

TRIBUNALE DI BOLOGNA

-oOoO-

Ricorso per accertamento tecnico preventivo ex articolo 690 c.p.c.

promosso da:

EVI s.r.l società agricola (Sig. Elvo Ricci) (avv. Elisa Negroni)

contro:

PROTESA S.p.a (Ing. Mauro Ferri) (Avv.ti Massimiliano Bovesi e Silvia Aquitani)

-oOo-

Riferimenti:

n° R.G.: 17350/2015

Giudice Istruttore.: Dott.ssa Elisabetta Candidi Tommasi

-oOo-

RELAZIONE TECNICA

DEL CONSULENTE TECNICO D'UFFICIO

DOTT. ING. Michele Ruggeri

1. INDICE GENERALE

	OGGETTO:	pag.
1.	INDICE GENERALE	2
2.	ELENCO ALLEGATI	3
3.	INTRODUZIONE	4
4.	ESAME DEGLI ATTI	6
5.	OPERAZIONI PERITALI	8
	5.1 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 21/01/2015	9
	5.2 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 04/02/2016	9
	5.3 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 02/03/2016	10
	5.4 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 18/03/2016	11
	5.5 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 30/03/2016	11
	5.6 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 14/04/2016	12
	5.7 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 04/05/2016	13
6.	RISPOSTE AL QUESITO	14
7.	OSSERVAZIONI SULLE NOTE DEI C.T.P	
	7.1 Osservazioni del C.T. di parte attrice	
	7.2 Osservazioni del C.T. di parte resistente	
8.	CONCLUSIONI	

2. ELENCO ALLEGATI

N°	DATA	OGGETTO
1	17/12/2015	Udienza del 17/12/2015 per la causa N.R.G. 17350/2015
2	19/01/2016	Richiesta autorizzazione nomina proprio ausiliario nella persona dell'ing. Alessandro Tolomelli.
3	01/02/2016	Autorizzazione del Giudice alla nomina del proprio ausiliario.
4	19/01/2016	Richiesta proroga di 60 gg.
5	13/01/2016	Verbale sopralluogo del 13/01/2016.
6	25/01/2016	Verbale sopralluogo del 25/01/2016.
7	04/02/2016	Verbale sopralluogo del 04/02/2016.
8	02/03/2016	Verbale sopralluogo del 02/03/2016.
9	18/03/2016	Verbale sopralluogo del 18/03/2016.
10	30/03/2016	Verbale sopralluogo del 30/03/2016.
11	14/04/2016	Verbale sopralluogo del 14/04/2016.
12	04/05/2016	Verbale sopralluogo del 04/05/2016.
13	04/05/2016	Tabella riassuntiva dei dati rilevati durante le operazioni peritali.
14	25/01/2016	Scheda tecnica del modulo solare installato, marca LDK
15	03/03/2016	Fotografie e immagini termocamera eseguite dall'ing.Tolomelli.
16	12/05/2016	Relazione termografica dell'ing. Alessandro Tolomelli
17	13/02/2016	Concessione proroga di 60 gg.

3. INTRODUZIONE

Il Giudice Istruttore del Tribunale Civile di Bologna, Dott.ssa Elisabetta Candidi Tommasi, vista l'udienza 17/12/2015, affidava, dopo il giuramento di rito, l'incarico di Consulente tecnico d'ufficio per il contenzioso in oggetto al sottoscritto Dott. Ing. Michele Ruggeri, libero professionista in Bologna, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna al n.4117, l'incarico di Consulente Tecnico d'Ufficio, formulando il seguente quesito:

"Il c.t.u.

effettuato il sopralluogo presso il campo fotovoltaico, esaminata la documentazione di causa, compiuto ogni necessario accertamento, effettuati i rilevamenti necessari, sentiti i consulenti tecnici delle parti, eventualmente nominati:

- a. accerti e descriva le anomalie (fenomeno di hot-spot e bruciature) che presentano le celle dei moduli fotovoltaici, precisando il grado e la misura di diffusione di tali anomalie, rispetto all'estensione dell'impianto ed all'età del medesimo;*
- b. accerti e descriva le cause delle anomalie verificatesi, stabilendo se il fenomeno dell'hot-spot e le conseguenti bruciature dipendano da un difetto dei pannelli o da altre possibili cause;*
- c. quantifichi i danni subiti dalla società EVI 1 s.r.l. società agricola, sia in termini di calo della produzione energetica, rispetto alla produzione media che un impianto con quelle caratteristiche e quell'età dovrebbe fornire, sia i termini di spesa per la sostituzione dei pannelli già ammalorati e di quelli che presentano il fenomeno dell'hot-spot.*
- d. dica se possa considerarsi verosimile che anche pannelli all'attualità integri possano in prospettiva manifestare le eventuali problematiche accertate su altri pannelli.*

La parte attrice è comparsa in udienza nella figura dell'avv. Elisa Negroni, mentre la parte convenuta era rappresentata dagli avv.ti Massimiliano Bovesi e Silvia Aquitani.

I procuratori delle parti nominavano rispettivamente:

come c.t.p di parte attrice l'Ing. Emanuele Valzelli,

come c.t.p di parte convenuta l'Ing. Giuseppe Sermasi.

Lo scrivente c.t.u. chiede ed ottiene dall'Ill.mo Giudice di avvalersi di ausiliario specialista nell'uso della termocamera.

