

Moduli fotovoltaici SunPower® Affidabilità, produzione, efficienza

Febbraio 2013

SUNPOWER®

MORE ENERGY. FOR LIFE.™

Note legali

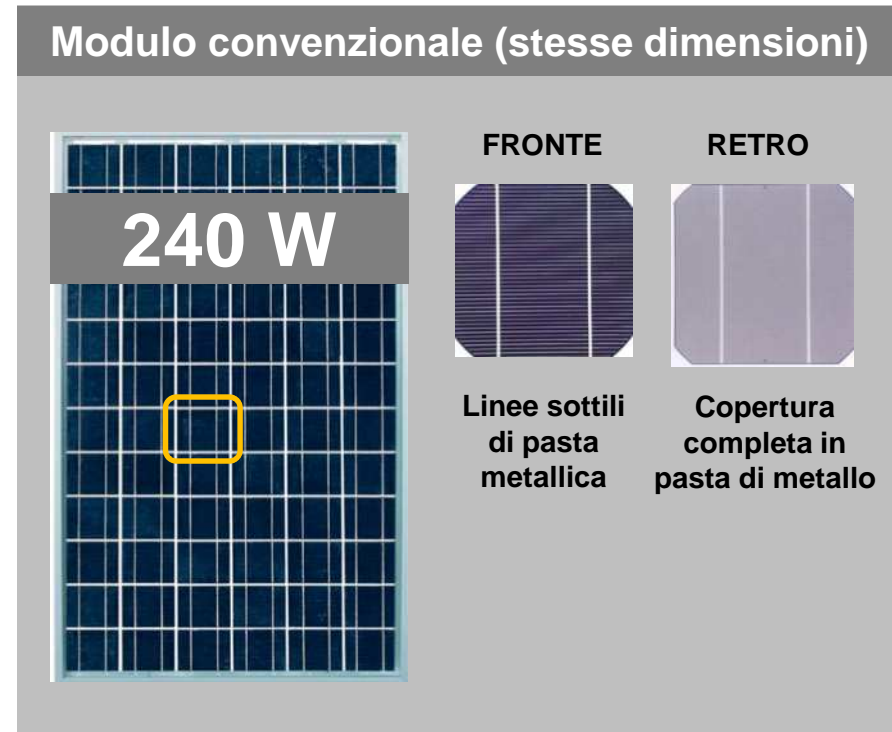
Le informazioni contenute in questi lucidi vanno esposte nella presente forma. Il rivenditore prende quindi atto del fatto che, qualora cancelli o modifichi parti della presentazione, o in qualsiasi altro modo le alteri, in qualsivoglia lucido e in qualsivoglia forma, in parte o completamente, lo fa a proprio rischio e pericolo. Il rivenditore inoltre prende atto del fatto che, qualora egli modifichi, cancelli o in qualsivoglia modo alteri il contenuto della presentazione, o di uno qualsiasi dei lucidi, egli è responsabile in toto per qualsivoglia contestazione, reclamo, o eventuali motivi di ricorsi legali intentati o avviati da terzi contro il rivenditore stesso e/o SunPower. Il rivenditore prende anche atto del fatto che se modifica, cancella, o in qualsivoglia altro modo modifica la presentazione o uno qualsiasi dei lucidi, SunPower non risponderà in alcun modo, né direttamente né indirettamente, per qualsivoglia perdita o danno che derivi da ciò a qualsivoglia persona a ragione di azioni compiute basandosi su affermazioni o omissioni attribuibili alla presente presentazione e che SunPower si ritiene esentato da ogni obbligo di corrispondere qualsivoglia risarcimenti, difendere, o tutelare il rivenditore.

**I moduli fotovoltaici SunPower
sono diversi.**

**I moduli fotovoltaici SunPower
sono migliori.**

Il cuore del modulo SunPower è la cella fotovoltaica Maxeon®

- La cella fotovoltaica Maxeon è caratterizzata da una differenza progettuale fondamentale rispetto alle celle fotovoltaiche convenzionali: è montata su una solida base di rame
- La fabbricazione delle celle con placcatura in rame è più costosa rispetto alle tradizionali celle fotovoltaiche, ma l'investimento paga in termini di maggiore durata e migliore rendimento.
- SunPower è l'unico produttore che propone una cella montata su una solida base di rame. Le celle convenzionali vengono fabbricate applicando una pasta di metallo sul wafer di silicio,, in modo simile a come si stampa un logo serigrafato su una maglietta.¹



¹ Definizioni utilizzate in tutta la presentazione: il "modulo convenzionale" è un modulo da 240 W, con efficienza del 15% e circa 1,6 m2, fabbricato con celle convenzionali. Le "celle convenzionali" sono celle in silicio con varie linee sottili di metallo nella parte superiore e 2 o 3 contatti saldati lungo la parte anteriore e posteriore.

Le celle Maxeon sono diverse Montate su una solida base di rame

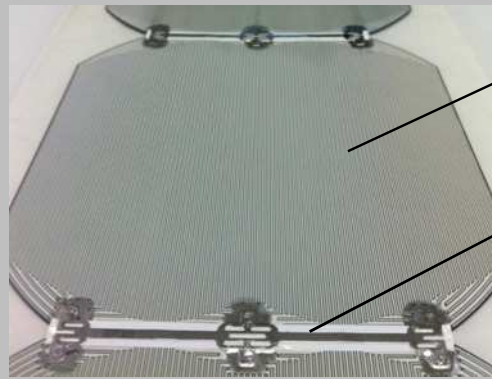
Spessa placcatura in rame
Robusta e resistente alla
corrosione

Tecnologia della cella
SunPower® Maxeon®

Affidabilità

Celle fotovoltaiche Maxeon e Celle convenzionali

Celle fotovoltaiche Maxeon (retro)

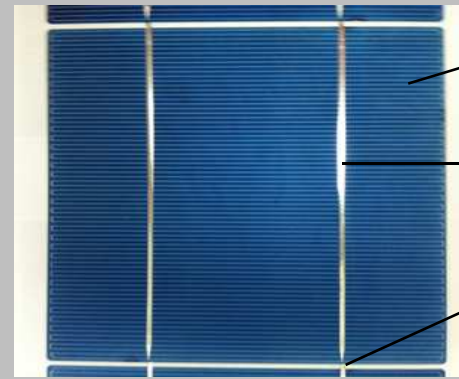


Spessa base placcata in rame

Barre di rame anti-stress meccanico che collegano le celle

1. Lo spesso strato in rame (stagnato) resiste alla corrosione.
2. Non ci sono punti di saldatura lungo la cella.
3. Le barre in rame che collegano le celle sono caratterizzate da robuste saldature rame-rame, anti-stress meccanico e con doppia ridondanza.
4. La solida base in rame consente di mantenere la produzione energetica della cella anche se il silicio si rompe.

Celle fotovoltaiche convenzionali (fronte)



Linee sottili di pasta metallica applicata a caldo

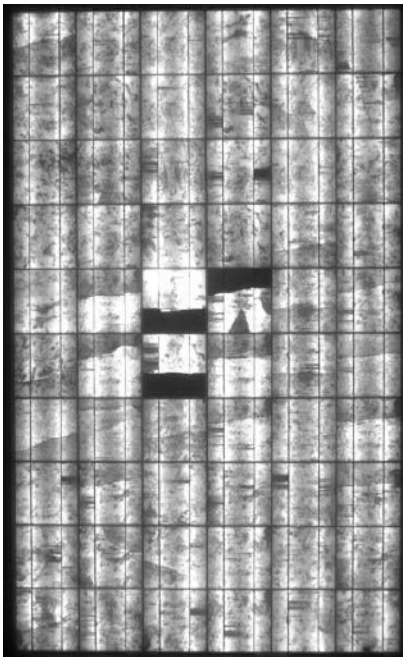
Nastri di saldatura in rame

Nastri che collegano le celle

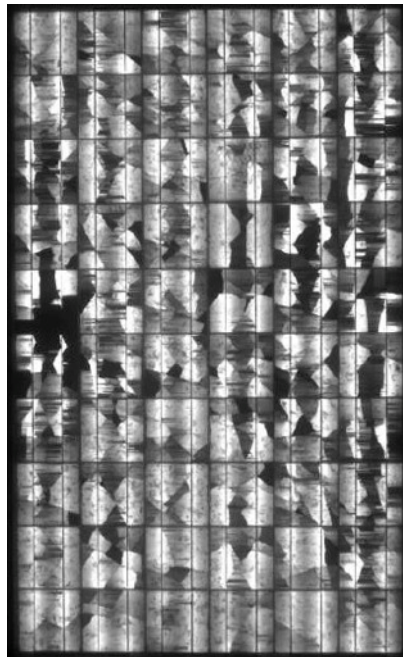
1. Con il tempo, le sottilissime linee di metallo serigrafato nella parte anteriore della cella sono soggette a corrosione.
2. Le giunzioni saldate tra i lunghi nastri di rame e le celle fotovoltaiche cristalline sono sottoposte a grande tensione.
 - Quando i moduli si riscaldano di giorno e si raffreddano di notte il rame si espande e si ritrae, le celle in silicio no.
 - Con il tempo, queste sollecitazioni ripetute provocano rotture nelle celle e nelle giunzioni saldate.
3. Singoli punti di guasto sui nastri in rame tra le celle.
4. La pasta di metallo serigrafata non presenta resistenza sufficiente per sostenere la cella quando il silicio si rompe.

Celle a efficienza standard craccate sul campo

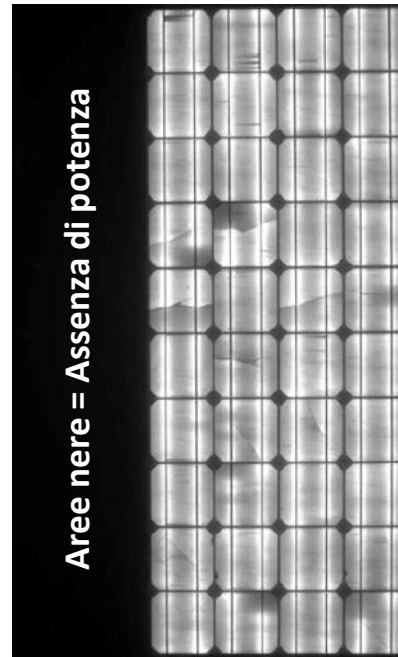
Moduli convenzionali



Probabilmente danneggiata durante l'installazione o a causa di ripetuti sbalzi di temperatura caldo/freddo



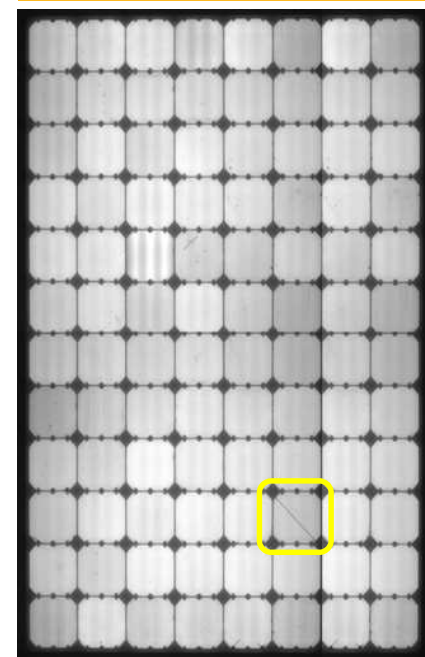
Probabilmente danneggiata a causa di un processo di saldatura scadente e di sbalzi di temperatura caldo/freddo.



Aree nere = Assenza di potenza

I nastri di rame tra due celle sul lato sinistro sono rotti.

Modulo SunPower

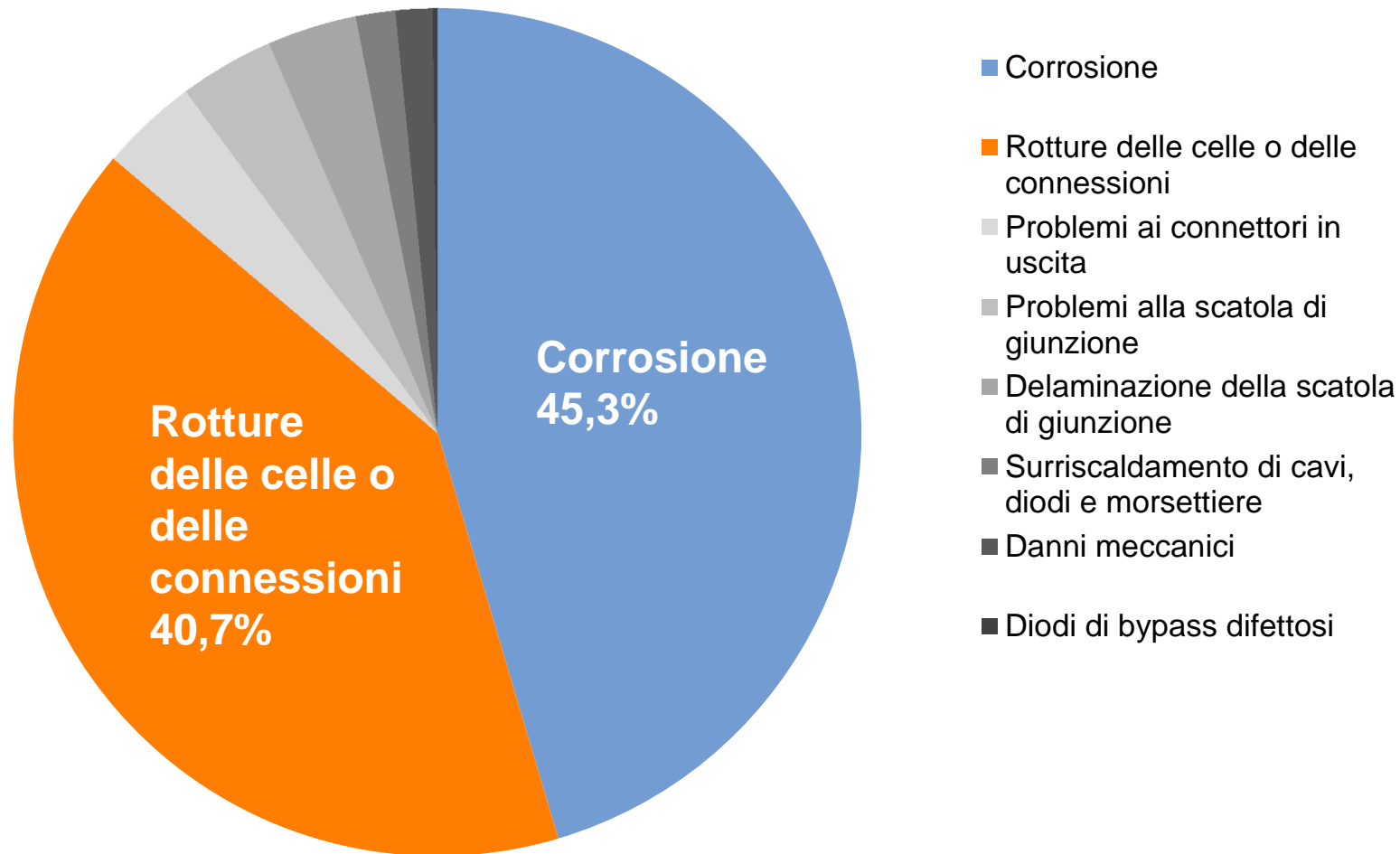


Anche in caso di crack, tutte le parti della cella sono funzionanti (nessuna area nera).

I moduli convenzionali normalmente si guastano a causa di sbalzi di temperatura caldo/freddo, che con il tempo producono crack nelle celle fotovoltaiche, nelle giunzioni saldate e nei nastri di rame.

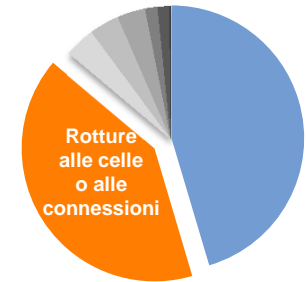


Modalità comuni di degradazione dei moduli convenzionali

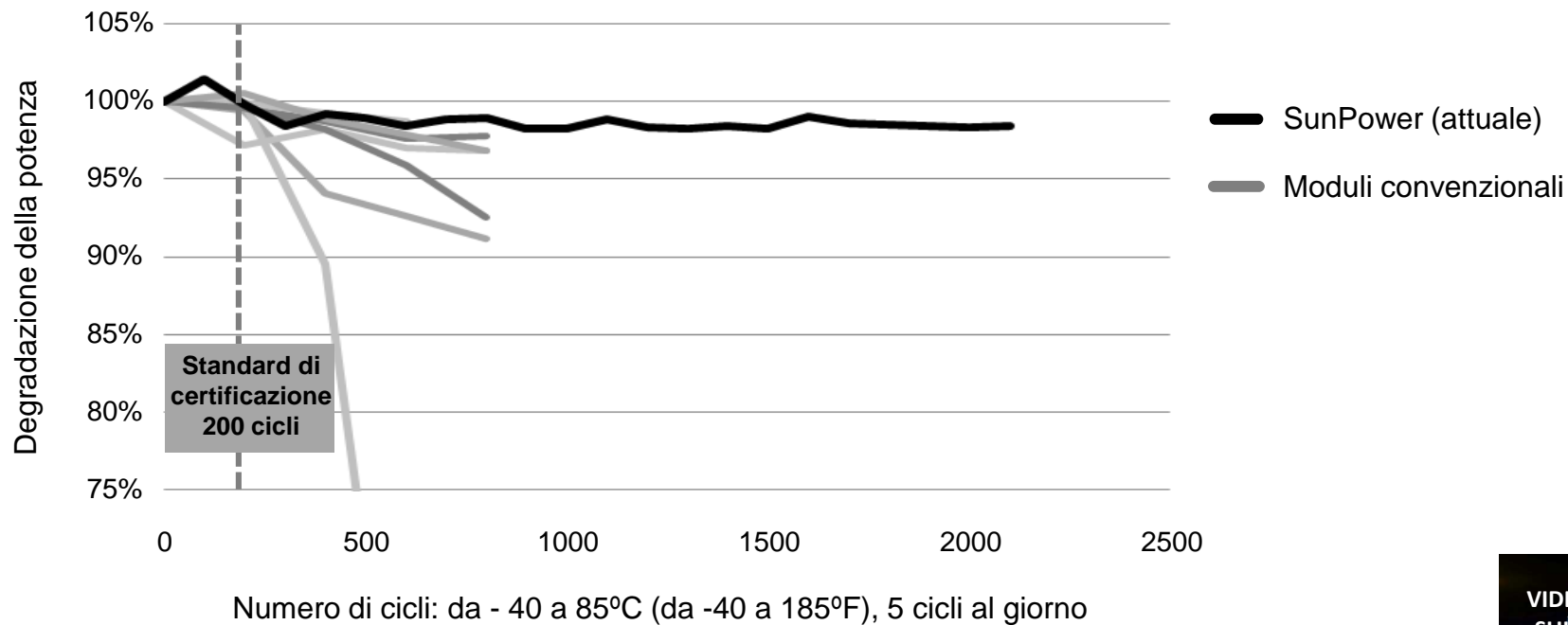


Wohlgemuth, J., "Reliability of PV Systems",
Atti di SPIE, ago 2008.

