

Analisi delle prestazioni degli IQ7 e IQ8 Series Microinverter mediante simulazioni PVSyst



Contenuto

Sommario	3
Descrizione dello studio	3
Risultati per regione	6
Madrid.....	7
Amsterdam.....	8
Monaco	9
Lione	10
Risultati grezzi	11
Madrid.....	11
Amsterdam.....	12
Monaco	13
Lione	14
Conclusione.....	15
Cronologia delle revisioni	16

Sommario

A seguito del lancio dei nuovi IQ8 Series Microinverter in molti mercati europei, ora sono disponibili sul mercato diversi microinverter Enphase con varie caratteristiche tecniche. I vecchi IQ7 Series Microinverter saranno ancora disponibili e potrebbero essere una buona scelta per moduli più piccoli con correnti inferiori. Tuttavia, i nuovi IQ8 Series Microinverter offrono una corrente di ingresso più elevata (14 A) e diverse potenze di uscita, a seconda dei modelli (IQ8MC, IQ8AC e IQ8HC).

In molte situazioni, potrebbero sorgere dubbi su quali microinverter siano migliori per il proprio modulo FV. Questo documento fornisce un'analisi approfondita delle prestazioni dei diversi microinverter disponibili sul mercato, offrendo informazioni sufficienti per aiutare a scegliere il microinverter ideale per il proprio sistema. A tal fine, mediante il software PVSyst simuleremo le prestazioni di ciascun microinverter con diversi moduli FV disponibili sul mercato.

Queste simulazioni aiuteranno gli installatori a capire quale microinverter è più performante per ciascun modulo FV, indicando nel dettaglio le perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente. Per questo studio, valuteremo un set di moduli FV rappresentativi dal mercato europeo. Se un modulo FV scelto da un installatore non è incluso nell'elenco, potrebbe esserci un prodotto simile da usare come riferimento.

Descrizione dello studio

Le simulazioni si incentreranno su cinque modelli di microinverter Enphase: IQ7A, IQ7+, IQ8MC, IQ8AC e IQ8HC. Analizzeremo questi microinverter con 10 diversi moduli FV, ottenendo parametri quali la produzione energetica del microinverter, le perdite dovute a clipping di potenza e quelle dovute al taglio di corrente.

Il modo più semplice per confrontare le prestazioni di ciascun microinverter con ciascun modulo FV è quello di simulare un singolo microinverter, creando ogni volta un sistema semplice facile da analizzare. In questo studio, abbiamo eseguito 25 simulazioni per ciascuna combinazione e per ogni regione. Ogni simulazione rappresenta un anno di funzionamento del sistema. Poiché la durata prevista di un impianto fotovoltaico è di 25 anni, abbiamo deciso di presentare i risultati della produzione di energia come energia totale generata in 25 anni. D'altro canto, introduciamo le perdite come media annuale delle perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente in questo periodo di tempo.

È importante comprendere che la produzione energetica si riduce ogni anno a causa del degrado dei moduli FV. Per questo motivo, anche le perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente diminuiscono ogni anno, raggiungendo il valore massimo durante il primo anno di funzionamento del sistema.

La seguente tabella presenta i modelli di microinverter analizzati.

Tabella 1: Modelli di microinverter Enphase analizzati in questo studio

Modello di microinverter	Potenza massima erogata (W)	Corrente di ingresso massima (A)
IQ7A Microinverter	366	10.2
IQ7+ Microinverter	295	12
IQ8MC Microinverter	330	14
IQ8AC Microinverter	366	14
IQ8HC Microinverter	384	14

La seguente tabella presenta i diversi moduli FV analizzati.

Tabella 2: Moduli FV analizzati per questo studio

Modello del modulo FV	Potenza (W)	Imp (A)	Isc (A)	Vmp (V)	Voc (V)
TSM-NEG9.28-425 (Trina Solar)	425	11.61	12.37	36.6	43.4
LR5-66HPH-515M (Longi Solar)	515	13.27	14.13	38.83	46.00
JKM430N-54HL4 (Jinko Solar)	430	13.49	14.23	31.88	38.49
HiKu CS3L-375MS (Canadian Solar)	375	10.94	11.61	34.3	41.00
HiKu CS3W-455MS (Canadian Solar)	455	11.02	11.66	41.3	49.3
JAM72S10-410/MR (JA Solar)	410	9.79	10.45	41.88	50.12
SPR-P6-415-BLK (Sunpower)	415	13.76	14.66	30.20	36.60
HiE-S490VI (Hyundai)	490	12.60	13.28	38.9	46.7
LR4-72HPH-460M (Longi Solar)	460	10.98	11.73	41.9	49.7
JAM54S30-410/MR (JA Solar)	410	13.04	13.95	31.45	37.32

È importante ricordare il motivo per cui sovradimensioniamo i moduli FV con i microinverter Enphase fino a un rapporto DC/AC di almeno 1,25.

