

 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Laboratori Nazionali di Frascati	<b>Laboratori Nazionali di Frascati</b>		 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Laboratori Nazionali di Frascati
		<b>DIVISIONE TECNICA E DEI SERVIZI GENERALI</b>	
Numero DT <i>DT Number</i>	Data <i>Date</i>	Pagina <i>Page</i>	
<b>DT-FLTN-2022-01-11</b>	<b>11 Gennaio 2022</b>	<b>1 di 15</b>	
Documento tipo / <i>Document type</i> <p style="text-align: center;"><b>TECHNICAL NOTE (TN)</b></p>			
Titolo / <i>Title</i> <p style="text-align: center;"><b>ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE</b></p>			
Autori (DT se non diversamente indicato) / <i>Authors (DT if non differently indicated)</i> G. Luminati <sup>1</sup>  <sup>1</sup> Laboratori Nazionali di Frascati - Via E. Fermi,40 -- I-00044 Frascati (Rome) Italy			
Indirizzo per comunicazioni / <i>Contact person</i> <a href="mailto:Gianluca.Luminati@lnf.infn.it">Gianluca.Luminati@lnf.infn.it</a>			
Parole chiave / <i>Keywords</i> Dati climatici, prestazioni energetiche, dry cooler, HVAC			
Riassunto / <i>Abstract</i>  <p>Questa nota tecnica riporta lo studio di serie meteorologiche di temperatura e umidità relativa della zona di Frascati con la finalità di ottenere un anno meteorologico di riferimento su base oraria utile per la simulazione operativa degli impianti di raffreddamento e HVAC dei Laboratori Nazionali di Frascati.</p>			
Nome file / <i>Filename</i>	Versione / <i>Version</i>	Distribuzione / <i>Distribution</i>	Visibilità / <i>Access</i>
<b>DT-FLTN-2022-01-11</b>	<b>1</b>	<b>DT</b>	<b>DESIGN</b>
Preparato / <i>Compiled</i>	Controllato / <i>Controlled</i>	Controllato / <i>Controlled</i>	Approvato / <i>Approved</i>
<b>Gianluca Luminati</b>	<b>Ruggero Ricci</b>	<b>Sergio Cantarella</b>	<b>Ugo Rotundo</b>
10 Gennaio 2022			12/01/2022





	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / <i>Number</i>	Data / <i>Date</i>	Pagina / <i>Page</i>
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	4 di 15

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>I DATI METEOROLOGICI.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI DATI SCELTI.....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>ANNI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>SVILUPPI.....</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>14</b>

	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / <i>Number</i>	Data / <i>Date</i>	Pagina / <i>Page</i>
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	5 di 15

## 1. INTRODUZIONE

La progettazione e la gestione di impianti di raffreddamento e condizionamento passano anche attraverso la conoscenza degli andamenti climatici della zona di installazione.

Con l'analisi climatica si individuano tali andamenti riferendosi ad una serie temporale di dati meteo, cioè un insieme di dati costituiti da una sequenza ordinata di misure di un determinato fenomeno meteorologico. In particolare, si farà riferimento a serie costituite da osservazioni su base oraria di Temperatura e Umidità relativa di stazioni meteo limitrofe ai Laboratori Nazionali di Frascati.

Prima di tutto sono state eseguite delle analisi di base sui dati con l'obiettivo di arrivare a definire le caratteristiche qualitative della serie di dati con cui si lavora. Successivamente lo studio dei dati meteo ha portato alla costruzione di un anno di riferimento su base oraria, chiamato mediano, alternativo a quelli proposti dalle norme, utile per la simulazione degli impianti di raffreddamento.

## 2. I DATI METEOROLOGICI

I dati di interesse per il presente studio sono Temperatura e Umidità relativa. La richiesta di tali dati è stata inoltrata ai seguenti enti:

1. Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC)<sup>1</sup>
2. Servizio Integrato Agrometeorologico della Regione Lazio (SIARL)<sup>2</sup>

Sono stati reperiti i dati grezzi dal CNR e dal SIARL, rispettivamente per i periodi 2010-2017 (zona Tor Vergata, ROMA) e 2016-2020 (zona Frascati). I dati si presentavano in formato .csv che è stato possibile caricare su fogli di calcolo Excel tramite il quale si è proceduto prima alla messa in ordine e poi all'analisi vera e propria.

Inoltre, è stato reperito il Test Reference Year (TRY) per la zona Ciampino.

### 2.1 Descrizione qualitativa della serie di dati

Per descrivere qualitativamente le caratteristiche delle serie di dati si è utilizzata una metodologia proposta dall'ISPRA:

- *analisi esplorativa* o analisi visuale dei dati.
- *descrizione statistica* di base: lunghezza, frequenza, continuità e completezza.