Il Giudice infine:

“- disciplina il procedimento di c.t.u. nei termini che seguono:

- a) concede al c.t.u. per predisporre il proprio elaborato il termine di giorni 120 dall’inizio delle operazioni peritali che fissa in data 13-1-16 ore 13 in loco.*
- b) onera di trasmettere copia del proprio elaborato ai difensori delle parti e ai c.t.p., se nominati, i quali avranno da quel momento il termine di giorni 20 per le eventuali osservazioni da trasmettere solo al c.t.u., il quale a sua volta avrà l’ulteriore termine di giorni 20 per il deposito telematico in cancelleria dell’elaborato di cui sopra, delle osservazioni dei c.t.p. e di una sintetica valutazione delle stesse entro il 2 Aprile 2016.*
- c) concede al c.t.u. un fondo spese di euro 2.000 (duemila), oltre accessori posto a carico di parte ricorrente e viene consegnato il fascicolo cartaceo di parte convenuta, previa autorizzazione al ritiro;

- da atto che il nominato c.t.u. ritira i fascicoli.*
- d) autorizza alla nomina di proprio ausiliario nella persona di un esperto che possa utilizzare una termocamera, tramite deposito della nomina in cancelleria e con comunicazione diretta ai difensori delle parti e ai c.t.p.*

Il c.t.u. in data 19-01-2016 richiede all’Ill.ma Giudice, come prevista dal verbale dell’udienza del 17-12-2015, di poter nominare il suo ausiliario specializzato nell’uso della termocamera e degli strumenti necessari per l’esecuzione delle prove e delle misure, nella figura dell’ing. Alessandro Tolomelli con studio in via Dozza n°9, a Bologna.

Il c.t.u. in data 19-01-2016 richiede all’Ill.ma Giudice una proroga di 60 giorni per poter svolgere correttamente le operazioni peritali, dopo aver concordato questa richiesta con le parti. I motivi sono riscontrabili:

- vastità del campo fotovoltaico (4640 pannelli);
- avverse condizioni meteo.

L'Ill.ma Giudice Elisabetta Candidi Tommasi, in data 01/02/2016 evidenzia di aver già provveduto all'autorizzazione alla nomina di ausiliario del c.t.u.

4. ESAME DEGLI ATTI

Da una attenta analisi dei documenti contenuti nel fascicolo ricevuto nell'udienza del 17/12/2015, lo scrivente c.t.u. ha proceduto, innanzi tutto, ad un elenco ragionato dei documenti più importanti per la questione tecnica e per rispondere alla prima parte del quesito.

L'elenco è il seguente:

PARTE ATTRICE

14/09/2015	Visura storica camerale EVI 1 s.r.l. Società agricola;
27/11/2010	Contratto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sottoscritto il 27/1/2010 fra Econoidi s.r.l. ed Energia Verde Investimenti s.r.l.;
dal 30/06/2012 fino al 30/06/2015	Foto area dell'Impianto fotovoltaico (evidenziato con il colore rosso) estratta da doogle barth;
	n.8 fatture manutenzione impianto;
	n. 11 fotografie impianto e pannelli fotovoltaici;
	Visura camerale storica Protesa s.p.a.;
27/11/2012	Mail del 27/11/2012 da Marco Bertuzzi di Protesa s.p.a. a Giuseppe Errani di EVI 1 s.r.l. e relativo allegato con descrizione garanzie;
18/10/2013	Mail del 18/10/2013 da Stefano Raggi di Protesa s.p.a. a Elvo Ricci di EVI 1 con lettera allegata avv. Gian Luca Ughi a LDK ed elenco pannelli difettosi;
17/01/2014	Mail del 17/01/2014 da Stefano Raggi di Protesa s.p.a. a Elvo Ricci e Giuseppe Errani di EVI 1 e lettera allegata avv. Gian Luca Ughi;
27/10/2014	Relazione di analisi dell'impianto fotovoltaico sullo stato attuale, redatta il 27/10/2014 dall'ing. Emanuele Valzelli di Biosolar s.r.l.;

06/11/2014Pec del 6/11/2014 inoltrata da Errani Giuseppe
di EVI 1 s.r.l. a Protesa s.p.a;**PARTE RESISTENTE**

DATA:	DOCUMENTO:
09/11/2015	Ricorso per accertamento tecnico preventivo ex. Art 696 c.p.c. e relativi allegati, depositato dalla parte attrice nella persona dell'Avv. Elisa Negroni.
27/11/2010	Contratto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico tra Econoidi S.r.l. e Energia Verde Investimenti 1 S.r.l.
31/12/2010	Comunicazione di fine lavori ai fini della richiesta di accesso ai benefici ai sensi dell'articolo 1 septies della legge 129 del 13 Agosto 2010.
15/11/2012 e 12/07/2013	Schede di segnalazione fenomeni di hot-spot novembre 2012 e seguenti.
2010	Garanzia LDK per moduli fotovoltaico (con traduzione di cortesia per la parte di interesse).
27/11/2012	Mail da parte di Giuseppe Errani.
21/12/2012	Offerta economica di Protesa ad EVI 1 avente a oggetto manodopera per la sostituzione pannelli.
30/11/2010	Richiesta di cessione della titolarità della connessione alla rete elettrica ed allegati. Scheda tecnica finale di impianto.
27/12/2010	Progetto esecutivo impianto. Progetto circuito elettrico.
12/10/2010	Permesso di costruire n. 39/2010.

Sulla base dei documenti citati, lo scrivente riporta una breve sintesi dei fatti denunciati accaduti precedentemente all'inizio delle operazioni peritali.

L'impianto fotovoltaico, dopo solo un anno di utilizzo, iniziò a presentare alcune problematiche dovute al fatto che alcune celle contenute nei moduli fotovoltaici, manifestarono anomalie, in quanto iniziarono a bruciarsi, a causa del cosiddetto fenomeno dell'hot-spot, assumendo una colorazione marroncina. Tale fenomeno inizialmente si manifestò solo su un numero limitato di celle, ma via via iniziò a coinvolgere un numero di celle sempre maggiore.