I produttori di moduli FV forniscono, in genere, i parametri elettrici dei loro moduli per condizioni di test standard (STC), vale a dire un livello di irraggiamento di 1000 W/m², una temperatura delle celle di 25°C e una massa d'aria (AM) di 1,5. Queste condizioni vengono soddisfatte raramente nella maggior parte delle installazioni perché, per ottenere un livello di irraggiamento di 1000 W/m², è necessario avere un'inclinazione e un orientamento ideali. Inoltre, se in qualche punto raggiungiamo questo livello di irraggiamento, la temperatura delle celle è solitamente ben al di sopra dei 25°C. Ciò significa che il nostro modulo FV funzionerà quasi sempre al di sotto della potenza nominale. Sovradimensionando il modulo FV, otteniamo prestazioni dei microinverter migliori, che funzioneranno, per la maggior parte del tempo vicino al punto operativo ideale. Inoltre, dobbiamo ricordare che i moduli FV si degradano anno dopo anno e che i Microinverter Enphase sono progettati per durare almeno 25 anni. Pertanto, un rapporto DC/AC di 1,30 può sembrare troppo elevato nel primo anno di funzionamento, ma in seguito tale rapporto si riduce.

Tra l'altro, nel tentativo di coprire quanta più parte possibile del continente europeo, sono state effettuate simulazioni per quattro diverse città europee, ciascuna con un diverso livello di irraggiamento. Queste città sono Madrid, Amsterdam, Monaco e Lione. Se i propri progetti non sono situati in nessuna di queste città, potete usare la seguente mappa di irraggiamento per identificare quale città ha il livello di irraggiamento più simile a quello del proprio sito.



Figura 1: Mappa dell'irraggiamento orizzontale globale europea. Fonte: atlante solare globale

Per confrontare in maniera opportuna le diverse simulazioni, si devono definire una serie di parametri comuni.

Innanzitutto, determiniamo i parametri del sistema:

- Posizioni e irraggiamento orizzontale globale (GHI):
 - o Madrid: 1823,6 kWh/m²
 - o Amsterdam: 1071,6 kWh/m²
 - o Monaco: 1197,5 kWh/m²
 - o Lione: 1360,0 kWh/m²
- Inclinazione: 25°
- Azimuth: 0°

Come seconda cosa, stabiliamo le diverse perdite del sistema:

- Perdite nel cablaggio DC: 0%
- Perdite dovute a sporcizia: 0,8%
- Perdite per disallineamento: 0%
- Perdite da LID: 2%
- Perdite dovute alla qualità del modulo: devono essere impostate in modo da prendere in considerazione la degradazione annuale indicata da ciascun produttore di moduli.

Dobbiamo considerare che i parametri del sistema (inclinazione di 25° e sistema rivolto a sud) sono ideali per ogni regione. Se abbiamo un sistema con un'inclinazione inferiore o con un orientamento diverso dal sud, l'energia generata dal sistema e le relative perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente diminuiscono.

Risultati per regione

I diversi risultati di questo studio sono presentati in quattro diverse sezioni, una per ciascuna regione. Tuttavia, alcune conclusioni e alcuni confronti tra posizioni vengono illustrati alla fine.

Vengono ottenuti due grafici per ogni regione. Il primo grafico mostra l'energia totale generata nel corso dei 25 anni da ciascun modello di microinverter con ogni modulo FV analizzato. Il secondo mostra le perdite medie dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente che si verificano in 25 anni per ciascuna combinazione. È importante tenere a mente che le perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente saranno maggiori nel primo anno di funzionamento e diminuiranno costantemente ogni anno a causa della degradazione del modulo, raggiungendo il minimo al 25° anno di funzionamento. Le perdite illustrate nei seguenti grafici rappresentano le perdite medie nell'arco di vita del sistema (25 anni); tuttavia, possiamo aspettarci perdite più elevate durante i primi anni di funzionamento.

Madrid è la regione con il più elevato livello di irraggiamento tra tutte quelle studiate. Pertanto, l'energia generata da ogni microinverter è più elevata per tutti i casi. Al contrario, Amsterdam presenta il più basso livello di irraggiamento. Pertanto, anche la produzione energetica più bassa. Tuttavia, se osserviamo i grafici che illustrano le perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente per ogni modello di microinverter, possiamo notare che più elevato è il livello di irraggiamento, maggiori sono le perdite.

Come previsto per ogni regione, l'energia generata cresce anche con l'aumentare della potenza di picco del modulo. Tuttavia, le differenze sono maggiori tra i modelli di microinverter abbinati a moduli FV ad alta potenza, come Hyundai 490 Wp o Longi 515 Wp. Questo perché i microinverter con minore potenza di uscita (IQ7+ e IQ8MC) hanno enormi perdite dovute al clipping di potenza rispetto ad altri modelli di microinverter.

Le perdite più significative si verificano combinando gli IQ7+ con i moduli ad alta potenza, a causa delle perdite da clipping di potenza. Per lo stesso motivo, le perdite sono abbastanza significative anche combinando gli IQ8MC Microinverter con moduli ad alta potenza. D'altro canto, gli IQ7A Microinverter non mostrano perdite molto elevate con moduli ad alta potenza. Tuttavia, possiamo notare perdite elevate combinando questo modello con moduli ad alta corrente, come Jinko 430 Wp, Sunpower 415 Wp e JA Solar (54S30) 410 Wp, a causa della corrente di ingresso massima dell'IQ7A Microinverter, che limita la corrente a 10,2 A, generando perdite da taglio di corrente.