### Analisi esplorativa

Permette di evidenziare immediatamente importanti aspetti, quali dati mancanti o eventuali valori anomali della serie. Viene mostrato di seguito il Time Plot di temperatura che costituisce il grafico cronologico con cui si manifesta nel tempo la grandezza, per le due serie meteorologiche.

<sup>1</sup> Stazione CNR-ISAC Roma, Tor Vergata - 100 m. slm - Apparati: Davis Vantage PRO 2

<sup>2</sup> Stazione Frascati, Prata Porci - 164 m. slm - Apparati: Siap+Micros

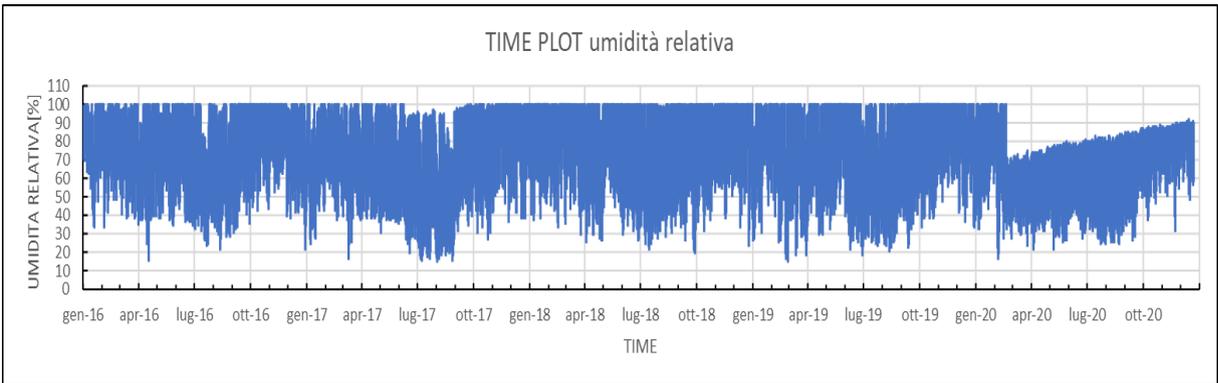
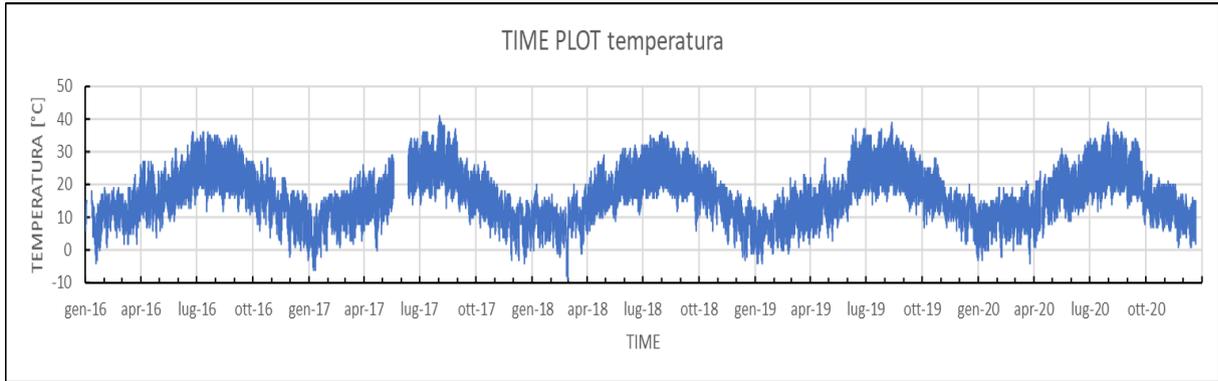


Figura 2.1.1: Time Plot di temperatura e umidità relativa serie di dati SIARL (Frascati) 2016-2020