Affidabilità senza rivali: Design Maxeon unico



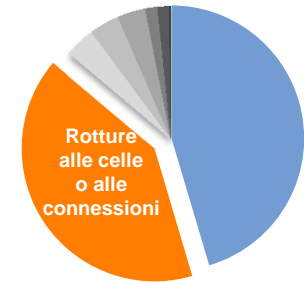
- Nessuna rottura dei collegamenti cella a cella
- I crack delle celle non hanno praticamente alcun effetto sulla produzione di energia



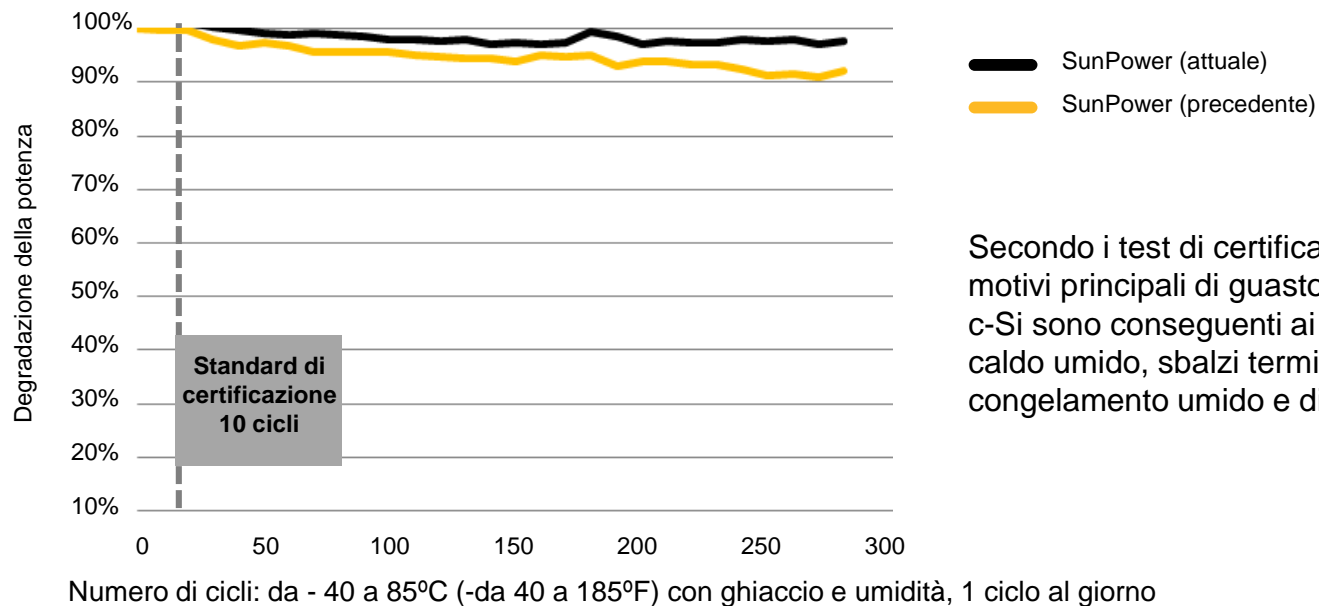
Il design unico delle celle Maxeon rende i moduli quasi del tutto resistenti agli sbalzi di temperatura caldo/freddo.

I dati di altri produttori sono tratti da Koehl, Michael et al., "PV Reliability: Accelerated Aging Tests and Modeling of Degradation", Fraunhofer ISE e TUV Rheinland, presentato a EUPVSEC, Valencia, Spagna, set 2010.

Affidabilità senza rivali: Design Maxeon unico



- Non sono disponibili dati su moduli convenzionali per operare un confronto basato sul test più impegnativo del mondo: cicli di caldo umido seguiti da un rapido congelamento.
- Il tasso di insuccesso nello standard di certificazione a 10 cicli supera il 10%¹. I moduli SunPower non subiscono praticamente nessun effetto dopo 280 cicli.



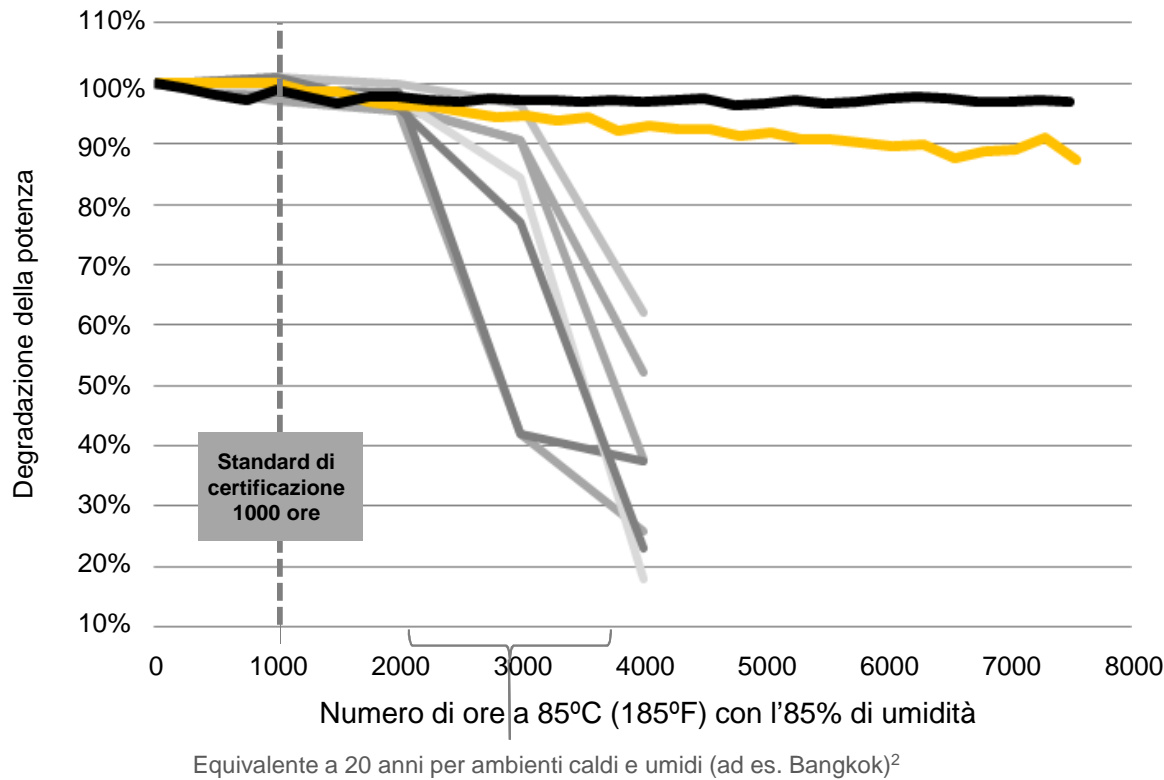
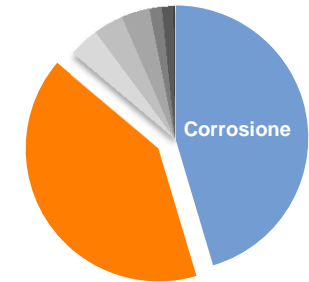
Secondo i test di certificazione: “I 4 motivi principali di guasto dei moduli c-Si sono conseguenti ai test di caldo umido, sbalzi termici, congelamento umido e diodi.”¹

Il design unico delle celle Maxeon rende i moduli resistenti ai cicli di congelamento dell'acqua.

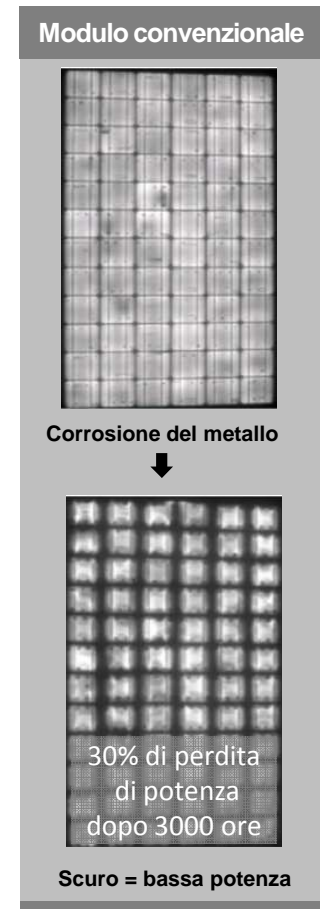
¹ TamizhMani, B.G., “Failure Analysis of Module Design Qualification Testing – III,” 36th IEEE PVSC Conf., 2010.

Affidabilità senza rivali: Design Maxeon unico

- La base in rame sottoposta a stagnatura non si corrode



- SunPower (attuale)
- SunPower (precedente)
- Moduli convenzionali ¹



**VIDEO DI 2 MINUTI
SUI TEST PER
L'UMIDITÀ**

Il design unico delle celle Maxeon rende i moduli resistenti alla corrosione.

¹ I dati di altri produttori sono tratti da Koehl, Michael et al., "PV Reliability: Accelerated Aging Tests and Modeling of Degradation", Fraunhofer ISE e TUV Rheinland, EU PVSEC, Valencia, Spagna, set 2010.

² Kempe, Michael et al., "Modeling the Ranges of Stresses for Different Climates/Applications", Int. PV Module QA Forum, San Francisco, 2011.

Test di affidabilità di soggetti indipendenti



- Atlas, una sussidiaria di Ametek, è leader nei test di resistenza di materiali da oltre 90 anni e ha sviluppato il “Atlas 25+ Comprehensive PV Durability Testing Certificate (Certificato sui test completi di resistenza di moduli fotovoltaici Atlas 25+)”.
- Test su 3 moduli per ogni produttore: Corrosione per acqua salata, cicli di umidità congelamento, cicli solari-termici e umidità-congelamento
- **SunPower ha ottenuto il certificato più rigoroso con un calo medio di potenza dello 0% in tutti i moduli¹**

Fraunhofer

- Fraunhofer è la maggiore organizzazione europea di ricerca applicata con oltre 20.000 dipendenti e un budget annuale per le ricerca che supera i 2 miliardi di dollari. È famosa in tutto il mondo per le competenze nel settore dell'energia fotovoltaica.
- Nel 2012 Fraunhofer ha selezionato i moduli di SunPower e di altri 4 produttori di alto livello per classificarli in base all'affidabilità
 - I risultati dei test sono anonimi per i partecipanti, ma i moduli convenzionali sono stati selezionati da sette migliori produttori di moduli in silicio cristallino: SunTech, Yingli, Trina, Canadian Solar, Sharp, Hanwha SolarOne, Kyrocera.
- Fraunhofer ha acquistato 20 moduli da ogni produttore direttamente da distributori e installatori
- Il protocollo di test PDVI includeva: Test PID (esposizione al caldo umido con +/-600 V), Cicli di temperatura, Cicli di umidità/congelamento, Esposizione alla luce ultravioletta e test di carico statico e dinamico.
- **I moduli SunPower si sono piazzati al primo posto con un calo di potenza medio dell'1,3% dei moduli²**
 - **Il calo medio dei moduli convenzionali è stato del 5,3%... quattro volte superiore**
 - **Il modulo più degradato di SunPower ha perso il 2,3% di potenza, mentre i moduli convenzionali hanno mostrato variazioni più eterogenee con una degradazione che ha raggiunto il 92% in alcuni casi.**

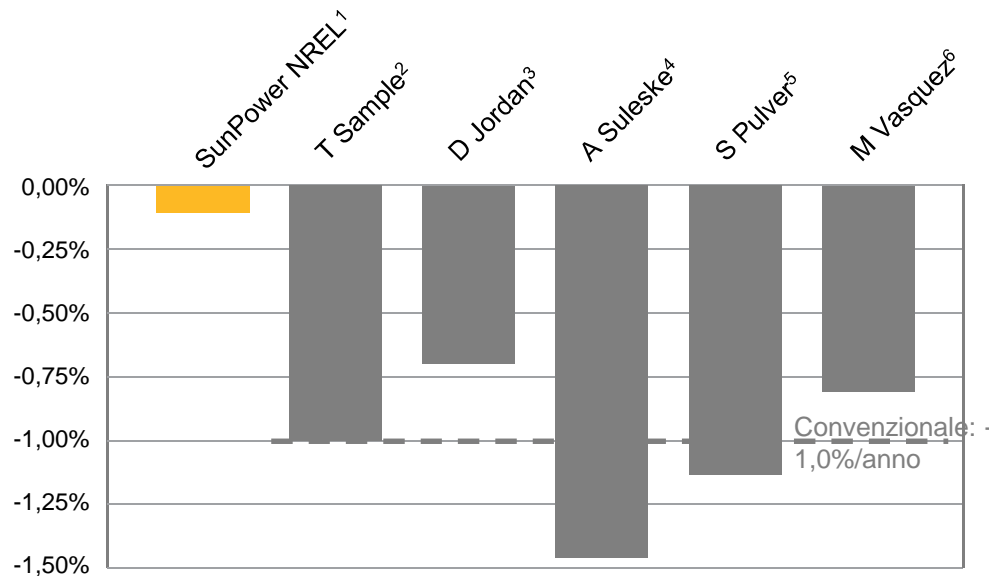
¹ Atlas 25+ Durability test report, feb 2013. I cali di potenza a seguito dei test di stress sono stati di -1,5%, +2,3%, -0,5%, rispetto al modulo di controllo non sottoposto a stress.

² Fraunhofer ISE, “PV Module Durability Initiative Public Report,” feb 2013.

Tutti i marchi e i loghi sono proprietà dei rispettivi titolari.

Studi di soggetti indipendenti: Tasso di degradazione più basso

- Il National Renewable Energy Lab (NREL) ha misurato la degradazione dei moduli SunPower in Colorado dal maggio 2007: -0,10%/anno
- Ampi studi condotti sui moduli fotovoltaici convenzionali indicano un tasso di degradazione di circa -1,0%/anno.



- ¹ Jordan, Dirk, "SunPower Test Report", National Renewable Energy Laboratory, ott 2012.
- ² Sample, T., "Failure modes and degradation rates from field-aged crystalline", feb 2011.
- ³ Jordan, D. et al., "Photovoltaic Degradation Rates – an Analytical Review", Progress in Photovoltaics, gen 2013, vol. 21, pagg. 12-29. Tasso di degradazione medio mostrato in un grafico.
- ⁴ Suleske, A., "Performance Degradation of Grid-Tied Photovoltaic Modules in a Desert Climatic Condition", nov. 2010.
- ⁵ Pulver, S., "Measuring Degradation Rates without Irradiance Data", giu 2010.
- ⁶ Vazquez, M., "Photovoltaic Module Reliability", 2008.

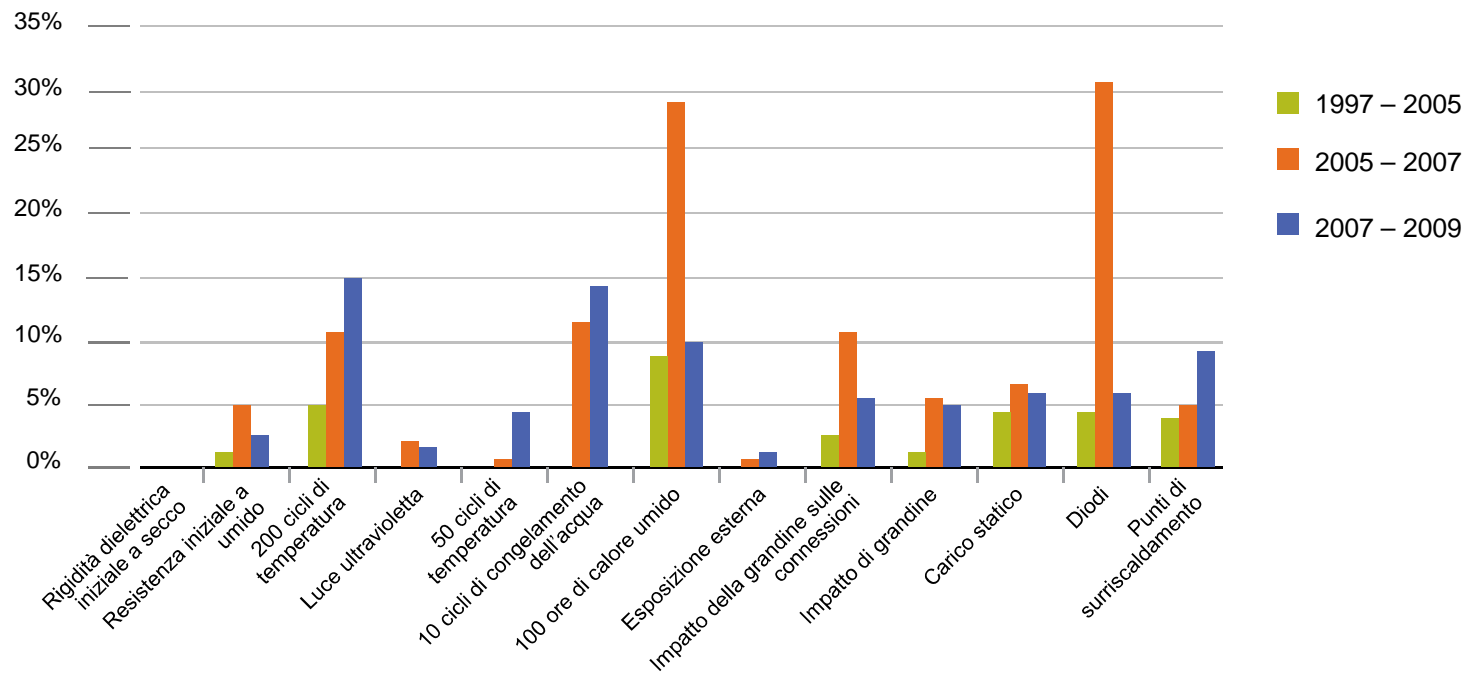
**Degradazione più bassa =
più energia lungo la vita utile dell'impianto.**

Tendenze negli studi IEC

Tassi di guasto

- I tassi di guasto dei test IEC non evidenziano una chiara tendenza verso la fabbricazione di moduli più affidabili

- La forte pressione per la riduzione dei costi ha portato molti produttori ad adottare materiali di basso costo
- La maggior parte dei produttori utilizza i test di certificazione come test di affidabilità principali



- Tutti i singoli moduli Maxeon Gen 2 PV di SunPower hanno superato ciascuno di questi test