La società EVI 1 s.r.l. mise subito in evidenza tali problematiche che furono fin da subito constatate dalla Econoidi s.r.l. (attualmente Protesa s.p.a.) che si rese subito disponibile ad effettuare la sostituzione dei pannelli, attivando la garanzia nei confronti del loro fornitore cinese, LDK SOLAR HI-TECH.

In realtà Protesa s.p.a., dopo aver contattato la società costruttrice dei moduli per attivare la garanzia e non avendo avuto riscontro, non effettuò la sostituzione dei pannelli e di conseguenza la società EVI 1 s.r.l. fece redigere una relazione di analisi, in data 27/10/2014 dall'Ing. Emanuele Valzelli della società Biosolar s.r.l. in cui venivano messi in evidenza i problemi di hot-spot delle celle fotovoltaiche, con conseguente calo del rendimento nelle stringhe e di conseguenza dell'intero impianto.

Successivamente a ulteriori solleciti, la società ricorrente ha richiesto al Tribunale un accertamento tecnico preventivo, con la nomina di un consulente tecnico d'ufficio che provvedesse alla verifica e all'accertamento dello stato di fatto e delle caratteristiche dell'impianto fotovoltaico.

Protesa S.p.a. letto il ricorso per accertamento tecnico preventivo, si è opposta al presente procedimento di istruzione preventiva contestando la ricostruzione dei fatti e le affermazioni anche tecniche svolte da EVI 1 (in quanto arbitrarie e fuorvianti).

5. OPERAZIONI PERITALI

Ricevuto incarico di c.t.u. dall'Ill.mo Giudice Dott.ssa Elisabetta Candidi Tommasi nell'udienza del 17/12/2015, lo scrivente procede fissando la prima riunione del "collegio peritale", costituito dal c.t.u. ing. Michele Ruggeri, dal c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, dal c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, dal legale rappresentante Sig. Elvo Ricci di EVI 1 e dall'avv. Silvia Aquitani (Protesa).

I tecnici si riuniscono presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda in data 13/01/16 alle ore 13:15 (verbale in allegato 5) e presa visione dell'impianto si concordano alcune date per lo svolgimento delle seguenti prove: termografia, verifica contestuale del rendimento di tutte le stringhe componenti l'impianto. Inoltre si fissano le date per le successive prove, con la premessa che in caso di condizioni meteo non idonee ai rilievi (scarsa insolazione, precipitazioni o eccessiva ventosità) occorrerà adeguare il calendario.

5.1 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 21/01/2015

Come stabilito nella riunione del 13/01/2016, in data 21/01/2016 alle ore 13:30, si riunisce presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli,
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, coadiuvato dall'ing. Stefano Raggi,
- avv. Negroni (EVI 1 s.r.l.).

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 25/01/2016 in allegato 6.

È stata effettuata la misura del rendimento ma con un irraggiamento inferiore ai 500W/m², per cui le misure non sono da considerarsi valide. Inoltre a causa delle condizioni meteo si è annullata la

seduta del 27/01/2016, mentre si è confermata la data del 01/02/2016 ore 10:00. Ci si è ripromesso di confrontare ed allineare gli strumenti di misura e di portare i rispettivi certificati di taratura.

MARCA E MODELLO STRUMENTI UTILIZZATI:

Ing. Valzelli: ASITA – ANALIZZATORE DI CURVA I-V modello AS500CIV

Ing. Sermasi: CHAUVIN ARNOUX mod. I-V TRACER FTV200

Ing. Tolomelli: Termocamera FLIR E5 120x90 PIX n° di serie 63944762, Revisionata da rivenditore in data 14/01/2016

5.2 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 04/02/2016

Come stabilito nella riunione del 21/01/2016, in data 04/02/2016 alle ore 10:15, si riunisce presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, coadiuvato dall'ing. Stefano Raggi.
- Sig. Elvo Ricci.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 04/02/2016 in allegato 7.

Si sono eseguiti rilievi sul 60% dei pannelli solari con termocamera. Ci si è ripromesso di completare l'analisi con la termocamera e di concentrarsi sui rilievi del rendimento e dell'efficienza di ogni singola stringa. Tramite la termocamera si sono fotografati solo i pannelli con celle ammalorate. Si è comunque rilevata la presenza di celle che presentano anomalie visive e che di conseguenza in futuro potrebbero dare problemi. Inoltre si è concordato di chiedere proroga all'Ill.mo Giudice di 60 gg (allegato 4) giustificato dal fatto:

- Dalla lunghezze delle operazioni peritali (5040 pannelli da esaminare).
- Dalle condizioni meteo non favorevoli.

Inoltre si è deciso di rincontrarsi il 15/02 salvo verifica delle condizioni metereologiche.

5.3 Sopralluogo e verifiche termografiche del giorno 02/03/2016

La sessione di prove del 15/02 è stata annullata a causa delle condizioni metereologiche e si è riunito in data 02/03/2016 alle ore 12:15, presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, coadiuvato dall'ing. Stefano Raggi.
- Sig. Elvo Ricci.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 02/03/2016 in allegato 8.

Si sono concluse le prove con la termocamera e fotografiche al campo fotovoltaico di Massa Lombarda.

Si è proposto di rincontrarsi mercoledì 16/03 previa verifica delle condizioni metereologiche al fine di verificare l'efficienza di ogni singola stringa tramite l'uso di un "misuratore di curva I/V" con solarimetro. Inoltre si è preso atto del fatto che l'Ill.mo giudice abbia concesso 60 gg di proroga (allegato 17).