Madrid

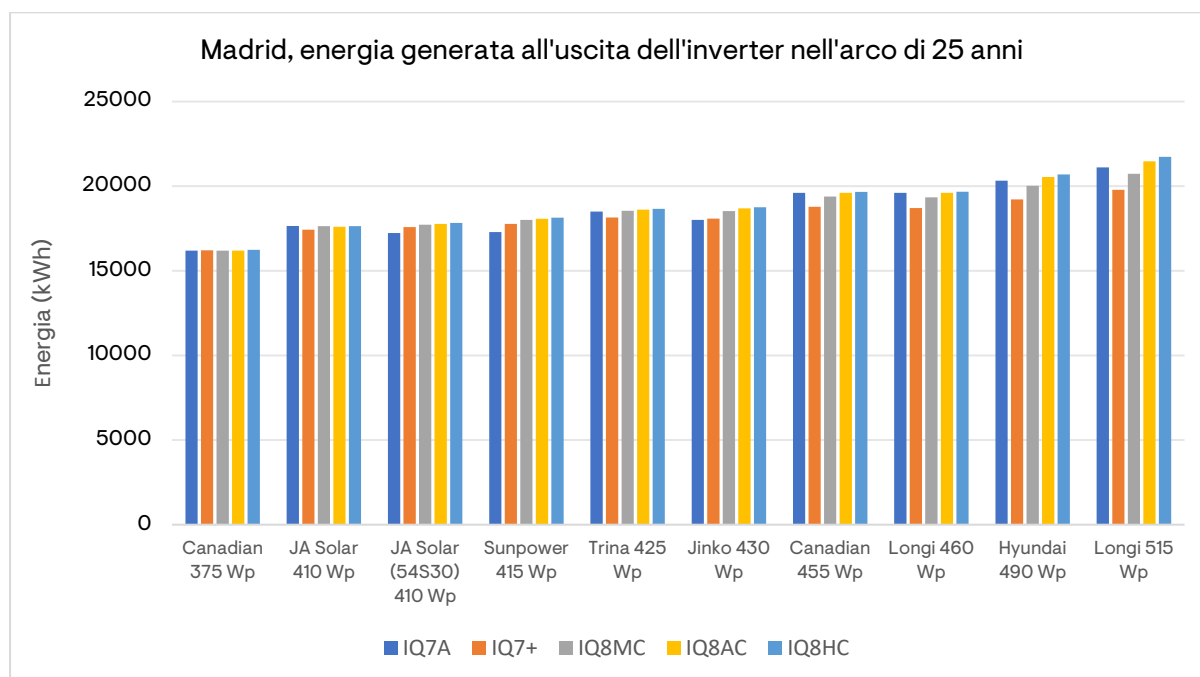


Figura 2: energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Madrid

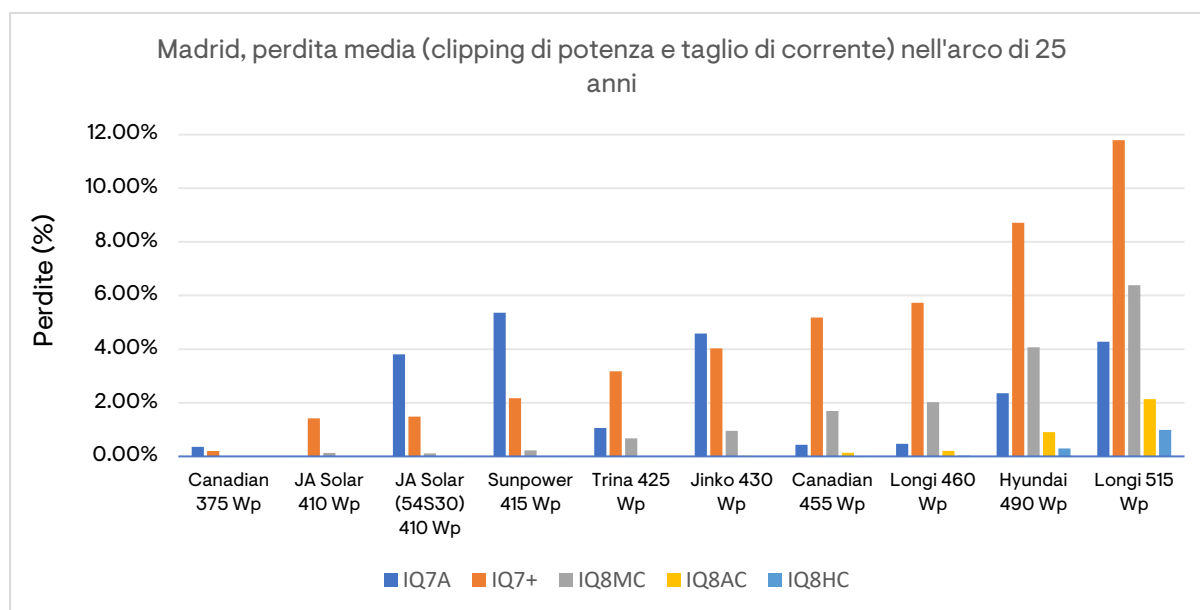


Figura 3: perdita media per ogni combinazione a Madrid

Amsterdam

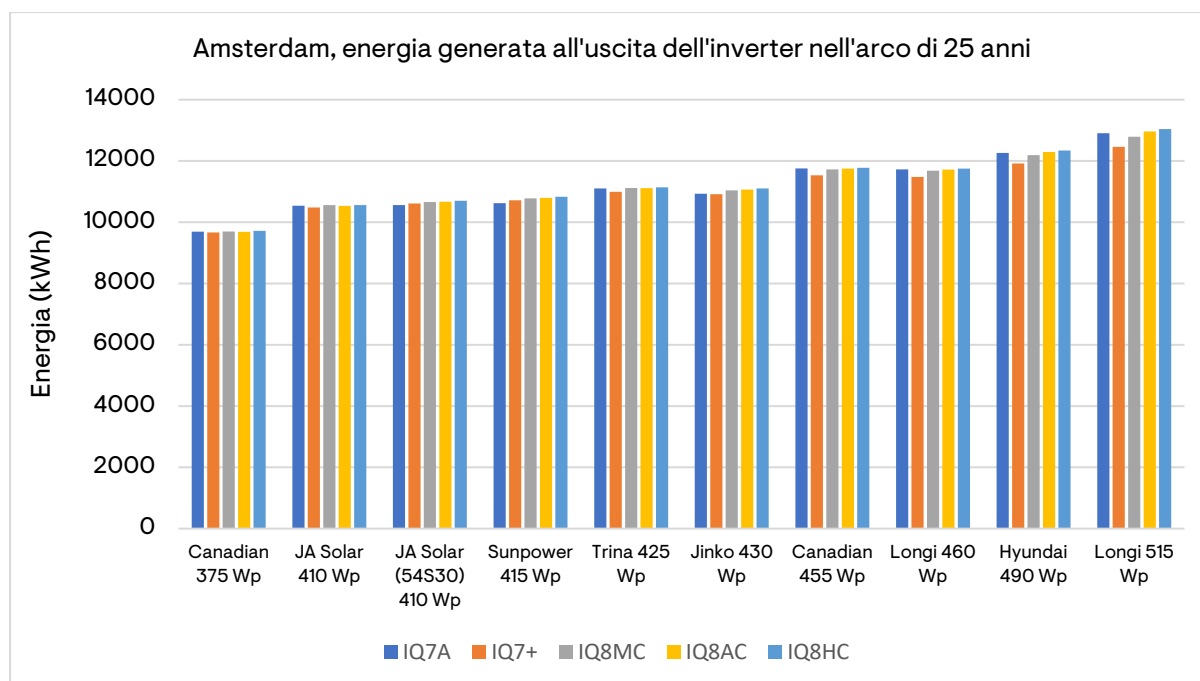


Figura 4: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione ad Amsterdam

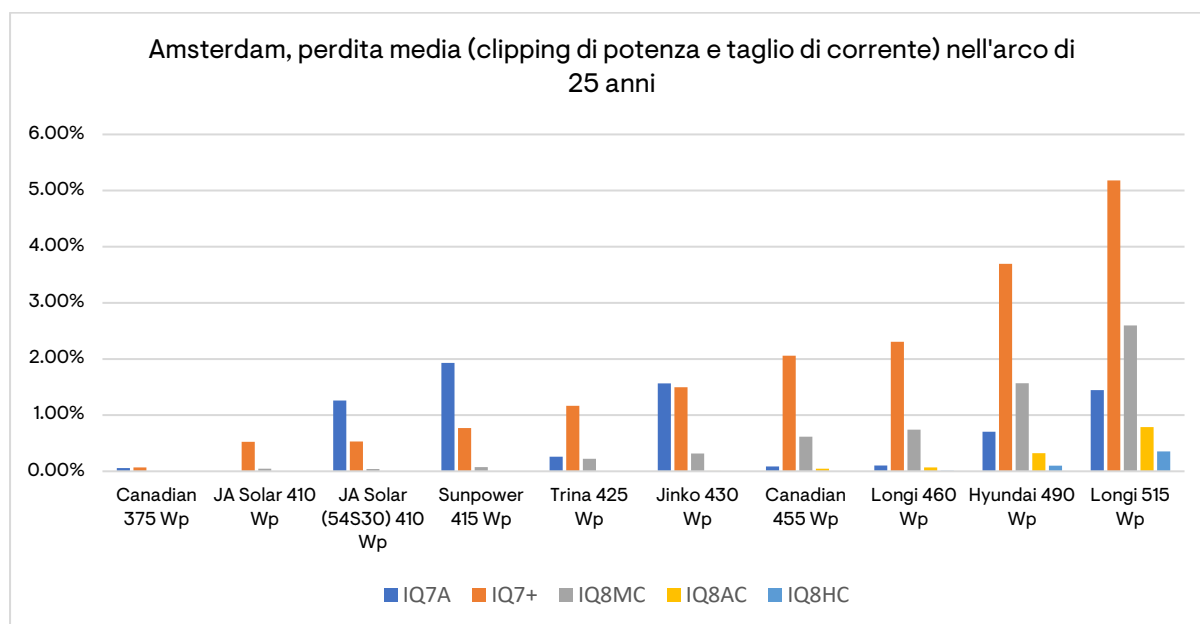


Figura 5: Perdita media per ogni combinazione ad Amsterdam

Monaco

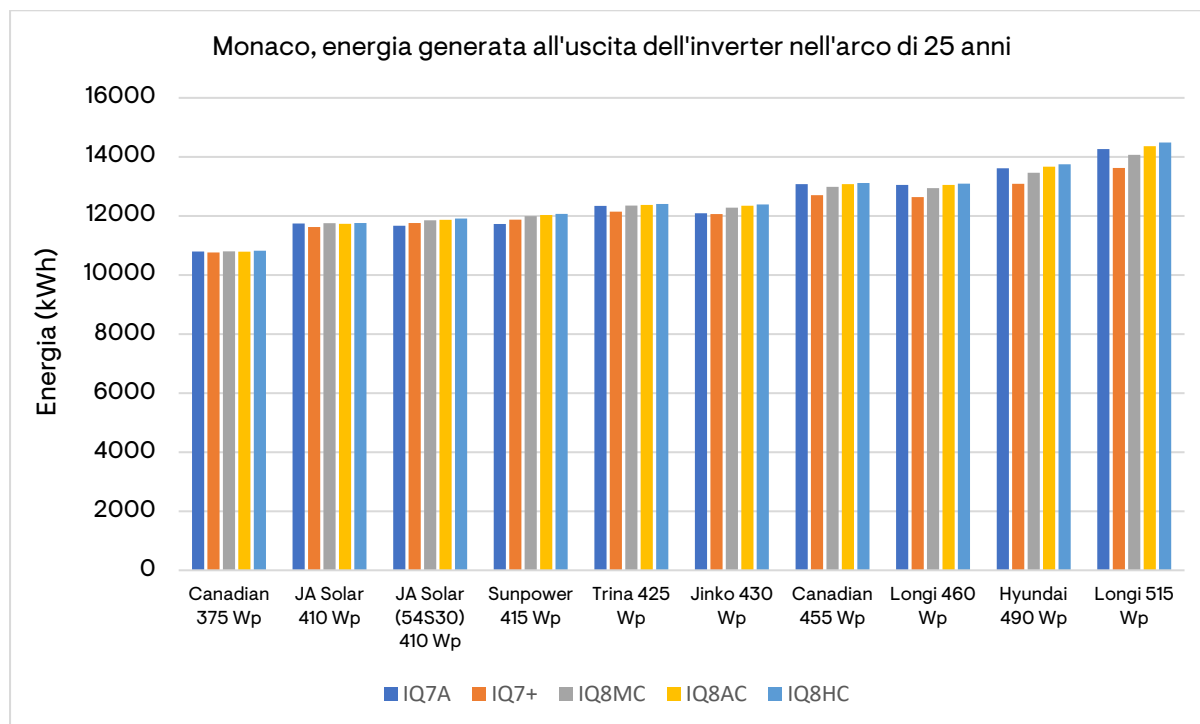


Figura 6: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Monaco

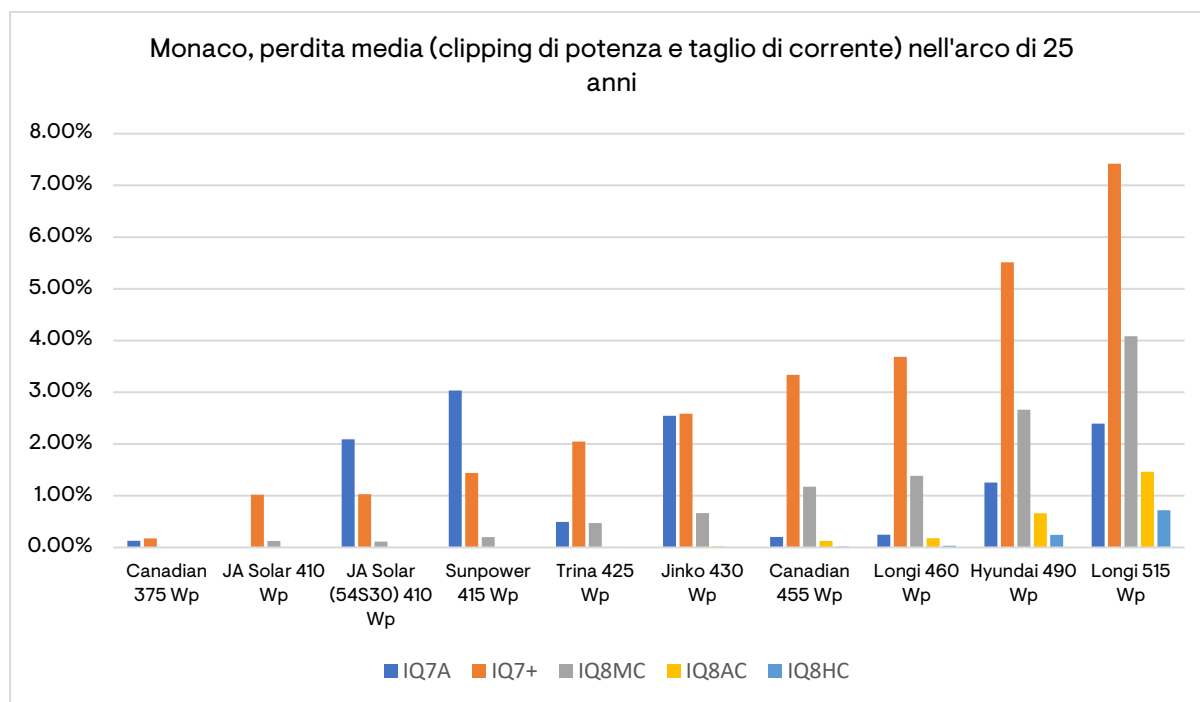


Figura 7: Perdita media per ogni combinazione a Monaco

Lione

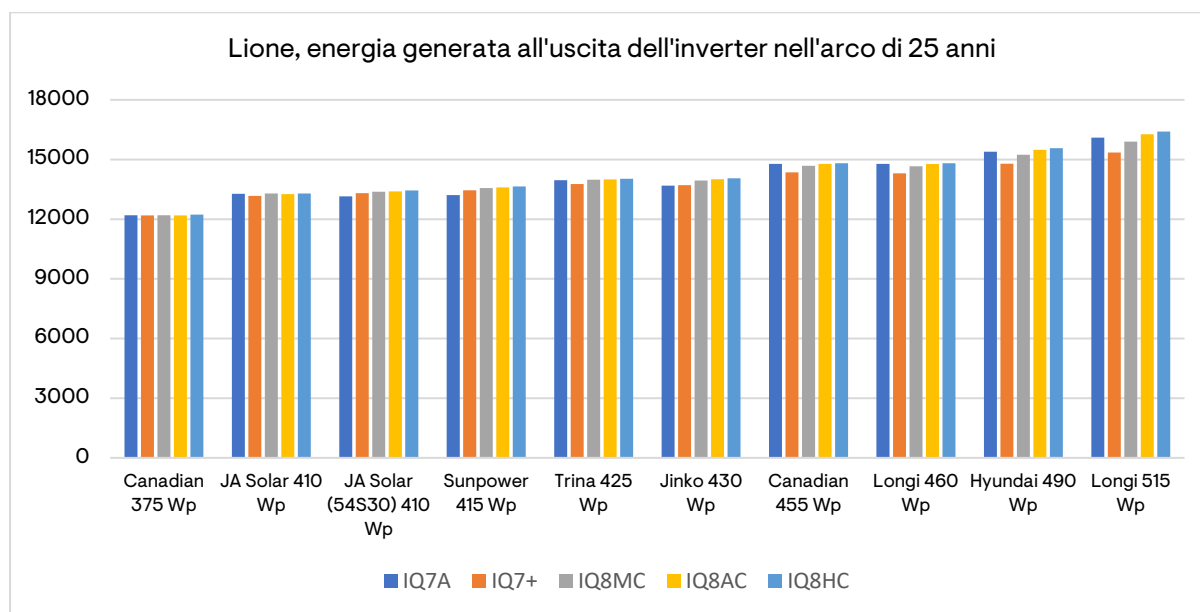


Figura 8: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Lione

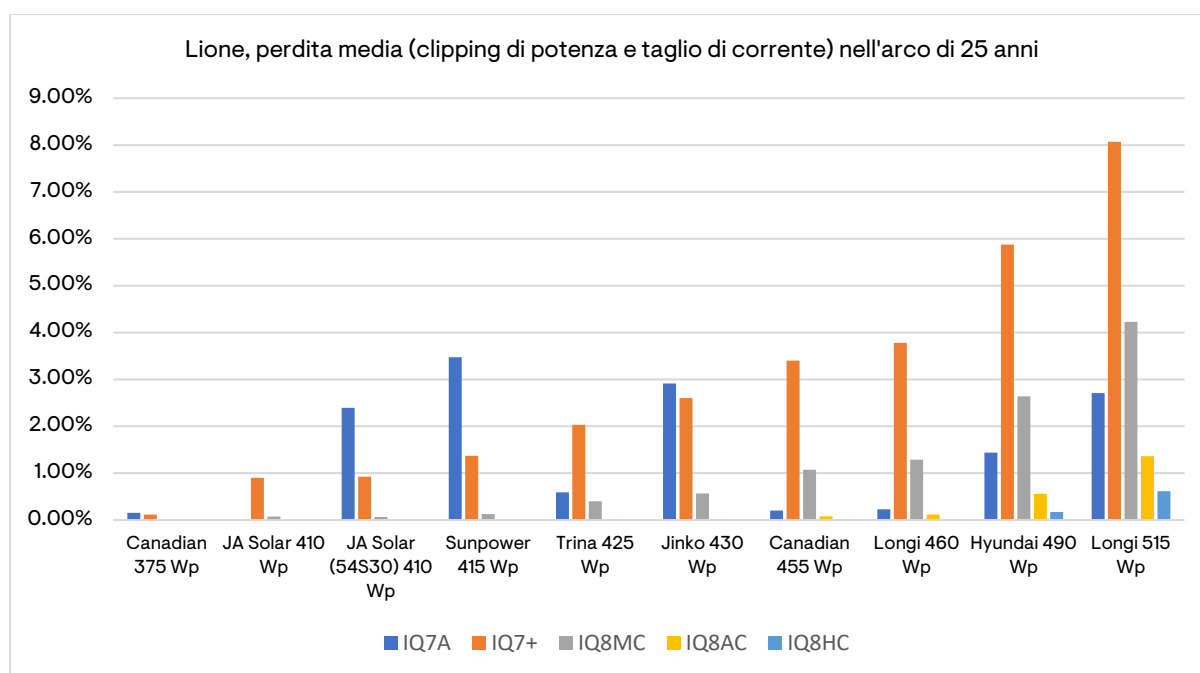


Figura 9: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Monaco

Risultati grezzi

Madrid

Tabella 3: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Madrid

