

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
SITO NEL COMUNE DI ORTA NOVA
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/**

Sottocartella **DOC_SPECIALIS/**

Identificatore:
DOCSPEC16

Studio meteo-climatico - Orta Nova 1

Descrizione **Studio meteo-climatico - Impianto di Orta Nova 1**

Nome del file:

DOCSPEC16.pdf

Tipologia

Relazione

Scala

-

Autori elaborato: Dott. Leonardo Beccarisi

Rev.	Data	Descrizione
00	01/02/2022	Prima emissione
01		
02		

Spazio riservato agli Enti:

**Progetto di realizzazione di impianto
agrivoltaico Orta Nova 1**

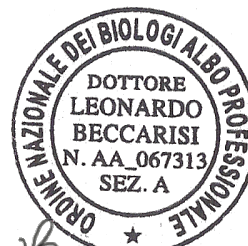
Studio meteo-climatico

RELAZIONE

AUTORI



Dott. Leonardo Beccarisi
Biologo
Via D'Enghien n. 43 - 73013 Galatina (LE)
email: beccarisil@gmail.com
PEC: leonardo.beccarisi@biologo.onb.it
P.IVA: 04434760759



Leonardo Beccarisi

Dott. Francesca Lagna
Geologa
Via Gallipoli n. 140 - 73013 Galatina (LE)
email: franc.lagna@gmail.com
P.IVA: 04492050754

28 maggio 2021



Sommario

ACRONIMI.....	2
NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	2
1. PREMESSA.....	3
2. AREA DI STUDIO.....	3
3. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – PRINCIPI E METODI.....	5
4. ELABORAZIONE METEO-CLIMATICA – ANALISI DEI RISULTATI.....	7
TEMPERATURA.....	7
<i>Temperature medie mensili.....</i>	8
<i>Temperature medie annue.....</i>	9
<i>Intervallo di confidenza al 95% per la media.....</i>	9
<i>Temperature estreme.....</i>	11
PRECIPITAZIONI.....	12
<i>Piovosità media mensile.....</i>	13
<i>Piovosità annua.....</i>	13
<i>Intervallo confidenza al 95% della media.....</i>	14
VENTO AL SUOLO.....	16
UMIDITÀ RELATIVA.....	18
<i>Umidità relativa media mensile.....</i>	18
<i>Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile dell’umidità relativa dell’aria</i>	20
INDICI CLIMATICI.....	20
<i>Indice di De Martonne.....</i>	20
<i>Diagramma climatico di Walter e Leith.....</i>	21
5. CONCLUSIONI.....	22

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*. Pagg. 277-279. PICCINNO

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta a integrazione e completamento del progetto di due impianti agro-fotovoltaici da realizzarsi in agro del Comune di Orta Nova (FG), in località "Santa Felicita".

Obiettivo dello studio è stata la definizione delle caratteristiche meteo-climatiche dei siti di intervento e di un loro 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.

2. AREA DI STUDIO

Le *aree di progetto* costituiscono le porzioni di territorio direttamente interessate dall'intervento (fig.1 e tabb.1).

DENOMINAZIONE	Orta Nova 1
SUPERFICIE AREA DI PROGETTO	38,2 ha
LOCALITÀ	Santa Felicita
COMUNE	Orta Nova
PROVINCIA	Foggia
BARICENTRO GEOGRAFICO	X:566325; Y:4579256 (UTM 33N - WGS84)
INTERVALLO ALTIMETRICO	50 ÷ 38 m s.l.m.

DENOMINAZIONE	Orta Nova 2
SUPERFICIE AREA DI PROGETTO	22,5 ha
LOCALITÀ	Santa Felicita
COMUNE	Orta Nova
PROVINCIA	Foggia
BARICENTRO GEOGRAFICO	X:563396; Y:4578297 (UTM 33N - WGS84)
INTERVALLO ALTIMETRICO	53,5 ÷ 44 m s.l.m.

Tabb.1 Caratteristiche delle aree di progetto

Le due aree di progetto distano meno circa 2,5 km l'una dall'altra; pertanto per la caratterizzazione meteo-climatica sono state impiegate le medesime stazioni di rilevamento meteorologico. Queste ultime sono state scelte in base al criterio della maggiore vicinanza ai siti di progetto e/o alla similarità delle caratteristiche orografiche e climatiche. Ciò ha portato alla configurazione di *un'area di studio* ben più vasta di quella di progetto che include i territori comunali di Orta Nova e Foggia.

L'ubicazione planimetrica delle stazioni di rilevamento rispetto ai siti di progetto è riportata in fig. 1 e in tab.2.