5.4 Sopralluogo e prove di efficienza del giorno 18/03/2016

A causa delle avverse condizioni metereologiche, la sessione del 16/03 è stata spostata al 18/03; si è riunito in tale data, alle ore 12:00 presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli,
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, coadiuvato dall'ing. Stefano Raggi,
- Sig. Elvo Ricci.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 18/03/2016 in allegato 9.

Si è stabilita la metodologia di misura utilizzando due diversi traccia curve (forniti dalle due CTP da utilizzare in contraddittorio) al fine di misurare l'energia producibile dalle singole stringhe ed il rendimento. Si sono effettuate le misure per due quadri a cui fanno capo rispettivamente 14 e 11 stringhe. Sono state proposte per le successive sedute di prove le seguenti date: il 30/03 e il 04/04.

5.5 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 30/03/2016

Come stabilito nella riunione del 18/03/2016, in data 30/03/2016 alle ore 11:00, si riunisce presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli,
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Stefano Raggi,
- Sig. Elvo Ricci.

Le operazioni peritali sono state più volte interrotte per scarso irraggiamento. Con il traccia curve abbiamo analizzato i dati di efficienza delle stringhe dalla A2-6 fino alla A5-10 (quadri dal 2 al 5). In particolare sono stati rilevati i valori di: Irraggiamento [W/m^2], Temperatura del modulo [$^{\circ}C$], efficienza della stringa [% , STC, OTC].

Lo strumento della parte attrice ha manifestato durante le prove un'anomalia e vari spegnimenti; per tale motivo si è ritenuto opportuno portarlo in assistenza.

Per quanto riguarda la data delle successive prove si è rimasti d'accordi di sentirsi telefonicamente in data 04/04 in modo da definire la data migliore a livello climatico.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 30/03/2016 in allegato 10.

5.6 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 14/04/2016

In data 14/04/2016 alle ore 10:00, si riunisce presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli,
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Stefano Raggi,
- Sig. Elvo Ricci.

Si sono dovute interrompere varie volte le operazioni peritali per il passaggio di nuvole e quindi insufficiente irraggiamento.

Con il traccia curve abbiamo analizzato i dati dell'efficienza delle stringhe facenti capo ai quadri 5, 6, 7, 8, 9, 10 e metà dell'11. Si sono rilevati i valori: Irraggiamento [W/m^2], temperatura del modulo [$^{\circ}C$], efficienza della stringa [% , STC, OTC].

Il CTP parte attrice ha portato uno strumento sostitutivo di quello in manutenzione presso il centro di Faenza, stessa marca e modello del precedente.

Per il prossimo appuntamento ci si è ripromessi di sentirsi lunedì 18/04 per programmare la data.

Si è inoltre proposto di misurare il rendimento e l'efficienza di una stringa prima e dopo il lavaggio.

Ci si è organizzati per lavare una stringa per vedere quanto influenza lo sporco.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 14/04/2016 in allegato 11.

5.7 Sopralluogo e prove sul campo fotovoltaico del giorno 04/05/2016

In data 04/05/2016 alle ore 10:00, si riunisce presso il campo fotovoltaico di Massa Lombarda il collegio peritale così composto:

- c.t.u. ing. Ruggeri Michele, coadiuvato dal tecnico ausiliario ing. Alessandro Tolomelli,
- c.t. di parte attrice ing. Emanuele Valzelli, coadiuvato dal Sig. Tiziano Mora,
- c.t. di parte resistente ing. Giuseppe Sermasi, coadiuvato dall'ing. Stefano Raggi,
- Sig. Elvo Ricci.

Con i due traccia curve abbiamo completato l'analisi dei dati dell'efficienza delle stringhe facenti capo ai quadri dall'11 (la ½ mancante) al 18. Si sono rilevati e tabellati i valori di: Irraggiamento [W/m^2], temperatura del modulo [$^{\circ}C$], efficienza della stringa (% , STC, OTC).

Il lavaggio che era stato programmato in data 14/04 non è stato necessario causa un forte temporale che ha ripulito dallo sporco superficiale. Si è inoltre discusso sull'opportunità di effettuare prove su tre stringhe a campione verificando l'efficienza dello stato di fatto (con celle bruciate (o ammalorate) e l'efficienza della stessa con by-passati i moduli difettosi con moduli apparentemente in buono stato. (in cui non si sono rilevate anomalie con la termografia). Ci si è accordati per tornare in data 06/05 ore 14:30 per svolgere in un paio d'ore quest'ultima importante prova.

Si specifica che tale prova non è avvenuta in quanto la parti hanno concordemente rinunciato ad eseguire la prova proposta.

Il report con i risultati delle prove redatto dall'ing. Ruggeri è riportato in allegato 13, il verbale del giorno 04/05/2016 in allegato 12.

6. RISPOSTE AL QUESITO

1° QUESITO:

“il ctu,

...

a. accerti e descriva le anomalie (fenomeno di hot spot e bruciature) che presentano le celle dei moduli fotovoltaici, precisando il grado e la misura di diffusione attuale di tali anomalie, rispetto all'estensione dell'impianto ed all'età del medesimo”;

L'hot spot è un fenomeno tipicamente degenerativo che colpisce alcuni moduli fotovoltaici. Esso si manifesta durante il funzionamento dell'impianto, anche in condizioni di modesto irraggiamento, a causa di ombreggiamenti parziali dei moduli o sporcizia localizzata su singole celle fotovoltaiche.

