidenza della media piovosità annua (fig.15) ha ampiezza ridotta, in linea con la completezza della serie storica analizzata.

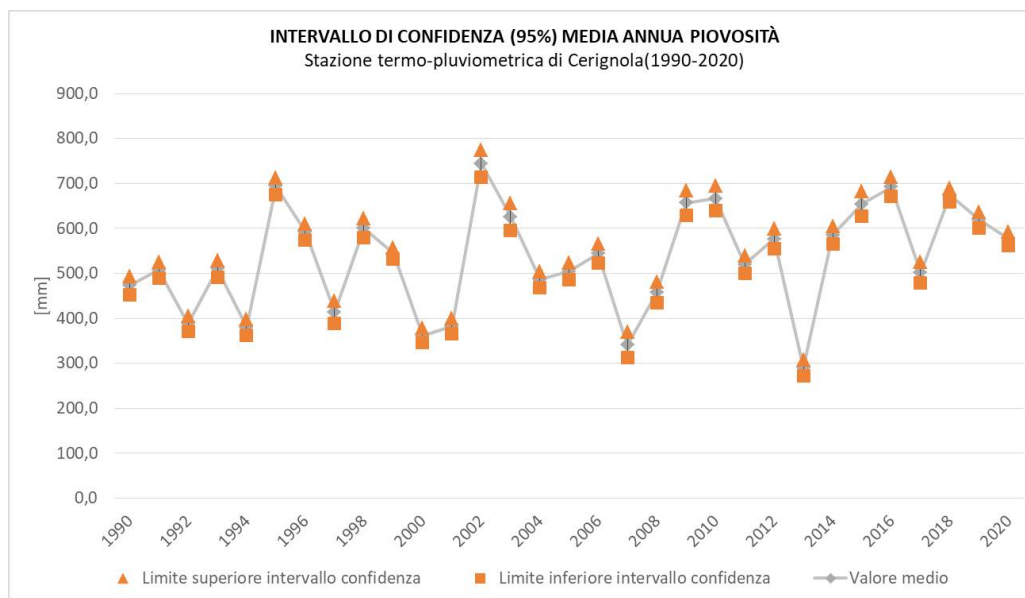


Fig.15 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua di piovosità

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
LIMITE SUPERIORE [mm]	493,6	525,7	404,5	528,1	398,0	713,0	610,3	439,1	621,2	557,2
LIMITE INFERIORE [mm]	452,4	490,3	371,5	491,9	362,0	675,0	573,7	389,3	578,8	532,8
VALORE MEDIO [mm]	473,0	508,0	388,0	510,0	380,0	694,0	592,0	414,2	600,0	545,0
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	10,5	9,0	8,4	9,2	9,2	9,7	9,3	12,7	10,8	6,2

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
LIMITE SUPERIORE [mm]	377,98	398,59	773,29	655,60	504,20	523,68	564,96	369,16	480,00	684,55
LIMITE INFERIORE [mm]	346,02	365,01	714,71	596,00	468,60	485,12	523,44	312,44	434,40	628,65
VALORE MEDIO [mm]	362,00	381,80	744,00	625,80	486,40	504,40	544,20	340,80	457,20	656,60
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	8,15	8,57	14,94	15,20	9,08	9,83	10,59	14,47	11,63	14,26

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LIMITE SUPERIORE [mm]	694,20	539,51	598,69	307,90	605,13	682,59	714,13	524,54	688,67	636,19	592,45
LIMITE INFERIORE [mm]	639,80	500,49	554,11	271,70	566,07	626,61	670,67	478,26	658,93	601,01	562,75
VALORE MEDIO [mm]	667,00	520,00	576,40	289,80	585,60	654,60	692,40	501,40	673,80	618,60	577,60
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	13,88	9,95	11,37	9,24	9,96	14,28	11,09	11,81	7,59	8,98	7,58

Tab.17 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua di piovosità

STAZIONE PLUVIOMETRICA ORTA NOVA

STAZIONE DI MISURA	Stazione pluviometrica di Orta Nova (FG)
COORDINATE (UTM 33 N – WGS84)	X: 559.151 Y: 4.575.163
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	84m
STRUMENTO DI MISURA	Pluviometro registratore su supporto magnetico
ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI DI INPUT	Totali mensili e annui di precipitazione Numero di giorni piovosi
SERIE TEMPORALE	1990÷2020
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	736
CONTINUITÀ	0,98
COMPLETEZZA	0,99
DATI DI OUTPUT	Trend piovosità media mensile+ I.C. 95% e numero medio mensile giorni piovosi Piovosità totale annua, numero totale annuo giorni piovosi Piovosità media sul periodo di osservazione

Piovosità media mensile

L'analisi delle medie mensili (fig.16) della quantità di precipitazione evidenzia che, nel corso dell'anno, il periodo più piovoso è quello autunnale (novembre-dicembre), con una piovosità massima nel mese di novembre (63,7 mm). I mesi meno piovosi sono, invece, quelli estivi (luglio-agosto).

Il mese che mediamente presenta il maggior numero di giorni piovosi è dicembre (8 giorni), quello con il minor numero è agosto (3 giorni).