	IQ7A	IQ7+	IQ8MC	IQ8AC	IQ8HC
Canadian 375 Wp	16196	16208.7	16195.9	16191.3	16239.9
JA Solar 410 Wp	17646.5	17432.5	17637.4	17605.6	17639.2
JA Solar (54S30) 410 Wp	17231.3	17582.1	17725.1	17770.6	17828.7
Sunpower 415 Wp	17290.5	17774.5	18006.8	18078	18138
Trina 425 Wp	18503	18151.1	18546	18617.2	18662.8
Jinko 430 Wp	18006.6	18080.8	18532.5	18689.5	18751.7
Canadian 455 Wp	19603.7	18786.4	19389.4	19609.1	19664.7
Longi 460 Wp	19606.8	18703.8	19344.1	19610.1	19674.6
Hyundai 490 Wp	20328	19218.1	20021.7	20543.9	20695.6
Longi 515 Wp	21114.1	19785.6	20729.4	21471.2	21733.7

Tabella 4: Perdite dovute a clipping di potenza e taglio di corrente per ogni combinazione a Madrid

	IQ7A		IQ7+		IQ8MC		IQ8AC		IQ8HC	
	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente
Canadian 375 Wp	0,00%	0,35%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar 410 Wp	0,00%	0,00%	1,42%	0,00%	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar (54S30) 410 Wp	0,01%	3,80%	1,46%	