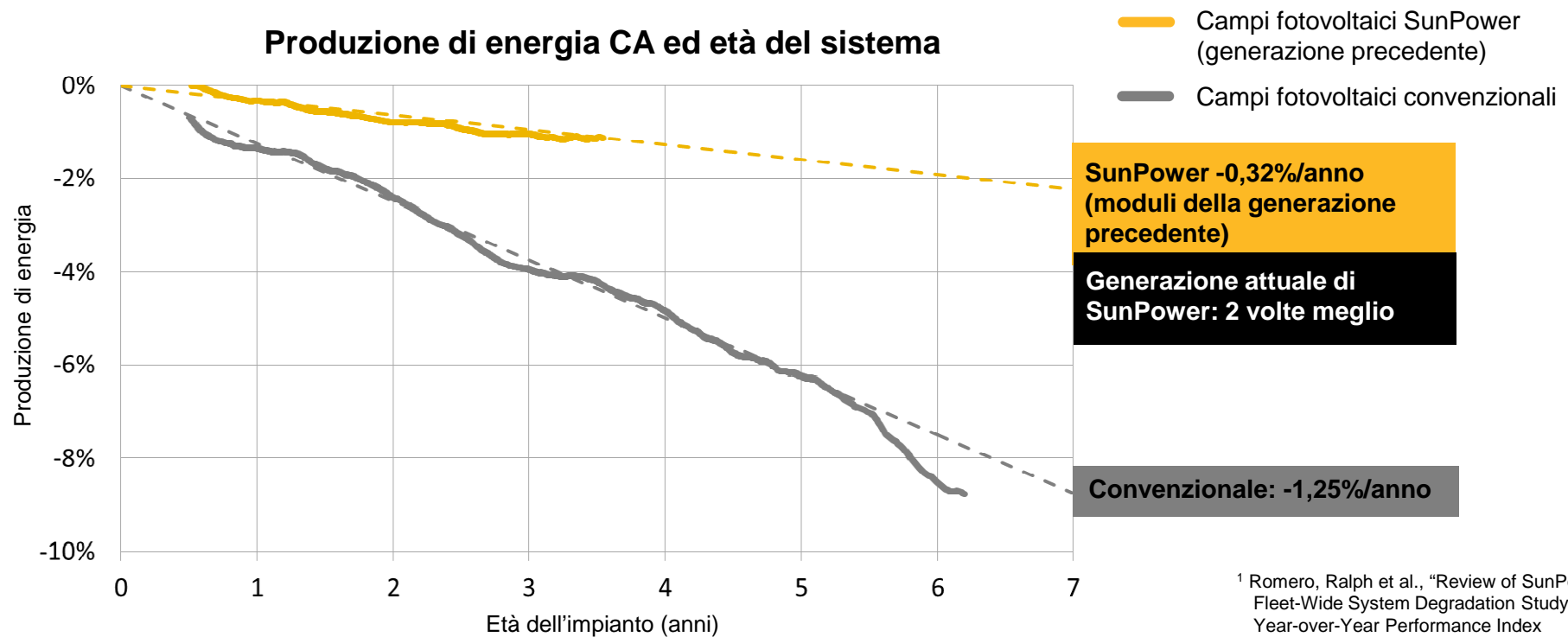
- SunPower dispone di un ampio team dedicato a ricerca e sviluppo che conduce test di affidabilità molto più rigorosi

¹ TamizhMani, B.G., "Failure Analysis of Module Design Qualification Testing - III", 36th IEEE PVSC Conf., 2010.

Degradazione a livello di impianto ricavata dai dati sul campo

Degradazione dell'energia CA

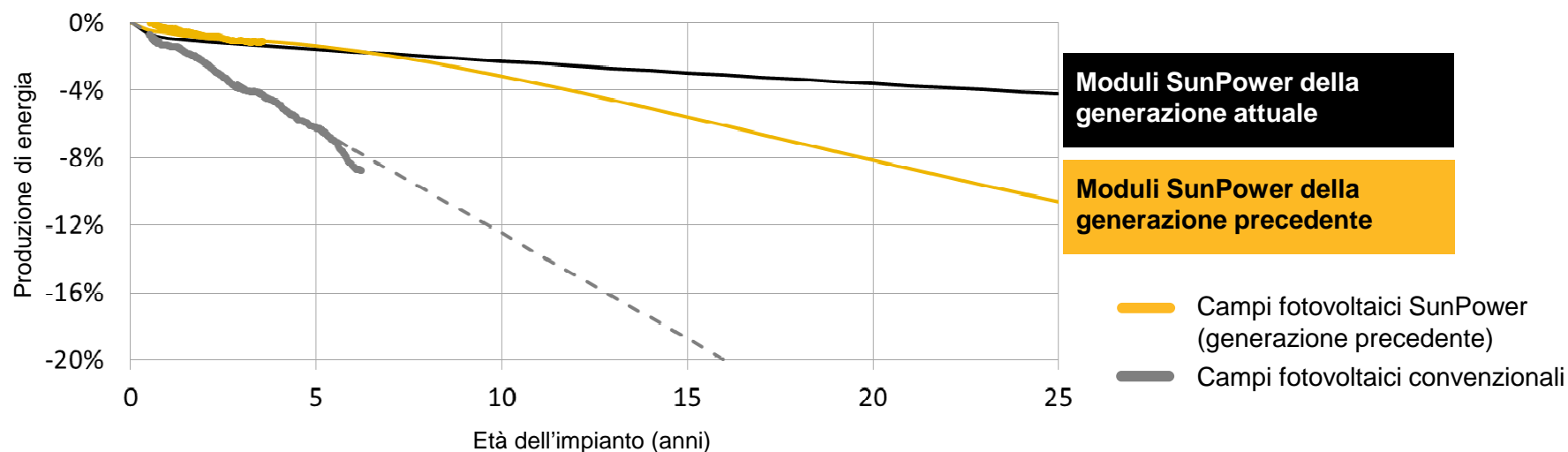
- Lo studio più completo mai effettuato: oltre 800.000 moduli da oltre 400 inverter monitorizzati in 144 siti, per intervalli di tempo medi di 4 anni.
 - Impianti SunPower: 86 MW, età 2-5,5 anni
 - Impianti non SunPower: 42 MW, età 2-11 anni
 - Tasso di degradazione di SunPower definito da Black & Veatch¹, una delle società di ingegneria indipendenti con maggiore esperienza negli impianti fotovoltaici con oltre 2000 MW di progetti su vasta scala



¹ Romero, Ralph et al., "Review of SunPower Fleet-Wide System Degradation Study using Year-over-Year Performance Index Analysis", Black & Veatch Eng., nov 2012.

Degradazione a lungo termine in base ai risultati delle simulazioni SunPower della generazione precedente e di quella attuale

- Per prevedere la degradazione a lungo termine, SunPower ha creato modelli di tutte le modalità di guasto importanti rimanenti¹:
 - Solarizzazione del cristallo, colorazione scura per incapsulamento foto-termico, degradazione della cella fotovoltaica per UV, polarizzazione/degradazione ad alta tensione e modelli di guasto per fine vita utile come allentamento dei giunti saldati, rottura della lamina posteriore o scollamenti
- Previsioni affidabili per i moduli della generazione precedente
- Risultati per i moduli della generazione attuale: 4% di degradazione della potenza dopo 25 anni (Phoenix AZ)



SunPower consiglia di utilizzare il valore -0,25%/anno complessivo (conservativo, da applicare ovunque)

¹ Mikofski M. et al., "PVLife: An Integrated Model for Predicting PV Performance Degradation over 25+ Years", 38th IEEE PVSC, Austin TX, 2012.

Reclami totali in garanzia per moduli per moduli Maxeon Gen 2 dopo la messa in servizio

Anni	Resi totali	Spedizioni totali
2006	—	18.290
2007	—	83.339
2008	6	275.911
2009	28	819.075
2010	77	1.773.540
2011	47	2.372.935
2T-2012	18	1.138.599
	176	6.481.689

Numero complessivo di resi a livello mondiale dopo la messa in servizio per tutti i moduli fabbricati con celle Maxeon Gen 2 fino a giugno 2012 compreso.

SunPower detiene 800 MW di impianti convenzionali a seguito dell'acquisizione di altre società:

Installatore di sistemi fotovoltaici

- 240 MW da 20 fabbricanti
- età media di 7 anni
- **8700 resi ogni milione** (quasi l'1%)

Fabbricante europeo

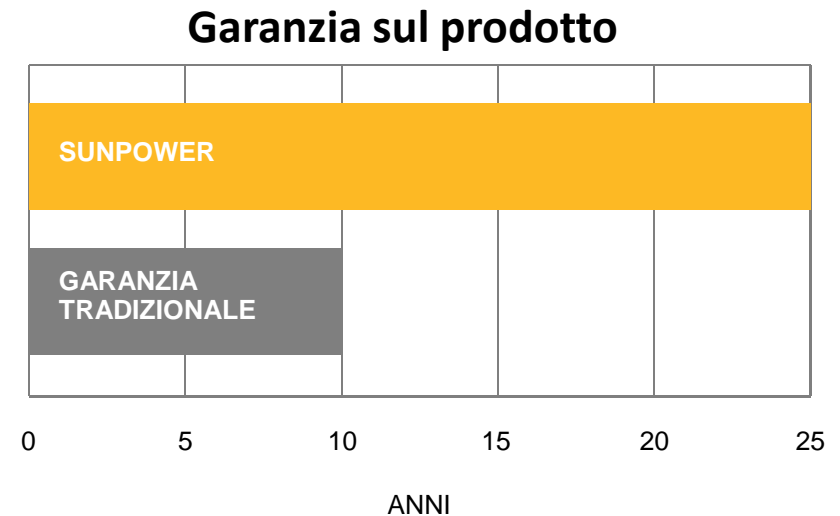
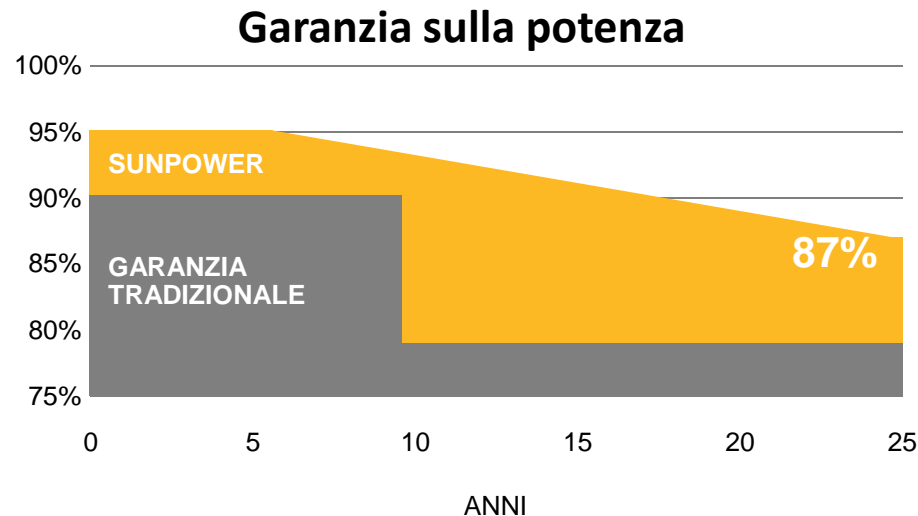
- 550 MW, considerato di alta qualità (buoni fornitori, affinatura automatizzata ecc.)
- età media di 4 anni
- **1800 resi ogni milione**

27 resi su un milione di moduli.

Il design resistente della cella Maxeon consente a SunPower di offrire una garanzia sulla massima potenza¹

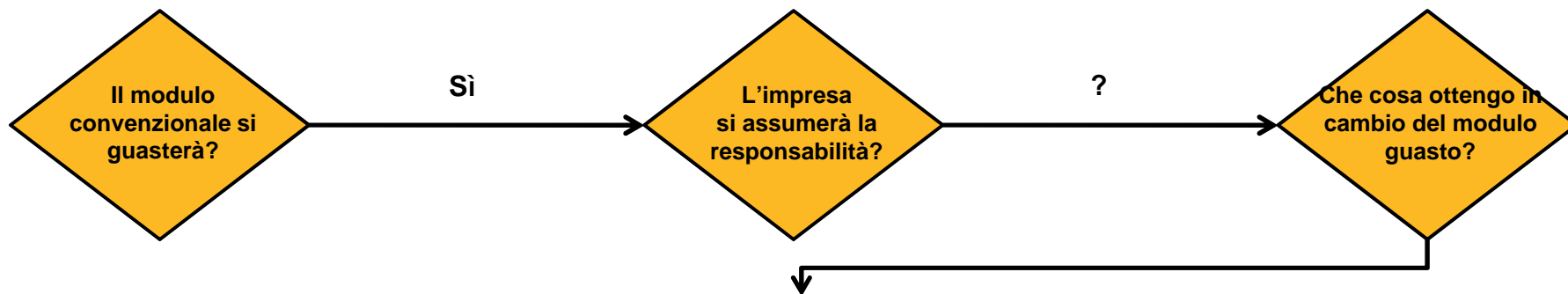
Grazie all'eccellente affidabilità delle celle Maxeon, SunPower può offrire:

- 9% in più di energia garantita rispetto a una garanzia tradizionale.
- Il più basso tasso di degradazione garantito: -0,4%/anno
- Garanzia sul prodotto di 25 anni



¹ In confronto ai 20 migliori produttori. SunPower Warranty Review, feb 2013.

Garanzie tradizionali



- Rimedio legale offerto in base a una garanzia tradizionale (a scelta del fabbricante):
 - Un pagamento una tantum di circa € 1 per ogni Watt di differenza tra potenza prodotta e potenza garantita
- oppure
- Un modulo nuovo o usato/attualmente in vendita

Copertura ¹	Garanzia SunPower	Garanzia tradizionale
Rimozione di un modulo difettoso	Si	No
Spedizione	Si	No
Installazione di un nuovo modulo	Si	No
Durata della garanzia del prodotto	25 anni	10 anni

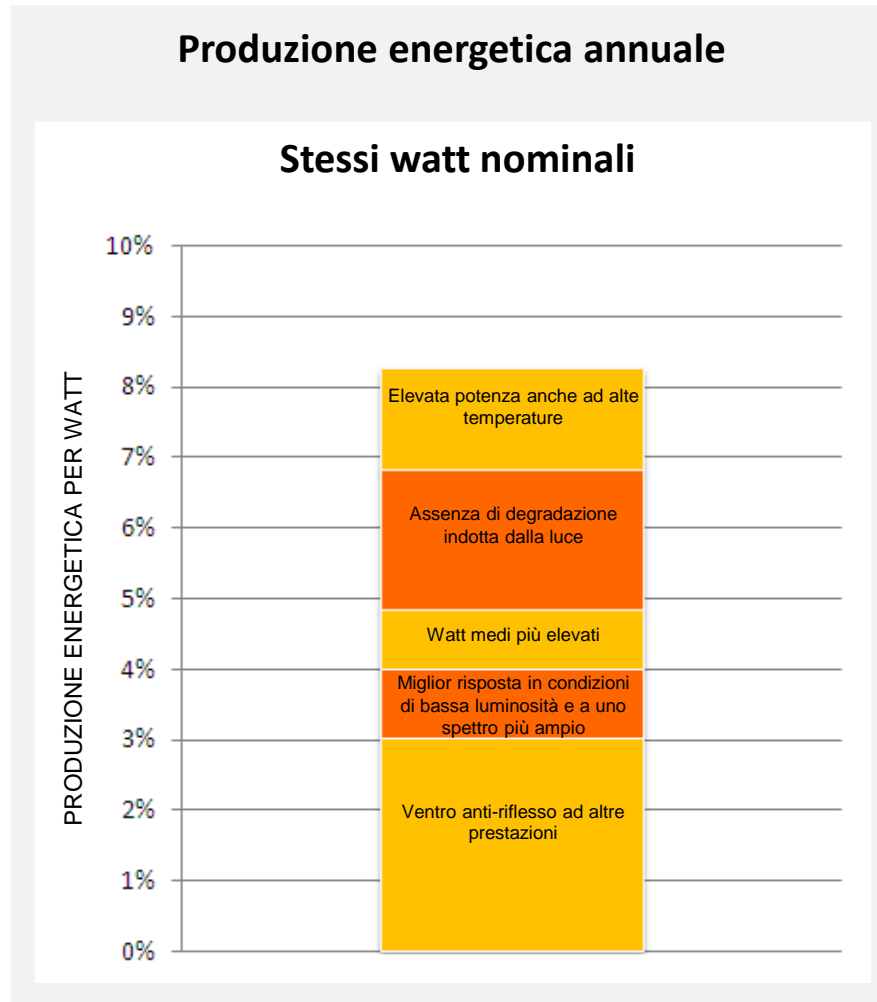
SunPower prevede la sostituzione gratuita con un nuovo modulo.

Produzione di energia



Produzione di energia

Confronto tra la Serie E e i moduli tradizionali



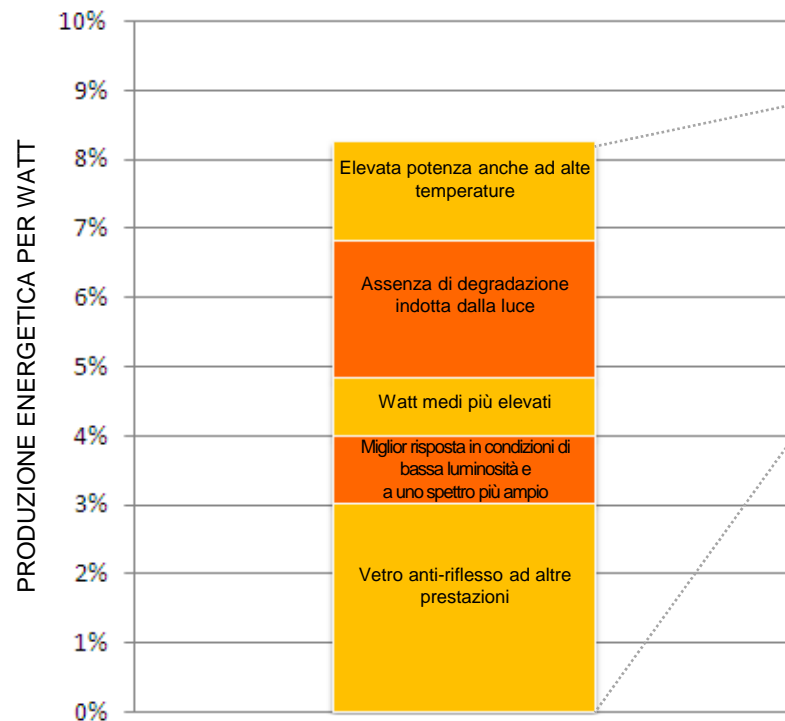
Vedere le diapositive 50 e 51 per le note a piè di pagina.