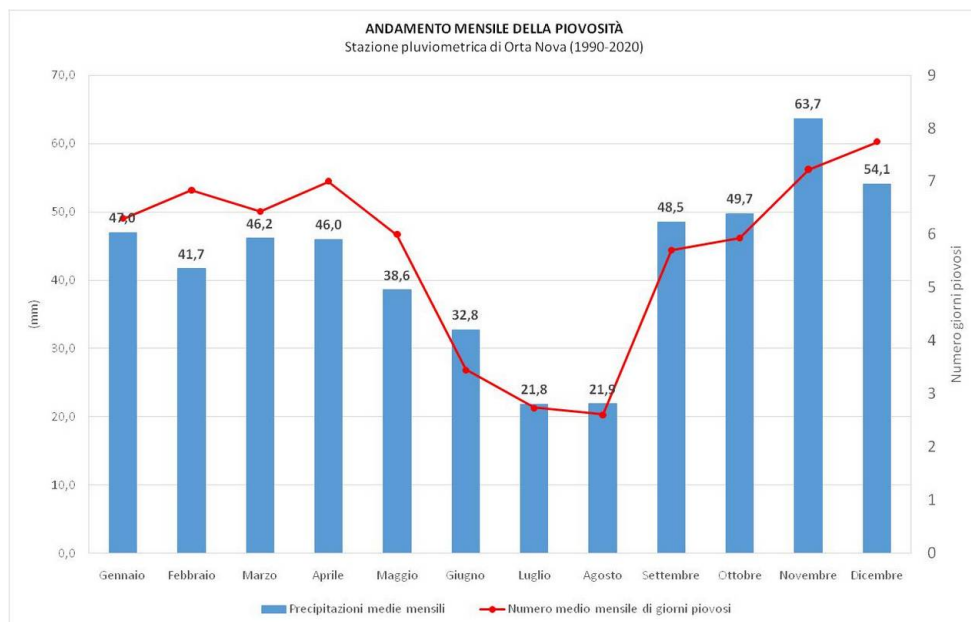


Fig.16 Andamento della piovosità media mensile registrata presso la stazione pluviometrica di Orta Nova (1990÷2020)

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
Precipitazioni medie mensili [mm]	47,0	41,7	46,2	46,0	38,6	32,8	21,8	21,9	48,5	49,7	63,7	54,1
Numero di giorni piovosi	6	7	6	7	6	3	3	3	6	6	7	8

Tab.18 Piovosità media mensile e numero medio di giorni piovosi per la stazione di Orta Nova

Piovosità annua

Dall'esame delle precipitazioni totali annue (fig.17) è stato ricavato un valore medio di precipitazione di 506,0 mm/anno e di 67 giorni di pioggia per anno, calcolati come media aritmetica delle registrazioni.

Nel periodo di riferimento, l'anno più piovoso è stato il 2002 (689,0 mm), quello meno piovoso il 2000 (298,6 mm). Il minimo dell'anno 2009 (308 mm) è condizionato dall'assenza di misure nei mesi di gennaio, febbraio, marzo e ottobre e non da un'effettiva minore piovosità.

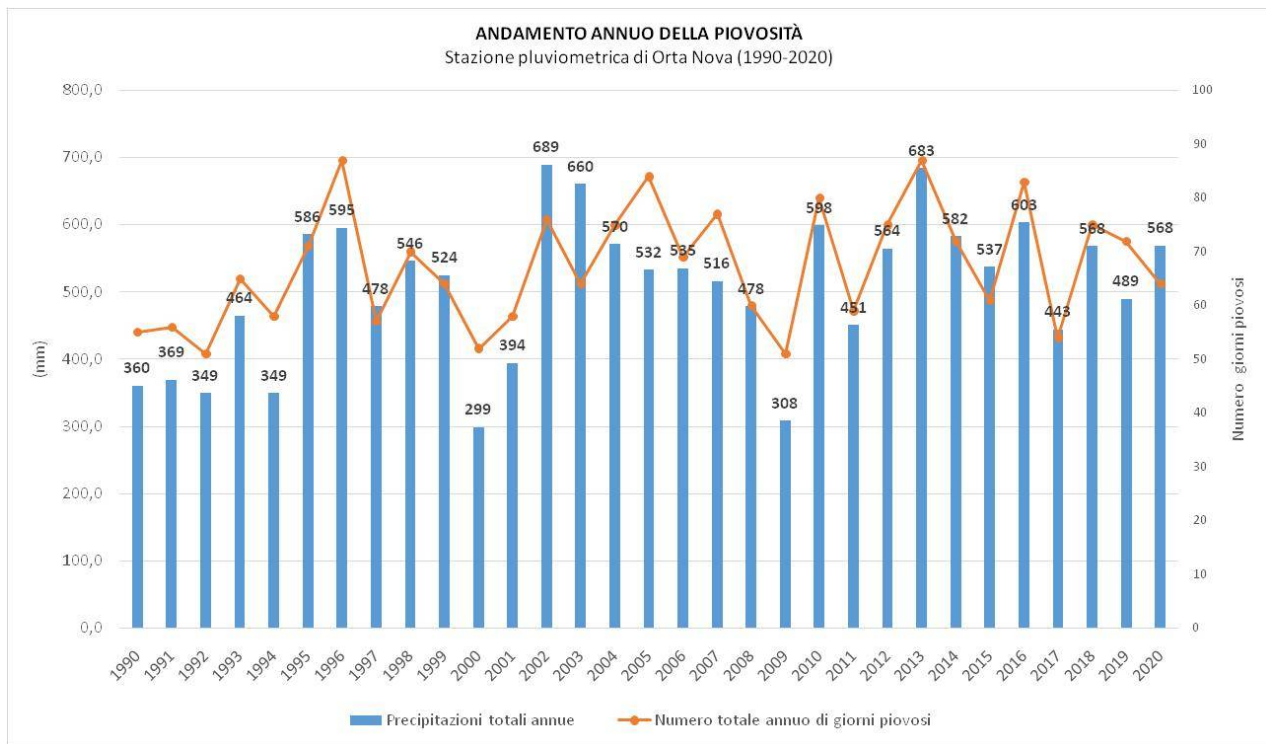


Fig.17 Andamento delle precipitazioni totali annue e numero di giorni piovosi cumulati registrati presso la stazione pluviometrica di Orta Nova (1990÷2020).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Precipitazioni annue [mm]	360,0	369,0	349	464,0	349,0	585,6	594,6	478,0	545,8	524,2	298,6	393,6	689,0	660,2	570,4
Numero di giorni piovosi	55	56	51	65	58	71	87	57	70	64	52	58	76	64	75

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Precipitazioni annue [mm]	532,4	535,0	515,6	478,0	308,0	598,4	450,6	563,8	683,4	582,2	536,6	602,6	443,4	567,8	489,0	568,4
Numero di giorni piovosi	84,0	69	77	60	51	80	59	75	87	72	61	83	54	75	72	64

Tab.19 Precipitazioni totali annue e numero di giorni piovosi registrati presso la stazione pluviometrica di Orta Nova

Intervallo confidenza al 95% della media

La serie storica analizzata è caratterizzata da una elevata continuità (0,98) e completezza dei dati (0,99). La piovosità, d'altro canto, rappresenta una grandezza piuttosto variabile su una serie temporale di un trentennio; ciò si riflette sul valore dell'errore standard e sull'ampiezza dell'intervallo di confidenza delle medie mensili (fig.18) che risultano essere ampi, soprattutto nei mesi più piovosi dell'anno.