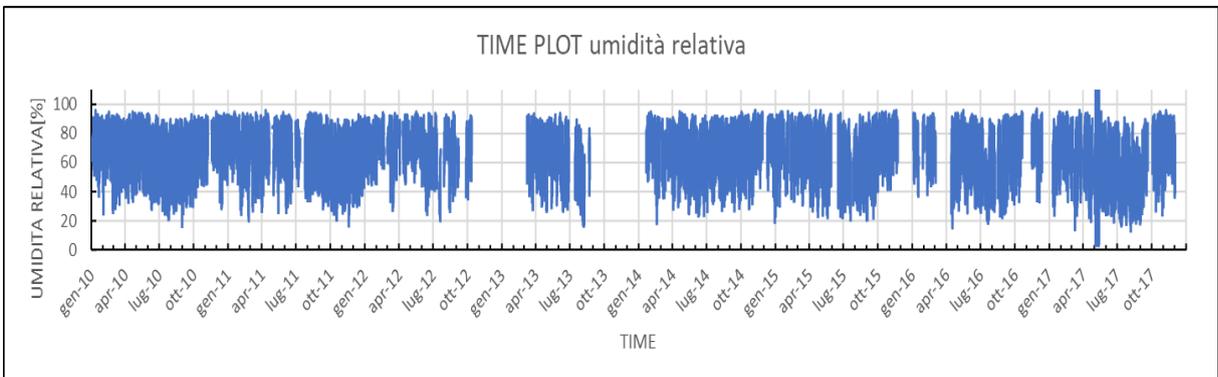
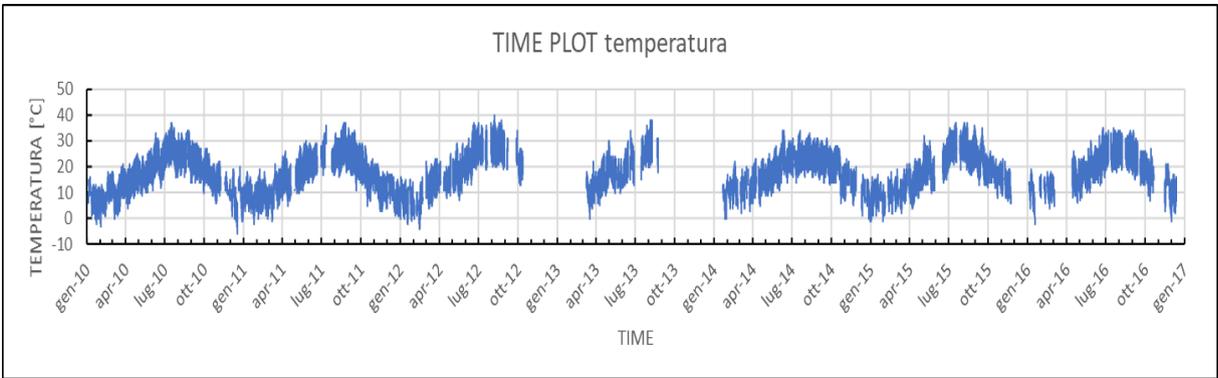


Figura 2.1.2: Time Plot di temperatura e umidità relativa serie di dati CNR (Tor Vergata) 2010-2017

## Descrizione statistica di base

### - Lunghezza

$$lunghezza = anno\ di\ fine\ rilevamento - anno\ di\ inizio\ rilevamento \quad (2.1)$$

### - Frequenza

n° di dati rilevati in un anno. Su base oraria si hanno 8760 dati.

### - Continuità

Una serie con tutti i dati validi avente il numero massimo di dati ha un indice di continuità pari ad 1. Una serie che, invece, presenta un dato valido alternato ad un dato mancante, ha un indice pari a 0.

$$continuità = 1 - 2 \frac{n^{\circ} intervalli\ di\ dati\ mancanti}{n^{\circ} massimo\ di\ intervalli} \quad (2.2)$$

### - Completezza

Dati validi rispetto al n° massimo di dati

$$completezza = \frac{n^{\circ} di\ dati\ validi}{n^{\circ} massimo\ di\ dati} \quad (2.3)$$

Questa analisi preliminare dà delle indicazioni di carattere generale a livello macroscopico ed è utile, ad esempio, per confrontate serie temporali diverse. Nella tabella 2.1 si può apprezzare la differenza tra le serie; i dati forniti dal SIARL per il lustro 2016-2020 presentano una bassissima percentuale di dati mancanti e offrono elevati valori di continuità e completezza rispetto a quelli CNR, o rispetto all'unione delle due serie. Si è scelto quindi di utilizzare per le successive analisi la serie di dati del SIARL.

tipo di analisi	SIARL		CNR		CNR+SIARL	
	T	UR	T	UR	T	UR
lunghezza [anni]	5	5	8	8	11	11
frequenza [ore]	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760
n°max dati	43.800	43.800	70.080	70.080	96.360	96.360
n°dati presenti	42.689	43.535	46.962	46.951	77.941	78.765
% dati presenti	97	99	67	67	81	82
n°dati mancanti	1.111	265	23.118	23.129	18.419	17.595
% dati mancanti	3	1	33	33	19	18
continuità	0,95	0,99	0,34	0,34	0,62	0,63
completezza	0,95	0,99	0,67	0,67	0,81	0,82

Tabella 2.1: Confronto qualitativo delle serie di dati meteorologici.

