

MONITORAGGIO E ANALISI PLURIENNALE CONSUMI ELETTRICI PER ABITAZIONE E AUTOPRODUZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO ANNESSO

A cura Ing Gerbo Roberto – EGE certificato SECEM

L'analisi riguarda i consumi elettrici e la integrazione con impianto fotovoltaico per un alloggio nel Nord Italia, dal monitoraggio mensile per più anni si ottiene una valutazione reale nel tempo della efficienza di produzione dell'impianto, dell'uso diretto di quanto autoprodotta e anche della efficienza di alcuni interventi di miglioramento effettuati.

NB L'analisi è articolata su consumi e autoproduzioni differenziati per fascia oraria contrattuale (vedere Allegato 1).

PARTE 1 - I CONSUMI ELETTRICI DELLA ABITAZIONE

A) L'abitazione e la baseline energetica

Abitazione in villa a schiera del Nord Italia di media taglia (160 mq) con consumi elettrici stabili di circa 3200-3300 kWh/anno, tipici per un nucleo familiare di 2-3 persone. Uso continuativo, tranne dal 2014 nei mesi di luglio e agosto per periodi ferie. Anche per il profilo di utilizzo della abitazione, mediamente l'incidenza % dei consumi nel 2011 nelle varie fasce orarie contrattuali risultava prevalente in F2 (37%) e F3 (36%), con F1=27%.

	genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot
F1	93	73	107	61	68	64	63	61	67	88	90	51	886
F2	117	139	135	97	104	96	65	61	104	125	100	71	1214
F3	165	114	122	83	92	94	73	66	90	108	92	72	1171
Tot	375	326	364	241	264	254	201	188	261	321	282	194	3271

B) Interventi efficienza energetica realizzati (dopo installazione FV)

Dall'inizio 2012 (dopo installazione FV) si è privilegiato l'uso elettrico (al posto del gas per cucina) e si è progressivamente passati a illuminazione interna a led. Inoltre dal 2014, per incrementare utilizzo diretto della autoproduzione da FV, è installato un piccolo condizionatore/ PdC portatile che viene utilizzato in solo riscaldamento saltuariamente nelle stagioni intermedie (aprile-maggio e ottobre novembre) nelle giornate soleggiate in alternativa a l'impianto tradizionale a gas

PARTE 2 – IL MONITORAGGIO PLURIENNALE DEI CONSUMI (monitoraggio mensile 2011 - 2018)

CONSUMI ANNUI

L'andamento pluriennale dei consumi (articolato per fascia di consumo) e dell'uso diretto del FV è così sintetizzabile:

Anno	Consumo da rete (kWh/anno)	Uso diretto da FV (kWh/anno)	Consumo totale (kWh/anno)	Consumo per fascia oraria (kWh/anno)			
				F1	F2	F3	TOT
2011	3271	0	3271	886	1214	1171	3271
2012	1867	1107	2974	809	1051	1114	2974
2013	1935	974	2909	980	950	979	2909
2014	1902	1011	2913	1056	903	955	2913
2015	1704	918	2622	960	834	828	2622
2016	1474	827	2301	891	698	712	2301
2017	1464	895	2359	960	686	712	2359
2018	1385	854	2239	942	634	663	2239