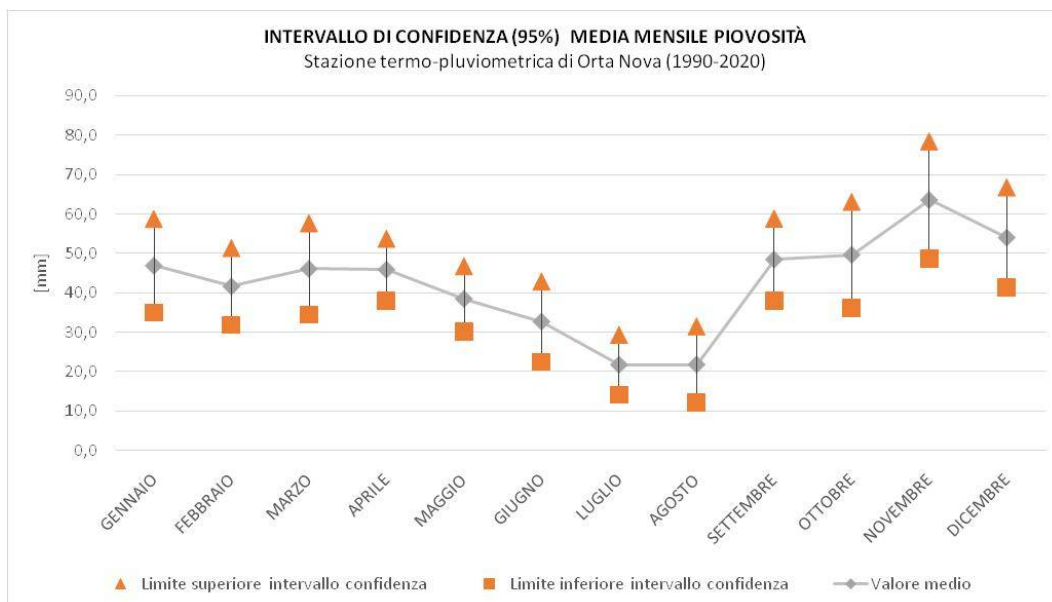


Fig.18 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [mm]	58,8	51,4	57,7	53,8	46,8	42,9	29,4	31,6	58,9	63,2	78,5	66,8
LIMITE INFERIORE [mm]	35,1	32,0	34,6	38,1	30,3	22,6	14,2	12,2	38,2	36,3	48,9	41,4
VALORE MEDIO [mm]	47,0	41,7	46,2	46,0	38,6	32,8	21,8	21,9	48,5	49,7	63,7	54,1
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	6,0	5,0	5,9	4,0	4,2	5,2	3,9	4,9	5,3	6,8	7,6	6,5

Tab.20 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

L'intervallo di confidenza della media piovosità annua (fig.19) ha ampiezza ridotta, in linea con la completezza della serie storica analizzata.

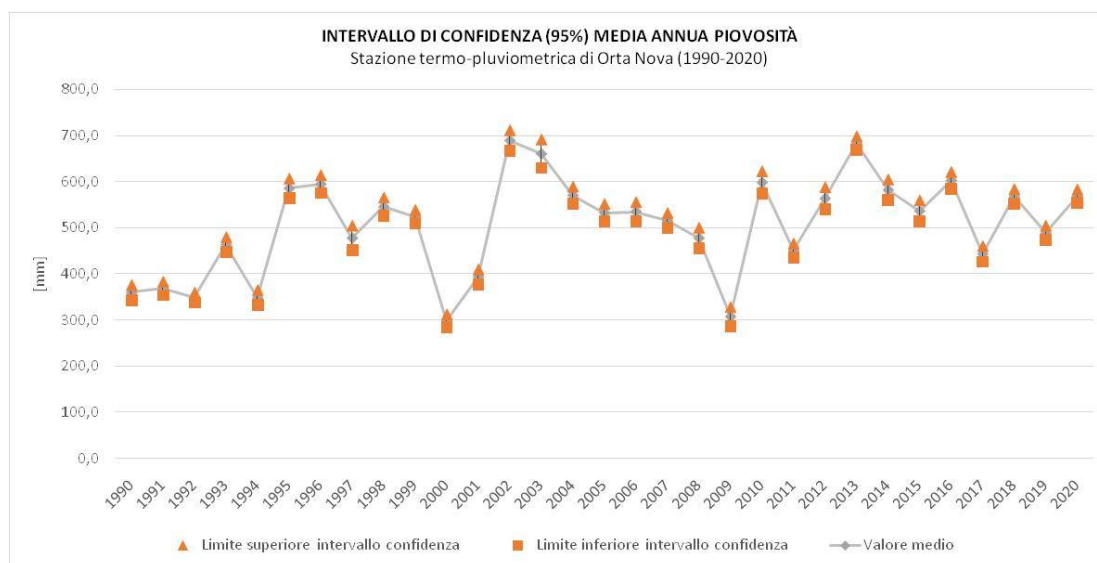


Fig.19 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua di piovosità

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
LIMITE SUPERIORE [mm]	376,0	383,3	359,8	479,9	365,1	606,7	614,0	504,5	565,6	538,6	312,3	409,8	711,2	691,1	589,2
LIMITE INFERIORE [mm]	344,0	354,7	338,2	448,1	332,9	564,5	575,2	451,5	526,0	509,8	284,9	377,4	666,8	629,3	551,6
VALORE MEDIO [mm]	360,0	369,0	349,0	464,0	349,0	585,6	594,6	478,0	545,8	524,2	298,6	393,6	689,0	660,2	570,4
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	8,1	7,3	5,5	8,1	8,2	10,7	9,9	13,5	10,1	7,3	7,0	8,2	11,3	15,8	9,6