0,03%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunpower 415 Wp	0,02%	5,33%	2,15%	0,02%	0,22%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,01%
Trina 425 Wp	0,08%	0,98%	3,17%	0,00%	0,67%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Jinko 430 Wp	0,35%	4,23%	4,03%	0,00%	0,95%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Canadian 455 Wp	0,22%	0,21%	5,18%	0,00%	1,69%	0,00%	0,14%	0,00%	0,02%	0,00%
Longi 460 Wp	0,29%	0,19%	5,73%	0,00%	2,02%	0,00%	0,20%	0,00%	0,03%	0,00%
Hyundai 490 Wp	1,70%	0,66%	8,71%	0,00%	4,07%	0,00%	0,91%	0,00%	0,29%	0,00%
Longi 515 Wp	3,69%	0,59%	11,79%	0,00%	6,38%	0,00%	2,13%	0,00%	0,99%	0,00%

Amsterdam

Tabella 5: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione ad Amsterdam

	IQ7A	IQ7+	IQ8MC	IQ8AC	IQ8HC
Canadian 375 Wp	9690.9	9668.1	9697.5	9687.2	9717.2
JA Solar 410 Wp	10537.8	10478.8	10561.1	10534.9	10557.3
JA Solar (54S30) 410 Wp	10560.4	10610.1	10656.4	10666.9	10702.5
Sunpower 415 Wp	10624.2	10716.6	10776.6	10796.3	10833.2