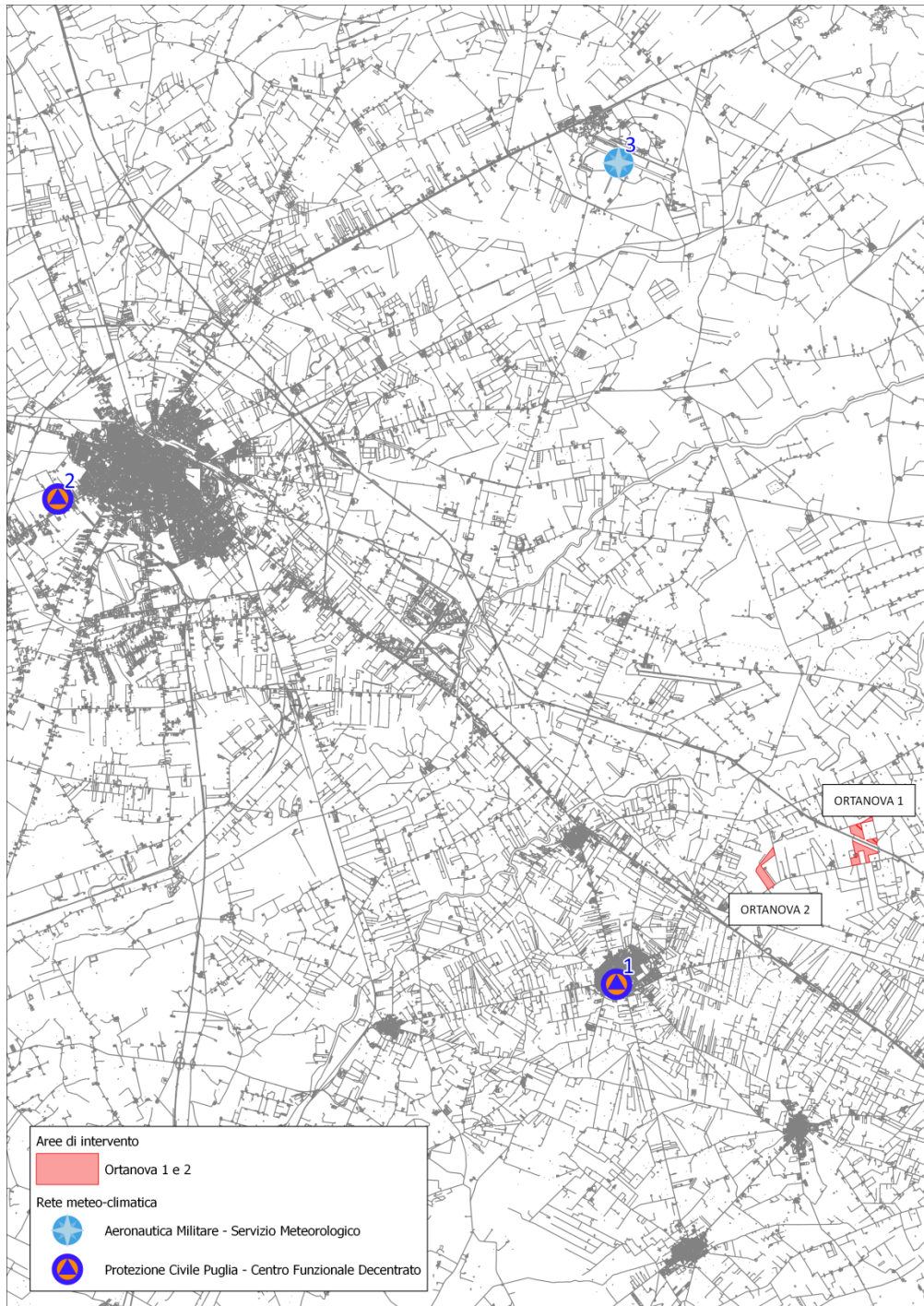


Fig.1 Ubicazione planimetrica delle stazioni meteo-climatiche rispetto alle aree di progetto

ID STAZIONE	COMUNE	ENTE GESTORE	QUOTA STAZIONE (m s.l.m.)	COORD. X	COORD. Y	DISTANZA MEDIA DALLA AREE DI PROGETTO (km)	GRANDEZZA METEO-IDROLOGICA REPERITA
1	Orta Nova	Protezione Civile Puglia - C.F.D.	84	559151	4575163	7	Piovosità, Temperatura
2	Foggia - Istituto Agronomico	Protezione Civile Puglia - C.F.D.	85	542988	4589192	24	Umidità relativa, Vento al suolo
3	Foggia-Amendola	Aeronautica Militare - Servizio Meteorologico	57	559216	4598908	21	Eliofania, Radiazione solare globale

Tab.2 Caratteristiche delle stazioni di rilevamento impiegate per la caratterizzazione meteorologica delle aree 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, in data 19/01/2021, 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. **Piovosità**
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 e, ove non disponibili per la libera consultazione, sono stati acquistati dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

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

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

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

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

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 termopluviometrico 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 termopluviometrico 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

STAZIONE DI MISURA	Stazione termometrica di Orta Nova (FG)
COORDINATE (UTM 33 N - WGS84)	X: 559.151 Y: 4.575.163
QUOTA SUL LIVELLO DEL MARE [m]	84 m
STRUMENTO DI MISURA	Termometro registratore su carta diagrammabile

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÷2019
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	710
CONTINUITÀ	0,97
COMPLETEZZA	0,99
DATI DI OUTPUT	Trend temperature medie mensili e annue + I.C. 95% Frequenza valori estremi di 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 nel periodo 1990 ÷ 2019 alla stazione termo-pluviometrica di Orta Nova, la più vicina al sito di intervento.

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.

Temperature medie mensili

Le caratteristiche termiche salienti (fig.2) sono le seguenti:

- i valori della temperatura si aggirano mediamente intorno ai 9° nella stagione invernale e intorno ai 26° 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°).

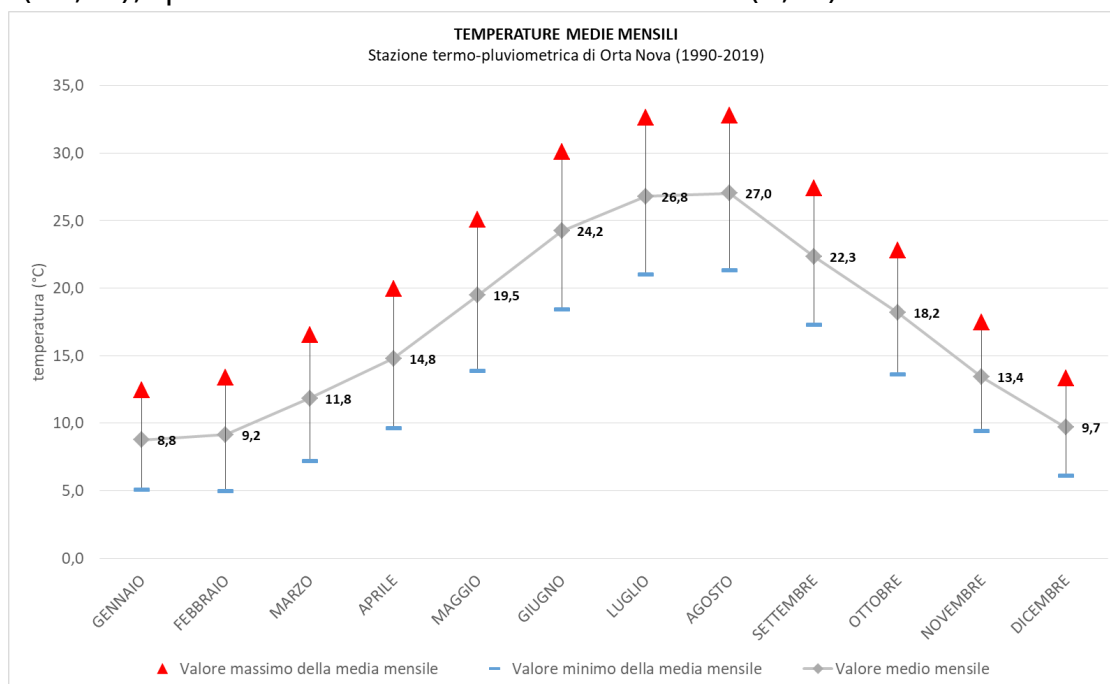


Fig.2 Andamento delle temperature medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2019).

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

Tab.4 Temperature medie mensili registrate alla stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2019)

Temperature medie annue

Le temperature medie annue 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.