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LIMITE SUPERIORE [mm]	551,6	555,6	532,0	500,1	328,1	622,5	466,0	587,9	698,0	604,8	559,3	621,0	460,3	583,7	504,4	583,3
LIMITE INFERIORE [mm]	513,2	514,4	499,2	455,9	287,9	574,3	435,2	539,7	668,8	559,6	513,9	584,2	426,5	551,9	473,6	553,5
VALORE MEDIO [mm]	532,4	535,0	515,6	478,0	308,0	598,4	450,6	563,8	683,4	582,2	536,6	602,6	443,4	567,8	489,0	568,4
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	9,8	10,5	8,4	11,3	10,3	12,3	7,9	12,3	7,5	11,5	11,6	9,4	8,6	8,1	7,9	7,6

Tab.21 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua di piovosità

VENTO AL SUOLO

STAZIONE DI MISURA	Stazione anemometrica di Foggia – Istituto Agronomico
COORDINATE (UTM 33 N – WGS84)	X: 542.988Y: 4.589.192
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	85 m
STRUMENTO DI MISURA	Anemometro DV a 4 quadranti – VV a encoder ottico
ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI INPUT	Velocità e direzione del vento sfilato nei 30' precedenti, rilevate alle ore sinottiche 0:00, 6:00, 12:00 e 18:00
SERIE TEMPORALE	2011÷2013; 2015÷2019
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	11597
CONTINUITÀ	0,99
COMPLETEZZA	1,00
DATI DI OUTPUT	Distribuzione delle frequenze annuali delle classi di velocità dei venti

Per l'esame dei venti sono stati analizzati i dati rilevati nel periodo 2011÷2013; 2015÷2019 presso la stazione anemometrica di Foggia – Istituto Agronomico, gestita dal C.F.D della Protezione Civile della Regione Puglia. La serie temporale analizzata è stata limitata al periodo di registrazione disponibile per la stazione prescelta.

I parametri meteorologici di input sono rappresentati dalla velocità (m/s) e dalla direzione (°N) del vento sfilato al suolo nei 30 minuti precedenti, effettuate alle ore sinottiche 0:00, 6:00, 12:00 e 18:00.

I dati disponibili sono stati suddivisi per direzione di provenienza del vento e classe di velocità. A tal fine, sono stati individuati 8 settori di provenienza del vento, ciascuno di ampiezza pari a 45°, e 6 classi di velocità, compresa la calma di vento (tab.22).

L'elaborazione statistica ha permesso di analizzare tre fattori legati alla ventosità:

- la frequenza delle calme di vento (velocità = 0÷1 nodi), espressa come rapporto (‰) tra il numero di eventi anemometrici caratterizzati da assenza di vento e numero totale di misurazioni effettuate;
- la frequenza delle classi di velocità del vento, espressa come rapporto (‰) tra numero di eventi anemometrici con velocità del vento compresa nelle varie classi di velocità e il numero totale di osservazioni;
- la frequenza delle direzioni di provenienza del vento (‰), espressa come rapporto tra il numero di eventi anemometrici con direzione compresa in un certo settore di provenienza e il numero totale di osservazioni.

In fig. 20 si riporta l'anemogramma derivante dall'elaborazione grafica dei suddetti dati e che evidenzia l'andamento annuale dei venti per il sito in esame.

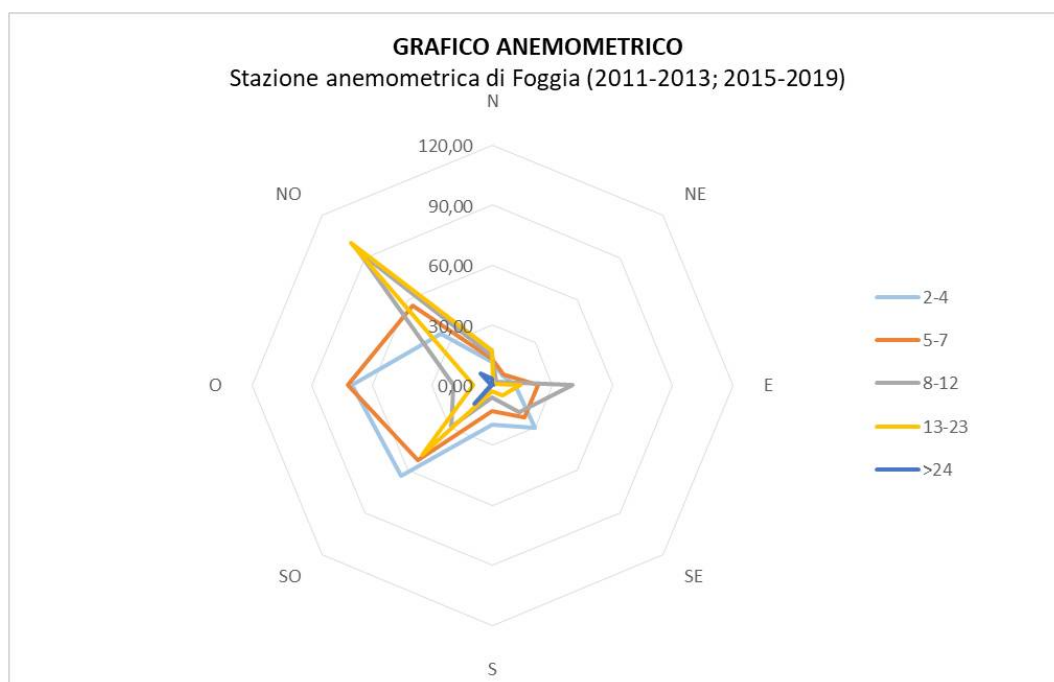


Fig.20 Anemogramma annuale relativo alla stazione meteorologica di Foggia – Istituto Agronomica

DIREZIONE	CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						TOTALE
	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	
N	2,41	11,38	13,19	14,83	17,42	3,02	62,26
NE	1,12	6,81	7,50	2,50	0,52	0,09	18,54
E	2,41	11,21	22,76	40,18	13,71	0,26	90,54
SE	4,57	30,18	22,94	18,97	7,07	0,17	83,90
S	6,04	19,92	13,02	6,21	2,93	0,09	48,20
SO	8,54	64,33	52,77	29,23	49,41	12,93	217,21
O	8,02	70,02	72,35	19,23	9,40	0,95	179,96
NO	4,31	36,22	55,96	94,51	100,20	8,19	299,39
TOTALE	37,42	250,06	260,50	225,66	200,66	25,70	1000,00