Produzione di energia

Confronto tra la Serie E e i moduli tradizionali

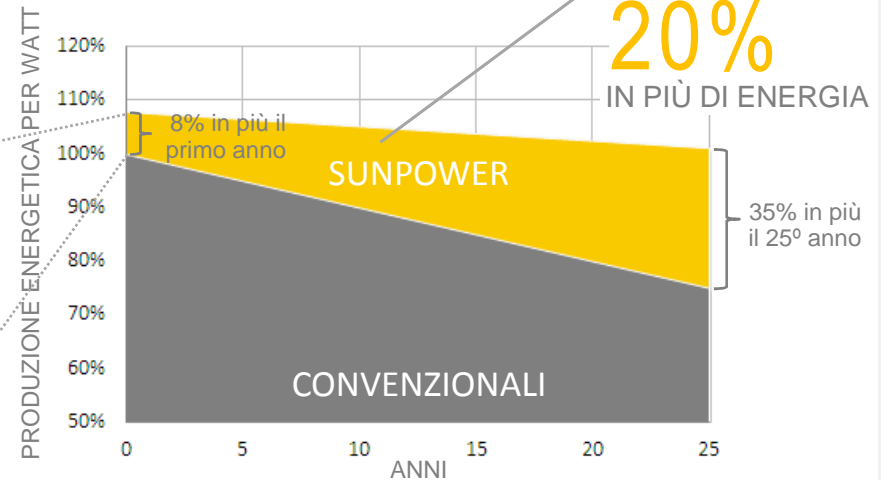
Produzione energetica annuale

Stessi watt nominali



Produzione di energia in 25 anni

Stessi watt nominali



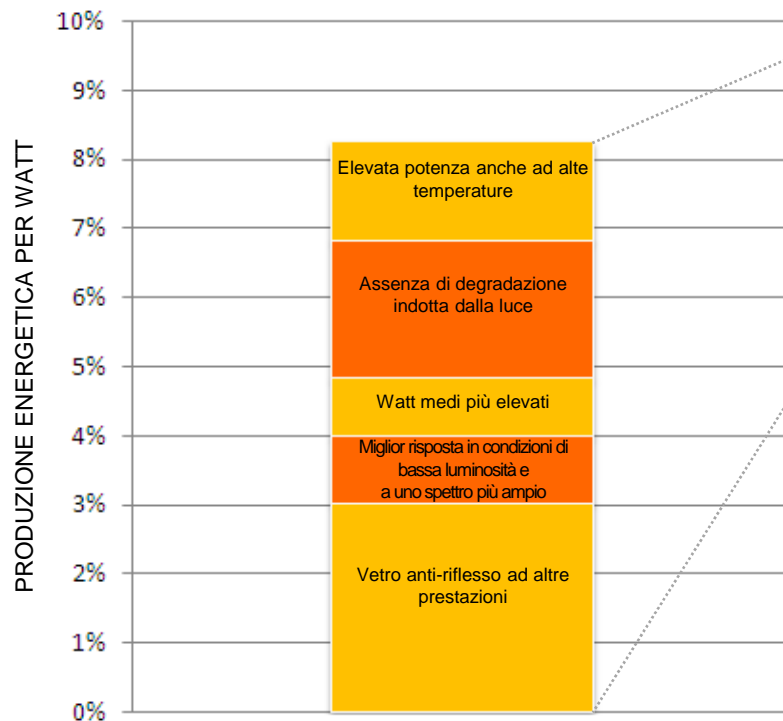
Vedere le diapositive 50 e 51 per le note a piè di pagina.

Produzione di energia

Confronto tra la Serie E e i moduli tradizionali

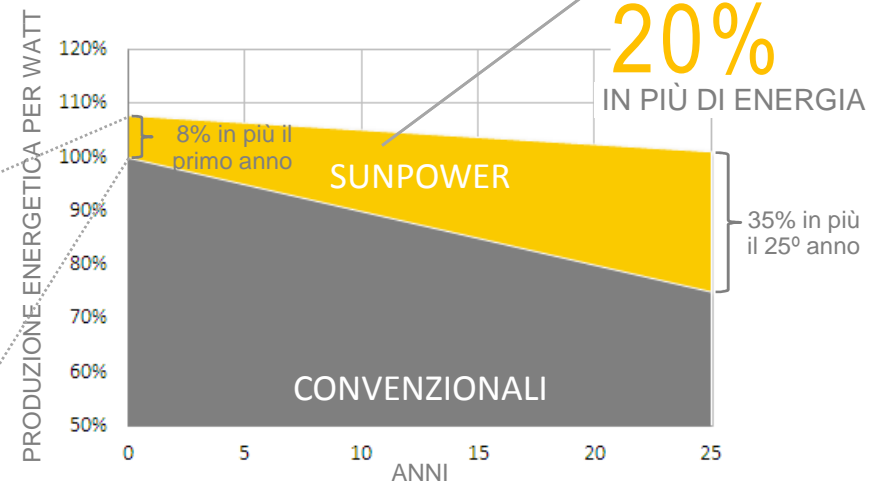
Produzione energetica annuale

Stessi watt nominali

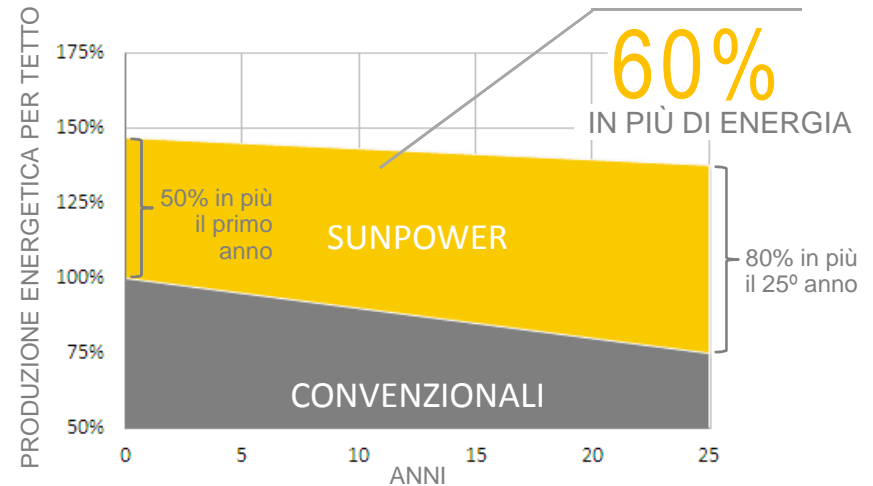


Produzione di energia in 25 anni

Stessi watt nominali



Stesse dimensioni fisiche

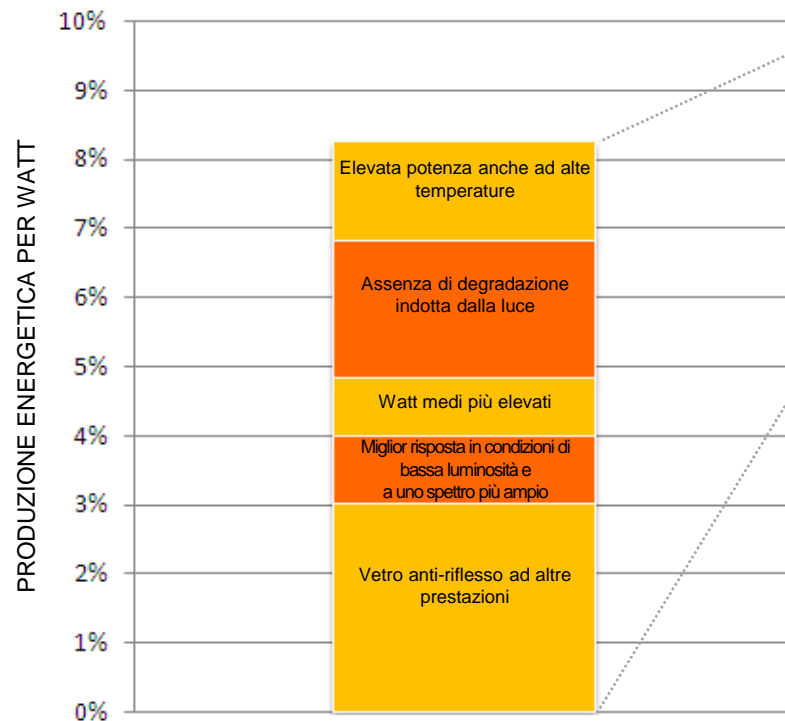


Vedere le diapositive 50 e 51 per le note a piè di pagina.

Produzione di energia Confronto tra la Serie X e i moduli tradizionali

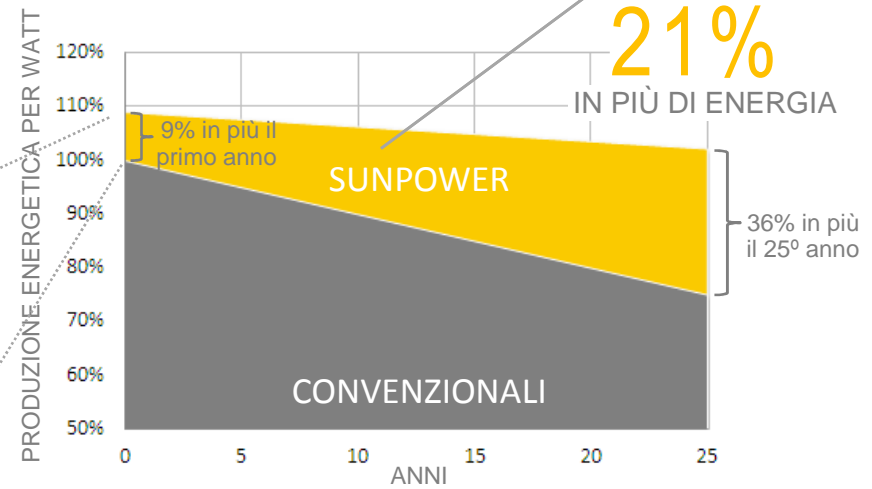
Produzione energetica annuale

Stessi watt nominali

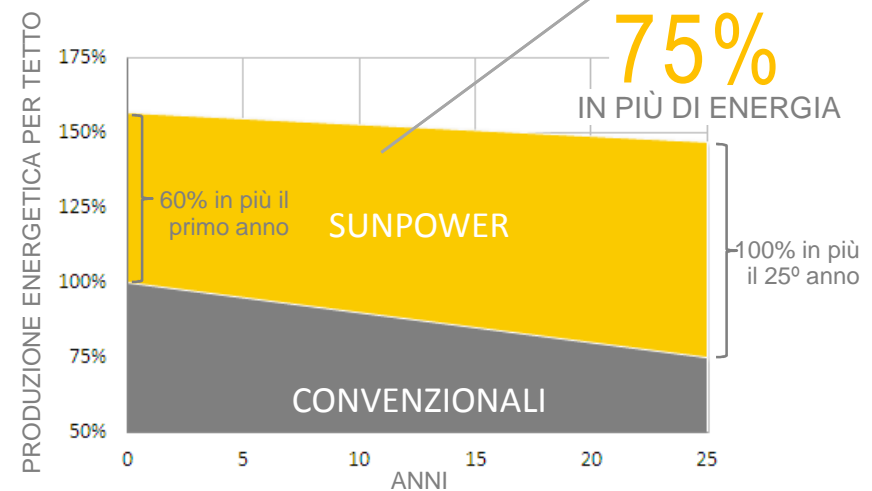


Produzione di energia in 25 anni

Stessi watt nominali



Stesse dimensioni fisiche



Vedere le diapositive 50 e 51 per le note a piè di pagina.

I Watt nominali sono tutti uguali?

- Tutti i moduli vengono classificati in base alla produzione in Watt a 25°C (77°F), 1000 W/m² di sole (a mezzogiorno in giornata estiva soleggiata)
- Per i consumatori i Watt non sono rilevanti perché le società elettriche fanno pagare l'energia consumata.. kilowattora (kWh)

Esempio: lampadine



Potenza: **60 W**

60 W

60 W

**Ai consumatori non interessano i Watt,
ma piuttosto la quantità di luce prodotta!**

Se confrontiamo solo le lampadine a incandescenza, sappiamo che il rendimento è più o meno uguale, quindi possiamo ragionare in termini di Watt invece che di quantità di luce prodotta.

Ma cosa succede se la tecnologia è diversa?



Potenza: **7 W**

Ma lo stessa quantità di luce!

... non si possono più utilizzare semplicemente i Watt.

I Watt nominali sono tutti uguali? No.

- Tutti i moduli vengono classificati in base alla produzione in Watt a **25°C (77°F)**, - **1000 W/m² di sole** (a mezzogiorno in una giornata estiva soleggiata)

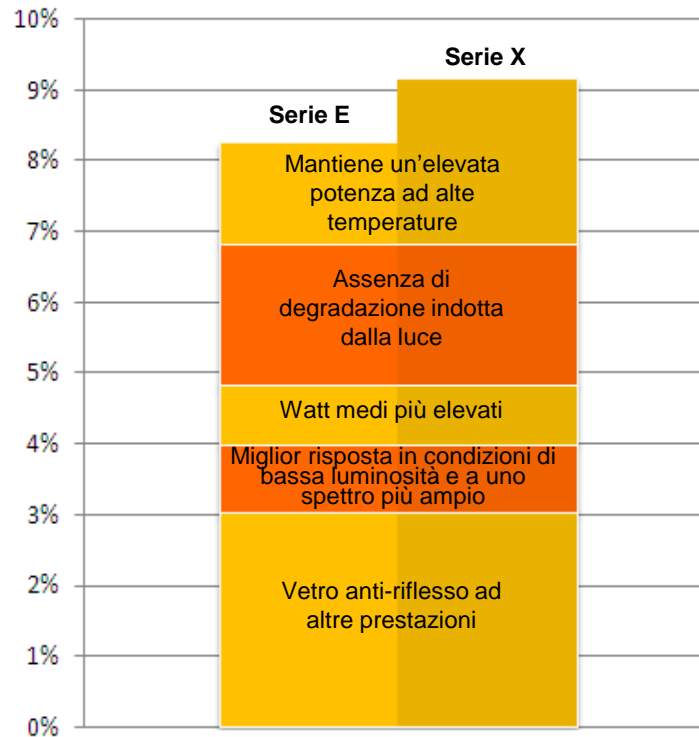
In molti giorni, e la mattina e il pomeriggio ogni giorno, la quantità di luce solare è minore.

La maggior parte dei giorni soleggiati sono più caldi, specialmente se la temperatura viene misurata sul tetto. L'alta temperatura fa diminuire la potenza

- Le celle Maxeon SunPower, grazie al design unico, producono più energia (kWh) per Watt nominale, specialmente in condizioni di calore elevato o bassa luminosità.

Il design delle celle Maxeon fornisce più energia per Watt nominale

Incremento tipico di energia per watt nominale rispetto ai moduli convenzionali

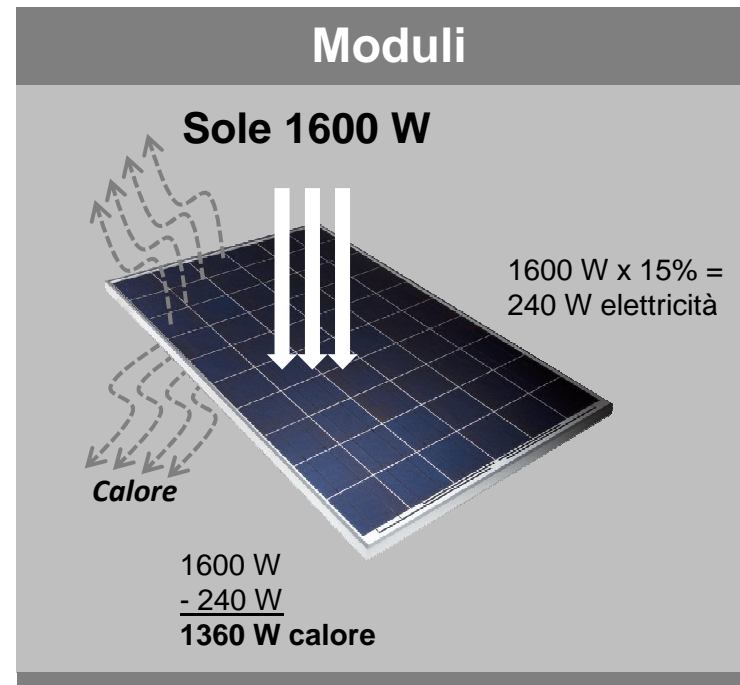
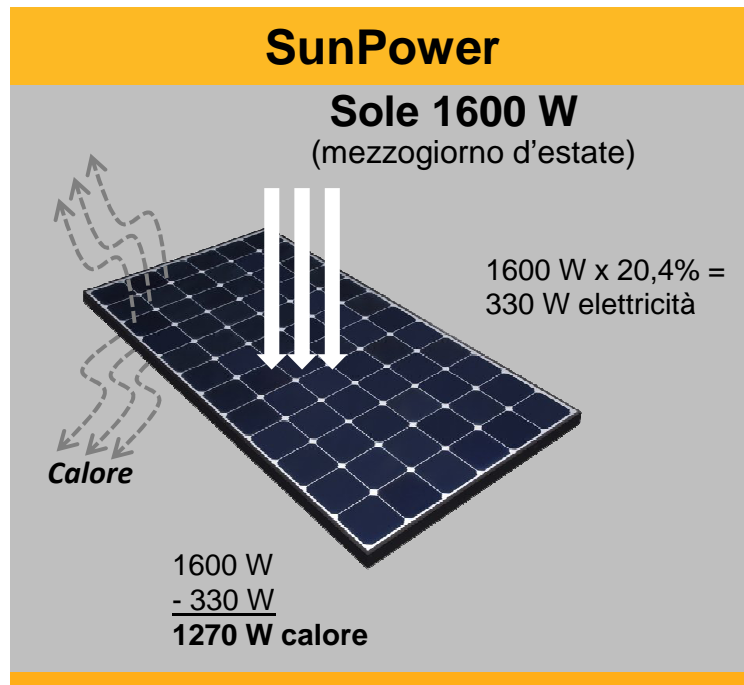
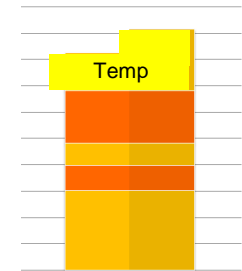


I moduli SunPower della Serie E producono il 7-9%¹ in più di energia per watt nominale e quelli della Serie X l'8-10%.

¹ BEW Engineering, parte di DNV KEMA, SunPower Yield Report, gen 2013. Confronto con i moduli convenzionali.