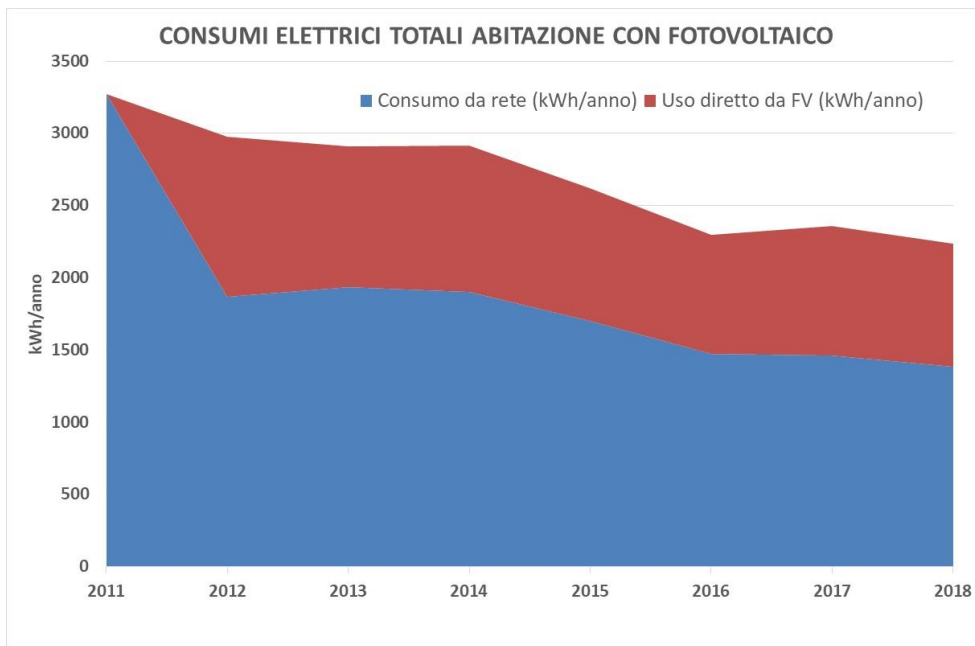
Nonostante la introduzione delle piastre elettriche per cucina in sostituzione di quelle a gas e l'uso saltuario della PdC, si evidenzia il **progressivo significativo risparmio energetico, a regime** (2018 vs 2011) circa **1000 kWh/anno (-31% vs baseline e - 280 €/anno a tariffe 2018)**. In particolare ottenuto in F2 e in F3, attribuibile a interventi con illuminazione interna a led (incidenza prevalente in orari serali/notturni) e attenzione alla gestione, mentre in F1 l'ufficio in house (presente da 2° semestre 2013) fa limitatamente incrementare i consumi (esclusi mesi estivi assenza utilizzo ufficio).

La maggiore attività di ufficio in house e la riduzione di consumi hanno variato la distribuzione dei consumi per fascia oraria, portando nel 2018 i consumi in F1 (42%) a superare quelli in F2 (28%) e F3 (30%).

genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot
101	100	109	87	87	129	14	14	76	83	88	55	942
73	61	73	70	70	72	15	15	46	47	47	47	634
79	55	60	72	72	95	18	18	44	39	42	71	663
253	216	242	229	229	296	47	47	165	168	177	172	2239

ARTICOLAZIONE CONSUMI : USO DIRETTO FV E DA RETE

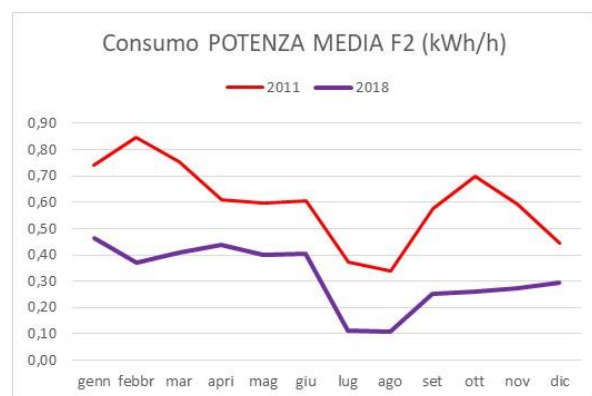
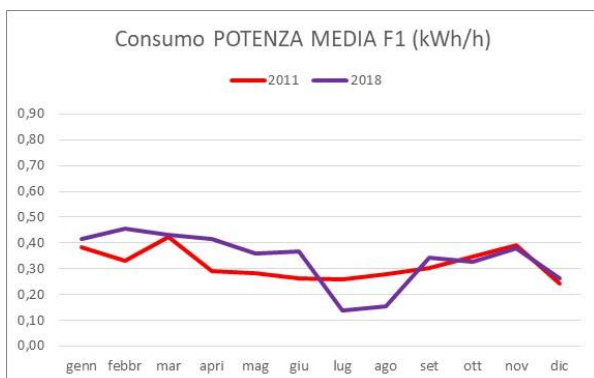
I consumi suddetti dal 2012 sono ripartibili tra quelli che usano istantaneamente la produzione FV – “uso diretto”(principalmente in F1) e i residui che utilizzano il prelievo da rete (NB Il ricorso allo scambio sul posto è manovra amministrativa non riguarda gli aspetti energetici)



Emerge come il contributo della autoproduzione compensi solo una parte dei consumi.