La sua manifestazione esteriore più evidente è l'aumento considerevole della temperatura della cella affetta dal problema con temperature locali che possono superare i 100°C. In caso di contatto con materiale infiammabile, una cella affetta da hot spot può diventare il punto di innesco di un incendio. Nel nostro caso, come evidenziato dalle termografie, non siamo mai arrivati a queste temperature (valori massimi da noi registrati intorno ai 75°C).

L'effetto di hot-spot produce un cambiamento irreversibile, cioè un degrado significativo delle prestazioni del modulo fotovoltaico e, a seconda della tipologia di moduli e di inverter, anche dell'intera stringa.

Dalle analisi peritali effettuate tramite l'utilizzo di una termocamera è stata riscontrata tale problematica che affligge alcune celle dei pannelli del campo fotovoltaico in oggetto. Tale fenomeno è ben visibile nelle immagini termografiche riportate nell'allegato 15 e nella relazione termografica dell'ing. Tolomelli, nostro ausiliario (allegato 16): si possono infatti notare delle zone in cui si raggiungono dei valori di temperatura superiori a quelli nominali (sono state segnate tramite una crocetta).

Di seguito sono riportate le percentuali di pannelli danneggiati rispetto al numero totale per ciascuna stringa (allegato 13).

Nella stringa A1-1 i pannelli danneggiati sono il 30% rispetto al numero totale di pannelli presenti nella stringa in oggetto. Nella stringa A1-2 sono il 20%, nella A1-3 il 20%, nella A1-4 il 20%, nella A1-5 il 20%, nella A1-6 il 25%, nella A1-7 il 40%, nella A1-8 il 15%, nella A1-9 il 20%, nella A1-10 il 10%, nell'A1-11 il 5%, nell'A1-12 il 10%, nell'A1-13 il 15%, nell'A1-14 il 10%.

Nella stringa A2-1 il 15%, nell'A2-2 il 10%, nell'A2-3 il 15%, nell'A2-4 il 10%, nell'A2-5 il 10%, nell'A2-6 il 10%, nell'A2-7 il 15%, nell'A2-8 il 10%, nell'A2-9 il 15%, nell'A2-10 il 10%, nell'A2-11 il 10%.

Nella stringa A3-1 il 15%, nell'A3-2 il 20%, nell'A3-3 il 15%, nell'A3-4 il 15%, nell'A3-5 il 25%, nell'A3-6 il 15%, nell'A3-7 il 10%, nell'A3-8 il 25%, nell'A3-9 il 20%, nell'A3-10 il 10%, nell'A3-11 il 20%.

Nella stringa A4-1 il 5%, nell'A4-2 il 10%, nell'A4-3 il 5%, nell'A4-4 il 10%, nell'A4-6 il 20%, nell'A4-7 il 25%, nell'A4-8 il 15%, nell'A4-9 il 10%, nell'A4-10 il 10%, nell'A4-11 il 10%.

Nella stringa A5-1 il 15%, nell'A5-2 il 15%, nell'A5-3 il 15%, nell'A5-4 il 10%, nell'A5-5 il 15%, nell'A5-6 il 5%, nell'A5-7 il 20%, nell'A5-8 il 15%, nell'A5-9 il 15%, nell'A5-10 il 20%, nell'A5-11 il 20%, nell'A5-12 il 15%, nell'A5-13 il 15%.

Nella stringa A6-1 il 10%, nell'A6-2 il 10%, nell'A6-3 il 10%, nell'A6-4 il 10%, nell'A6-5 il 10%, nell'A6-6 il 20%, nell'A6-7 il 15%, nell'A6-8 il 15%, nell'A6-9 il 10%, nell'A6-10 il 20%, nell'A6-11 il 10%, nell'A6-12 il 15%, nell'A6-13 il 10%, nell'A6-14 il 15%.

Nella stringa A7-1 il 10%, nell'A7-2 il 10%, nell'A7-3 il 15%, nell'A7-4 il 10%, nell'A7-5 il 10%, nell'A7-6 il 10%, nell'A7-7 il 20%, nell'A7-8 il 15%, nell'A7-9 il 25%, nell'A7-10 il 20%, nell'A7-11 il 10%, nell'A7-12 il 15%, nell'A7-13 il 15%, nell'A7-14 il 5%.

Nella stringa A8-1 il 20%, nell'A8-2 il 10%, nell'A8-3 il 10%, nell'A8-4 il 5%, nell'A8-5 il 10%, nell'A8-6 il 20%, nell'A8-7 il 0%, nell'A8-8 il 10%, nell'A8-9 il 15%, nell'A8-10 il 20%, nell'A8-11 il 15%, nell'A8-12 il 15%, nell'A8-13 il 10%, nell'A8-14 il 15%.

Nella stringa A9-1 il 20%, nell'A9-2 il 20%, nell'A9-3 il 15%, nell'A9-4 il 15%, nell'A9-5 il 15%, nell'A9-6 il 20%, nell'A9-7 il 15%, nell'A9-8 il 20%, nell'A9-9 il 20%, nell'A9-10 il 20%, nell'A9-11 il 10%, nell'A9-12 il 10%, nell'A9-13 il 10%, nell'A9-14 il 15%.

Nella stringa A10-1 il 15%, nell'A10-2 il 15%, nell'A10-3 il 15%, nell'A10-4 il 15%, nell'A10-5 il 10%, nell'A10-6 il 15%, nell'A10-7 il 20%, nell'A10-8 il 15%, nell'A10-9 il 20%, nell'A10-10 il 15%, nell'A10-11 il 20%, nell'A10-12 il 10%, nell'A10-13 il 20%, nell'A10-14 il 20%.