Tab.22 Frequenze annuali (%) delle varie classi di velocità dei venti registrati a Foggia (2011÷2013; 2015÷2019), in funzione di settori di provenienza

Dall'analisi di tali elaborati, su base annuale, si evidenzia quanto segue:

- la frequenza annuale della calma di vento risulta alquanto ridotta (3,7% delle osservazioni);
- le velocità medie comprese nelle classi modali 5÷7 nodi e 8÷12 nodi costituiscono complessivamente il 48,6% delle osservazioni totali annue;
- velocità sostenute del vento (classi 13÷23 e > 24 nodi) sono state registrate complessivamente nel 22,6% dei casi;
- i venti dominanti, cioè quelli caratterizzati da classi di velocità più elevate, sono quelli di maestrale (NO) che spirano più frequentemente a velocità di 13÷23 nodi;
- i venti regnanti, più persistenti e frequenti, sono in ordine decrescente: maestrale (NO), libeccio (SO) e ponente (O).

UMIDITÀ RELATIVA

I dati meteorologici relativi all'umidità relativa dell'aria sono stati estrapolati dagli Annali Idrologici. La stazione igrometrica presa a riferimento è quella di Foggia – Istituto Agronomico, con registrazione di dati dal 1990 al 2020. La serie è mancante di un elevato numero di dati, che si traduce in una scarsa continuità (0,62) e in una media completezza (0,81).

STAZIONE DI MISURA	Stazione igrometrica di Foggia – Istituto Agronomico
COORDINATE (UTM 33 N – WGS84)	X: 542.988 Y: 4.589.192
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	85 m
STRUMENTO DI MISURA	Igrometro
ENTE GESTORE	Protezione Civile Regione Puglia – C.F.D.
PARAMETRI METEO-IDROLOGICI INPUT	Valori medi mensili e annui di umidità relativa dell'aria
SERIE TEMPORALE	1990÷2020
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	301
CONTINUITÀ	0,62
COMPLETEZZA	0,81
DATI DI OUTPUT	Trend umidità media mensile+ I.C. 95%

Umidità relativa media mensile

La curva riportata in fig.21 evidenzia l'andamento medio mensile della grandezza analizzata: le percentuali più elevate di umidità relativa dell'aria (>70%) vengono raggiunte nel periodo autunnale e invernale, fra ottobre e marzo, con un picco massimo nei mesi di novembre e dicembre (77÷78%). La stagione estiva è quella meno umida; il valore minimo si registra nel mese di luglio (54%). L'umidità media annua è del 68%.

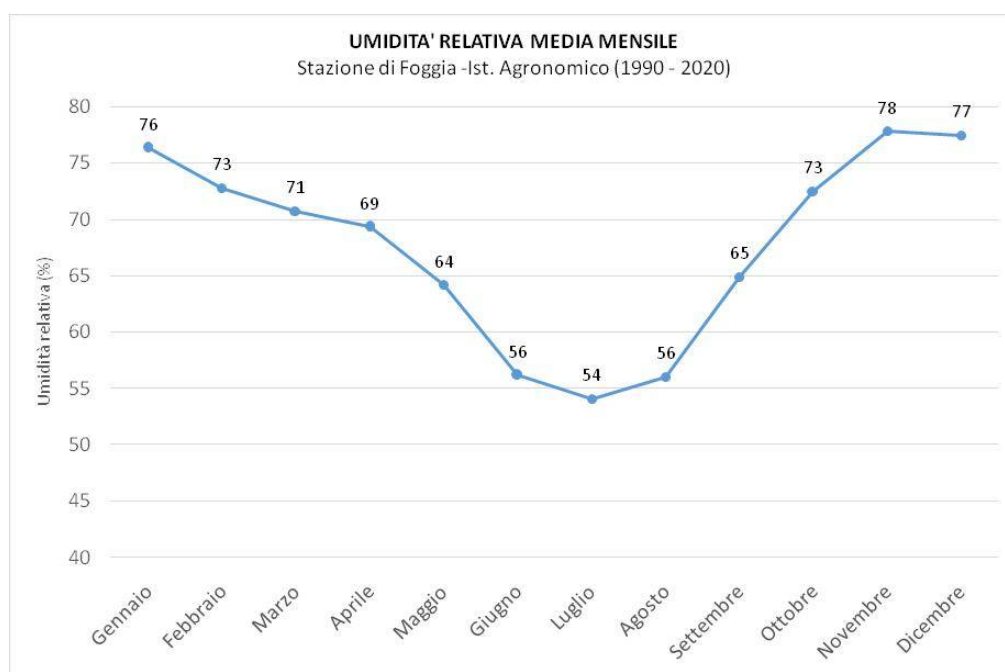


Fig.21 Andamento dell'umidità relativa dell'aria (valori medi mensili). Stazione di Foggia – Istituto agronomico (1990÷2020)

Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile dell'umidità relativa dell'aria