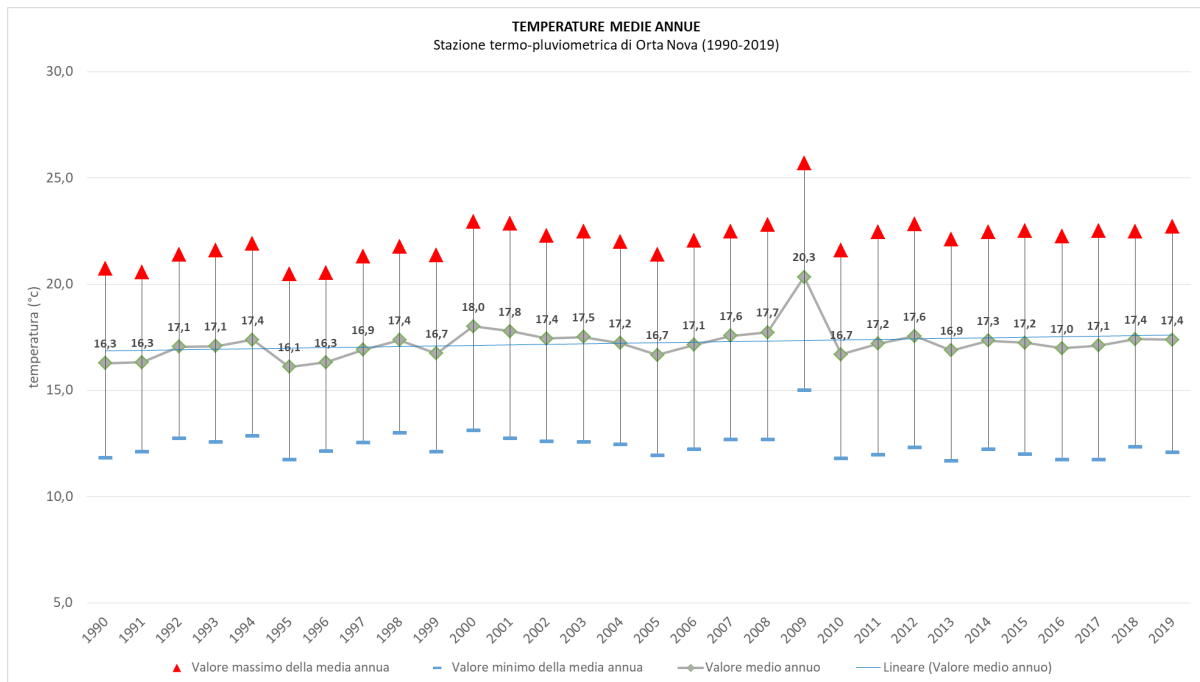


Fig.3 Andamento delle temperature medie annue registrate presso la stazione term. di Orta Nova (1990÷ 2019).

	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
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
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
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

Tab.5 Temperature medie annue registrate alla stazione termometrica di Orta Nova (1990÷2019)

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.

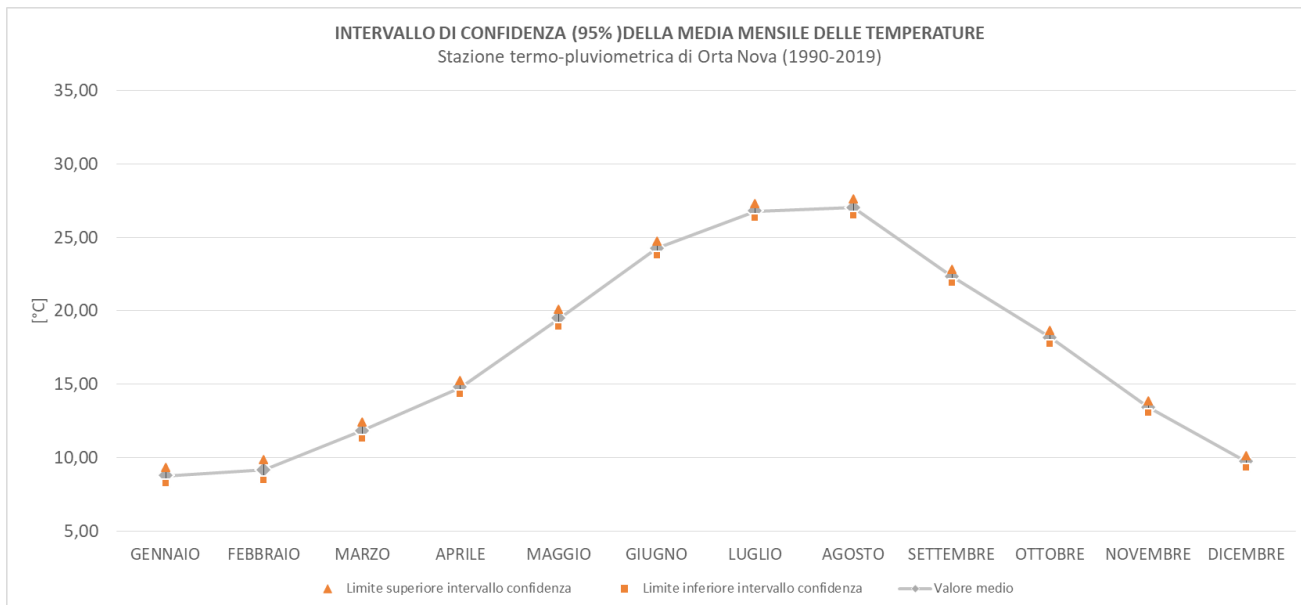


Fig.4 Intervallo di confidenza al 95% delle medie mensili registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [°C]	9,28	9,83	12,39	15,23	20,05	24,73	27,24	27,57	22,78	18,63	13,82	10,12
LIMITE INFERIORE [°C]	8,23	8,47	11,27	14,33	18,90	23,73	26,32	26,47	21,88	17,72	13,01	9,28
VALORE MEDIO [°C]	8,8	9,2	11,8	14,8	19,5	24,2	26,8	27,0	22,3	18,2	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	0,29	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

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.5, tab.7).