I moduli SunPower si surriscaldano meno

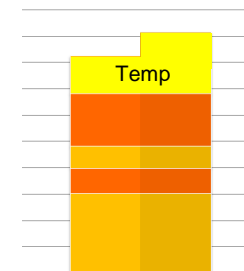
- Grazie all'efficienza aggiuntiva, una quantità maggiore di energia solare viene convertita in elettricità
- Pertanto, è necessario dissipare in aria meno energia sotto forma di calore e il modulo rimane più fresco: solitamente 2-3°C (4-6°F) in meno rispetto al tetto



I moduli convenzionali devono essere più caldi per rilasciare 90 W aggiuntivi di calore nell'aria

Temperature di funzionamento SunPower rispetto a convenzionali

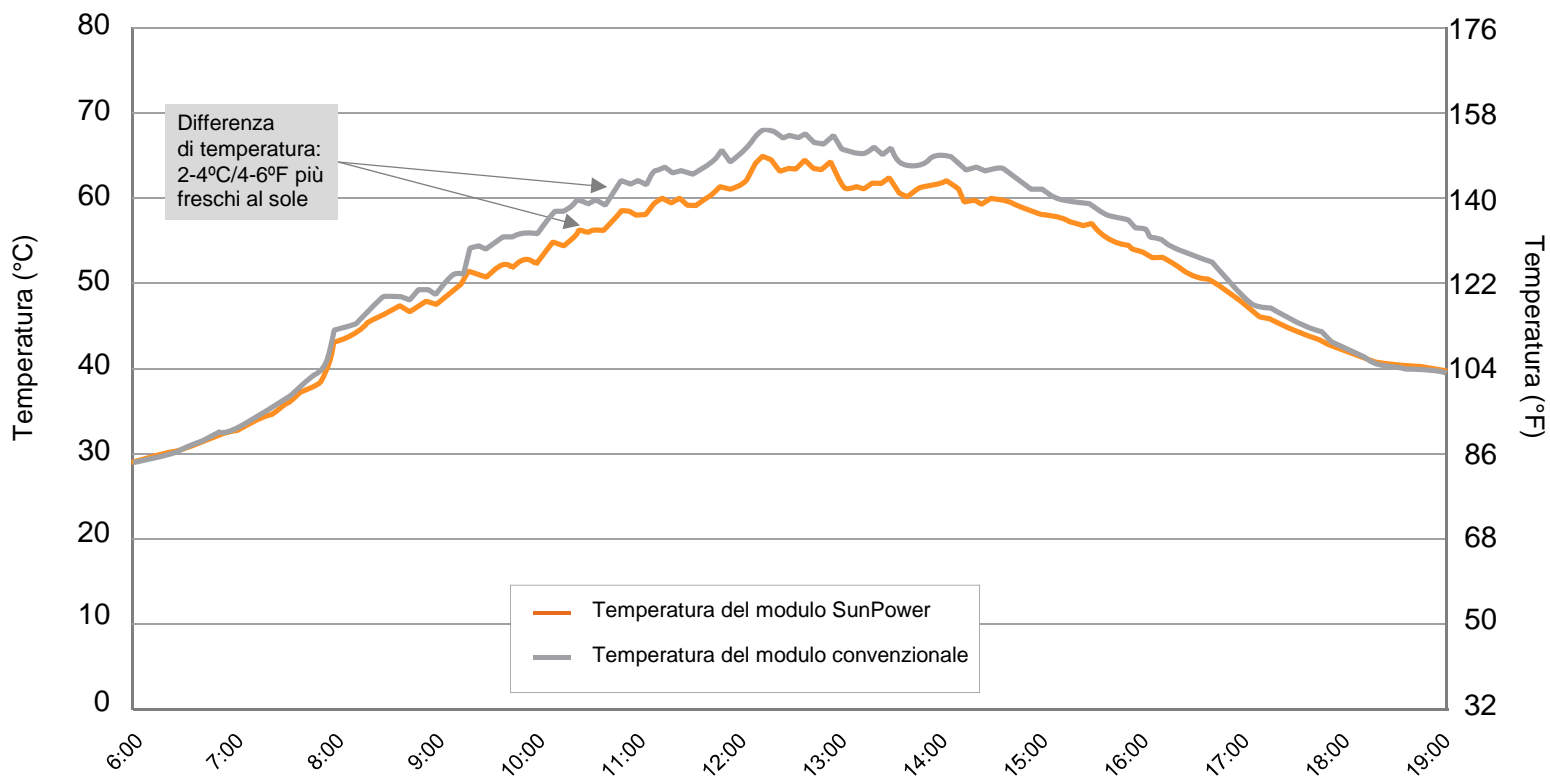
I moduli ad alta efficienza operano a temperature inferiori perché convertono una quantità maggiore di energia solare in elettricità



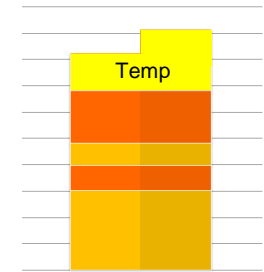
SunPower rispetto a moduli convenzionali

Temperatura di funzionamento in una giornata di luglio (temperatura dell'aria a mezzogiorno di 40°C/104°F)

Arizona State University – Test contemporaneo PTL



Produzione di energia più elevata in condizioni reali (installazione su tetto)

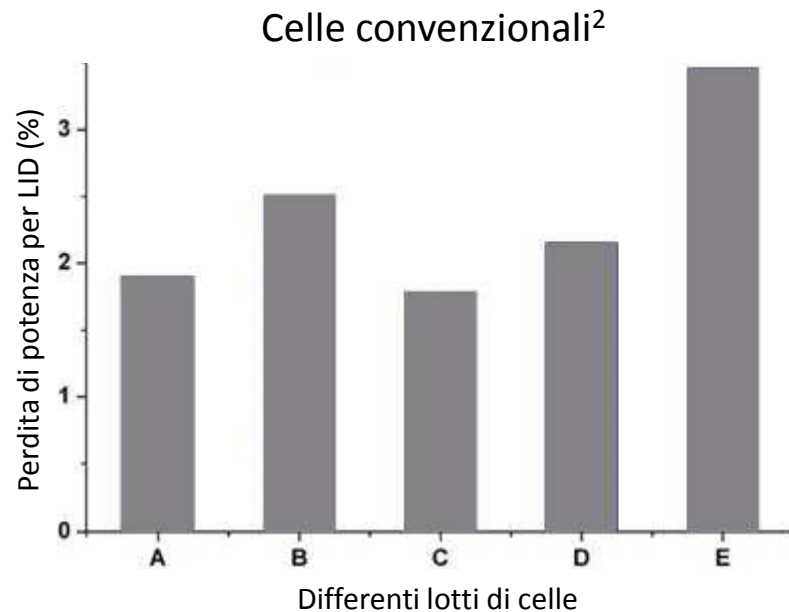
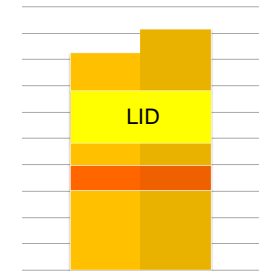


In un tipico caldo giorno estivo i moduli convenzionali raggiungono i 60°C/140°F mentre i moduli SunPower si fermano a 57,5°C/135°F (sul tetto)

	SunPower Serie E	SunPower Serie X	Convenzionale
Coefficiente di temperatura	-0,38%/°C -0,21%/°F	-0,30%/°C -0,17%/°F	-0,45%/°C -0,25%/°F
Temp del modulo sul tetto	57,5°C 135°F	57°C 134°F	60°C 140°F
Efficienza (nominale a 25°C/77°F) (temperatura nominale)	20,4% (36% in più rispetto ai conv.)	21,5% (44% in più rispetto ai conv.)	15%
Efficienza a 60°C / 140°F (temperatura sul tetto)	17,9% (42% in più rispetto ai conv.)	19,4% (54% in più rispetto ai conv.)	12,6%

Assenza di degradazione indotta dalla luce (LID)

- Le celle fotovoltaiche SunPower di tipo n non sono soggette a LID e non perdono l'1-3% di potenza iniziale alla prima esposizione alla luce solare come le celle convenzionali in c-Si (che sono di silicio tipo p¹).
- Relazione di BEW/DNV Engineering: "Esistono pochi dati sulla LID reale forniti dai produttori, ma in generale si ritiene che sia compresa tra lo 0,5% e il 3,5% per le celle in poli-silicio e tra il 2% e 5% per quelle in mono-silicio."



¹Gli unici altri produttori di moduli importanti che fabbricano celle fotovoltaiche di tipo n sono Yingli, che le utilizza solo nei moduli "Panda", e Panasonic.

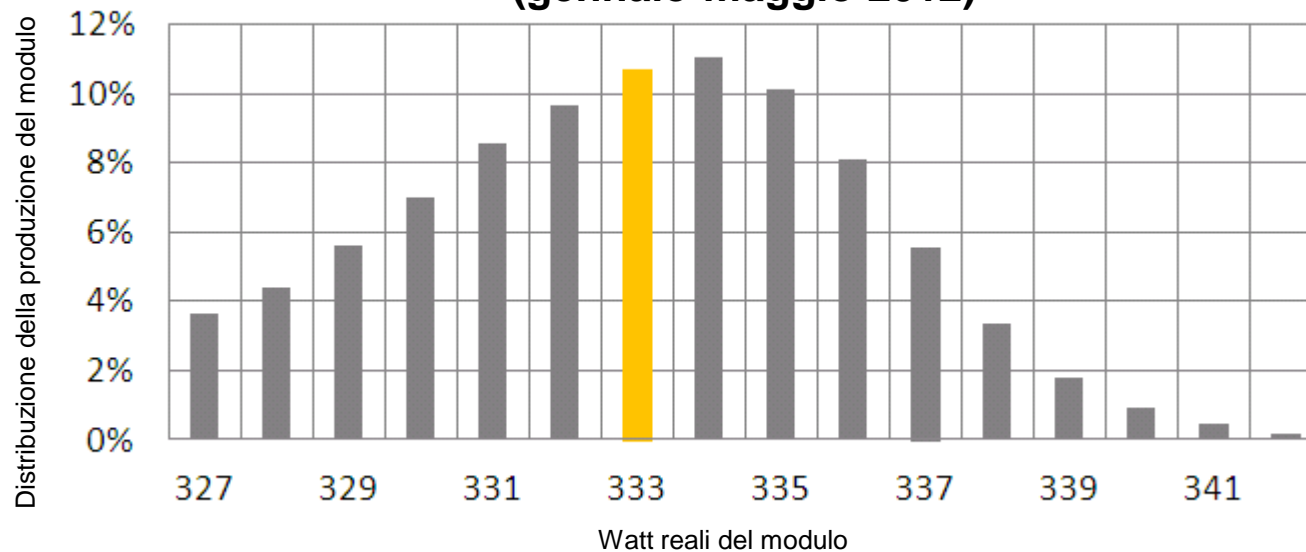
² Pingel, S. et al., "Initial Degradation of Industrial Silicon Solar Cells in Solar Panels", EU PVSEC, Valencia, 2010.

Watt medi del modulo più elevati

- È necessaria la precisione della fabbricazione di chip per computer per produrre celle fotovoltaiche ad alta efficienza, che si integrino in moduli tutti molto simili in termini di potenza.
 - SunPower commercializza quasi tutta la sua produzione di moduli in un unico modello, quindi solitamente fornisce 6 watt in più
- La produzione di celle convenzionali favorisce un'ampia gamma di valori di potenza dei moduli che sono raggruppati in incrementi di 5 watt
 - Il valore di tolleranza della potenza positiva non importa dal momento che i moduli convenzionali sono legati a incrementi indicati nelle specifiche di 5 W



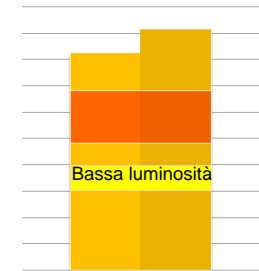
**Distribuzione di potenza per SPR-E20-327
(gennaio-maggio 2012)**



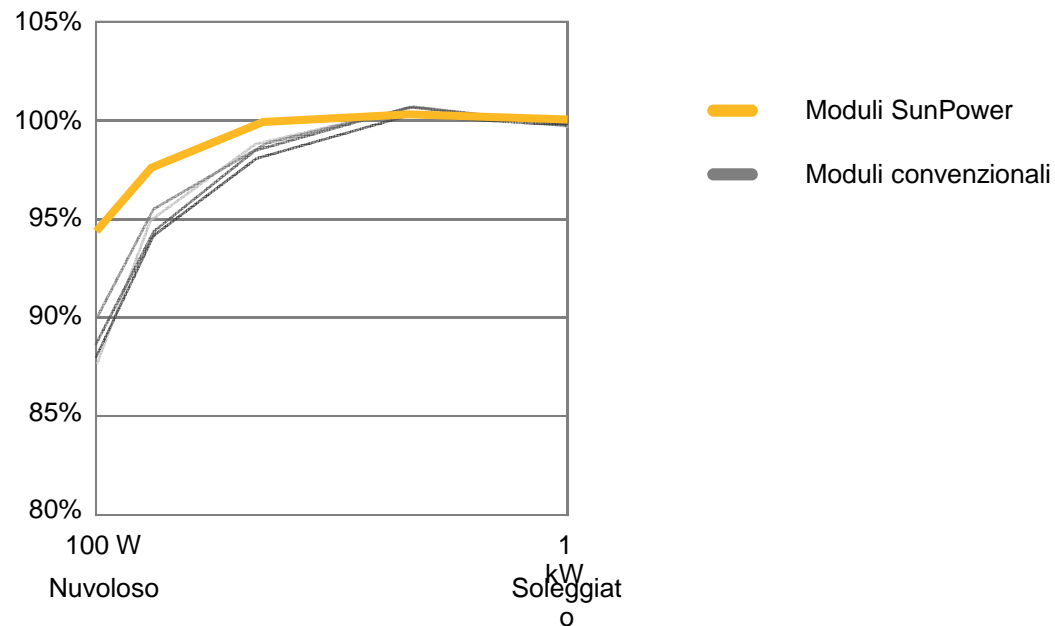
- **Watt nominali: 327 W (nelle specifiche)**
- **Media dei watt: 333 W**

Efficienza elevata anche a bassi livelli di luminosità

Misurazioni di Photon: produzione di energia con bassa luminosità



Moduli SunPower e Vari moduli convenzionali¹

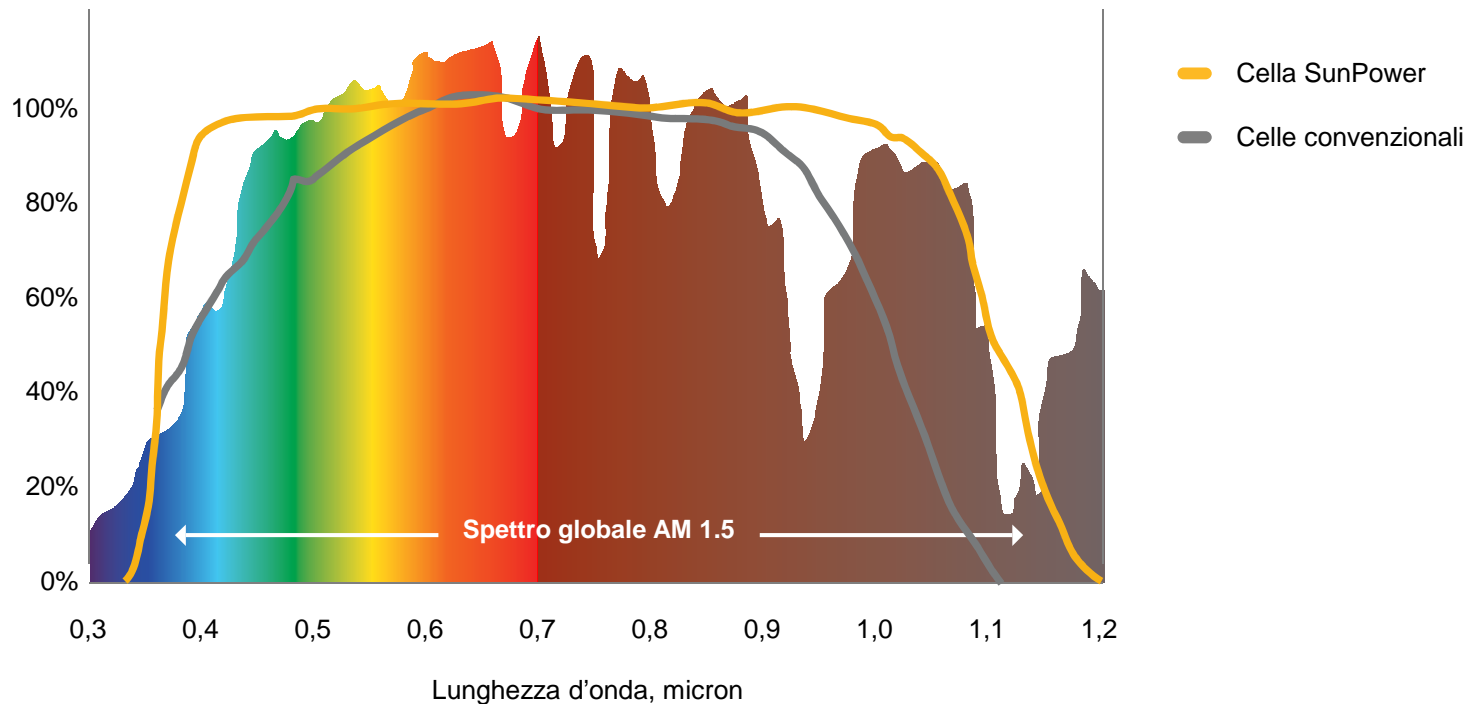
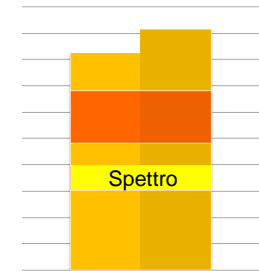


Photon: “Il dispositivo presenta una curva di efficienza praticamente lineare senza cambiamenti significativi nella gamma di irradianza medio-alta e con una diminuzione del rendimento minima a bassi livelli di irradianza. Nessun modulo collaudato fino a oggi ha mostrato una curva di efficienza simile.”¹

¹ Photon International, giu 2012.

