

|  |                                                          |
|--|----------------------------------------------------------|
|  | <p><b>InfraPRO</b><br/>Report Ispezione Termografica</p> |
|--|----------------------------------------------------------|

# INDICE

## **1 - INFORMAZIONI GENERALI SULL'IMPIANTO**

*1.1 TERMOGRAFICA CON DRONI*

*1.2 CRITERI DI INDAGINE*

*1.3 PROIEZIONE DELLE DIFFERENZE DI TEMPERATURA  
SULL'IRRADIAMENTO NOMINALE*

*1.4 CLASSIFICAZIONE DELLE ANOMALIE RISCONTRABILI*

*1.5 CONFIGURAZIONE CAMPIONAMENTO IMPIANTO*

## **2 - DETTAGLIO ANOMALIE**

*2.1 DETTAGLIO HOTSPOT*

*2.2 DETTAGLIO ALTRE ANOMALIE*

## **3 - HOT SPOT CAMPIONATI**

## **4 - ALTRE ANOMALIE CAMPIONATE**

## **5 - NOTE**

# 1. INFORMAZIONI GENERALI SULL'IMPIANTO

| Informazioni         | GR06     |
|----------------------|----------|
| Potenza:             | kWp      |
| Tipologia di modulo: |          |
| Numero di moduli:    | 952      |
| Cliente:             |          |
| Posizione impianto:  |          |
| Proprietà:           |          |
| Data ispezione:      | 17-12-24 |

## 1.1 TERMOGRAFIA CON DRONI

La termografia è una tecnica diagnostica non invasiva basata sull'utilizzo di apposite camere, sensibili ai raggi infrarossi, denominate termocamere. Lo scopo della termografia è misurare le temperature delle superfici di qualsiasi soggetto visivamente accessibile. La possibilità di "visualizzare" lo stato termico di un corpo mediante semplice inquadratura rende questa tecnica particolarmente adatta a controlli di manutenzione e indagini non invasive garantendo la massima sicurezza e risparmio energetico. Le anomalie termiche, infatti, sono quasi sempre manifestazione di altre anomalie più complesse da rilevare. La termografia con drone permette di diagnosticare queste anomalie in tempi brevissimi, senza entrare in contatto con l'oggetto di misura e quindi in condizioni di massima sicurezza. Naturalmente le misurazioni devono essere adeguatamente interpretate da personale esperto.

## 1.2 CRITERI DI INDAGINE

La metodologia di indagine termografica adottata definisce lo stato di un modulo fotovoltaico con hot spot ("hot spot") come "anomalo", la cui temperatura è superiore alla temperatura media del modulo stesso. In riferimento alla normativa **IEC TS 62446** sono previsti 3 Classi di anomalia (CoA):

| Classe di anomalia (CoA)                               | Raccomandazione                                                                                        |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 ( Nessuna Anomalia - OK)                             | Nessuna azione imminente                                                                               |
| 2 ( Anomalia termica - tA)                             | Controllarne la causa e, se necessario, correggerla in un periodo ragionevole                          |
| 3 ( Anomalia termica rilevante per la sicurezza - dtA) | Immediata interruzione dell'operatività, controllarne la causa e correggerla in un periodo ragionevole |

## 1.3 PROIEZIONE DELLE DIFFERENZE DI TEMPERATURA SULL'IRRADIAMENTO NOMINALE

Per l'estrapolazione della differenza di temperatura deve essere utilizzata la seguente formula:

$$\Delta T_{L2} = \left( \frac{\text{Load}_{L2}}{\text{Load}_{L1}} \right)^{1.5} \Delta T_{L1}$$

$\Delta T$ : è la differenza di temperatura tra componenti funzionanti e non funzionanti

$\text{Load}_{L2}$  : è il valore a carico nominale (condizione di carico 100%) a 1000 W/mq