Nella stringa A11-1 il 10%, nell'A11-2 il 15%, nell'A11-3 il 20%, nell'A11-4 il 10%, nell'A11-5 il 10%, nell'A11-6 il 15%, nell'A11-7 il 10%, nell'A11-8 il 25%, nell'A11-9 il 5%, nell'A11-10 il 15%, nell'A11-11 il 10%, nell'A11-12 il 15%, nell'A11-13 il 10%, nell'A11-14 il 10%.

Nella stringa A12-1 il 20%, nell'A12-2 il 15%, nell'A12-3 il 10%, nell'A12-4 il 15%, nell'A12-5 il 15%, nell'A12-6 il 15%, nell'A12-7 il 15%, nell'A12-8 il 20%, nell'A12-9 il 15%, nell'A12-10 il 10%, nell'A12-11 il 10%, nell'A12-12 il 5%, nell'A12-13 il 10%, nell'A12-14 il 15%.

Nella stringa A13-1 il 20%, nell'A13-2 il 25%, nell'A13-3 il 25%, nell'A13-4 il 20%, nell'A13-5 il 20%, nell'A13-6 il 20%, nell'A13-7 il 15%, nell'A13-8 il 25%, nell'A13-9 il 20%, nell'A13-10 il 20%, nell'A13-11 il 20%, nell'A13-12 il 15%, nell'A13-13 il 15%, nell'A13-14 il 20%.

Nella stringa A14-1 il 15%, nell'A14-2 il 15%, nell'A14-3 il 15%, nell'A14-4 il 25%, nell'A14-5 il 25%, nell'A14-6 il 10%, nell'A14-7 il 15%, nell'A14-8 il 15%, nell'A14-9 il 25%, nell'A14-10 il 20%, nell'A14-11 il 15%, nell'A14-12 il 20%, nell'A14-13 il 20%, nell'A14-14 il 10%.

Nella stringa A15-1 il 20%, nell'A15-2 il 15%, nell'A15-3 il 25%, nell'A15-4 il 20%, nell'A15-5 il 10%, nell'A15-6 il 30%, nell'A15-7 il 15%, nell'A15-8 il 20%, nell'A15-9 il 20%, nell'A15-10 il 15%, nell'A15-11 il 25%, nell'A15-12 il 15%, nell'A15-13 il 15%, nell'A15-14 il 15%.

Nella stringa A16-1 il 15%, nell'A16-2 il 25%, nell'A16-3 il 15%, nell'A16-4 il 15%, nell'A16-5 il 20%, nell'A16-6 il 15%, nell'A16-7 il 20%, nell'A16-8 il 15%, nell'A16-9 il 10%, nell'A16-10 il 15%.

Nella stringa A17-1 il 15%, nell'A17-2 il 20%, nell'A17-3 il 20%, nell'A17-4 il 15%, nell'A17-5 il 10%, nell'A17-6 il 20%, nell'A17-7 il 25%, nell'A17-8 il 15%, nell'A17-9 il 15%, nell'A17-10 il 15%.

Nella stringa A18-1 il 20%, nell'A18-2 il 15%, nell'A18-3 il 25%, nell'A18-4 il 20%, nell'A18-5 il 20%, nell'A18-6 il 25%, nell'A18-7 il 25%, nell'A18-8 il 30%, nell'A18-9 il 20%, nell'A18-10 il 30%, nell'A18-11 il 20%, nell'A18-12 il 15%.

Dalle analisi termografiche effettuate in data 13/1/16, 25/01/16 e 4/2/16 si è evinto che il numero totale di pannelli affetti dal fenomeno dell'hot spot è di 743 su 4640. Dunque in percentuale il numero di pannelli danneggiati è del 16,0 %.

2° QUESITO:

“il ctu,

...

b. accerti e descriva le cause delle anomalie verificatesi, stabilendo se il fenomeno dell'hot – spot e le conseguenti bruciature dipendano da un difetto dei pannelli o da altre possibili cause”;

Il fenomeno dell'hot spot potrebbe essere causato da ombreggiamenti parziali del modulo.

Nel caso di un ombreggiamento parziale della cella, la corrente fotogenerata si riduce in modo proporzionale alla percentuale di superficie di cella ombreggiata. Con la cella totalmente ombreggiata la corrente fotogenerata è nulla. In un modulo le celle fotovoltaiche vengono collegate in serie per avere una tensione ai morsetti superiore a quella di una singola cella. Tale connessione comporta che, se una singola cella è ombreggiata, si riduce la corrente e quindi la potenza prodotta dall'intera serie. In condizioni di ombreggiamento parziale, la cella ombreggiata può comportarsi da carico (si inverte la tensione ai suoi morsetti). In questo caso la potenza elettrica è convertita in calore per effetto joule producendo un aumento di temperatura che è proporzionale alla percentuale di superficie della cella ombreggiata.