### 3. CARATTERISTICHE DEI DATI SCELTI

Partendo dalla serie dati SIARL si passa ad una analisi più specifica e mirata dei valori. Le tipologie di analisi che si possono fare con un set di dati meteorologici sono molteplici; si può ad esempio organizzare i dati mensilmente attraverso il calcolo degli indici di posizione delle temperature, come propone la norma tecnica UNI 10349; a titolo informativo viene aggiunta anche la percentuale di dati a disposizione. Le seguenti tabelle riassumo quanto detto:

2016	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
% DATI TOT	73%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MEDIA [°C]	8	12	11	16	18	22	26	25	21	17	13	8
MAX [°C]	18	19	26	27	31	36	36	35	35	28	22	18
MIN [°C]	-4	1	2	4	6	13	12	12	11	4	-2	-3

2017	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
% DATI TOT	100%	100%	100%	100%	61%	61%	100%	100%	100%	100%	99%	100%
MEDIA [°C]	6	11	13	15	19	25	26	27	19	16	11	7
MAX [°C]	16	18	26	25	29	34	38	41	28	27	20	16
MIN [°C]	-6	1	2	0	8	14	14	13	8	4	-3	-4

2018	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
% DATI TOT	100%	100%	100%	100%	61%	61%	100%	100%	100%	100%	99%	97%
MEDIA [°C]	10	6	11	16	19	22	25	24	21	18	13	8
MAX [°C]	20	17	20	29	31	32	36	36	33	27	21	18
MIN [°C]	0	-9	-1	5	9	11	16	12	6	6	1	-3

2019	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
% DATI TOT	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MEDIA [°C]	6	9	12	13	15	24	26	26	21	17	14	10
MAX [°C]	14	22	23	28	23	37	37	39	32	28	21	20
MIN [°C]	-4	-1	1	4	3	9	14	15	11	7	6	-3

2020	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
% DATI TOT	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	68%
MEDIA [°C]	8	10	10	14	19	21	25	26	21	15	12	9
MAX [°C]	16	19	21	24	31	33	39	37	34	24	21	17
MIN [°C]	-3	-2	-4	1	9	11	12	14	8	6	1	1

Tabella 3.1: Valori massimi, minimi e medi di temperature mensili della serie SIARL dal 2016 al 2020

#### 3.1. Corrispondenza tra temperatura e umidità relativa

La combinazione di temperatura e umidità relativa è un importante aspetto utile nella progettazione e gestione dei sistemi di condizionamento ma anche per l'utilizzo di torri evaporative e dry cooler con sezione adiabatica. Infatti, le prestazioni di tali macchine sono inversamente proporzionali alle temperature di bulbo umido <sup>3</sup>dell'aria ambiente. È quindi fondamentale osservare e non perdere la corrispondenza tra i due valori, per ogni ora di ogni giorno.

Si mostra nel seguente grafico come si presenta l'andamento di temperatura a bulbo asciutto, bulbo umido e umidità relativa di un giorno estivo dell'anno 2020:

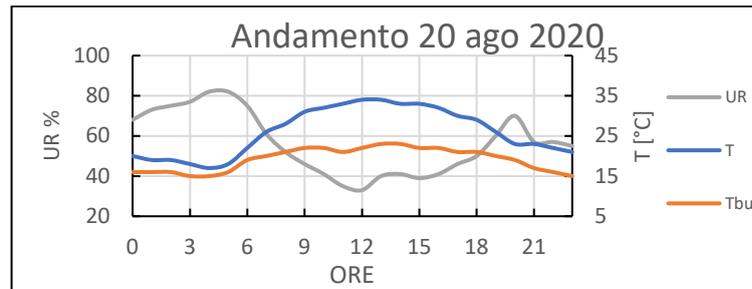


Figura 3.1.1: andamento di un giorno estivo del 2020 di T, Tbu e UR

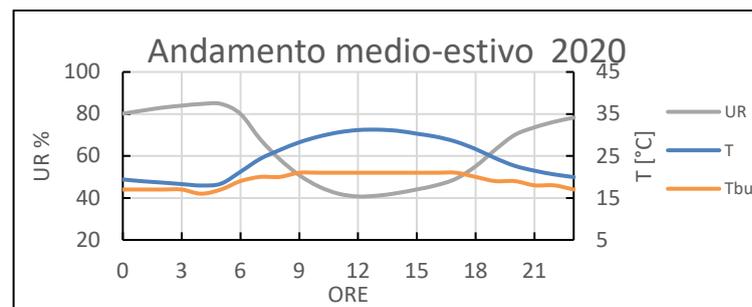


Figura 3.1.2: andamento medio-estivo del 2020 di T, Tbu e UR.