$\text{Load}_{L1}$  : è il valore al carico effettivo a **1000 W/mq**

## 1.4 CLASSIFICAZIONE DELLE ANOMALIE RISCONTRABILI

| Categoria                                                                                                          | CoA | $\Delta T$ a 1000 W/m <sup>2</sup>                                                                           | Definizione e informazioni aggiuntive                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Moduli scollegati                                                                                                  | 2   | 2 K – 7 K (al 15 % di efficienza del modulo spesso 4 K – 6 K)                                                | La superficie del modulo è uniformemente surriscaldata. Il $\Delta T$ della scatola di giunzione è simile a quello dello stato operativo. È raccomandato il controllo del cablaggio, dell'inverter e del modulo.                                                                                                                          |
| Modulo in corto-circuito                                                                                           | 2   | Mediamente 2 K – 7 K sulla superficie del modulo (al 15 % di efficienza del modulo spesso 4 K – 6 K)         | Aspetto simile ad un modulo con vetro rotto (controllare la resistenza di isolamento), PID, difetti di cella e mismatch. Raccomandazioni: controllare il modulo ed il cablaggio.                                                                                                                                                          |
| Modulo cristallino con vetro frontale rotto                                                                        | 3   | Mediamente 0 K – 7 K sulla superficie del modulo                                                             | Attenzione alla perdita totale della resistenza di isolamento. Aspetto simile a moduli in corto-circuito, con PID, difetti di cella e mismatch. Talvolta solo difetti di cella e mismatch. Talvolta solo singole celle sono surriscaldate. Nelle prime settimane dopo la rottura un modulo con vetro rotto ha un aspetto termico normale. |
| Sottostringa in cortocircuito                                                                                      | 2   | Mediamente 2 K – 7 K più calda delle altre sottostringhe                                                     | Può essere facilmente confusa con rottura di celle, PID, difetti di cella o mismatch. Raccomandazione: controllare il modulo ed i diodi di bypass.                                                                                                                                                                                        |
| 1 Sottostringa in circuito aperto, perdita di connessione tra modulo e scatola di giunzione o connettore di cella  | 2   | Mediamente 2 K – 7 K più calda delle altre sottostringhe (al 15 % di efficienza del modulo spesso 4 K – 6 K) | Parte del modulo è uniformemente surriscaldata e la dissipazione termica del diodo di bypass è visibile. La differenza di temperatura sul vetro della scatola di giunzione differisce con la tipologia costruttiva.                                                                                                                       |
|                                                                                                                    | 3   |                                                                                                              | La perdita di contatto sulla connessione di una cella può portare ad un arco sulla superficie posteriore del modulo che va valutata con CoA = 3.                                                                                                                                                                                          |
| 2 Sottostringhe in circuito aperto, perdita di connessione tra modulo e scatola di giunzione o connettore di cella | 2   | Mediamente 2 K – 7 K più calda delle altre sottostringhe (al 15 % di efficienza del modulo spesso 4 K – 6 K) | Parte del modulo è uniformemente surriscaldata e la dissipazione termica del diodo di bypass è visibile. La differenza di temperatura sul vetro della scatola di giunzione differisce con la tipologia costruttiva.                                                                                                                       |
|                                                                                                                    | 3   |                                                                                                              | La perdita di contatto sulla connessione di una cella può portare ad un arco sulla superficie posteriore del modulo che va valutata con CoA = 3.                                                                                                                                                                                          |
| Singola cella con aumento di temperatura                                                                           | 2   | 10 K – 40 K di media sopra le altre celle                                                                    | La differenza di temperatura cresce con il carico, l'efficienza ed il numero di celle nella sottostringa. Le alte temperature sono per lo più causate da celle rotte. Può causare danno irreversibile alla cella, all'incapsulazione o ai diodi                                                                                           |