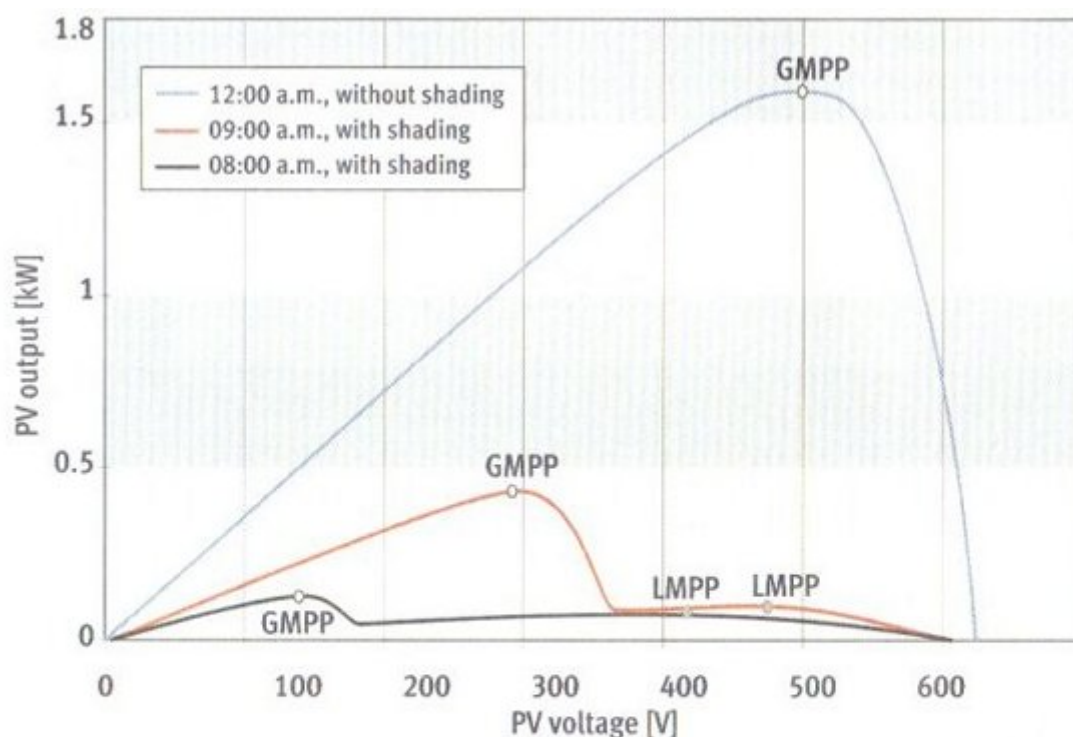
Per ovviare a tale problematica si utilizzano i diodi di by-pass, che poiché polarizzati vanno in conduzione quando la cella è polarizzata inversamente; così evitano la dissipazione di calore. Infatti servono a by-passare la fila di celle interessata dall'avaria se come in questo caso è costituito da 6 diodi di by-pass oppure due file di celle se è costituito da 3 diodi di by-pass. Così facendo il resto del pannello può continuare a funzionare correttamente, causando però un evidente calo del rendimento (almeno un 1/6 in meno).

Nel caso in oggetto però non ci sono ombreggiamenti, per cui le cause del fenomeno dell'hot spot potrebbero essere: la pulizia dei moduli (in particolare la sporcizia localizzata), l'assenza/difettosità/inadeguatezza dei diodi di by-pass o la difettosità dei pannelli stessi (saldatura tra le celle non correttamente eseguita).

Difetti nella saldatura delle connessioni tra celle per esempio, introducono valori elevati di resistenze elettriche che danno origine ad un surriscaldamento localizzato di grande valore (> 50°C rispetto al valore del modulo). Tuttavia occorre dire che, situazioni di questo tipo risultano del tutto sporadiche in quanto si tratta di fenomeni che raramente superano i collaudi di fine linea in fase di produzione.

Anche la tipologia e la raffinatezza dell'algoritmo di funzionamento dell'inverter (rispetto all'inseguimento del MPP, ossia il punto di massima potenza) influiscono sull'insorgere e sul propagarsi del fenomeno dell'hot spot. Infatti, finché non ci sono ombre, nel grafico P-V esiste un solo punto sul tracciato che corrisponde alla massima potenza. Tuttavia se c'è un'ombra su uno o parte dei moduli, compaiono 2 punti sulla curva: uno corrispondente alla potenza massima producibile dalla stringa in ombra (LMPP), mentre l'altro corrispondente alla potenza massima permessa dalla stringa con i diodi di bypass in conduzione sui moduli in ombra (GMPP).

Qui di seguito un'immagine in cui sono riportate le due curve, dove si possono notare i punti di LMPP e di GMPP.



Two MPP currents develop, resulting in two maximum power points. Global MPP can sometimes differ radically from the local maximum. Thus, an inverter's MPP tracker always has to know the global maximum rather than merely adjusting to the local MPP.

Graphic: SMA

Gli inverter più evoluti sono in grado di riconoscere le ombre e conseguentemente spostano il punto di carico verso il valore che permette la conduzione dei diodi di bypass dei moduli ombreggiati. In questo modo si evitano pericolosi sovraccarichi o peggio correnti inverse nelle celle ombreggiate o sporche, che potrebbero non essere adeguatamente protette dai diodi.

Un'altra importante problematica è quella derivante dall'utilizzo di materiali di scarsa qualità per la costruzione dei moduli fotovoltaici (più vicina al nostro caso). La riduzione della produzione di energia potrebbe essere dovuta, anche, ai materiali utilizzati nella realizzazione dell'impianto FV. Infatti, diverse sono le situazioni riscontrabili in cui i materiali utilizzati non rispondano ai migliori standard di qualità.

Nel caso in esame, avendo noi verificato un livello di sporcamento uniforme in tutto l'impianto e essendo stato svolto correttamente il progetto (nel corso di questi mesi è stata da noi accertata l'assenza di ombre di una fila sull'altra), la causa di questo fenomeno non può che essere la scarsa qualità dei pannelli forniti. Oppure la scarsa qualità delle verifiche di fabbrica e /o controlli qualità.

3° QUESITO:

“il ctu,

...

- c. quantifichi i danni subiti dalla società EVI 1 s.r.l. società agricola, sia in termini di calo della produzione energetica, rispetto alla produzione media che un impianto con quelle caratteristiche e quell'età dovrebbe fornire, sia in termini di spesa per la sostituzione dei pannelli già ammalorati e di quelli che presentano il fenomeno dell'hot-spot”.*

Data la elevata difettosità dei moduli esaminati termograficamente, si è proceduto come si evince dai verbali, all'analisi dei rendimenti delle singole stringhe.