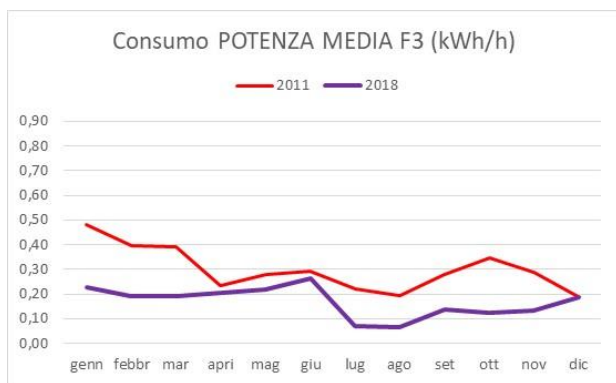
NB Nel seguito per una più sintetica rappresentazione ci si riferisce in vari casi alla potenza media nel periodo di fascia oraria, si tratta del rapporto tra consumi (kWh) e durata della fascia (h/gg). Tale riferimento si ritiene più efficace per la comprensione, specie se rapportato alla potenza di fornitura (3 KW), in quanto fa capire quanta % della potenza disponibile da rete viene utilizzata. Ovviamente tale scelta non evidenzia il reale profilo di consumo di dettaglio (elimina le punte di carico e i periodi di azzeramento del consumo)

In dettaglio su base mensile per fascia oraria:



In F1 si evidenzia il maggiore consumo ufficio in house (oltre a prevedibili bassi consumi a luglio e agosto), peraltro le azioni di miglioramento efficienza energetica hanno ridotto effetto ufficio in house.

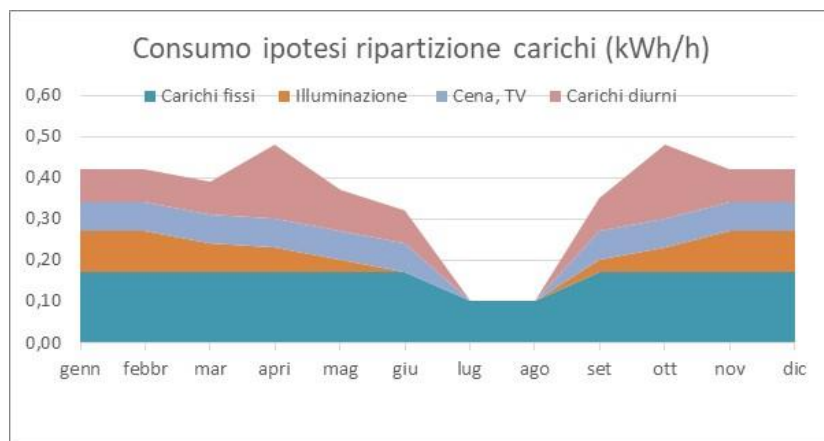
In F2 emerge lo stabile risparmio energetico (circa 200 -300 W medi) ottenuto con le soluzioni adottate (prevalentemente da illuminazione a led, come conferma andamento stagionale).



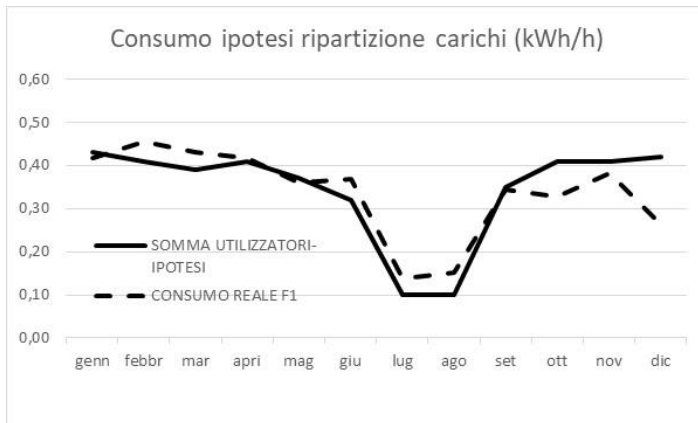
In F3 emergono in misura minore, ma significativi, i risparmi energetici di tipo gestionale (spegnimento utenze e stand-by oltre piccolo contributo della illuminazione a led alla sera dopo le 23 e mattina sino alle 7). **Interessante evidenziare che con una gestione accorta la potenza media sempre attiva è in media di circa 150 W** (escluso luglio/agosto, che si stabilizza a 100 W, che certifica minimo potenza media sempre attiva), valori che trovano indiretta conferma in orari non serali in F1 e F2 nei mesi di luglio e agosto 2018 con abitazione non utilizzata con continuità.