Trina 425 Wp	11101.4	10990.9	11117.8	11112.1	11141.2
Jinko 430 Wp	10928.5	10913.4	11038.3	11064.2	11100.6
Canadian 455 Wp	11754.9	11533.3	11724	11750.7	11778.7
Longi 460 Wp	11723.3	11479	11680.9	11719.9	11749.1
Hyundai 490 Wp	12263.6	11919.6	12189.1	12291.6	12342.1
Longi 515 Wp	12903.7	12461.9	12790.1	12964.3	13042.4

Tabella 6: Perdite dovute a clipping di potenza e taglio di corrente per ogni combinazione ad Amsterdam

	IQ7A		IQ7+		IQ8MC		IQ8AC		IQ8HC	
	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente
Canadian 375 Wp	0,00%	0,06%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar 410 Wp	0,00%	0,00%	0,52%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar (54S30) 410 Wp	0,00%	1,26%	0,53%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunpower 415 Wp	0,01%	1,93%	0,77%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Trina 425 Wp	0,02%	0,24%	1,17%	0,00%	0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Jinko 430 Wp	0,09%	1,47%	1,50%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Canadian 455 Wp	0,06%	0,03%	2,06%	0,00%	0,62%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%
Longi 460 Wp	0,08%	0,02%	2,31%	0,00%	0,74%	0,00%	0,07%	0,00%	0,01%	0,00%
Hyundai 490 Wp	0,52%	0,19%	3,69%	0,00%	1,57%	0,00%	0,32%	0,00%	0,10%	0,00%
Longi 515 Wp	1,21%	0,23%	5,18%	0,00%	2,60%	0,00%	0,79%	0,00%	0,35%	0,00%

Monaco

Tabella 7: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Monaco

	IQ7A	IQ7+	IQ8MC	IQ8AC	IQ8HC
Canadian 375 Wp	10793.8	10764.7	10800.5	10789.6	10822
JA Solar 410 Wp	11743	11627.1	11755.7	11735.7	11759.4
JA Solar (54S30) 410 Wp	11670.4	11760.8	11851.5	11871.7	11910.9
Sunpower 415 Wp	11726.7	11873.8	11994	12030.4	12070.8
Trina 425 Wp	12340.6	12148.2	12352.4	12373.4	12405
Jinko 430 Wp	12093.8	12065.8	12280.6	12346.8	12387.9
Canadian 455 Wp	13080.5	12702.2	12989	13077	13114.8
Longi 460 Wp	13053.5	12641.7	12942.2	13050.1	13092.3
Hyundai 490 Wp	13614.2	13087.7	13461.6	13669.5	13748.6
Longi 515 Wp	14264.1	13626.9	14068.6	14364.5	14490.5