Come si nota temperatura e umidità relativa sono sempre sfasate. Sono rare alle nostre latitudini le occasioni in cui si presentano temperature a bulbo umido maggiori di 25 gradi. Tali condizioni infatti sono da attribuire ad eventi straordinari che possono ridursi a poche ore durante l'anno in concomitanza di anticicloni subtropicali estivi; una considerevole quantità di ore con  $T_{bu} \geq 25 \text{ °C}$  può addirittura far pensare ad errori degli strumenti di misura. Nel grafico sottostante si riportano le massime temperature a bulbo umido registrate per ogni ora del giorno di tutti gli anni della serie in possesso:

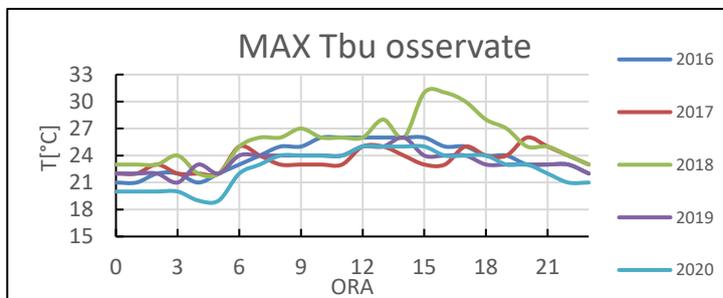


Figura 3.1.3: Massime Tbu osservate per ogni ora di ogni anno

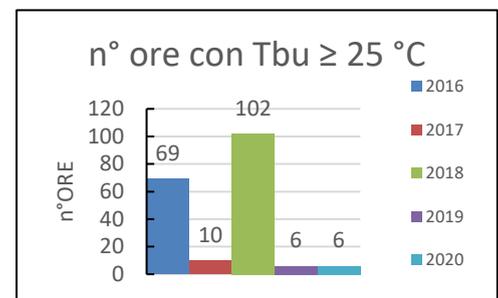


Figura 3.1.4: n° ore con Tbu  $\geq 25 \text{ °C}$

<sup>3</sup> Per i calcoli della temperatura a bulbo umido è stato utilizzato il database open source CoolProp.

	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / <i>Number</i>	Data / <i>Date</i>	Pagina / <i>Page</i>
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	10 di 15

#### 4. ANNI DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche propongono diverse strade per definire anni climatici utili per i calcoli energetici. A tal proposito si citano:

- UNI 10349-2016 per il raffrescamento e riscaldamento di edifici. Tale norma fornisce i dati climatici convenzionali (medie mensili) e si riferisce a dati che riguardano 110 stazioni di rilevamento. A partire da questi dati si può risalire, per via indiretta (tramite metodologia di calcolo esplicita nella norma stessa) a tutte le località del territorio nazionale.
- UNI EN ISO 15927-4 che descrive un metodo per la costruzione di un anno caratteristico su base oraria per la stima del consumo energetico. Con essa infatti viene ricavato il Test Reference Year per le località di interesse, se si dispone dei dati orari.

Si ricorda che tali norme sono rappresentative della media della zona di interesse e non possono essere usate nel dimensionamento di impianti, per i quali sono necessari dati vicini agli estremi.

##### 4.1. Anno di riferimento mediano

La scelta di utilizzare dati nativi della zona di Frascati e proporre la costruzione di un anno di riferimento *mediano*, alternativo a quelli delle norme, nasce, principalmente da tre motivazioni:

1. Necessità di dati che rispecchino più fedelmente possibile gli andamenti climatici della zona; utilizzare dati del posto permette di osservare i valori estremi tipici effettivi (utili per i dimensionamenti).
2. Per la costruzione di un Test Reference Year, come da norma, si necessita di almeno 15 anni di serie storiche complete (non sempre facili da reperire) e attualmente non disponibili per Frascati. Inoltre si è osservato che i TRY tendono ad appiattire fortemente i valori estremi.
3. Utilizzare l'indice di posizione mediana permette di avere risultati svincolati dal peso dei valori estremi, a differenza di come avviene, invece, con l'utilizzo della media. Questo favorisce l'eliminazione di eventuali valori anomali estremi.

Per la costruzione dell'anno mediano su base oraria si è utilizzata la serie SIARL per la quale sono stati sostituiti i valori medi della serie stessa al posto dei valori mancanti (minori del 3% su ogni anno), in modo da avere per ogni anno una serie costituita da 8760 ore. Inoltre tutti i valori delle serie sono stati arrotondati come numeri interi. La costruzione è di fatto di semplice realizzazione e conserva gli andamenti orari di temperatura e umidità relativa che si riscontrano durante ogni giorno. Di seguito si riporta, come esempio, un estratto per le temperature di un tipico giorno estivo:

Giorno	ora	2016 T[°C]	2017 T[°C]	2018 T[°C]	2019 T[°C]	2020 T[°C]	mediana T[°C]
20-8	0	19	21	19	21	20	20
20-8	1	20	21	20	19	19	20
20-8	2	20	20	18	19	19	19
20-8	3	19	21	18	19	18	19
20-8	4	18	20	17	18	17	18
20-8	5	18	21	17	18	18	18
20-8	6	20	23	19	21	22	21
20-8	7	25	25	23	26	26	25
20-8	8	28	27	26	28	28	28
20-8	9	30	29	28	31	31	30
20-8	10	31	30	31	32	32	31
20-8	11	32	32	32	34	33	32
20-8	12	33	32	33	35	34	33