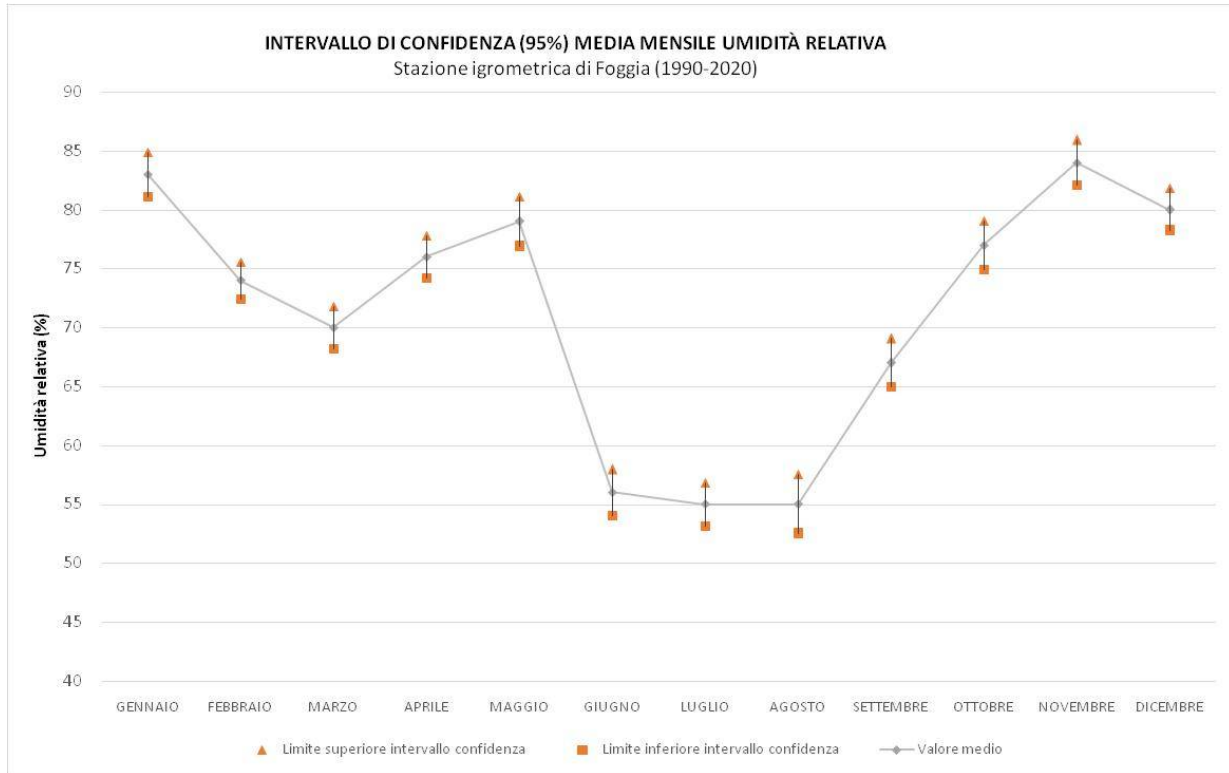


Fig.22 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di umidità. Stazione di Foggia

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [cent]	84,9	75,6	71,8	77,8	81,1	57,9	56,8	57,5	69,0	79,1	85,9	81,8
LIMITE INFERIORE [cent]	81,1	72,4	68,2	74,2	76,9	54,1	53,2	52,5	65,0	74,9	82,1	78,2
VALORE MEDIO [cent]	83	74	70	76	79	56	55	55	67	77	84	80
t	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
ERRORE STANDARD	1,0	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9	1,3	1,0	1,1	1,0	0,9

Tab.23 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di umidità. Stazione di Foggia

INDICI CLIMATICI

A corredo dell'analisi climatica sin qui effettuata si riporta la definizione di due indici climatici, quello di aridità De Martonne e quello termo pluviometrico di Walther e Leith, ritenuti utili per la valutazione degli aspetti progettuali che riguardano, in modo particolare, l'impianto e la gestione delle colture interfilare.

Indice di De Martonne

STAZIONE TERMOPLUVIOMETRICA CERIGNOLA

I risultati dell'elaborazione dell'indice di aridità di De Martonne, riportati graficamente in Fig.23 e in tab.24, evidenziano come, nel trentennio considerato (1990÷2020), esso abbia oscillato tra 11,56 e 27,53; il valore mediano (19,77) si colloca in prossimità del limite tra clima semiarido e clima subumido della classificazione di De Martonne.

L'analisi cronologica dei dati e la relativa stima di tendenza nel tempo, espressa dal calcolo della retta di regressione, evidenziano un incremento dell'indice di aridità legato all'aumento del rapporto tra piovosità e temperatura, con un graduale spostamento dal tipo climatico semiarido a quello subumido.

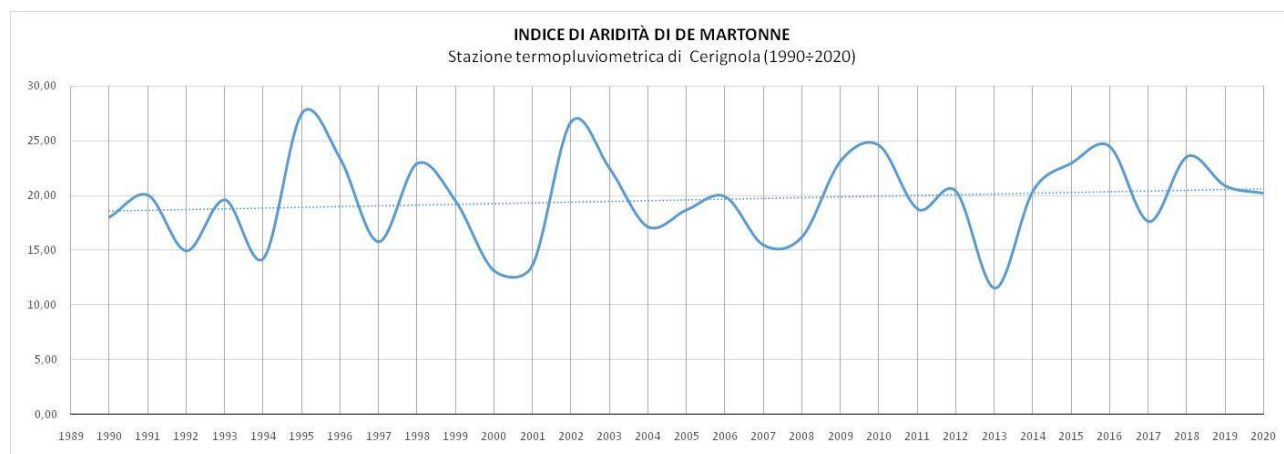


Fig. 23 Andamento dell'indice di aridità di De Martonne per la stazione termopluviometrica di Cerignola