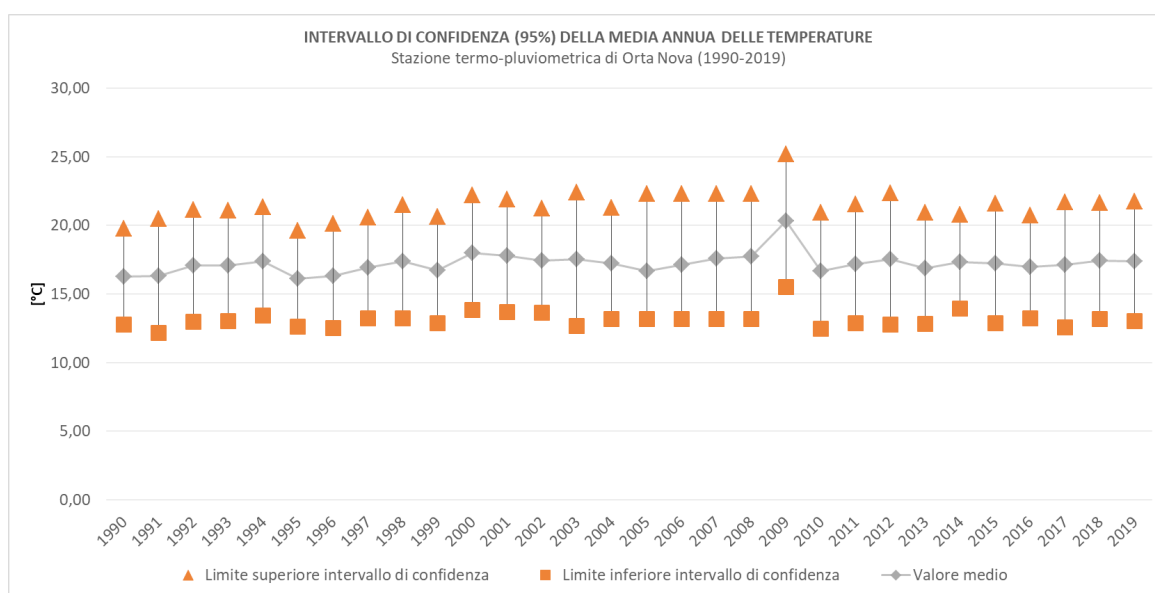


Fig.5 Intervallo di confidenza al 95% delle medie annue registrate presso la stazione termometrica di Orta Nova

	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
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
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
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
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	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

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 ÷ 2019) 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 a settembre ($36^{\circ} \div 42,8^{\circ}$), mentre i valori minimi estremi sono tipici del periodo compreso tra novembre e marzo ($-4,6^{\circ} \div 2,5^{\circ}$). Solo nel 1997, si è registrato un minimo di $2,5^{\circ}$ nel mese di aprile.

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.

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 nel periodo di riferimento:

- nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre, nel 10% dei casi la temperatura ha raggiunto valori compresi tra 35° e 37° ; nel 50% dei casi si è attestata fra $37^{\circ} \div 40^{\circ}$, mentre ha superato i 40° nel 40% dei casi;
- luglio è il mese in cui più frequentemente la temperatura ha raggiunto valori estremi di almeno 35° (46,7%);
- nel periodo novembre ÷ aprile, le temperature minime estreme sono state $\geq 0^{\circ}$ nel 28,2% dei casi; hanno raggiunto valori di $0^{\circ} \div -2^{\circ}$ nel 43,7% dei casi e valori compresi fra -2° e -4° nel 25,1% dei casi; sono scese al di sotto dei -4° solo nel mese di dicembre (3,1%);
- gennaio e febbraio sono stati i mesi in cui la temperatura è scesa più frequentemente sotto lo zero (53,2%).

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
GIUGNO	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	3,3
	>40	3,3
LUGLIO	<35	0,0
	35-37	10,0
	37-40	26,7
	>40	10,0
AGOSTO	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	16,7
	>40	26,7
SETTEMBRE	<35	0,0
	35-37	0,0
	37-40	3,3
	>40	0,0

MESE	VALORE SOGLIA T [°C]	FREQUENZA [%]
NOVEMBRE	>0	0,0
	0÷2	3,1
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0
DICEMBRE	>0	3,1
	0÷2	3,1
	-2 ÷4	6,3
	<-4	3,1
GENNAIO	>0	6,3
	0÷2	21,9
	-2 ÷4	9,4
	<-4	0,0
FEBBRAIO	>0	9,4
	0÷2	12,5
	-2 ÷4	9,4
	<-4	0,0
MARZO	>0	6,3
	0÷2	3,1
	-2 ÷4	0,0
	<-4	0,0
APRILE	>0	3,1
	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 Orta Nova (1990 ÷ 2019).

PRECIPITAZIONI

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]	84 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
SERIE TEMPORALE	1990÷2019
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	712
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

Per l'analisi delle caratteristiche pluviometriche dell'area di intervento si è fatto riferimento alle quantità di pioggia registrate presso la stazione pluviometrica di Orta Nova nel periodo 1990 ÷ 2019 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.

Piuvosità media mensile

L'analisi delle medie mensili 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 (62,4 mm). I mesi meno piovosi sono, invece, quelli estivi (luglio ÷ agosto), con il minimo attestato a luglio (20,6 mm).

Il mese che mediamente presenta il maggior numero di giorni piovosi è dicembre (8 giorni).

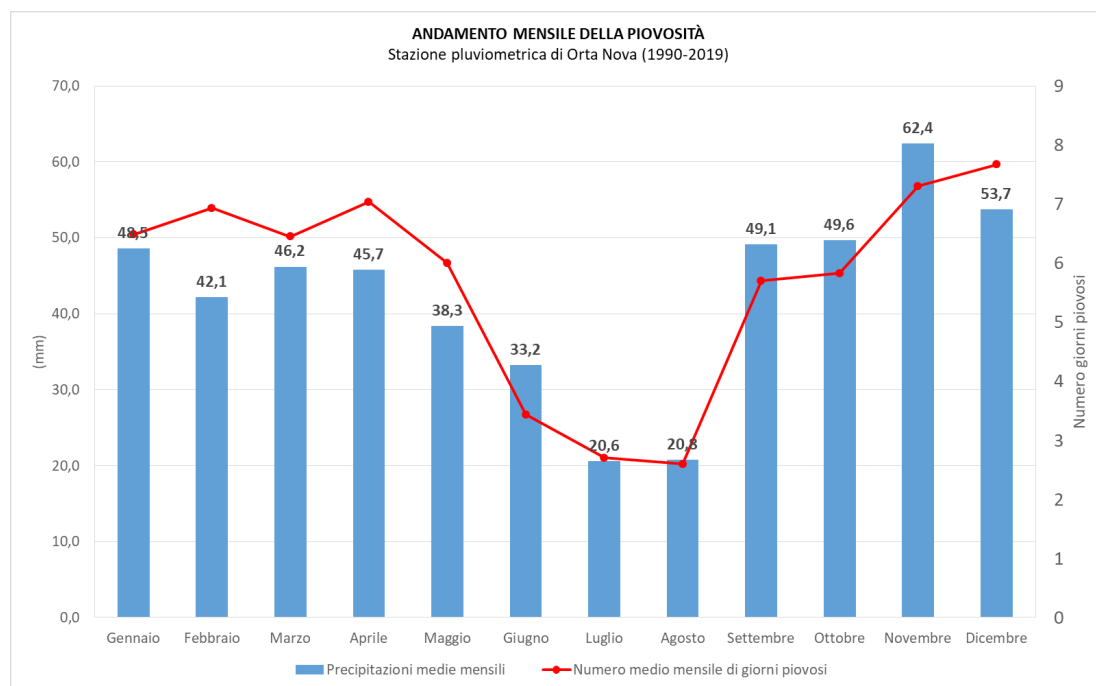


Fig.7 Andamento della piovosità media mensile registrata presso la stazione pluviometrica di Orta Nova (1990÷2019)

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
Precipitazioni medie mensili (mm)	48,5	42,1	46,2	45,7	38,3	33,2	20,6	20,8	49,1	49,6	62,4	53,7
Numero di giorni piovosi	6	7	6	7	6	3	3	3	6	6	7	8

Tab.10 Piovosità media mensile e numero medio di giorni piovosi per la stazione di Orta Nova

Piuvosità annua

Dall'esame delle precipitazioni totali annue è stato ricavato un valore medio di precipitazione di 504 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 mm), quello meno piovoso il 2000 (299 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.