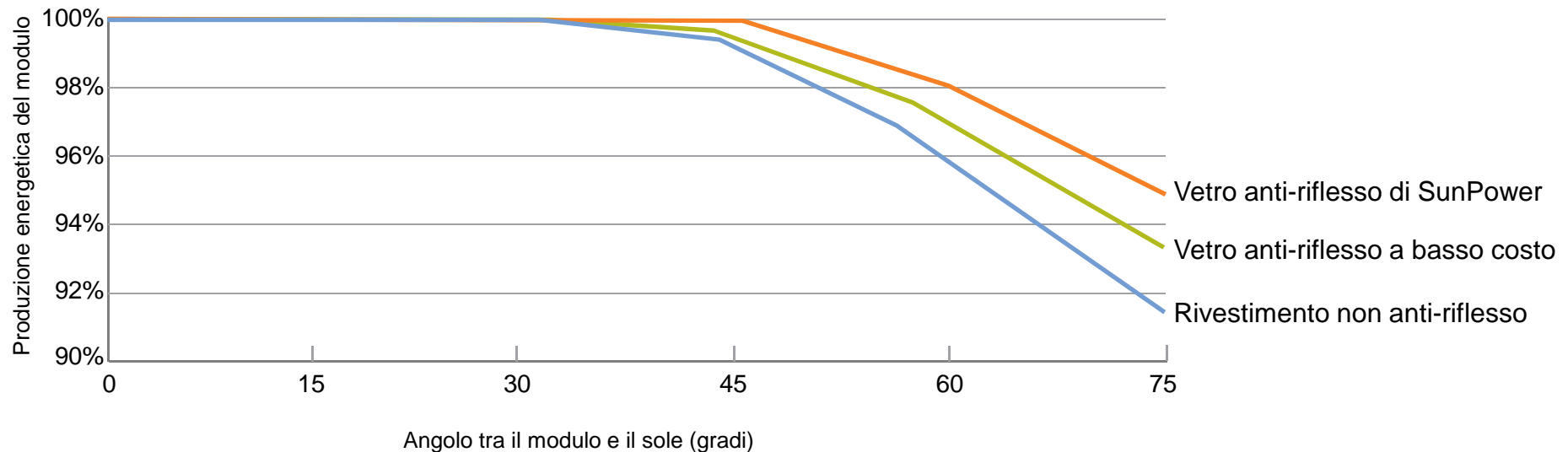
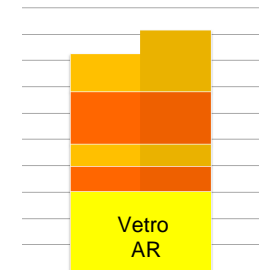
Risposta a uno spettro più ampio

- Le celle SunPower catturano più luce dalle parti blu e infrarosse dello spettro, consentendo una produzione di energia più elevata in condizioni di nuvolosità e bassa luminosità
- I cambi di colorazione della luce solare si verificano ogni mattina e ogni sera (i colori del tramonto), quindi gli impianti SunPower iniziano a lavorare prima e funzionano più a lungo.



Confronto sul vetro anti-riflesso

- I moduli con vetro anti-riflesso comportano un guadagno energetico del 3-5% rispetto ai vetri non anti-riflesso perché sono in grado di catturare meglio la luce quando la radiazione solare non colpisce direttamente il modulo.
 - Periodi nuvolosi e nelle prime/ultime ore della giornata
- La maggior parte dei moduli convenzionali non usa vetri anti-riflesso perché sono più cari e il loro costo è difficile da giustificare con celle a efficienza più ridotta.¹
- Non tutti i vetri anti-riflesso sono uguali... SunPower utilizza quelli con migliori prestazioni.



¹ BEW Engineering, parte di DNV KEMA, SunPower Yield Report, gen 2013.

Valutazione tecnica indipendente

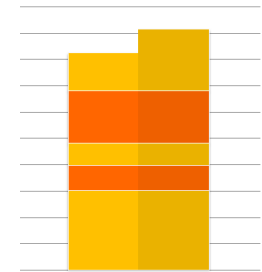
BEW Engineering fa parte di DNV KEMA Energy & Sustainability, con oltre 2300 esperti in tutto il mondo.

- Ha fornito servizi tecnici a oltre 10 GW di impianti commerciali e centrali elettriche
- È specializzato in creare modelli di produzione energetica attesa degli impianti

La relazione ha esaminato le stesse 5 caratteristiche distintive dei moduli SunPower.

Conclusioni di BEW/DNV Engineering:

“A seconda del clima, il tipo di struttura di montaggio fissa o a inseguimento e le proprietà dei moduli concorrenti analizzati, la differenza in termini di produzione che ci si può ragionevolmente attendere varia dal 7% al 9%”.¹ (Moduli Serie E)

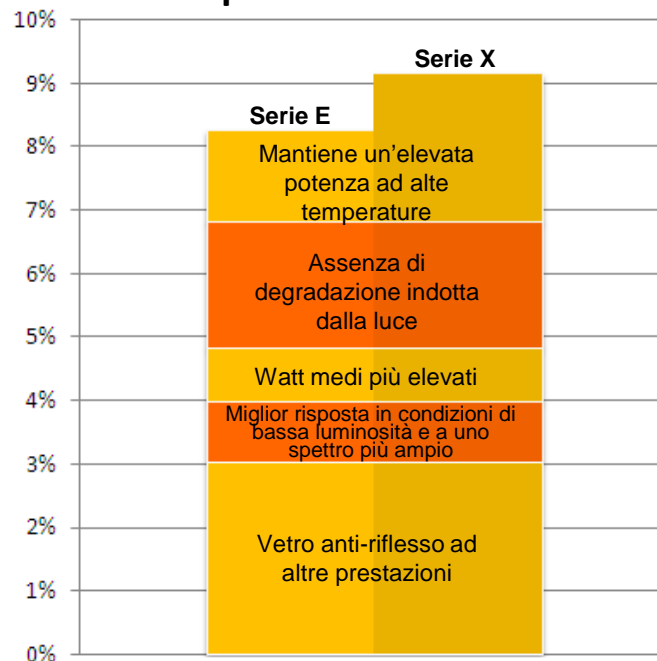


¹ BEW Engineering, parte di DNV KEMA, SunPower Yield Report, gen 2013.

Quantificazione in €/W del valore di una produzione energetica superiore

- **A seconda del concorrente e delle condizioni climatiche e di montaggio:**
 - Serie E: 7-9% di energia in più
 - Serie X: 8-10% di energia in più
- **Ogni 1% di energia in più = 1% di valore aggiuntivo dell'impianto**
 - In altre parole, un sistema che costa il doppio e genera il doppio di energia fornisce lo stesso valore a livello di costo di energia
 - Esempio: un 8% di energia in più in un impianto da $\text{€ } 4/\text{W}^1 = \text{€ } 0,32/\text{W}$ di valore

Incremento tipico di energia per watt nominale rispetto ai moduli convenzionali



Più energia per Watt nominale in condizioni reali:

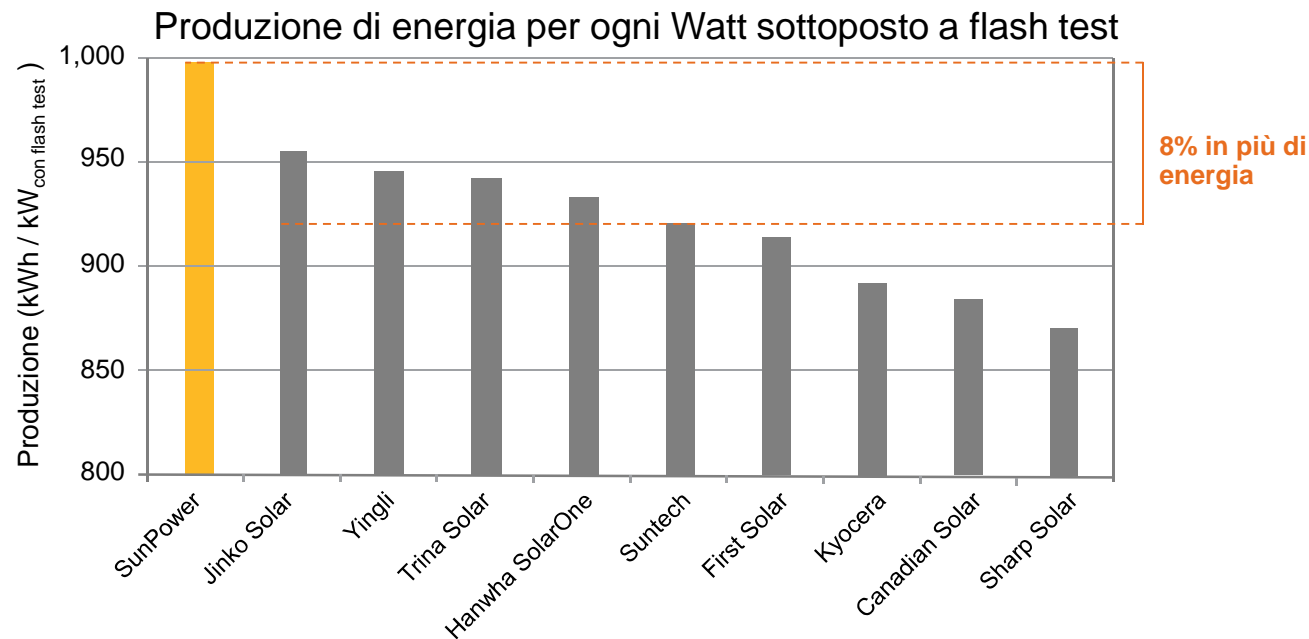
- Condizioni di alta temperatura sul tetto
- Condizioni di scarsa e media luminosità
- Condizioni di sole fuori angolazione
- Condizioni di ombreggiamento parziale (non incluse perché non sempre applicabili)

¹ I prezzi sono puramente illustrativi.

Risultati di Photon (kWh/kW_{con flash test}) settembre 2012

Test indipendente su 115 produttori di fotovoltaico per misurare l'energia aggiuntiva per Watt nominale

- La Serie E di SunPower si è posizionata al primo posto per energia per Watt nominale in un gruppo di 190 moduli
- In media SunPower produce l'8% di energia in più per Watt nominale in confronto agli altri 10 migliori produttori di moduli dello studio¹
- I dati più recenti di Photon mostrano un vantaggio del 9% (gen – nov)



¹ Photon International (nov 2012), "top 10" sulla base di 2011 MW spediti

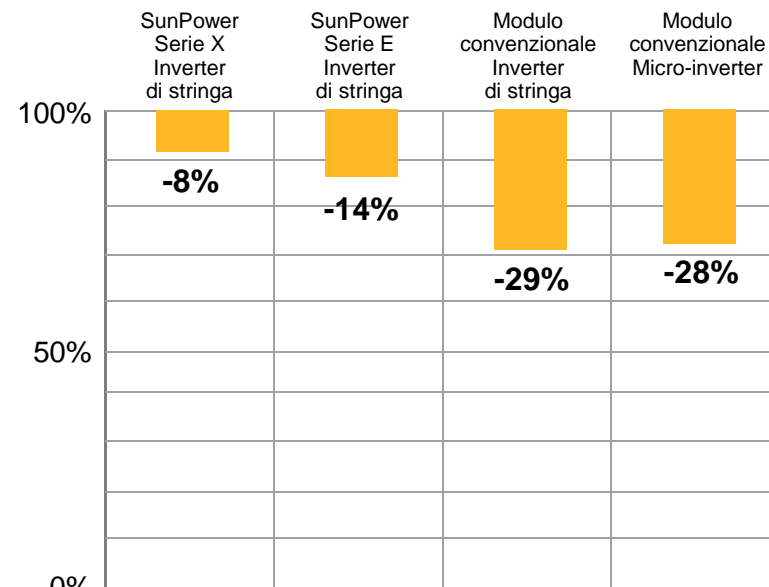
Impatto delle ombre inferiore rispetto ai moduli convenzionali

- **Test indipendenti di laboratorio sull’impatto delle ombre parziali sui moduli SunPower e sui moduli convenzionali¹**

- Ogni serie è stata sottoposta a un’ombra identica con condizioni realistiche di ombreggiamento parziale: 2 condotti di ventilazione sul lato sud, 1 albero sul lato est, 4 foglie sui moduli
- È stata misurata la produzione energetica giornaliera di ogni serie confrontandola con la produzione energetica della stessa in assenza d’ombra

- **Le celle SunPower dispongono di una protezione dei diodi integrata, quindi l’ombreggiamento parziale ha un impatto molto minore**

- In queste condizioni di ombreggiamento:
 - La Serie E è circa 2 volte migliore rispetto ai moduli convenzionali**
 - La Serie X è circa 4 volte migliore rispetto ai moduli convenzionali**
- I moduli SunPower su inverter di stringa hanno avuto un rendimento migliore rispetto ai moduli convenzionali su micro-inverter



Produzione di energia: ombreggiamento parziale rispetto ad assenza di ombreggiamento

¹ Donovan, Matthew et al., “SunPower Shading Study”, PVEvolution Labs, feb 2013.



Predizione accurata del vantaggio energetico di SunPower: PVSIm

PVSIm è un modello energetico di ultima generazione

- “PVSIm è uno strumento di simulazione accurato per impianti SunPower e di altri produttori. Nel caso degli impianti SunPower offre un approccio semplice in cui sono necessarie poche regolazioni da parte dell’utente. Nel caso di impianti di altri produttori, consente una personalizzazione completa di un’ampia gamma di parametri secondo le necessità.”¹
- “Utilizza il modello di rendimento fotovoltaico dei Sandia National Labs con coefficienti per i moduli ricavati da test indipendenti di Sandia.”¹
 - Elimina i trucchi dei programmi di modellazione dei produttori che utilizzano schede tecniche apportate da loro senza controlli esterni.
- Verificato da BEW/DNV Engineering, società di ingegneria indipendente:
 - “Utilizzando PVSIm BEW ha ottenuto risultati più vicini alle misurazioni rispetto a quando ha utilizzato PVSyst caratterizzato da presupposti simili a livello di modelli.”
 - “In confronto ai dati misurati, i risultati di PVWATTS sono inferiori del 10-30% per quanto riguarda la produzione energetica e le relazioni tra la potenza stimata in base al modello e quella misurata sono scarse.”
 - “PVSIm generalmente utilizza algoritmi di ultima generazione in grado di produrre risultati accurati.”

Per utilizzare gratuitamente PVSIm online: <https://pvsim.sunpowercorp.com/PVSIm/Login.aspx>

Non c’è nulla di più importante che prevedere in modo corretto la produzione energetica, dal momento che vendiamo la promessa di un’energia futura!

¹ BEW Eng, parte di DNV KEMA, PVSIm Evaluation Report, gen 2013.

Uso di altri modelli energetici

- I modelli sono sempre composti da 2 parti:



- Un eventuale disaccordo tra due modelli potrebbe essere dovuto al modello o all'archivio meteorologico
- PVSyst è abbastanza simile a PVSIm
 - Se si utilizza l'ultima versione, il file PAN di SunPower è corretto
 - Se si modificano i punti IAM (angolo di incidenza) della sezione Perdite per tenere conto del rendimento del vetro AR (misurato da Sandia National Labs)
- PVWatts è molto impreciso
 - 10-30% della produzione energetica reale
 - Non differenzia i diversi tipi di moduli, quindi non può mostrare la produzione energetica aggiuntiva dei moduli SunPower
- PVSol è abbastanza simile a PVSIm ma produce modelli meno sofisticati
 - Se si utilizza l'ultima versione
 - Se "la perdita per discrepanza" viene modificata dal 2% all'1% per i moduli SunPower

Se siete costretti a utilizzare uno strumento diverso da PVSIm, utilizzate PVSyst

Efficienza

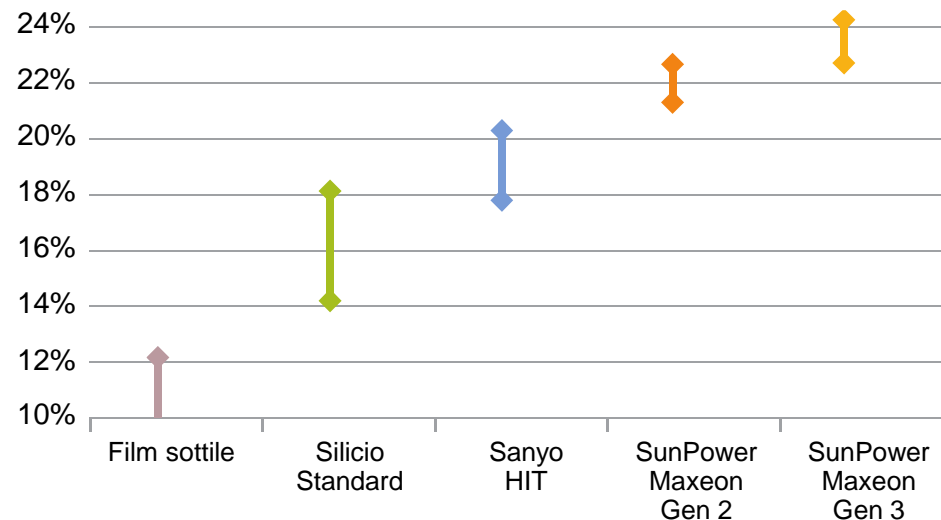


La cella fotovoltaica Maxeon è il cuore della tecnologia SunPower

Le celle Maxeon sono celle di silicio con contatti posteriori montate su una solida base in rame

- con efficienza fino al 24,2%.

Vantaggio della cella SunPower Maxeon in termini di efficienza



MAXEON CELL TECHNOLOGY

SunPower detiene il record mondiale di efficienza nei grandi moduli in silicio (21,4%). Green, M.A. et. al., "Solar Cell Efficiency Tables (version 39)", Progress in Photovoltaics, 2013, vol. 21, pagg. 1-11.