Legenda tipi climatici secondo De Martonne: arido estremo (0-5); arido (5-15); semiarido (15-20); subumido (20-30); umido (30-60); iperumido (>60)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
INDICE DI ARIDITA'	18,06	20,07	14,99	19,64	14,29	27,53	23,39	15,81	22,95	19,49	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
INDICE DI ARIDITA'	13,12	13,60	26,79	22,47	17,17	18,76	19,90	15,48	16,25	23,22	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INDICE DI ARIDITA'	24,60	18,79	20,42	11,56	20,50	22,97	24,50	17,65	23,58	20,91	20,26

Tab.24 Frequenza di distribuzione dell'indice di De Martonne nel periodo di riferimento (30 anni)

STAZIONE TERMOPLUVIOMETRICA ORTA NOVA

I risultati dell'elaborazione dell'indice di aridità, riportati graficamente in fig.24 e in tab.25, evidenziano per la stazione di Orta Nova come, nell'arco del periodo considerato (1990÷2020), esso abbia oscillato tra 10,15 e 25,42; il valore mediano (19,65) si colloca in prossimità del limite tra clima semiarido e clima subumido della classificazione di De Martonne. L'analisi cronologica dei dati e la relativa stima di tendenza nel tempo, espressa dal calcolo della retta di regressione, evidenziano un netto incremento dell'indice di aridità, legato all'aumento del rapporto tra piovosità e temperatura, con uno spostamento dal tipo climatico semiarido a quello subumido.

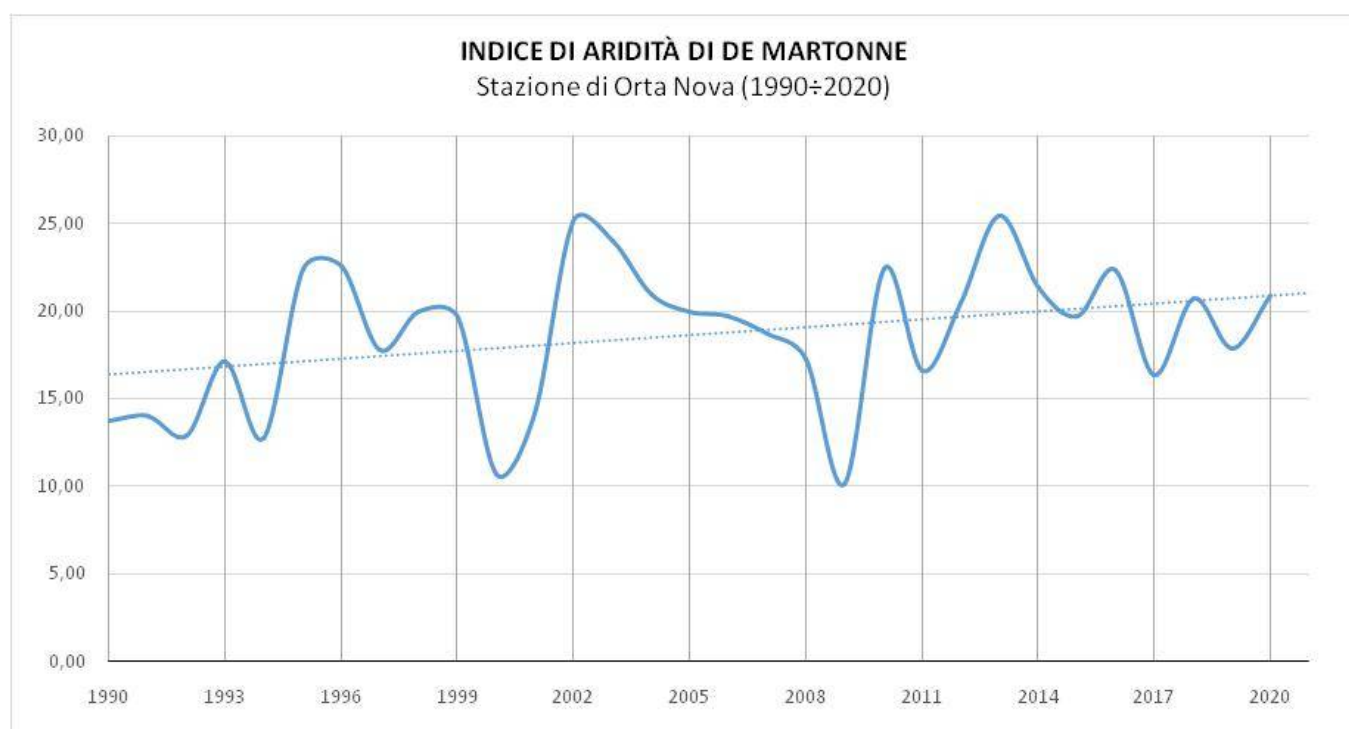


Fig. 24 Andamento dell'indice di aridità di De Martonne per la stazione termopluviometrica di Orta Nova

Legenda tipi climatici secondo De Martonne: arido estremo (0-5); arido (5-15); semiarido (15-20); subumido (20-30); umido (30-60); iperumido (>60)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
INDICE DI ARIDITÀ	13,70	14,01	12,90	17,13	12,75	22,43	22,59	17,76	19,94	19,60	10,66	14,16	25,11	23,99	20,95	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INDICE DI ARIDITÀ	19,96	19,71	18,70	17,23	10,15	22,41	16,57	20,46	25,42	21,29	19,69	22,33	16,35	20,71	17,86	20,89

Tab. 25 Indice di aridità di De Martonne per la stazione termopluviometrica di Orta Nova

Diagramma climatico di Walter e Leith

STAZIONE TERMOPLUVIOMETRICA CERIGNOLA

Nella fig.25 è stato costruito il diagramma termopluviometrico relativo alla stazione di Cerignola, elaborato mediante i valori medi mensili di temperatura e piovosità esposti in precedenza (1990÷2020).

Esaminando il diagramma di Walther e Leith in questione, si rileva che il periodo di “deficit” idrico risulta cronologicamente esteso all’incirca da giugno a settembre, registrando una fase di massima siccità nei mesi di luglio e agosto.

Infine, per quanto concerne i periodi di “surplus” idrico, si può osservare come questi siano più cospicui nei mesi autunnali (in particolare a novembre e dicembre) e relativamente meno pronunciati in pieno inverno e in primavera.