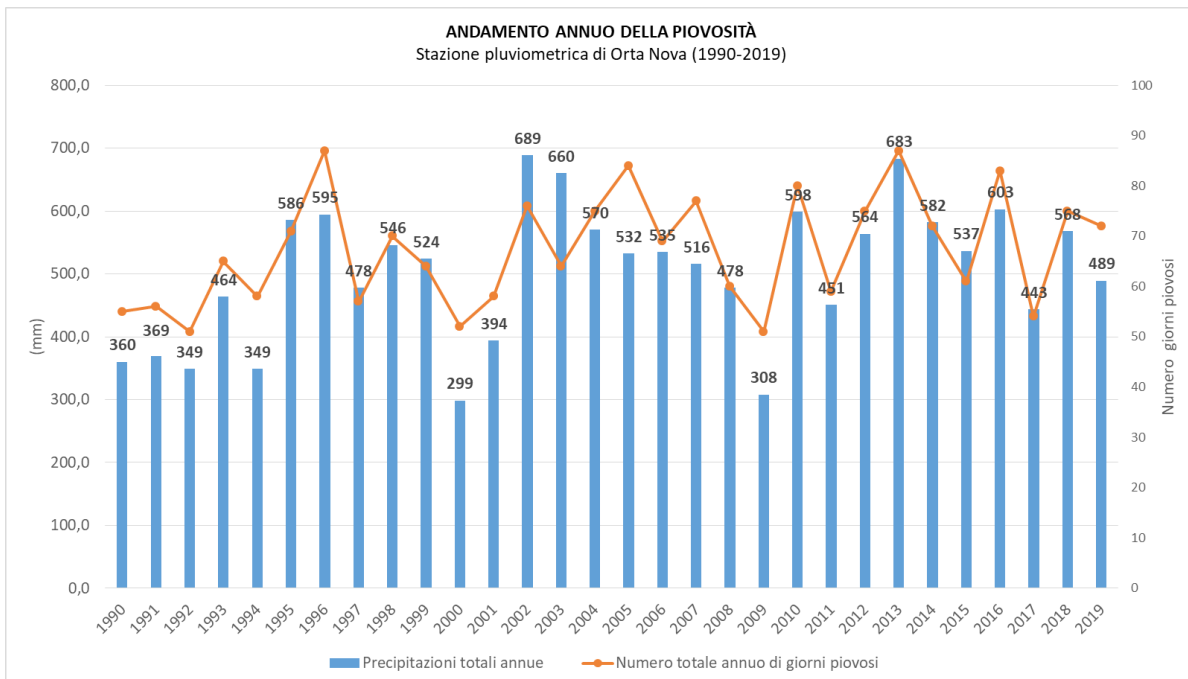


Fig.8 Andamento delle precipitazioni totali annue e numero di giorni piovosi cumulati registrati presso la stazione pluviometrica di Orta Nova (1990÷2019).

	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
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
Numero di giorni piovosi	84,0	69	77	60	51	80	59	75	87	72	61	83	54	75	72

Tab.11 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 che risultano essere ampi, soprattutto nei mesi più piovosi dell'anno.

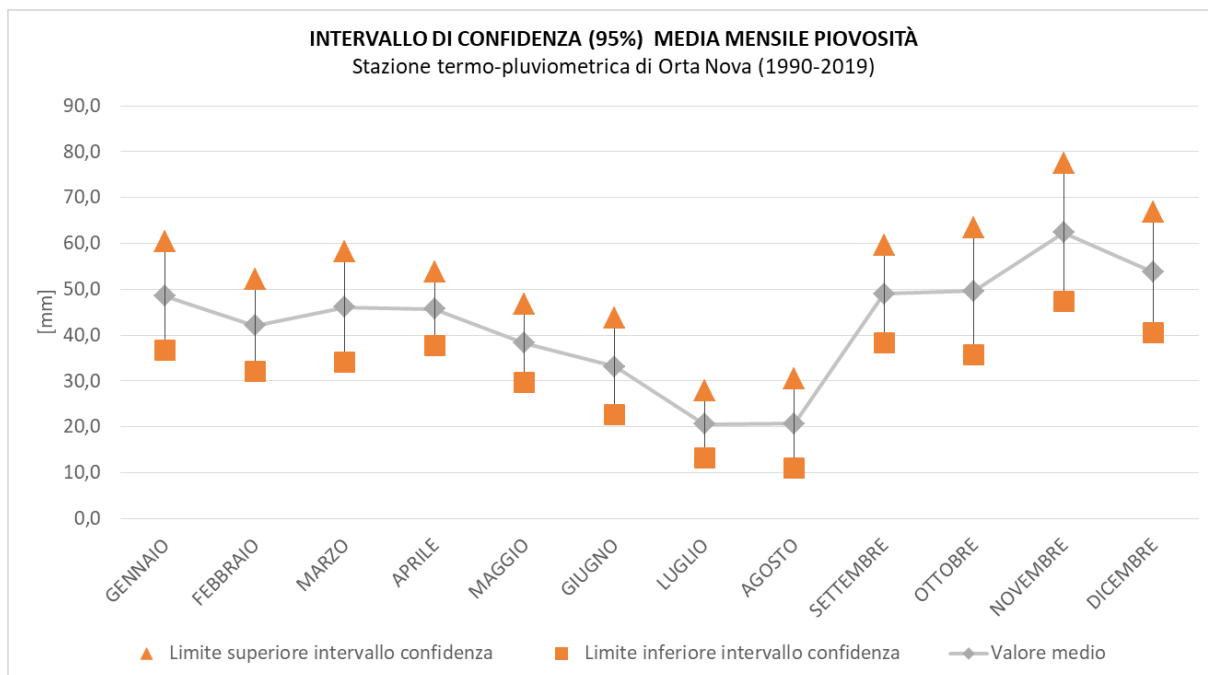


Fig.9 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE [mm]	60,4	52,1	58,1	53,8	46,9	43,7	28,0	30,5	59,7	63,5	77,4	66,8
LIMITE INFERIORE [mm]	36,7	32,1	34,2	37,7	29,8	22,7	13,2	11,0	38,4	35,8	47,3	40,6
VALORE MEDIO [mm]	48,5	42,1	46,2	45,7	38,3	33,2	20,6	20,8	49,1	49,6	62,4	53,7
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	6,0	5,1	6,1	4,1	4,4	5,4	3,8	5,0	5,4	7,1	7,7	6,7