Tabella 8: Perdite dovute a clipping di potenza e taglio di corrente per ogni combinazione a Monaco

	IQ7A		IQ7+		IQ8MC		IQ8AC		IQ8HC	
	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente
Canadian 375 Wp	0,00%	0,13%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar 410 Wp	0,00%	0,00%	1,02%	0,00%	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar (54S30) 410 Wp	0,01%	2,08%	1,03%	0,00%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunpower 415 Wp	0,03%	3,01%	1,44%	0,00%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Trina 425 Wp	0,06%	0,44%	2,05%	0,00%	0,47%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Jinko 430 Wp	0,26%	2,29%	2,59%	0,00%	0,66%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Canadian 455 Wp	0,15%	0,05%	3,34%	0,00%	1,17%	0,00%	0,13%	0,00%	0,02%	0,00%
Longi 460 Wp	0,20%	0,04%	3,68%	0,00%	1,39%	0,00%	0,18%	0,00%	0,03%	0,00%
Hyundai 490 Wp	0,99%	0,26%	5,51%	0,00%	2,66%	0,00%	0,66%	0,00%	0,24%	0,00%
Longi 515 Wp	2,12%	0,28%	7,42%	0,00%	4,08%	0,00%	1,46%	0,00%	0,72%	0,00%

Lione

Tabella 9: Energia generata all'uscita di ogni microinverter per qualsiasi combinazione a Lione

	IQ7A	IQ7+	IQ8MC	IQ8AC	IQ8HC
Canadian 375 Wp	12201.5	12189	12199.6	12191.9	12229.4
JA Solar 410 Wp	13279.9	13172.2	13293.3	13263.3	13290.1
JA Solar (54S30) 410 Wp	13143.9	13304.9	13377.1	13399.5	13443.7
Sunpower 415 Wp	13213.5	13450.9	13564.5	13601.6	13647
Trina 425 Wp	13961.2	13769	13984.7	14001.4	14036.7
Jinko 430 Wp	13685.9	13707.2	13943.6	14010.2	14056.4
Canadian 455 Wp	14784.3	14358.1	14687.6	14777.6	14814.2
Longi 460 Wp	14779	14307	14658.1	14772.4	14812.9
Hyundai 490 Wp	15394.7	14786.3	15243.3	15488.4	15573
Longi 515 Wp	16103.4	15350.7	15899.5	16268.4	16411

Tabella 10: Perdite dovute a clipping di potenza e taglio di corrente per ogni combinazione a Lione

	IQ7A		IQ7+		IQ8MC		IQ8AC		IQ8HC	
	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente	Clipping di potenza	Taglio di corrente
Canadian 375 Wp	0,00%	0,15%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar 410 Wp	0,00%	0,00%	0,90%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JA Solar (54S30) 410 Wp	0,01%	2,39%	0,92%	0,01%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunpower 415 Wp	0,02%	3,45%	1,36%	0,01%	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Trina 425 Wp	0,04%	0,55%	2,03%	0,00%	0,40%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Jinko 430 Wp	0,17%	2,75%	2,60%	0,00%	0,57%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Canadian 455 Wp	0,11%	0,09%	3,40%	0,00%	1,07%	0,00%	0,08%	0,00%	0,01%	0,00%
Longi 460 Wp	0,15%	0,08%	3,78%	0,00%	1,29%	0,00%	0,12%	0,00%	0,02%	0,00%
Hyundai 490 Wp	1,01%	0,43%	5,88%	0,00%	2,64%	0,00%	0,56%	0,00%	0,17%	0,00%
Longi 515 Wp	2,30%	0,40%	8,07%	0,00%	4,23%	0,00%	1,36%	0,00%	0,61%	0,00%

Conclusione

Con questi risultati, possiamo concludere che i nuovi IQ8 Series Microinverter sono pronti ad essere abbinati a moduli con potenza e corrente maggiori rispetto ai vecchi IQ7 Series Microinverter. Tuttavia, l'IQ7A Microinverter è comunque ancora utile occasionalmente rispetto al nuovo IQ8MC Microinverter, che presenta una potenza di uscita minore rispetto al vecchio IQ7A. Ad esempio, se usiamo moduli con potenza maggiore (fino a 440-480 W, a seconda della regione) con una corrente massima bassa (tra 10,5 A e 11,5 A, a seconda della regione), le prestazioni dell'IQ7A potrebbero essere migliori di quelle del nuovo IQ8MC Microinverter.

D'altro canto, possiamo notare che, la selezione del modello corretto di microinverter è più importante nelle regioni con elevati livelli di irraggiamento, dove le perdite dovute al clipping di potenza e al taglio di corrente sono considerevolmente maggiori rispetto ad altre regioni meno assolate. Inoltre, abbiamo dimostrato che la potenza di uscita del modulo FV potrebbe essere maggiore in aree con basso irraggiamento, mentre in aree con irraggiamento maggiore, come Madrid, l'uso di moduli FV con una potenza di uscita superiore a 500 Wp può produrre perdite vicino all'1% nel corso del tempo del sistema FV.

Cronologia delle revisioni

Revisione	Data	Descrizione
WHP-00010-1.0	Ottobre 2023	Rilascio iniziale