Figura 4.1.1: calcolo mediana per ogni ora per ogni anno

Per fare un confronto tra i dettagli principali dei dati reali in possesso e gli anni di riferimento, medio, mediano e Test Reference Year (zona Ciampino) si mostra la seguente tabella:

Tipo di analisi	2016	2017	2018	2019	2020	Medio	Mediano	TRY
% dati	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
T media [°C]	16,5	16	16,2	16,1	15,9	16,1	16,2	15,3
T max[°C]	36	41	36	39	39	36	36	34
n°ore con T ≥ 30 °C	611	612	445	680	597	547	593	184
n°ore con T ≥ 35 °C	49	142	18	91	78	14	20	0
Tbu max [°C]	26	28	32	26	25	25	26	26
n°ore con Tbu ≥ 25 °C	69	10	102	6	6	1	3	24

Figura 4.1.2: Confronto tra anni reali (con dati mancanti ricostruiti) e anni di riferimento medio, mediano e TRY (Ciampino)

Risulta evidente che l'anno mediano trova un buon compromesso statistico tra i 5 anni reali e l'anno di riferimento TRY(zona Ciampino). L'utilizzo dell'anno mediano può quindi rappresentare una buona alternativa come anno di riferimento per le simulazioni energetiche per la zona di Frascati.

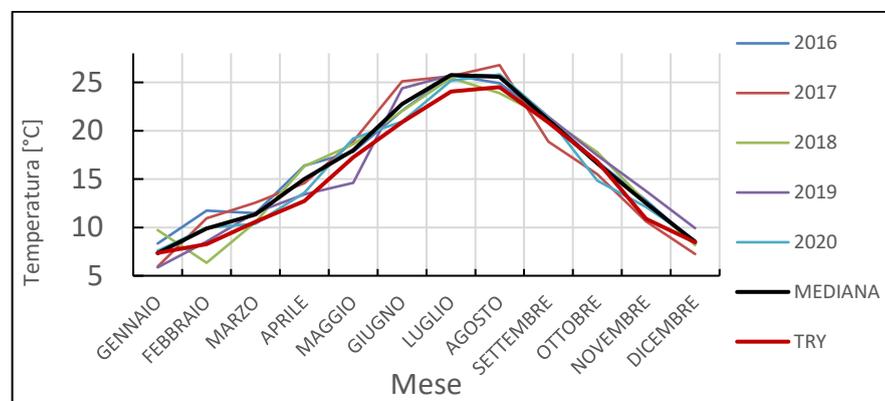


Figure 4.1.3: Confronto tra andamenti degli anni reali (con dati mancanti ricostruiti), l'anno mediano e il TRY ( Ciampino)

#### 4.2. BIN orari dell'anno mediano

La norma tecnica 11300-4 2016 prevede l'utilizzo del metodo bin quando l'efficienza dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento è significativamente influenzata dalle temperature dell'aria esterna e dalla temperatura di mandata dell'acqua (in particolare si riferisce a pompe di calore aria-acqua). Il Bin è un intervallo di temperatura al quale è associato il n° di ore mensili; tale intervallo è di 1°C.

Se si dispone di dati orari nell'anno, si possono ottenere 8760 intervalli Bin di temperatura distribuiti per ogni mese. Nelle seguenti tabelle 4.2.1 e 4.2.2 è riassunto quanto detto rispettivamente per temperature a bulbo asciutto e per temperature a bulbo umido dell'anno di riferimento mediano; i dati contenuti nelle tabelle sono pronti all'uso per i calcoli energetici stazionari nella zona di Frascati:

	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / Number	Data / Date	Pagina / Page
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	12 di 15