Tab.12 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di piovosità

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

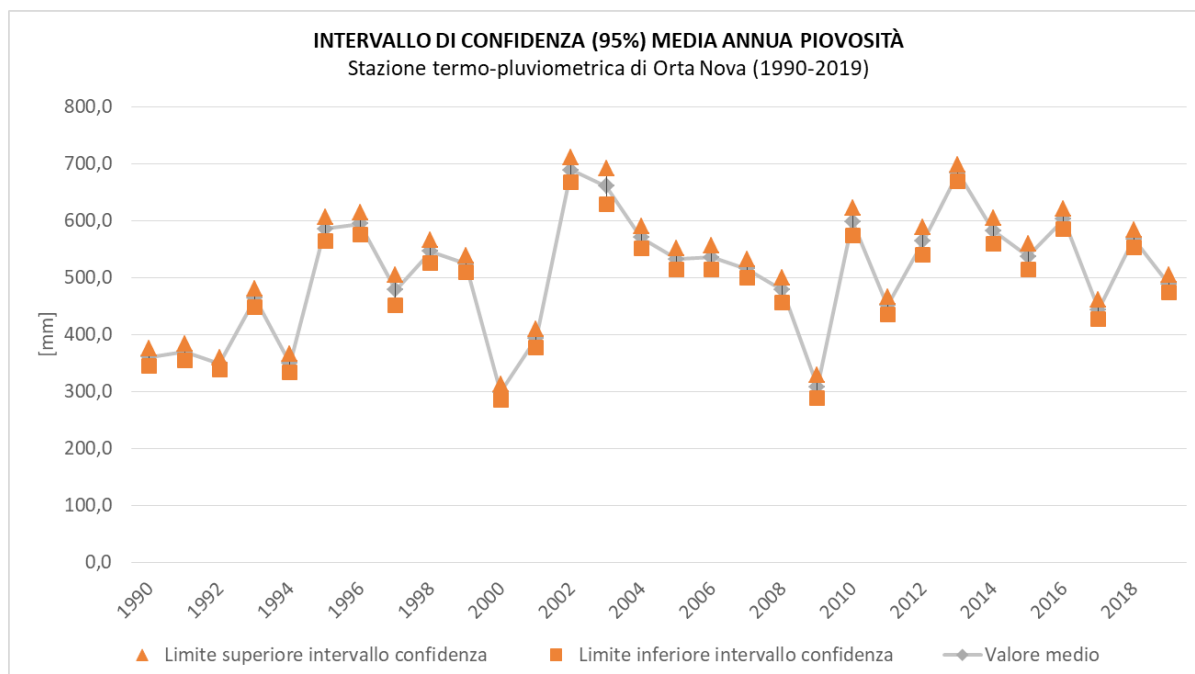


Fig.10 Intervallo di confidenza al 95% per la media annua di piovosità

	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
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
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
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
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	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

Tab.13 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: 542.988 Y: 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.14).

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

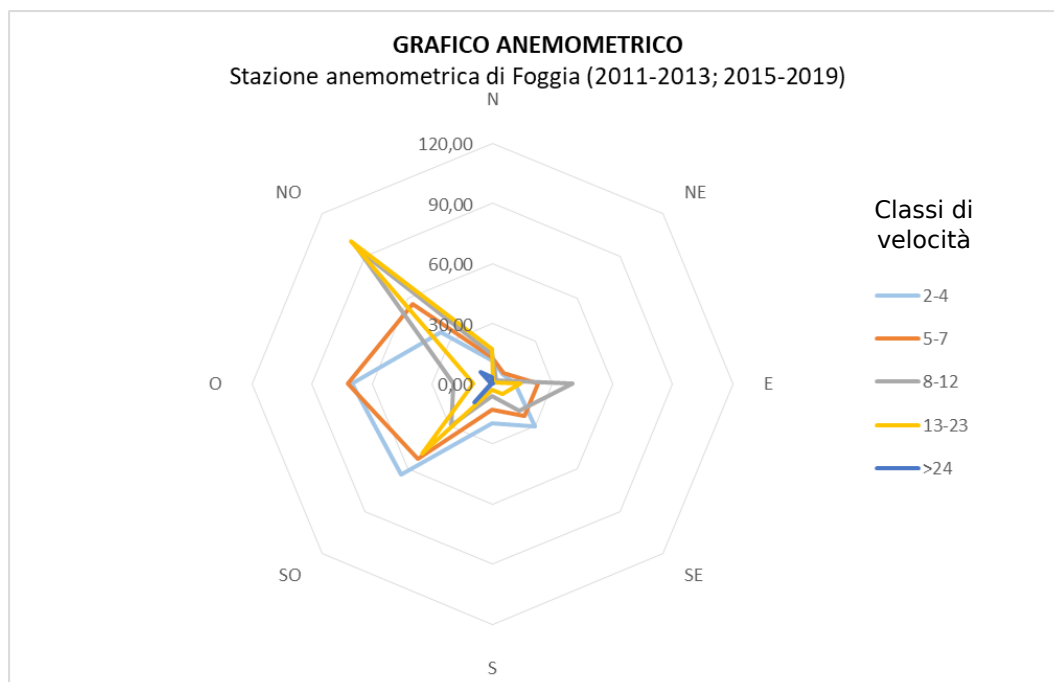


Fig.11 Anemogramma annuale relativo alla stazione meteorologica di Foggia - Istituto Agronomica

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.14 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 8÷12 e 13÷23 nodi;
- i venti regnanti, più persistenti e frequenti, sono in ordine decrescente: maestrale (NO), libeccio (SO) e ponente (O).

UMIDITÀ RELATIVA

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÷2019
GRANDEZZA CAMPIONE [numero totale dati]	289
CONTINUITÀ	0,61
COMPLETEZZA	0,80
DATI DI OUTPUT	Trend umidità media mensile + I.C. 95%

Umidità relativa media mensile

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 2019. La serie è mancante di un elevato numero di dati, che si traduce in una scarsa continuità (0,61) e in una media completezza (0,8).

La curva riportata in fig.12 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%). La stagione estiva è quella meno umida; il valore minimo si registra nel mese di luglio (54%). L'umidità media annua è di circa il 70%.