Dall'analisi delle tabelle (allegato 13) si può però notare come in realtà il rendimento sia molto più basso rispetto ai valori che dovrebbe avere un impianto con quelle caratteristiche e quell'età.

La misura del rendimento è stata effettuata tramite strumento di misura dotato di piranometro e sensore di temperatura dei moduli per compensare l'influenza della temperatura dei pannelli e delle variazioni di irraggiamento. Il piranometro è stato posizionato sempre per avere la stessa inclinazione ed orientamento dei pannelli in esame e la sonda di temperature è stata posizionata a contatto del retro dei moduli per eliminare l'influenza dell'irraggiamento diretto sulla sonda.

Le misurazioni sono state effettuate in condizione di tempo stabile ed irraggiamento uniforme sull'estensione della singola stringa.

Per effettuare un confronto tra i valori di rendimento rilevati durante i sopralluoghi, si è prima effettuata una media tra i due rilevati utilizzando due diversi strumenti di misura per ciascuna stringa; dopodiché si è individuato il valore medio fra i rendimenti di tutte le stringhe che componevano il quadro elettrico, in modo tale da ottenere 18 valori di rendimento, uno per ciascun quadro. I valori ottenuti sono i seguenti:

A1 = 82,08%; A2 = 83,34%; A3 = 76,19%; A4 = 85,70%; A5 = 94,46%; A6 = 78,66%; A7 = 69,81%; A8 = 72,44%; A9 = 74,15%; A10 = 73,87%; A11 = 76,1%; A12 = 74,43%; A13 = 70,19%; A14 = 75,37%; A15 = 74,84%; A16 = 65,96%; A17 = 67,90%; A18 = 75,04%.

In mancanza di un'analisi di questo tipo effettuata al momento della messa in funzione dell'impianto, si ritiene di tenere come dato di riferimento il valore di rendimento minimo di 0,85 per la verifica iniziale indicato nella norma CEI 82-25, diminuito del decadimento naturale previsto dalla scheda tecnica dei moduli fotovoltaici: 20% in 25 anni, pari a 0,8% anno x 5 anni anche se questo valore è sicuramente un valore sottostimato rispetto alle effettive capacità di un equivalente impianto nelle stesse condizioni, ma con pannelli esenti dai sopracitati problemi.

Analizzando i dati rilevati in riferimento alle analisi condotte nei sopralluoghi risulta evidente come alcune stringhe siano molto al di sotto della minima efficienza considerata, e la media complessiva si discosta del **7,37 %** rispetto al valore di riferimento.

Tale valore è indicato come scostamento dell'efficienza dell'impianto ad indagini concluse (maggio 2016).

A tale scopo si osservino i valori della tabella 1: dati dei rendimenti in corrente continua rilevati.

rendimenti c.c.	quadri campo					
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Valore medio quadro	0,8208	0,8334	0,7619	0,857	0,9446	0,7866
valore di norma	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Scostamento	0,0134	0,0084	-0,0839	0,0548425	0,1424942	-0,0297483

rendimenti c.c.	quadri campo					
	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
Valore medio quadro	0,6981	0,7244	0,7415	0,7387	0,761	0,7443
valore di norma	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Scostamento	-0,1602922	-0,1181668	-0,0923803	-0,0965209	-0,064389	-0,0882709

rendimenti c.c.	quadri campo					
	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
Valore medio quadro	0,7019	0,7537	0,7484	0,6596	0,679	0,7504
valore di norma	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Scostamento	-0,1540105	-0,0746982	-0,0823089	-0,228017	-0,1929308	-0,0794243

Per quanto riguarda la spesa economica, poiché il costo di un pannello è di circa 0,6 €W e poiché un pannello modello 215P produce 215 W, noto il numero di pannelli ammalorati (743), è possibile ricavare la spesa necessaria per la sostituzione dei pannelli, la quale è risultata essere di circa 96.000,00 €

Per quanto riguarda invece l'eventuale sostituzione dei pannelli che presentano anomalie visive (106) la spesa necessaria per la loro sostituzione è di circa 14.000 €

Ovviamente i pannelli devono essere trasportati, installati, messi in funzione e collaudato l'intero impianto.

4° QUESITO:

“il ctu,

...

d. dica se possa considerarsi verosimile che anche pannelli all'attualità integri possano in prospettiva manifestare le eventuali problematiche accertate su altri pannelli”.

Durante i sopralluoghi del 13/01/16, 21/01/2016, del 04/02/16 e del 02/03/2016 sono state effettuate oltre alle immagini termografiche anche delle fotografie dei pannelli, da cui si è evinto che alcuni pannelli presentano anomalie visive (allegato 15) e che pertanto potranno presentare in futuro tale problematica. Tali anomalie sono state riscontrate su 106 pannelli su un totale di 4640. Per cui la

percentuale di pannelli che presentano anomalie visive e che in futuro potrebbero essere affette dal fenomeno in oggetto è del 2,3%.

7. OSSERVAZIONI SULLE NOTE DEI C.T.P.

7.1 Osservazioni del C.T. di parte attrice

7.2 Osservazioni del C.T. di parte resistente

8. CONCLUSIONI

Il c.t.u. con questo ritiene di aver risposto al quesito dell' Ill.mo Giudice e rimane a disposizione per ulteriori precisazioni e chiarimenti.

Distinti saluti.

Castel Maggiore, 01/06/2016

Il C.t.u. Dott. Ing. Michele Ruggeri



Michele Ruggeri