|                                                                           |     |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                           | 3   | >40 K di media sopra le altre celle                                                                           | di bypass. Controllare che il surriscaldamento non sia dovuto ad ombra, sporcizia o erba troppo alta.                                                                                                                                                                                          |
| Modulo con celle coperte da sporcizia                                     | 1   | Zona molta piovosa e con pochi gradi di sovratemperatura                                                      | La normale sporcizia come polvere o escrementi di uccelli sarà pulita dalla pioggia. Se invece la zona non è piovosa si raccomanda di pulire il modulo.                                                                                                                                        |
|                                                                           | 2   | Zona poco piovosa e con Delta T > 40 K                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modulo a film sottile con vetro frontale rotto                            | 3   | Mediamente 0 K – 7 K rispetto alla superficie del modulo (al 10 % di efficienza del modulo spesso 0 K – 44 K) | Attenzione alla perdita totale della resistenza di isolamento. Aspetto simile a moduli in corto-circuito, con PID, difetti di cella e mismatch. Talvolta solo singole celle sono surriscaldate. Nelle prime settimane dopo la rottura un modulo con vetro rotto ha un aspetto termico normale. |
| Resistenza di trasferimento in interconnessione in modulo a film sottile  | 2/3 | >10K                                                                                                          | La differenza cresce con il carico. È raccomandata la verifica da parte di un operatore termografico di livello 2.                                                                                                                                                                             |
| Resistenza di trasferimento in connessione di cella in modulo cristallino | 2/3 | >10K                                                                                                          | La differenza cresce con il carico. È raccomandata la verifica da parte di un operatore termografico di livello 2.                                                                                                                                                                             |

## 1.5 CONFIGURAZIONE CAMPIONAMENTO IMPIANTO

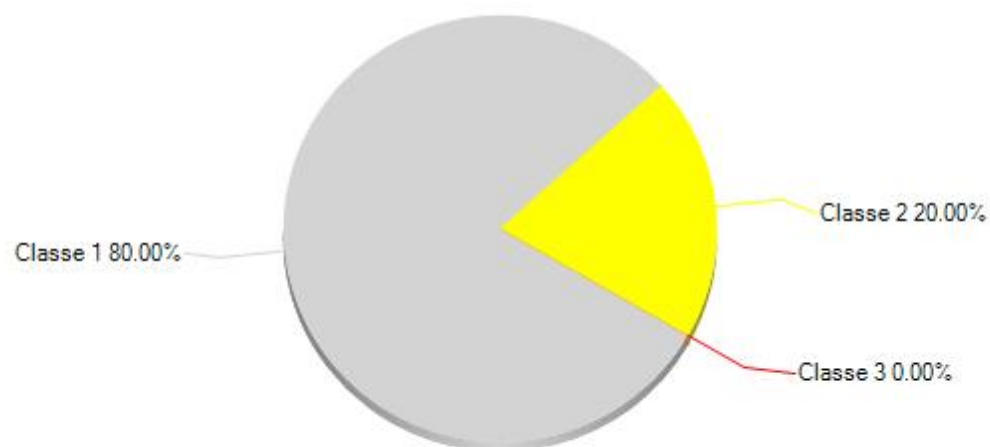
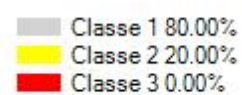
Ogni pannello dell'impianto è identificato da un ID univoco che si articola come segue:

**CodiceImpianto.Zona.Fila.Colonna** (es .: GR06.1.2.021)

## 2. DETTAGLI ANOMALIE

### 2.1 DETTAGLIO HOTSPOT

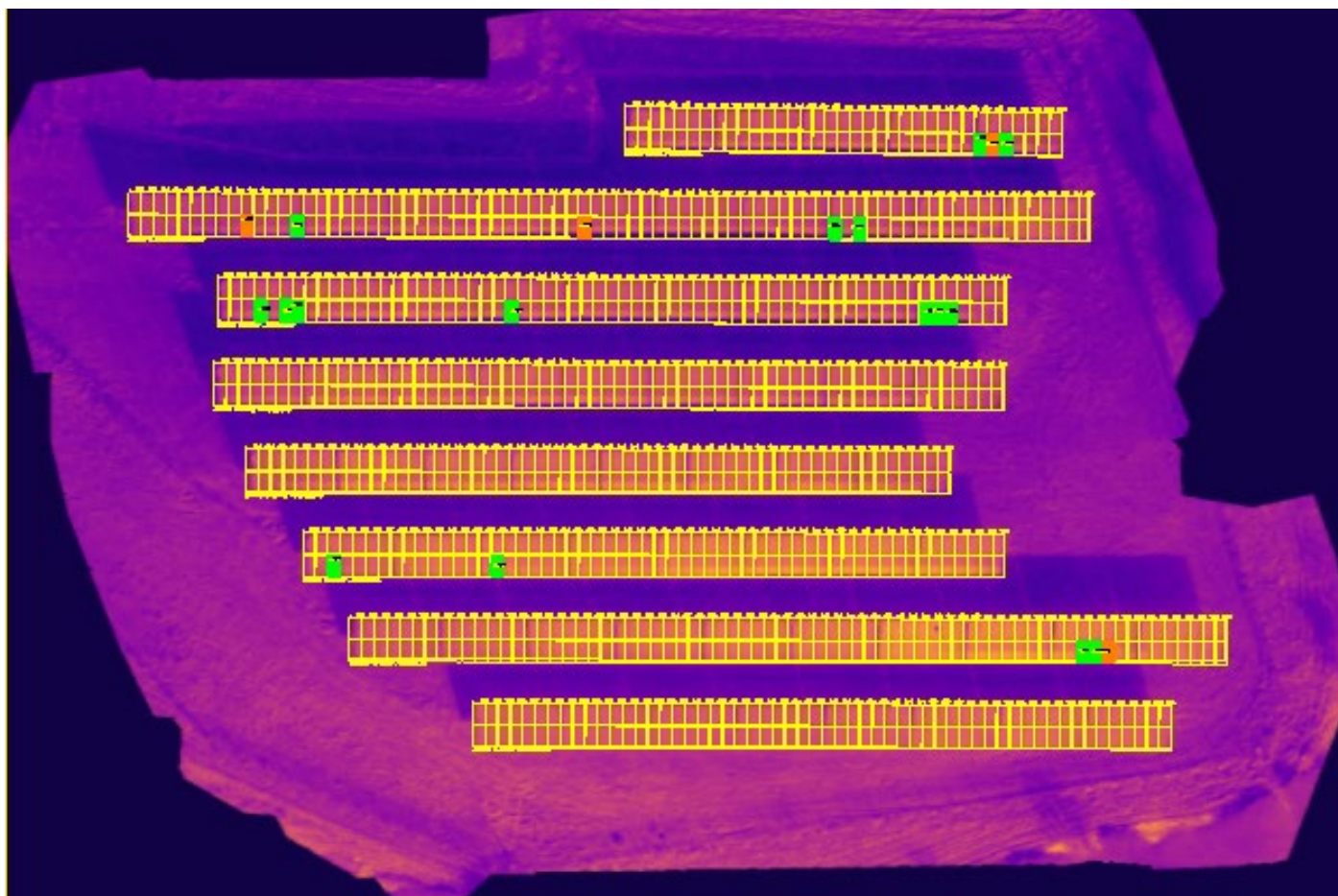
| SINTESI DEGLI HOTSPOT SUI MODULI |     |                     |                  |
|----------------------------------|-----|---------------------|------------------|
| Totale moduli analizzati         | 952 |                     |                  |
| Moduli con anomalia              | 20  | 2.10%               |                  |
| Anomalia di Classe 1             | 16  | 80.00% sui Campioni | 1.68% sul Totale |
| Anomalia di Classe 2             | 4   | 20.00% sui Campioni | 0.42% sul Totale |
| Anomalia di Classe 3             | 0   | 0.00% sui Campioni  | 0.00% sul Totale |



## 2.2 DETTAGLIO ALTRE ANOMALIE

| SINTESI DELLE ALTRE ANOMALIE SUI MODULI |     |                   |                  |
|-----------------------------------------|-----|-------------------|------------------|
| Totale moduli analizzati                | 952 |                   |                  |
| Moduli con anomalia                     | 0   | 0.00%             |                  |
| Anomalia di Classe 1                    | 0   | NaN% sui Campioni | 0.00% sul Totale |
| Anomalia di Classe 2                    | 0   | NaN% sui Campioni | 0.00% sul Totale |
| Anomalia di Classe 3                    | 0   | NaN% sui Campioni | 0.00% sul Totale |
| Anomalia di Classe 2/3                  | 0   | NaN% sui Campioni | 0.00% sul Totale |