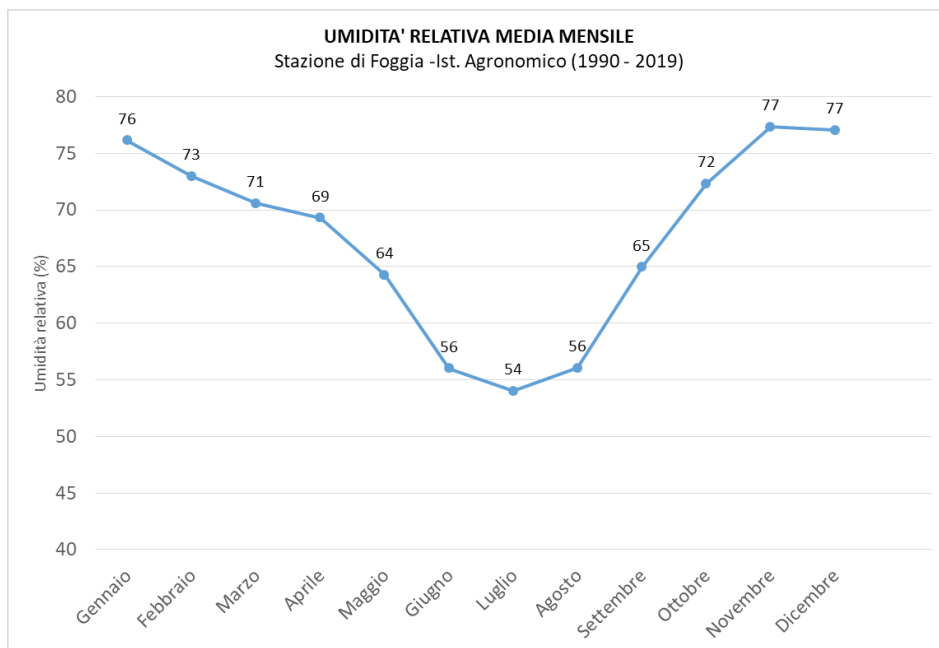


Fig.12 Andamento dell'umidità relativa dell'aria (valori medi mensili). Stazione di Foggia - Istituto agronomico (1990÷2019)

ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1990	>>	>>	>>	69	65	58	56	59	63	>>	74	82
1991	77	74	77	73	66	58	61	59	66	71	76	69
1992	77	70	68	67	66	63	61	57	62	67	77	79
1993	>>	69	68	64	64	56	51	51	>>	66	77	72
1994	77	79	67	>>	58	55	56	52	>>	70	77	76
1995	70	69	70	>>	61	56	56	66	>>	69	75	82
1996	83	73	75	67	65	56	54	61	67	73	72	80
1997	80	71	66	>>	57	>>	54	59	63	72	82	78
1998	80	71	66	>>	>>	56	>>	59	64	65	75	76
1999	75	66	66	66	62	55	>>	>>	>>	70	75	72
2000	76	74	68	73	70	60	53	>>	>>	77	77	75
2001	76	71	63	64	63	49	52	54	63	71	71	71
2002	69	71	69	71	67	57	61	67	>>	72	73	81
2003	73	75	68	67	60	>>	52	53	67	68	77	78
2004	67	65	68	>>	>>	>>	54	55	66	67	73	76
2005	74	71	73	65	59	56	54	62	69	78	78	73
2006	78	69	70	69	60	53	55	58	66	71	71	79
2007	71	73	73	>>	59	54	>>	51	>>	>>	>>	76
2008	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
2009	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
2010	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	77	73
2011	81	72	74	67	63	55	53	45	>>	66	80	70
2012	67	74	63	>>	57	41	44	44	63	>>	>>	75
2013	>>	74	72	66	64	54	>>	>>	57	77	79	81
2014	79	76	73	77	65	59	59	54	72	77	79	79
2015	75	78	78	65	60	56	45	59	55	80	81	86
2016	75	75	81	72	70	63	56	60	76	82	82	79
2017	80	78	70	73	68	53	46	42	64	69	79	74
2018	83	84	79	75	77	66	56	64	65	82	90	85
2019	83	74	70	76	79	56	55	55	67	77	84	82
MEDIA MENSILE	76	73	71	69	64	56	54	56	65	72	77	77

Tab.15- Umidità relativa media mensile e annua registrata alla stazione igrometrica di Foggia (1990÷2019)

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

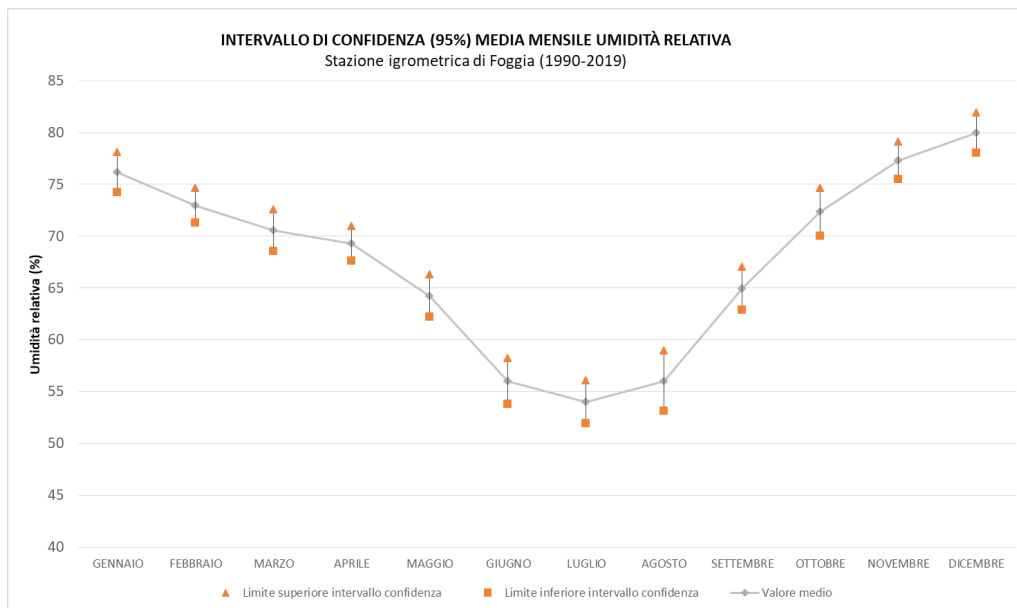


Fig.13 Intervallo di confidenza al 95% per la media mensile di umidità. Stazione di Foggia

	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
LIMITE SUPERIORE (cent)	78,1	74,7	72,6	71,0	66,3	58,2	56,1	58,9	67,0	74,6	79,1	81,9
LIMITE INFERIORE (cent)	74,2	71,3	68,6	67,6	62,2	53,8	51,9	53,1	62,9	70,1	75,5	78,1
VALORE MEDIO (cent)	76	73	71	69	64	56	54	56	65	72	77	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	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,5	1,1	1,2	0,9	1,0

Tab.16 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 di De Martonne e quello termopluviometrico di Walthers 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

I risultati dell'elaborazione dell'indice di aridità di De Martonne, riportati graficamente in Fig.14 e in tab.17 e 18, evidenziano per la stazione di Orta Nova come, nel periodo considerato (1990÷2019), esso sia variato da un minimo di 10,2 a un massimo di 25,4, oscillando tra valori compresi tra quelli tipici del clima semiarido e quelli del clima subumido.

L'analisi cronologica dei dati e la relativa stima di tendenza nel tempo, espressa dal calcolo della retta di regressione, evidenziano un evidente 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.