SunPower continua a essere superiore alla concorrenza grazie all'innovazione

Panoramica: il nuovo modulo fotovoltaico “X21”

Miglior modulo fotovoltaico in tutti gli aspetti:
produzione energetica¹, affidabilità², efficienza³ ed estetica



Il modulo fotovoltaico con l'energia e la potenza più elevate del mondo

Genera la maggior quantità di energia possibile dal vostro tetto³

Maggior produzione energetica in località calde e nei mesi estivi quando la luce solare è più potente¹

Caratteristico look, nero uniforme

Produce energia anche in presenza di ombreggiamento parziale, come quello causate da tubi di ventilazione, pali o cavi o quando è parzialmente coperto da foglie cadute e sporcizia¹

L'efficienza media del 21,5% del modulo X21 supera il record mondiale attuale del 21,4%³

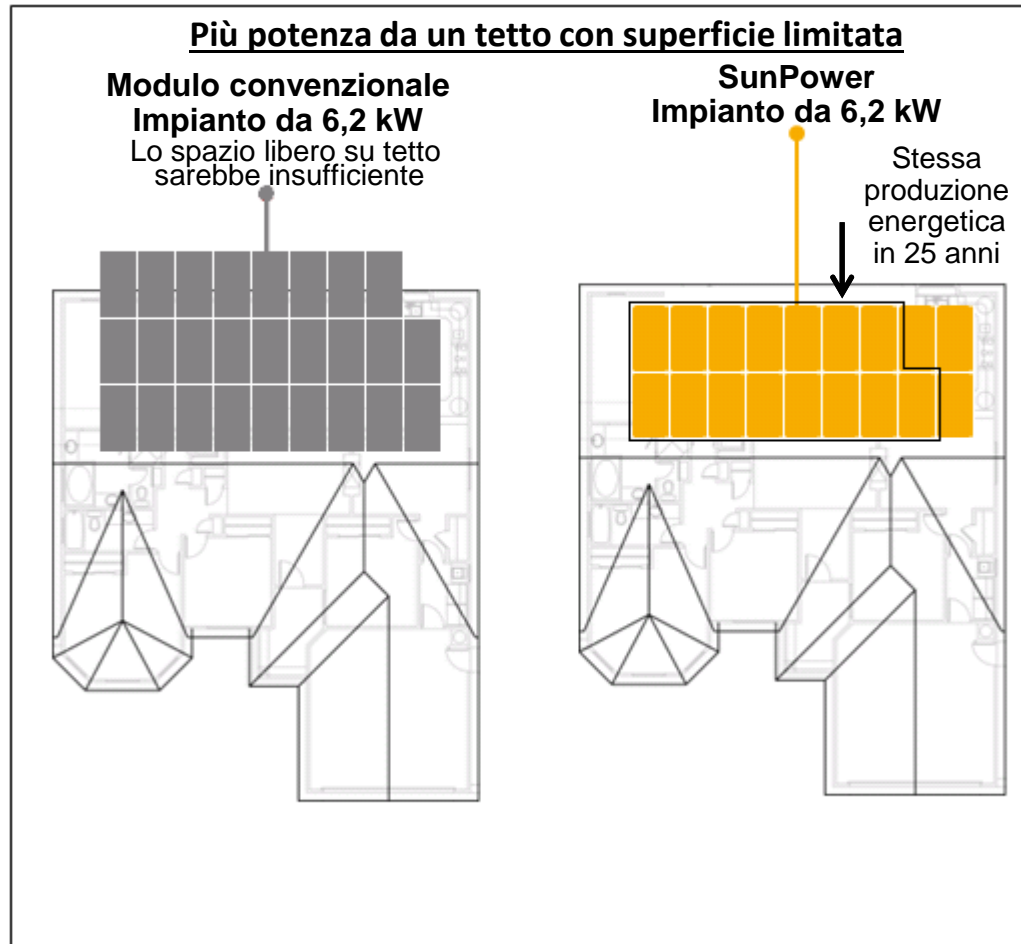
¹ In confronto alla Serie E.

² Stessa base in rame della Serie E.

³ Il 20,5% di efficienza media supera il record mondiale registrato al momento per i moduli in silicio di grandi dimensioni in una fonte riconosciuta a livello mondiale per i record di efficienza e aggiornata ogni 6 mesi: Green, M.A. et. al., “Solar Cell Efficiency Tables (version 39)”, Progress in Photovoltaics, 2013, vol. 21, pagg. 1-11.

Il valore dell'efficienza elevata

- Più potenza dalla stessa superficie: un impianto SunPower fornisce il 60% in più di energia il primo anno. Dopo 25 anni, la differenza raggiunge quasi il 100% con una media del 75% in più di energia ogni anno.¹
- La maggior parte dei tetti sono limitati dalle dimensioni delle sezioni rivolte a sud e dalle ombre (alberi, sfiati, cavi ecc.)
- Maggiori possibilità di espansione se le necessità energetiche aumentano in futuro (ad es. auto elettrica)



¹ Sulla base di moduli SP da 345 W e moduli convenzionali da 240 W. Vedere la nota a piè di pagina nella diapositiva 51.

Quantificazione in €/W del valore dell'alta efficienza per il partner

- Il partner sperimenta direttamente i vantaggi economici di un impianto ad alta efficienza e può scegliere di trasferire alcuni di tali vantaggi al cliente.
- I vantaggi sono suddivisi in due parti:

Parte 1: Margini del partner sui componenti

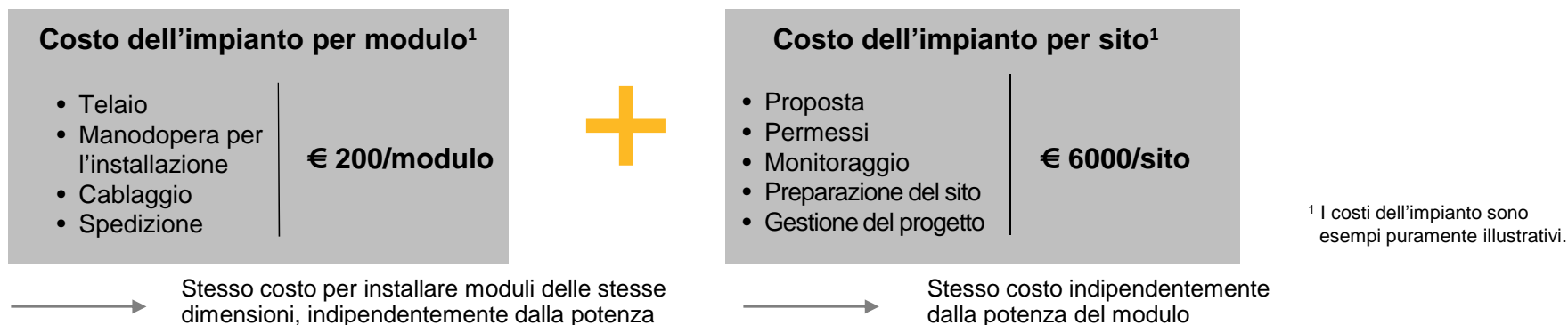
- Il prezzo per Watt dei moduli SunPower è più alto; quindi, per un impianto di pari dimensioni, il margine applicato al prezzo del modulo SunPower rispetto a quello del modulo convenzionale si converte interamente in profitto.

	Modulo SunPower	Modulo convenzionale
Costo del modulo per il partner ¹	€ 2,00/W	€ 1,00/W
Profitti del partner con un margine del 25% ¹	€ 0,50/W	€ 0,25/W
€0,25/W = profitto aggiuntivo del partner con SunPower		

¹ Prezzi e margini sono semplici esempi illustrativi e non devono essere intesi come indicativi di prezzi o margini reali.

Quantificazione in €/W del valore dell'alta efficienza per il partner (segue)

Parte 2: Costo per watt dell'installazione dell'impianto meno efficiente



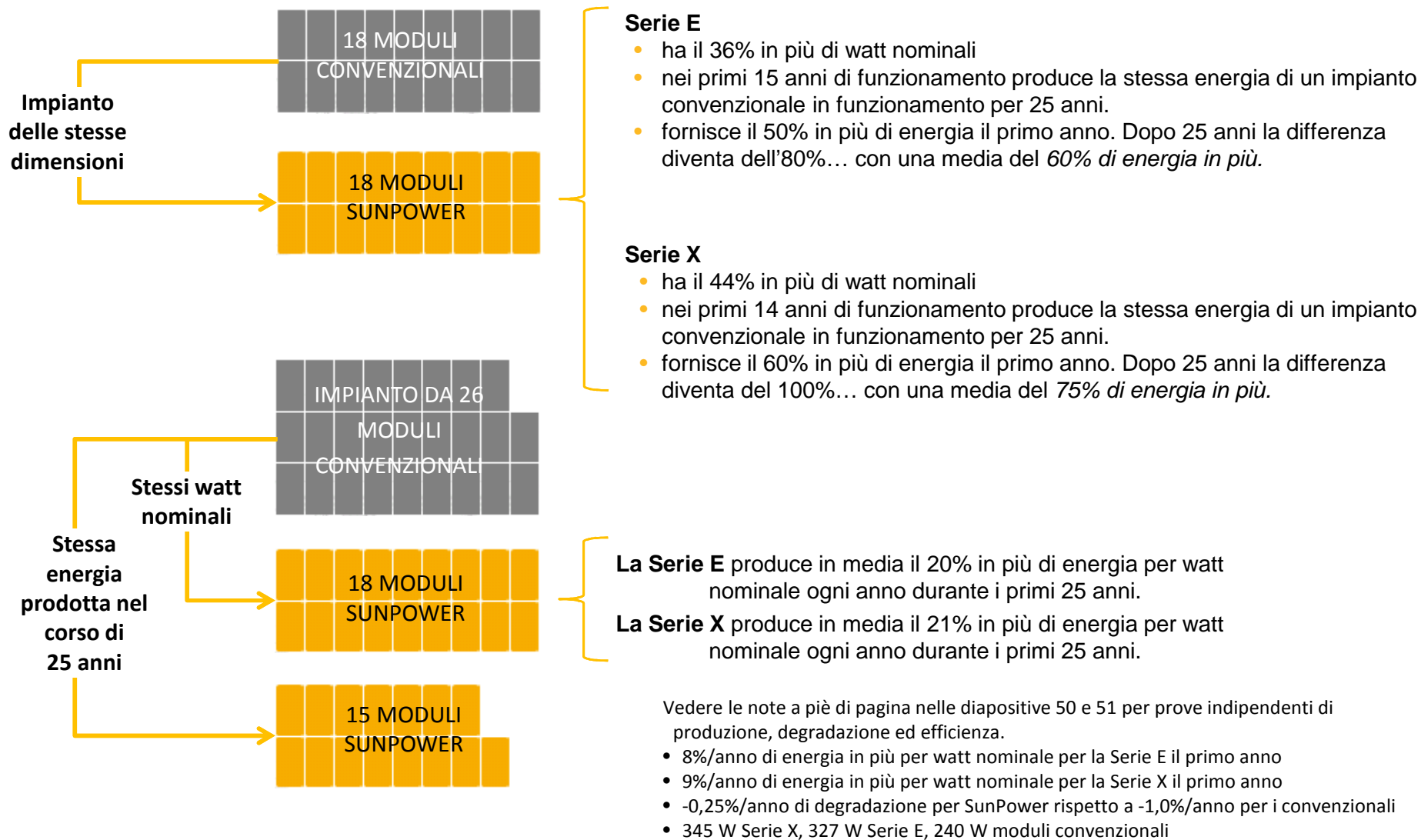
	Impianti con lo stesso numero di moduli		Impianti con la stessa potenza	
	SunPower	Convenzionale	SunPower	Convenzionale
Numero di moduli	16 (327 W)	16 (245 W)	12 (327 W)	16 (245 W)
Costo dell'impianto per modulo	€ 200/modulo	€ 200/modulo	€ 200/modulo	€ 200/modulo
Costo dell'impianto per sito	€ 6000/sito	€ 6000/sito	€ 6000/sito	€ 6000/sito
Costo totale (senza moduli e inverter)	€9,200	€9,200	€8,400	€9,200
Potenza dell'impianto	5230 W	3920 W	3920 W	3920 W
Costo per Watt (senza moduli e inverter)	€ 1,76/W	€ 2,35/W	€ 2,14/W	€ 2,35/W
	€ 0,59/W Riduzione dei costi di installazione per i partner grazie a SunPower		€ 0,21/W Riduzione dei costi di installazione per i partner grazie a SunPower	

Questo esempio mostra € 0,46 – 0,84/W di profitti e risparmi sui costi aggiuntivi per i Partner rispetto all'uso di moduli convenzionali nello stesso sito. Alcuni di questi vantaggi possono essere condivisi con il cliente.

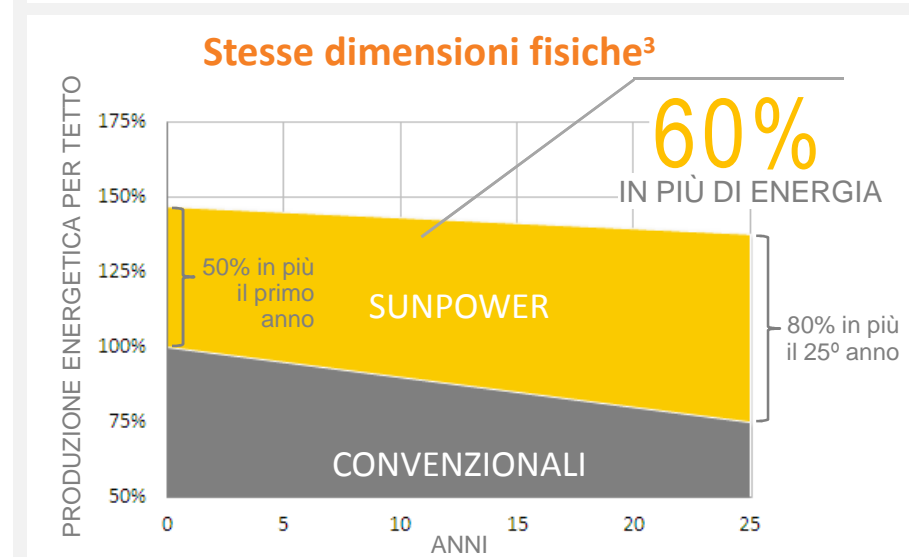
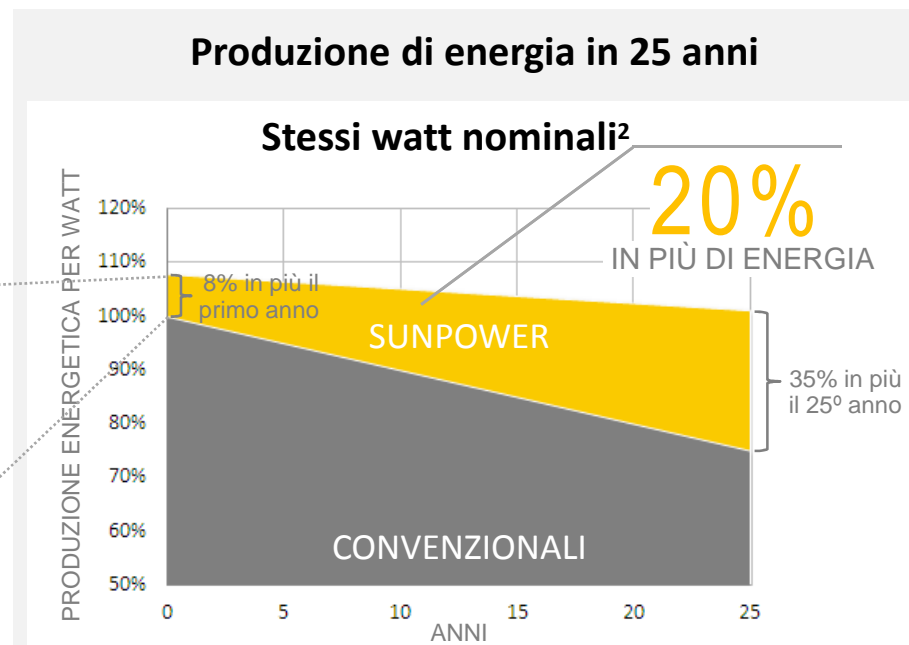
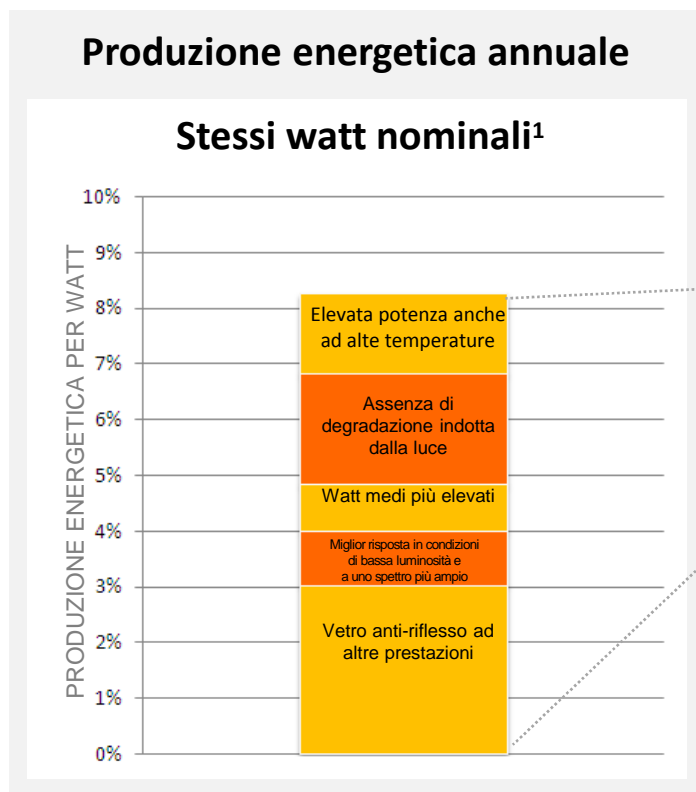
Riassunto del valore