Ragionando sulle differenze per consumo di fascia oraria, è possibile stimare in prima battuta il contributo ai consumi da parte dei principali utilizzatori. Si sono considerate le seguenti voci:

- Carichi continuativi (frigorifero, ausiliari sempre attivi)
- Illuminazione artificiale
- Carichi inizio mattina e sera (elettrodomestici per colazione e cena, TV serale)
- Altri carichi diurni (PC, stampante, elettrodomestici per pranzo, TV ore pranzo, lavatrice e lavastoviglie con frequenza media 2-3 volte settimana)



La stima suddetta trova sufficiente allineamento ai consumi reali 2018 (leggeri scostamenti a ottobre e dicembre 2018, causa assenza per periodi non trascurabili utilizzo abitazione)



PARTE 3 – INTEGRAZIONE TRA IMPIANTO FV E CONSUMI ABITAZIONE

NB Nel seguito si valutano solo gli aspetti energetici, non vengono considerati gli incentivi, lo scambio sul posto, ecc. specie a livello economico.

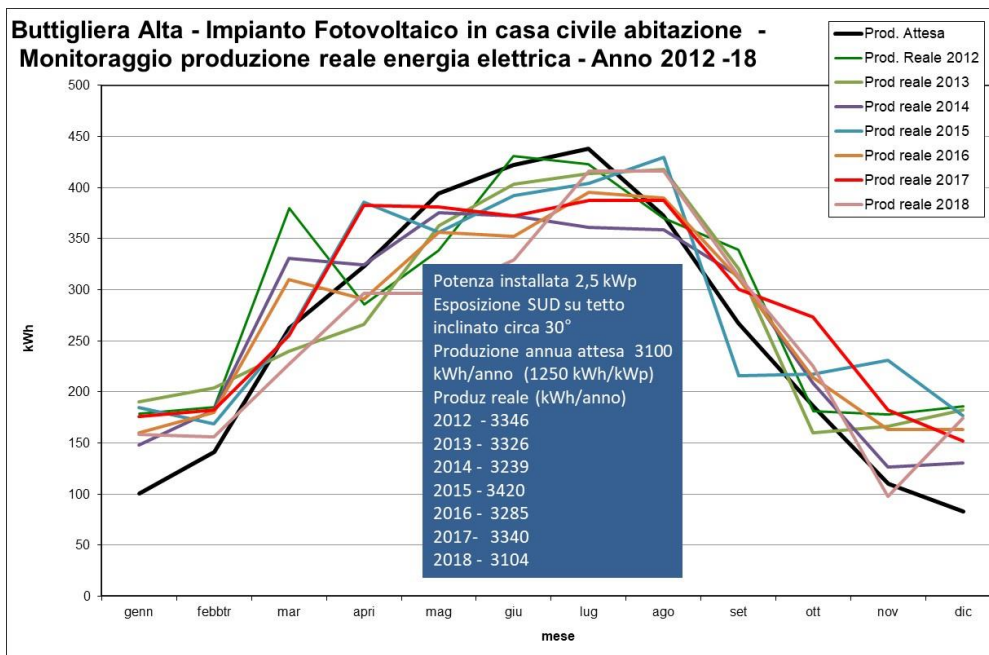
A) Prestazioni impianto fotovoltaico (FV)

Alla fine 2011 è stato installato un impianto FV da 2,5 kW (circa 12mq), fornitore Sun Power modello E18 318W, posizionato su falda tetto a sud, **inclinato di circa 30°**, per il quale il fornitore ha **dichiarato una resa annua media di circa 3100 kWh/anno (1250 kWh/anno*kWp)**.

B) Monitoraggio andamento autoproduzione energia elettrica nel tempo (2012 - 2017)

Si è provveduto **mensilmente per 6 anni alla lettura, per fascia oraria**, dei relativi contatori elettrici dedicati, **deducendone la produzione mensile** anche al variare della stagione e delle condizioni climatiche.

ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MEDIA
F1	2101	2316	2195	2404	2283	2326	2153	2254
F2	636	497	477	462	477	516	441	501
F3	609	513	558	554	525	589	510	551
Tot	3346	3326	3230	3420	3285	3431	3104	3306



L'impianto FV (anche grazie a ottima esposizione e forse a prevalenza di annate con inverni miti e soleggiate, si rimanda a analisi radiazione solare) **ha prodotto abbastanza omogeneamente su base annua (più del previsto rispetto a valori di progetto), mediamente circa 3300 kWh/anno, anche dopo 7 anni dalla installazione.**

In media mensilmente:

	genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot
F1	104,00	123,21	180,56	222,94	221,86	240,10	277,69	272,31	221,06	170,31	109,99	109,93	2253,96
F2	17,14	28,54	36,95	49,12	59,75	62,06	63,86	64,21	42,91	32,60	24,91	18,86	500,91
F3	32,14	27,11	40,41	60,19	63,09	63,26	59,67	66,84	42,20	30,94	28,97	36,32	551,13
	153,29	178,86	257,91	332,25	344,69	365,42	401,22	403,36	306,17	233,85	163,87	165,11	3306,00

Nei soli 3 mesi estivi si raggiunge il 35% della autoproduzione totale, aggiungendo maggio e settembre si raggiunge il 55% della autoproduzione annua.

A livello mensile l'incidenza % della autoproduzione media è largamente concentrata nelle ore di fascia F1- 68% (giorni feriali dalle 8 alle 19), solo 15 % in fascia F2 e 17 % in fascia F3

C) Analisi autoproduzione energia elettrica nel tempo in funzione radiazione solare (2012 – 2018)

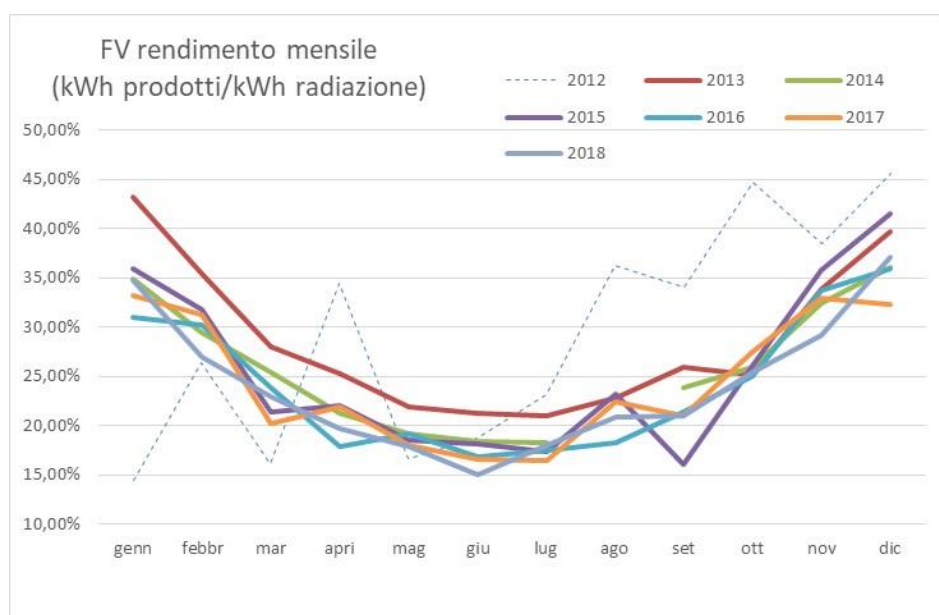
Sono stati utilizzati i dati (MJ/m²*mese) forniti da Stazione Meteorologica di Fisica dell'Atmosfera del Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Torino.

ANNO	genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOT	vs 2012
2012	117	204	345	331	515	540	558	350	325	227	141	117	3.771	
2013	132	173	257	316	497	568	592	549	370	190	147	138	3.930	4,22%
2014	127	185	391	457	586	604	592		393	241	117	108	3.802	0,83%
2015	155	160	361	524	574	646	699	554	403	250	194	128	4.646	23,22%
2016	155	179	390	490	557	628	676	641	437	256	145	136	4.688	24,33%
2017	159	175	379	524	634	673	705	518	430	297	166	141	4.799	27,28%
2018	136	173	297	451	497	658	695	598	448	265	101	140	4.460	18,29%

Si evidenzia un progressivo aumento della radiazione solare annua, che da 2015 assume valori stabili di incremento del >20% (cambiamenti climatici?), questo andamento obbliga a riflettere su motivazioni di autoproduzione superiore a valori di progetto.