T [°C]	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	tot ore
-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	14
1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	31
2	25	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	49
3	58	15	3	0	0	0	0	0	0	0	4	29	109
4	73	19	5	0	0	0	0	0	0	0	4	30	131
5	83	34	11	0	0	0	0	0	0	0	10	44	182
6	77	65	33	4	0	0	0	0	0	0	11	69	259
7	83	73	63	10	0	0	0	0	0	4	22	80	335
8	66	67	105	20	0	0	0	0	0	6	26	80	370
9	50	38	74	46	3	0	0	0	0	6	51	64	332
10	41	64	68	51	5	0	0	0	0	19	73	62	383
11	54	53	51	43	10	0	0	0	8	32	73	65	389
12	53	49	45	70	33	2	0	0	6	42	101	52	453
13	32	47	41	57	68	2	0	0	8	70	70	56	451
14	24	61	52	52	83	11	0	0	17	92	64	38	494
15	6	51	56	35	61	22	0	0	21	75	75	27	429
16	1	24	62	41	47	41	5	0	37	59	45	1	363
17	0	8	31	36	46	50	22	7	78	51	37	0	366
18	0	0	16	60	47	63	27	33	88	36	24	0	394
19	0	0	15	47	46	56	60	59	55	38	23	0	399
20	0	0	10	66	55	41	75	80	43	44	7	0	421
21	0	0	2	50	47	30	45	65	45	46	0	0	330
22	0	0	0	23	68	35	34	42	40	52	0	0	294
23	0	0	0	9	50	33	33	39	37	44	0	0	245
24	0	0	0	0	39	41	38	22	45	24	0	0	209
25	0	0	0	0	26	47	15	39	43	4	0	0	174
26	0	0	0	0	8	59	32	27	37	0	0	0	163
27	0	0	0	0	2	35	28	27	32	0	0	0	124
28	0	0	0	0	0	42	36	29	33	0	0	0	140
29	0	0	0	0	0	28	40	36	29	0	0	0	133
30	0	0	0	0	0	31	52	43	14	0	0	0	140
31	0	0	0	0	0	22	50	53	4	0	0	0	129
32	0	0	0	0	0	24	77	71	0	0	0	0	172
33	0	0	0	0	0	5	44	49	0	0	0	0	98
34	0	0	0	0	0	0	22	12	0	0	0	0	34
35	0	0	0	0	0	0	7	9	0	0	0	0	16
36	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760

Tabella 4.2.1: BIN orari di temperatura dell'anno mediano per Frascati

T [°C]	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	tot ore
-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	12
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	23
1	22	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	13	38
2	45	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	26	89
3	61	17	1	0	0	0	0	0	0	0	4	42	125
4	86	50	13	2	0	0	0	0	0	0	7	39	197
5	125	59	38	5	0	0	0	0	0	0	12	56	295
6	97	76	102	20	0	0	0	0	0	5	18	92	410
7	111	72	116	20	0	0	0	0	0	2	28	97	446
8	60	74	89	50	2	0	0	0	0	12	38	79	404
9	60	100	110	88	9	0	0	0	0	20	57	107	551
10	43	84	73	57	13	0	0	0	6	21	90	102	489
11	22	77	87	94	34	0	0	0	7	35	127	42	525
12	1	32	65	90	81	5	2	0	7	58	131	17	489
13	2	17	29	117	120	10	3	0	15	92	93	5	503
14	0	0	13	95	113	33	10	0	18	101	39	0	422
15	0	0	1	58	122	59	27	11	35	129	36	0	478
16	0	0	0	22	117	89	60	56	89	101	24	0	558
17	0	0	0	2	71	100	61	70	125	90	12	0	531
18	0	0	0	0	46	110	80	84	137	52	3	0	512
19	0	0	0	0	16	114	107	115	120	21	1	0	494
20	0	0	0	0	0	99	118	99	88	2	0	0	406
21	0	0	0	0	0	72	116	142	55	3	0	0	388
22	0	0	0	0	0	24	90	115	17	0	0	0	246
23	0	0	0	0	0	5	55	42	1	0	0	0	103
24	0	0	0	0	0	0	12	10	0	0	0	0	22
25	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760

Tabella 4.2.2: BIN orari di temperatura a bulbo umido dell'anno mediano per Frascati

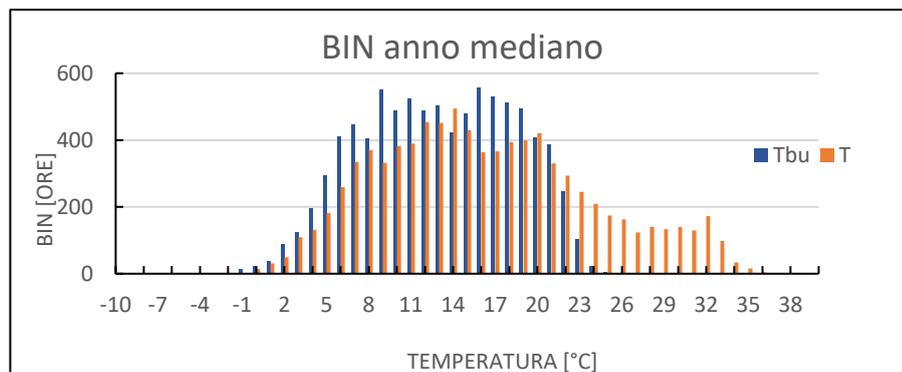


Figure 4.2.1: n° BIN tra T e Tbu

	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / <i>Number</i>	Data / <i>Date</i>	Pagina / <i>Page</i>
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	14 di 15

## 5. SVILUPPI

La ricerca di dati meteorologici per la zona di Frascati ha dato come risultato una mancanza di serie storiche, ben dettagliate su base oraria, prima del 2016. La stazione meteo SIARL situata in zona Prataporci, Frascati, è attiva dal 2016 e sarà di riferimento per gli anni a venire, data la vicinanza ai Laboratori e la qualità dei dati. La praticità del calcolo dell'anno mediano consente di aggiornare facilmente la serie, ogni anno, con i nuovi dati. Inoltre si possono richiedere anche dati climatici quali irradiazione solare e velocità del vento e col passare degli anni si potrà quindi arricchire il set di dati utili ai fini energetici e ci sarà la possibilità anche di realizzare un Test Reference Year per Frascati utilizzando le indicazioni delle norme.