Panoramica dei vantaggi in termini di produzione di SunPower



Produzione di energia della Serie E – Sinossi comparativa

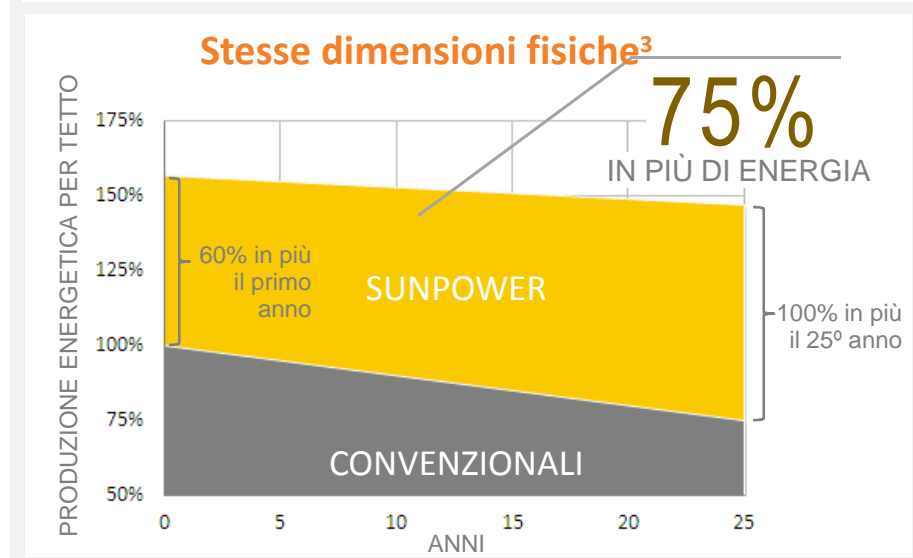
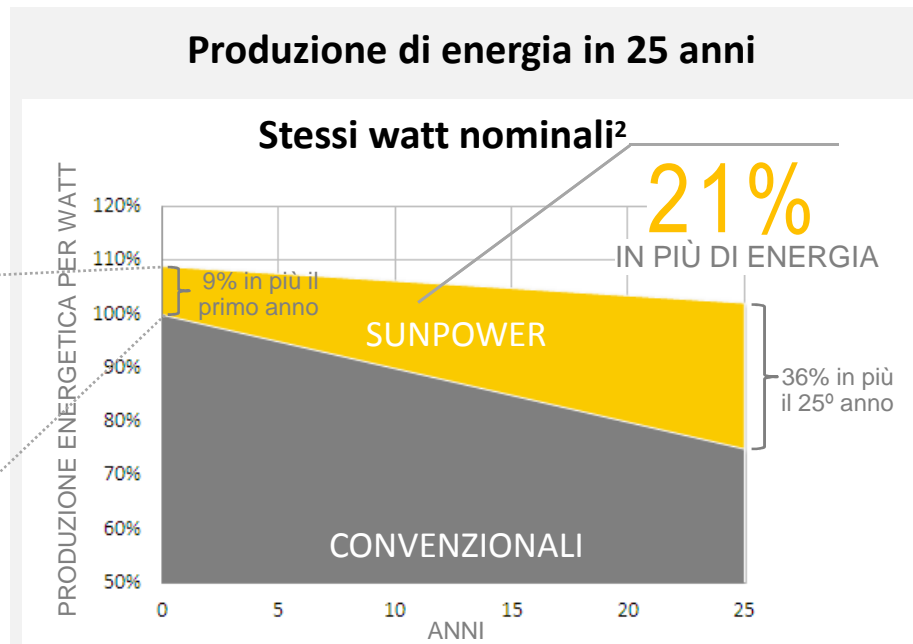
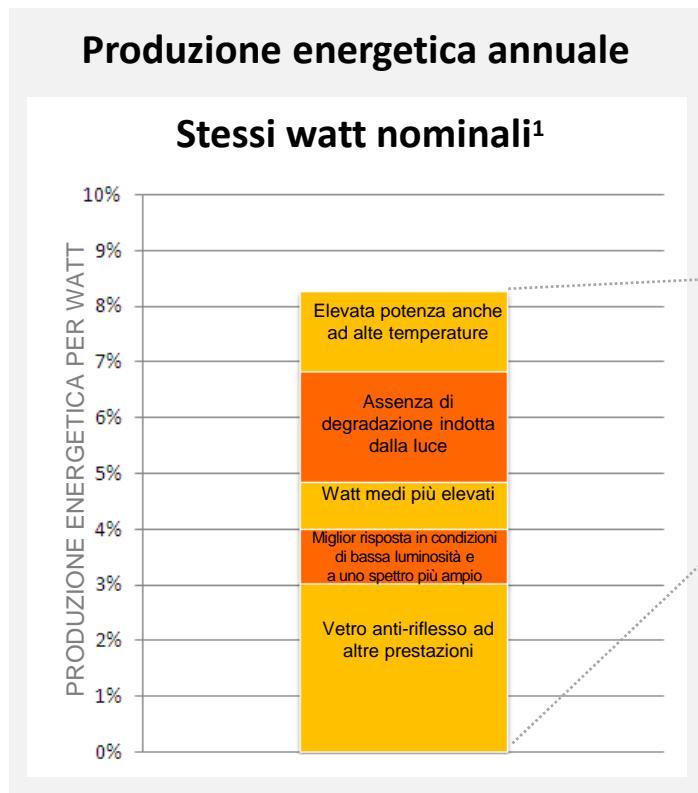


¹ Solitamente il 7-9% di energia in più per watt nominale in confronto a un modulo convenzionale (240 W, 15% di efficienza, circa 1,6 m²). BEW/DNV Engineering, "SunPower Yield Report", gen 2013. Vedere anche Photon International, nov 2012.

² Degradazione inferiore dello 0,75%/anno in base a: Black & Veatch Engineering, "Review of SunPower Fleet-Wide System Degradation", nov 2012; Jordan, Dirk, "SunPower Test Report", National Renewable Energy Laboratory, ott 2012; Fraunhofer PV Module Durability Initiative, feb 2013; Atlas 25+ Durability test report, feb 2013; Campeau, Z. et al., "SunPower Module Degradation Rate", SunPower white paper, feb 2013.

³ Modulo SunPower da 327 W e modulo convenzionale da 240 W.

Produzione di energia della Serie X – Sinossi comparativa



¹ Solitamente l'8-10% di energia in più per watt nominale in confronto a un modulo convenzionale (240 W, 15% di efficienza, circa 1,6 m²). BEW/DNV Engineering, "SunPower Yield Report", gen 2013, con calcolo del coefficiente di temperatura da CFV Solar Test Lab Report #12063, gen 2013.

² Lo stesso della Serie E perché l'architettura della cella è uguale (base in rame) e il modulo è lo stesso. Nota a piè di pagina nella diapositiva precedente.

³ Modulo SunPower da 345 W e modulo convenzionale da 240 W.

Qual è il valore totale per il cliente di un impianto SunPower?

- Per la Serie E, il 20% in più di energia per watt nominale comporta un valore del 20% superiore a livello di impianto (Per la Serie X il 21%).¹
 - Ad esempio, un impianto SunPower da 4,80 €/W² ha lo stesso costo per watt di un impianto convenzionale da 4,00 €/W
- Più energia generata con un impianto delle stesse dimensioni (per la Serie E, il 60% nei primi 25 anni; per la Serie X, il 75%)¹
- Tranquillità
 - Eccellente affidabilità e qualità
 - Supporto di una società con base negli Stati Uniti, una lunga storia e un curriculum dimostrato
 - La miglior garanzia sulla potenza prodotta tra quelle dei 20 maggiori produttori³
 - Bilancio e copertura finanziaria solida, Maggioranza delle azioni di proprietà di Total (l'undicesima impresa più grande al mondo)
- Prodotti eccellenti
 - Soluzioni complete che includono i servizi
 - Miglior estetica
 - Tecnologia leader
 - Rendimento eccellente in condizioni reali, anche con ombreggiamento parziale

¹ Note a piè di pagina nelle diapositive 50 e 51.

² I costi dell'impianto sono esempi puramente illustrativi.

³ In confronto ai 20 migliori produttori. SunPower Warranty Review, feb 2013.

GRAZIE

- I moduli SunPower montati sopportano 11.000 Pa (230 psf).
- 1400 kg (3000 libbre)
- Il vetro non si è rotto.



Appendice A: Altre differenze nei moduli

Il ritorno sull'investimento dei moduli SunPower è rapidissimo: 1,4 anni

CLCA (Center for Life Cycle Analysis)
Brookhaven National Laboratory
National Photovoltaics Environmental Research Center

Life Cycle Analysis of High-Performance Monocrystalline Silicon Photovoltaic Systems: Energy Payback Times and Net Energy Production Value

Vasilis Fthenakis, Rick Betita

Mark Shields, Rob Vinje, Julie Blunden, Arnaud Wilk, Brookhaven National Laboratory, Center for Life Cycle Analysis-Columbia University, SunPower Corporation

SUNTO:

La presente analisi del ciclo di vita è basata su dati reali di processo ricavati dalla produzione dei moduli SunPower con efficienza del 20,1% nelle Filippine e in altri Paesi. L'elevata efficienza si deve al design innovativo e all'uso di materiali e processi differenti da quelli utilizzati nella fabbricazione di moduli di silicio cristallino convenzionali, dal momento che la superficie dell'impianto in relazione ai KW è inferiore. Il tempo di ritorno energetico (EPBT) dei moduli SunPower fabbricati nelle Filippine e installati in siti statunitensi o sud-europei con insolazione media è di soli **1,4 anni**. Per meglio comprendere i vantaggi degli impianti ad alte prestazioni, oltre all'EPBT ridotto, abbiamo introdotto la misura del valore netto di produzione energetica (NEPV), che mostra la produzione netta di elettricità fotovoltaica durante l'intero ciclo di vita del sistema.

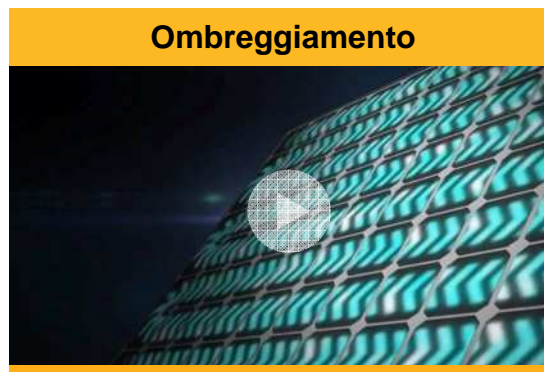
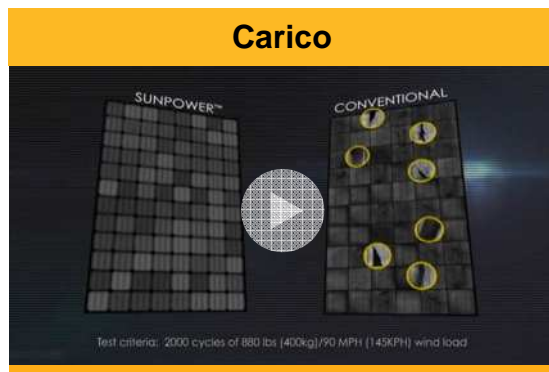
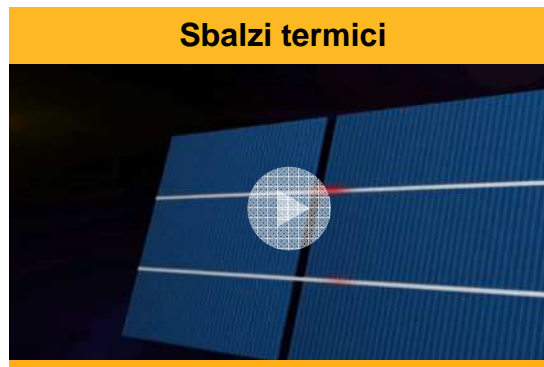
I moduli SunPower non dipendono dai diodi di bypass

- Al contrario di quanto accade nei moduli convenzionali, non sono necessari diodi di bypass per la protezione termica. Ciò significa una maggiore affidabilità dei moduli fotovoltaici SunPower.
- Questo design con “diodo di protezione integrato” è quella che consente anche una maggior produzione energetica in condizioni di ombreggiamento parziale.
- I diodi sono presenti nei moduli SunPower solo perché si tratta di uno standard del settore e perché in alcune particolari condizioni di ombreggiamento offrono ancora piccoli vantaggi in termini di produzione.

Video

Questi brevi video dimostrano come il design delle celle fotovoltaiche Maxeon assicuri un'elevata affidabilità in vari ambienti difficili.

Cercare su Google: “SunPower reliability” oppure fare clic di seguito:



Appendice B: Estratti di relazioni di società di ingegneria indipendenti

Relazione BEW/DNV sull'accuratezza di PVSIm

Relazione di BEW/DNV Engineering:

“PVSIm generalmente utilizza algoritmi di ultima generazione in grado di produrre risultati accurati. Ad esempio, PVSIm utilizza il modello di rendimento dei Sandia National Labs con coefficienti per i moduli rilevati attraverso test indipendenti di Sandia:”

“PVSIm è uno strumento di simulazione accurato per impianti SunPower e di altri produttori. Nel caso degli impianti SunPower offre un approccio semplice in cui sono necessarie poche regolazioni da parte dell'utente. Nel caso di impianti di altri produttori, consente una personalizzazione completa di un'ampia gamma di parametri secondo le necessità. Incorpora algoritmi avanzati e dati predefiniti basati su un'ampia serie di impianti installati per fornire risultati accurati anche in caso di utenti senza ampie conoscenze dei concetti fisici alla base del fotovoltaico.”

“BEW concorda sul fatto che PVSIm è in grado di simulare la produzione energetica degli impianti installati al momento con uno scarto di $1\% \pm 2,3\%$.”

“Utilizzando PVSIm BEW ha ottenuto risultati più vicini alle misurazioni rispetto a quando ha utilizzato PVSyst caratterizzato da presupposti simili a livello di modelli. PVSyst offre risultati ragionevoli se i parametri vengono configurati da un esperto. In particolare, nei modelli con un'efficienza relativamente alta in condizioni di luminosità ridotta (corrispondenti a una perdita di energia annuale più ridotta) come accade nel caso dei prodotti SunPower.”

“SAM/PVWatts è un simulatore abbastanza approssimativo e lo scarto osservato rispetto al rendimento misurato è eccessivo.”

Dettagli della relazione di BEW/DNV sui vantaggi relativi alla produzione energetica di SunPower

	Vantaggio produttivo di SunPower- Rivestimento anti-riflesso (%)		
Clima	Oasis T0	Inclinazione fissa di 25°	Montaggio sul tetto a 5°
Luce diffusa {Monaco di Baviera}	2,4%	3,1%	
Chiaro (Daggett)	1,5%	2,7%	
Caldo (Phoenix)			3.3%

	Vantaggio produttivo di SunPower - Coefficiente di bassa temperatura (%)		
Clima	Oasis T0	Inclinazione fissa di 25°	Montaggio sul tetto a 5°
Luce diffusa {Monaco di Baviera}	0,6%	0,5%	
Chiaro (Daggett)	1,8%	1,7%	
Caldo (Phoenix)			2,1%

	Vantaggio produttivo di SunPower - Efficienza con bassa luminosità (%)		
Clima	Oasis T0	Inclinazione fissa di 25°	Montaggio sul tetto a 5°
Luce diffusa {Monaco di Baviera}	1,3 %	1,4 %	
Chiaro (Daggett)	0,4 %	0,7 %	
Caldo (Phoenix)			0,8 %

	Vantaggio produttivo di SunPower - Complessivo (%)		
Clima	Oasis T0	Inclinazione fissa di 25°	Montaggio sul tetto a 5°
Luce diffusa {Monaco di Baviera}	6,8 %	7,7 %	
Chiaro (Daggett)	6,6 %	8,0 %	
Caldo (Phoenix)			9,1 %

“Gli orientamenti con angoli di incidenza significativamente superiori offrono maggiori opportunità di incremento di produzione energetica rispetto ai vetri senza rivestimento anti-riflesso. Anche nel caso dell’inseguitore monoassiale Oasis i guadagni sono significativi... e portano a differenze importanti a livello di luce assorbita.”

“A seconda del clima, ci si attende che i moduli SunPower siano caratterizzati da vantaggi in termini di produzione grazie alla (loro) ridotta sensibilità alla temperatura (questo vantaggio viene incrementato... dal fatto che i moduli SunPower si surriscaldano leggermente meno rispetto ai moduli c-Si meno efficienti).”

“I test di Sandia hanno mostrato un calo costante solamente del 3% a...200 W/m² una temperatura della cella di 25 °C (rispetto) ad altri moduli standard c-Si, che mostrano cali comparabili del 4%-5% nel caso di marchi recenti e attuali ben noti come Solon, Suntech, SolarWorld e Trina.”

Tabella riassuntiva di tutti i vantaggi energetici e di come si combinano nel caso di 3 climi e 3 configurazioni di montaggio diversi.

“I moduli SunPower producono energia con una potenza di base più elevata rispetto ai moduli interessati da degradazione indotta dalla luce. Ciò si traduce direttamente in un incremento della produzione relativa di energia dei moduli SunPower dell’1,5-3%.”

Valutazione di Black & Veatch dello studio di degradazione di SunPower

IMPORTANTE: Il contratto con Black & Veatch richiede che le comunicazioni relative a questa relazione **riportino integralmente i seguenti tre paragrafi o riportino integralmente la relazione**. B&V sottolinea la propria più assoluta imparzialità e si limita a confermare i dati relativi ai pannelli SunPower ricavati da indagini effettuate sul campo. B&V non si riferirà mai ai moduli di altri produttori o a rendimenti attuali o futuri dei moduli SunPower.

Estratti utilizzabili di B&V:

“La serie di dati utilizzati da SunPower per calcolare il valore di degradazione media dei 70 siti utilizzati nella *Relazione sulla degradazione* è formata da tutti i tassi di degradazione giornaliera anno dopo anno di ciascun sito. La *Relazione sulla degradazione* prende anche in considerazione l'incertezza del valore medio utilizzando la media delle deviazioni assolute.

L'analisi conclude che il tasso annuale medio di degradazione della potenza dell'impianto in questi siti è dello 0,32 $\pm 0,05\%$ all'anno. L'analisi indica anche che la degradazione è lineare nel periodo di tempo di tre anni preso in considerazione.

Black & Veatch ha esaminato le tecniche di calcolo e i dati utilizzati per ottenere i tassi di degradazione degli impianti che utilizzano moduli SunPower e ritiene che i risultati di degradazione della potenza dell'impianto sembrano essere stati ricavati dai dati esaminati ed essere basati su analisi statistiche adeguate.”

Informazioni su Black & Veatch:

- Black & Veatch è una delle società di consulenza tecnica con maggiore esperienza nell'energia fotovoltaica.
- Esegue studi per enti finanziari su decine di progetti su vasta scala per un totale di oltre 2000 MW.
- Si occupa dello sviluppo e della fabbrica di oltre 2000 MW di strutture fotovoltaiche.
- Ralph Romero, l'autore principale, è uno specialista del fotovoltaico con oltre 25 anni di esperienza in design e produzione. È un esperto riconosciuto nello sviluppo commerciale di tecnologie fotovoltaiche.

Appendice C: Dimostrazione della rottura della cella

Dimostrazione della rottura della cella



Dimostrazione che le celle Maxeon sono radicalmente diverse perché sono montate su una solida base di rame.

• **IMPORTANTE: le celle fotovoltaiche rotte sono simili a frammenti di vetro**

- Prestare attenzione a non tagliarsi con le schegge
- Tenere le celle fotovoltaiche nei sacchetti di plastica che sono abbastanza spessi da contenere i frammenti (specialmente nel caso di celle convenzionali)
- Prima di procedere alla rottura delle celle, indicare le differenze e la loro importanza

Istruzioni video:

<http://tinyurl.com/9grvwx2> (login Salesforce)
o <https://sunpowercorp.box.com/s/4kk7hr2p688c6bskgm8y>

SunPower fornisce kit per la dimostrazione della rottura della cella (con 10 celle SunPower e 10 celle convenzionali).

1. Sostenere la cella con il lato blu verso l'esterno e avvicinare due angoli opposti fino a quando la cella si rompe.
 - In questo modo la rottura è più realistica (una crepa in diagonale che segue il piano del vetro)
 - Considerare che se si piega la cella in corrispondenza di trucioli sul bordo, si romperà quasi immediatamente (una situazione perfetta per dimostrare l'importanza della base in rame)
2. Dopo aver rotto la cella SunPower, piegarla avanti e indietro lungo la crepa per mostrare come la placcatura in rame tenga insieme la cella
 - Non piegare la cella in una direzione diversa dopo averla rotta. Il silicio è molto resistente quando viene compresso e questo potrebbe creare tensioni poco realistiche in grado persino rompere il rame.
3. Se è possibile farlo in modo sicuro, SunPower invita a riciclare le celle fotovoltaiche rotte come si fa per il vetro.