Si è quindi preso in esame il rapporto di performance tra autoproduzione mensile (kWh/mq*mese) e radiazione solare mensile (kWh/mq*mese):

ANNO	genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	MEDIA
2012	14,38%	26,35%	16,10%	34,49%	16,64%	18,76%	23,16%	36,28%	34,11%	44,71%	38,49%	45,66%	29,09%
2013	43,28%	35,47%	27,96%	25,23%	21,90%	21,29%	20,97%	22,83%	25,92%	25,22%	33,85%	39,70%	28,64%
2014	34,86%	29,47%	25,39%	21,27%	19,20%	18,47%	18,28%		23,91%	25,97%	32,40%	36,06%	25,93%
2015	35,91%	31,75%	21,40%	22,08%	18,59%	18,20%	17,35%	23,27%	16,08%	26,08%	35,80%	41,54%	25,67%
2016	30,97%	30,22%	23,84%	17,82%	19,18%	16,82%	17,52%	18,27%	21,37%	25,08%	33,77%	35,97%	24,24%
2017	33,16%	31,24%	20,22%	21,93%	18,02%	16,59%	16,49%	22,45%	20,95%	27,56%	32,93%	32,25%	24,48%
2018	34,78%	26,98%	22,90%	19,70%	17,86%	14,99%	17,97%	20,87%	20,95%	25,43%	29,18%	37,17%	24,07%
MEDIA	32,10%	30,75%	22,49%	23,80%	18,92%	18,35%	18,96%	24,62%	23,72%	29,10%	34,54%	38,53%	26,32%



La prestazione è stabile e eccellente, maggiore nei periodi invernali per la inclinazione del tetto che consente una azione più perpendicolare sei raggi solari incidenti.

Peraltro si rileva una prevista diminuzione progressiva della resa, su base annua:

ANNO	MEDIA	vs 2012
2012	29,09%	0,00%
2013	28,64%	-1,57%
2014	25,93%	-10,86%
2015	25,67%	-11,76%
2016	24,24%	-16,69%
2017	24,48%	-15,84%
2018	24,07%	-17,28%
MEDIA	26,32%	-9,52%

La riduzione dopo il terzo anno è significativa e pare stabilizzarsi per il momento attorno al 15%.

Quindi si può affermare che la autoproduzione stabile e anche superiore al progetto è dovuta all'incremento progressivo di radiazione solare annua che compensa, anzi supera, la progressiva diminuzione di resa.

D) Integrazione impianto fotovoltaico e consumi utilizzatori elettrici abitazione

La autoproduzione utilizzata a uso diretto è limitata (2018):

	genn	febb	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Tot
F1	34,00	44,00	58,00	59,50	59,50	70,10	29,45	29,45	63,00	58,00	38,00	41,00	584,00
F2 solo FV	6,00	5,00	12,00	16,50	16,50	16,47	9,27	9,27	16,00	9,00	6,00	10,00	132,00
F3 solo FV	12,00	4,00	3,00	16,50	16,50	17,68	8,16	8,16	16,00	8,00	6,00	22,00	138,00
TOT	52,00	53,00	73,00	92,50	92,50	104,25	46,88	46,88	95,00	75,00	50,00	73,00	854,00

1. Consumo alimentato da Uso diretto in rapporto alla produzione FV

Si può confrontare nelle sole ore in cui il FV è attivo la quota di consumi che viene assorbita dalla produzione del FV, ossia l' "Uso diretto", che risulta così ripartito su base annua rispetto alla autoproduzione nelle stesse ore:

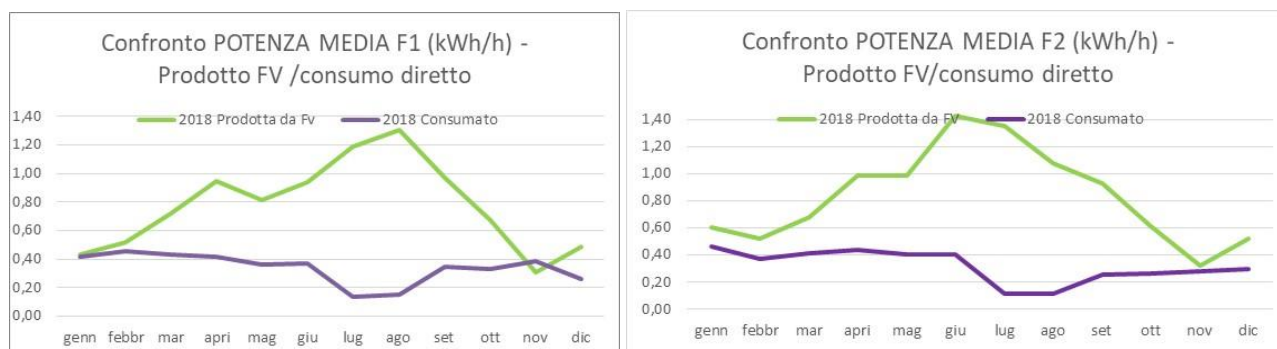
	vs produz
F1	27,12%
F2 solo FV	29,93%
F3 solo FV	27,06%
TOT	27,51%