STAZIONE: FRASCATI	LOCALITÀ: PRATAPORCI	
Data Logger: DA9000 Siap+Micros	Temp. Terreno -10: TP003 Silimet	
Palo Anemometrico: 3 m	Temp. Terreno -30: TP003 Silimet	
Velocità Vento: N. D.	Bagnatura Foglia: BF001 Silimet	
Direzione Vento: N. D.	Evaporimetro: N. D.	
Vel. Dir. Combinato: TVDV-N Siap	Livello Ultrasonico: N. D.	
Temp. Umidità: TU 019-Silimet	Vel. Vento_vasca: N. D.	
Pioggia: 1000cmq Silimet	Modulo Fotovoltaico: 1x50 Watt	
Barometro: PR001 Silimet	Batteria Ah: 38 Ah	
PAR: RG039 Silimet	Regolatore Carica: interno	
Radiometro: RG030 Silimet		
Time Domain Reflectometer: N. D.		



codice stazione  
RM12SIE

X\_LON: 12.69361  
Y\_LAT: 41.83695  
ALTITUDINE: 155  
RETE: 5

Trasmissione dati:  
GPRS-FTP

Figure 5.1: Stazione meteo SIARL, località Prataporci, Frascati

## 6. CONCLUSIONI

In questo studio sono stati ricercati dati climatici nella zona di Frascati con lo scopo di avere a disposizione temperature e umidità relative che rispecchiassero il più possibile le condizioni di lavoro degli impianti di condizionamento e raffreddamento all'interno dei Laboratori Nazionali di Frascati. La ricerca ha fornito due diverse serie storiche su base oraria di dati: una del CNR (Tor Vergata) e l'altra SIARL (Frascati). È stato quindi necessario confrontare le due serie analizzandone qualitativamente la struttura, in termini di dati mancanti, continuità e completezza. Successivamente, non avendo a disposizione un vasto set di dati per la realizzazione di un Test Reference Year, come richiesto dalle norme tecniche, si è pensato di costruire un anno di riferimento mediano su base oraria: costruito con la mediana ora per ora di ogni anno a disposizione. I risultati mostrano che l'anno mediano trova un buon compromesso statistico tra gli anni reali e quelli proposti dalle normative. Esso può quindi essere impiegato per i calcoli di simulazione energetica degli impianti. Inoltre utilizzare dati nativi del luogo consente di osservare i valori estremi e dimensionare gli impianti più efficacemente.

	ANALISI CLIMATICA E COSTRUZIONE ANNO DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI ENERGETICHE	DT Numero / <i>Number</i>	Data / <i>Date</i>	Pagina / <i>Page</i>
		DT-FLTN-2022-01-11	11 Gen 2022	15 di 15

## BIBLIORAFIA

- [1] UNI EN ISO 15927-4:2005. *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 4: Dati orari per la valutazione del fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e il raffrescamento*
- [2] UNI 10349-3:2016. *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici*
- [3] UNI 11300:2016. *Prestazioni energetiche degli edifici.*
- [4] Servizio Integrato Agrometeorologico Regione Lazio (ARSIAL).
- [5] Istituto di Scienze Dell'atmosfera e del Clima (ISAC-CNR).
- [6] Citterio, M (2009). *Metodologia per l'elaborazione dei dati climatici necessari per la progettazione degli impianti di riscaldamento degli edifici.* ENEA, Report RSE/2009/206
- [7] G. Braca, M. Bussentini, B. Lastoria, S. Nariani. *Linee guida per le analisi statistiche di base di serie storiche di dati idrologici.* ISPRA, manuali e linee guida 84/13.
- [8] Mandurino, C., 2009. *Dati metereologici per applicazioni energetiche e ambientali (Dottorato di ricerca in Ingegneria energetica, nucleare e del controllo ambientale, 21 Ciclo).* Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna.
- [9] Bell, Ian H. and Wronski, Jorrit and Quoilin, Sylvain and Lemort, Vincent. *Pure and Pseudo-pure Fluid Thermophysical Property Evaluation and the Open-Source Thermophysical Property Library CoolProp.*