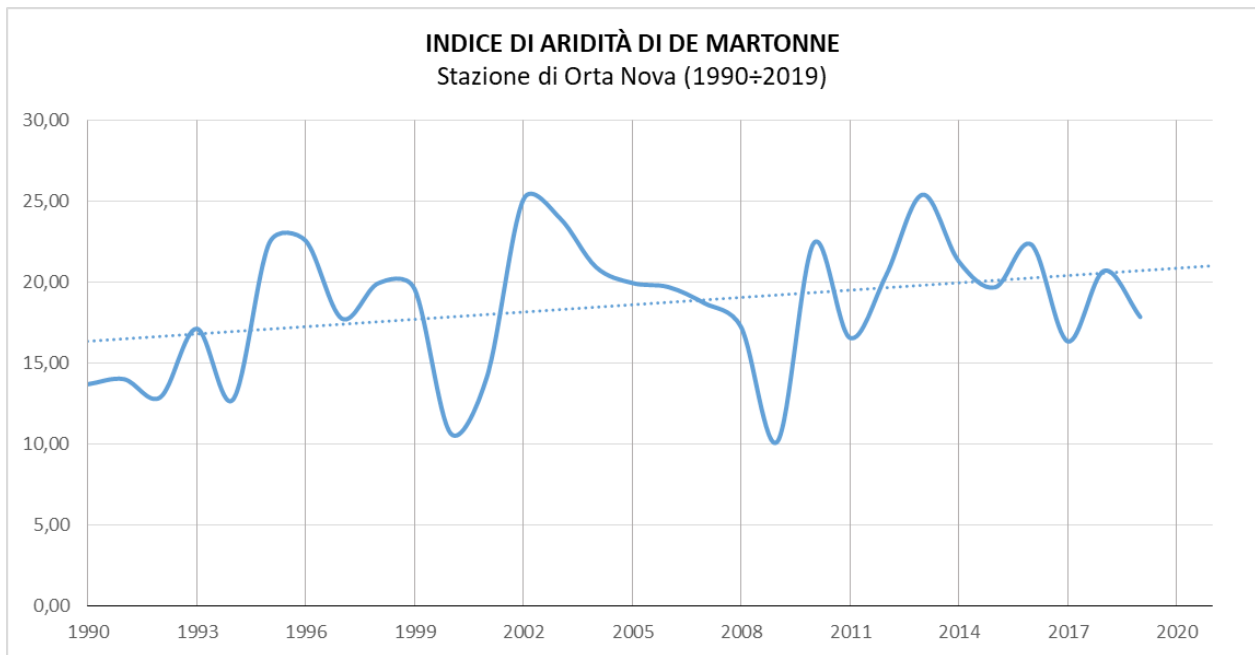


Fig. 14 Andamento dell'indice di aridità di De Martonne per la stazione termopluviometrica di Orta Nova

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 ARIDITA'	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
INDICE DI ARIDITA'	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

Tab. 17 Indice di aridità di De Martonne per la stazione termopluviometrica di Orta Nova (1990÷2019)

	CLASSI INDICE DI ARIDITA'					
	0-5	5-15	15-20	20-30	30-60	>60
FREQUENZA NEL PERIODO DI OSSERVAZIONE	0,00	7,00	12,00	11,00	0,00	0,00

Tab.18 - Frequenza di distribuzione dell'indice di De Martonne nel periodo di riferimento (30 anni)

Diagramma climatico di Walter e Leith

Nella fig.15 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÷2019).

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.

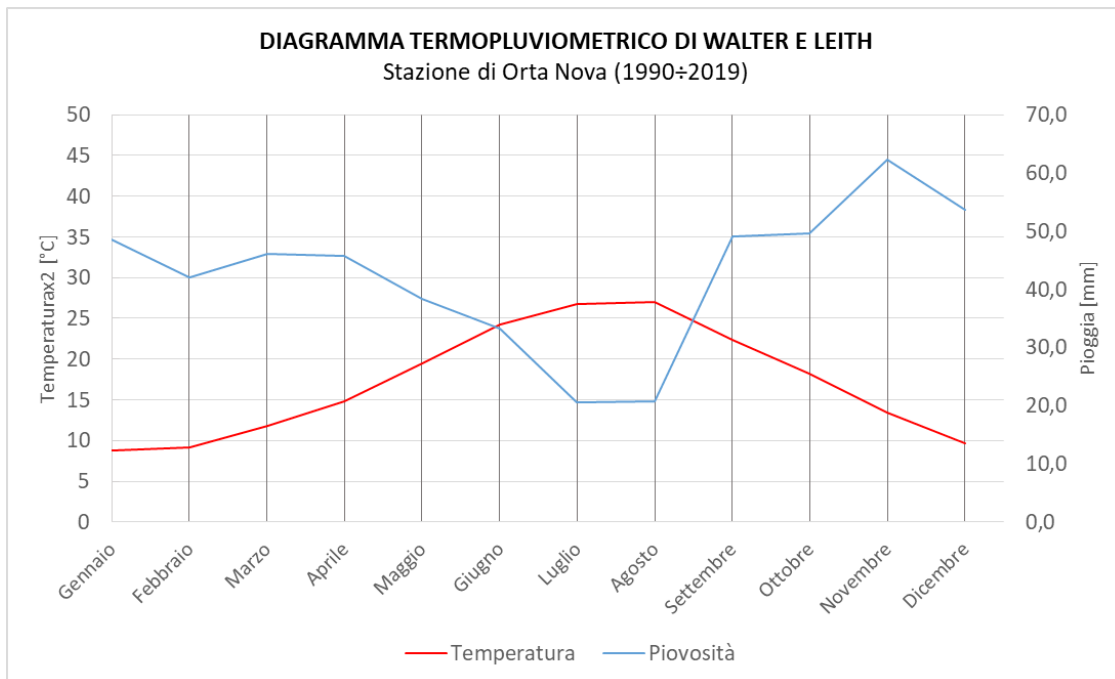


Fig.15 Diagramma climatico di Walter e Leith

5. CONCLUSIONI

L'analisi effettuata ha evidenziato, per il sito di progetto, delle caratteristiche climatiche tipiche del clima temperato piovoso (mesotermico umido) con estate asciutta, ascrivibile alla categoria Cs della classificazione di Köppen. Lo contraddistinguono una stagione estiva siccitosa, con precipitazioni medie inferiori ai 30 mm e temperature medie massime di circa 32 °C, e una piovosità concentrata nei mesi autunnali e invernali. Gli inverni sono miti, con temperature medie di 9°. La piovosità media annua è di 504 mm.

L'umidità relativa media annua è di circa il 70%; essa è massima nel periodo autunnale e invernale e minima nella stagione estiva.

I venti sono generalmente poco o mediamente sostenuti e spirano prevalentemente dal quadrante nord-occidentale.