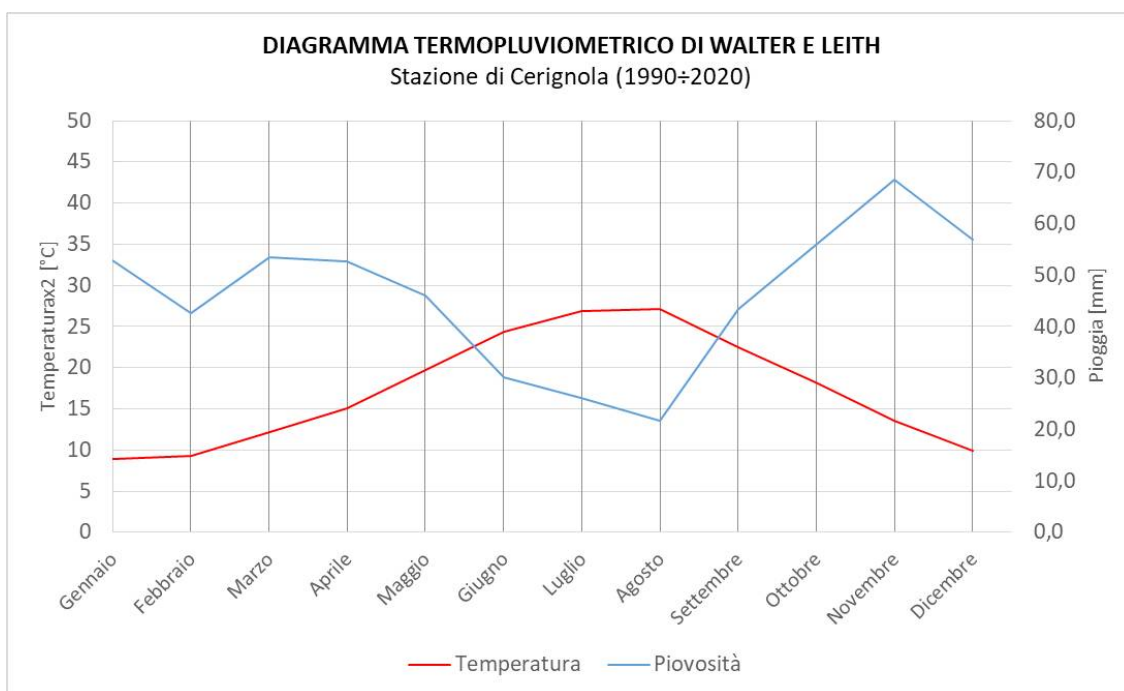


Fig.25 Diagramma climatico di Walter e Leith

STAZIONE TERMOPLUVIOMETRICA ORTA NOVA

Nella fig.26 è stato costruito il diagramma termopluviometrico relativo alla stazione di Orta Nova, elaborato mediante i valori medi mensili di temperatura e piovosità esposti in precedenza (1990÷2020).

Esaminando il diagramma di Walther e Leith in questione, si rileva che il periodo di “deficit” idrico risulta cronologicamente esteso all’incirca da giugno ad agosto, con estensione leggermente inferiore a quanto osservato per Cerignola, registrando una fase di massima siccità nei mesi di luglio e agosto.

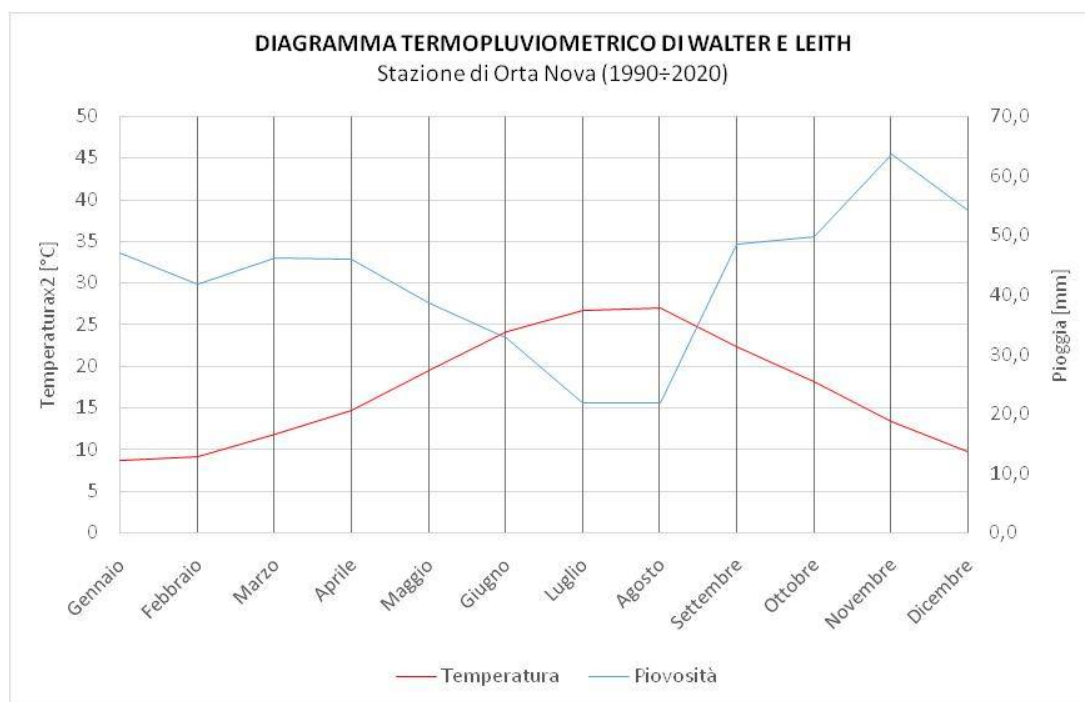


Fig.26 Diagramma climatico di Walter e Leith

Infine, per quanto concerne i periodi di “surplus” idrico, si può osservare come questi siano più cospicui nei mesi autunnali (in particolare a novembre e dicembre) e relativamente meno pronunciati in pieno inverno e in primavera.

Galatina (LE), luglio 2021

In fede

Geol. Francesca Lagna

Biol. Leonardo Beccarisi