### 3. HOT SPOT CAMPIONATI



| ID     | Riga | Col | HS°* | AVG°* | ΔT°* | CoA* | Nord         | Est           | Note |
|--------|------|-----|------|-------|------|------|--------------|---------------|------|
| Zone 2 |      |     |      |       |      |      |              |               |      |
| 1      | 2    | 059 | 28.8 | 23.7  | 5.1  | 1    | 618241.41905 | 4496986.27215 |      |
| 2      | 2    | 060 | 31.4 | 22.9  | 8.5  | 1    | 618242.53327 | 4496986.23428 |      |
| 3      | 2    | 061 | 38.1 | 22.6  | 15.5 | 2    | 618243.22541 | 4496986.22960 |      |
| Zone 3 |      |     |      |       |      |      |              |               |      |
| 4      | 2    | 003 | 26.1 | 20.8  | 5.3  | 1    | 618174.88287 | 4496994.40636 |      |
| 5      | 2    | 016 | 28.9 | 23.9  | 5    | 1    | 618189.52428 | 4496993.84821 |      |

|           |   |     |      |      |      |   |              |               |  |
|-----------|---|-----|------|------|------|---|--------------|---------------|--|
| Zone<br>6 |   |     |      |      |      |   |              |               |  |
| 6         | 2 | 004 | 20.9 | 17.5 | 3.4  | 1 | 618168.66362 | 4497016.58387 |  |
| 7         | 2 | 006 | 21.6 | 18   | 3.6  | 1 | 618170.81924 | 4497016.51185 |  |
| 8         | 2 | 007 | 24.7 | 17.9 | 6.8  | 1 | 618171.55003 | 4497016.99991 |  |
| 9         | 2 | 024 | 24.1 | 16.5 | 7.6  | 1 | 618191.00660 | 4497016.48754 |  |
| 10        | 2 | 057 | 23.1 | 16.4 | 6.7  | 1 | 618227.77975 | 4497016.38360 |  |
| 11        | 2 | 058 | 25.8 | 16.8 | 9    | 1 | 618228.56151 | 4497016.50241 |  |
| 12        | 2 | 059 | 24.1 | 16.3 | 7.8  | 1 | 618229.61764 | 4497016.39198 |  |
| Zone<br>7 |   |     |      |      |      |   |              |               |  |
| 13        | 2 | 010 | 29   | 17   | 12.1 | 2 | 618167.16182 | 4497024.52966 |  |
| 14        | 2 | 014 | 22.2 | 15.9 | 6.3  | 1 | 618171.55318 | 4497024.08574 |  |
| 15        | 2 | 037 | 25.5 | 15.3 | 10.2 | 2 | 618197.17207 | 4497024.07629 |  |
| 16        | 2 | 057 | 21.8 | 15.1 | 6.7  | 1 | 618219.16837 | 4497023.96342 |  |
| 17        | 2 | 059 | 25.4 | 15.9 | 9.5  | 1 | 618221.31411 | 4497023.93719 |  |
| Zone<br>8 |   |     |      |      |      |   |              |               |  |
| 18        | 2 | 029 | 24.4 | 17.8 | 6.6  | 1 | 618232.35173 | 4497031.79716 |  |
| 19        | 2 | 030 | 31.7 | 18.2 | 13.5 | 2 | 618233.23794 | 4497031.35308 |  |
| 20        | 2 | 031 | 23.7 | 17.8 | 5.9  | 1 | 618234.62700 | 4497031.33932 |  |

\*CoA: Classe di anomalia

\*HS: Temperatura Hot Spot

\*AVG: Temperatura Media pannello

\*ΔT: Differenza tra la Temperatura Hot Spot e la Temperatura Media del pannello



# 4. ALTRE ANOMALIE CAMPIONATE

| Elementi Anomali | CoA | Note |
|------------------|-----|------|
|                  |     |      |

## 5. NOTE

L'impianto fotovoltaico è diviso in 8 Zone.  
Sono stati campionati 20 Hot Spot.