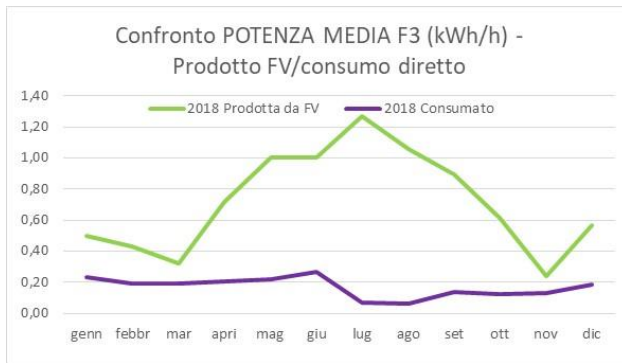
Supposto che la produzione FV sia distribuita nel periodo ore 8-19, 11 ore ogni giorno (coincidenti con F1 nei giorni feriali) si hanno le seguenti ore di riferimento:

ORE PER FASCIA 2018 SOLO FV													
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
TOT	341	308	341	330	341	330	341	341	330	341	330	341	4015
F1	242	220	253	209	242	242	242	220	220	253	231	209	2783
F2	33	44	44	44	44	33	44	55	55	44	44	44	528
F3	66	44	44	77	55	55	55	66	55	44	55	88	704

Si tratta di una prima approssimazione accettabile (considerato valori di autoproduzione >> dell'uso diretto), in pratica si suppone il FV è attivo in suddette ore diurne (in realtà in inverno il FV produce per numero di ore inferiore) e per tali ore si considera un corrispondente consumo medio orario uniforme attribuendogli un valore medio fisso per tutto il periodo temporale della fascia oraria, mentre in realtà il consumo è concentrato in determinati orari delle fasce.

Con tale assunto confrontando in suddette ore in cui il FV è attivo la potenza media di uso diretto con quella della produzione del FV, in dettaglio su base mensile e per fascia risulta:





Emerge chiaramente in F1 (a fronte di un consumo stabile attorno a 300-400 W) la sostanziale maggiore produzione del FV specie fuori dal periodo invernale. In F2 e F3 l'andamento è simile e risente del minore consumo.

Si conferma che per utilizzare al meglio la autoproduzione FV occorre quindi massimizzare i consumi negli orari diurni (fascia F1, F2 del Sabato e F3 della domenica e festivi), al contrario degli usuali comportamenti indicati per impianti alimentati solo da rete, diversamente, come nel caso in esame, si generano significative immissioni/cessioni in rete. Considerato andamento della autoproduzione FV con massimi in estate, un utilizzo coerente sono gli impianti di climatizzazione estiva, mentre non si adatta uso per PdC in periodo invernale.

2. Rapporto tra Consumo e Uso diretto della produzione da FV su base annua

L'uso diretto rispetto ai consumi totali su base annua (anno 2018) per fascia risulta:

	vs consumo tot
F1	62,03%
F2	20,82%
F3	20,81%
TOT	38,15%

Emerge chiaramente che l'uso diretto copre solo una % dei consumi, significativa in F1 ma molto contenuta in F2 e F3 (si ricorda che ci si riferisce ai periodi diurni, ovviamente negli altri periodi della giornata il consumo diretto è "0").

3. Rapporto tra Consumo e Uso diretto della produzione da FV su base mensile

Si premette che è una analisi più orientativa causa la approssimazione suddetta (specie per F2 e F3) in quanto il valore stimato di consumo è di ordine di grandezza più prossimo a quello dell'uso diretto.

L'uso diretto risulta così ripartito rispetto al consumo totale nelle stesse ore, sempre per 2018:

su base annua

	vs consumo stesse ore FV
F1	62,03%
F2 solo FV	82,03%
F3 solo FV	115,72%
TOT	69,90%

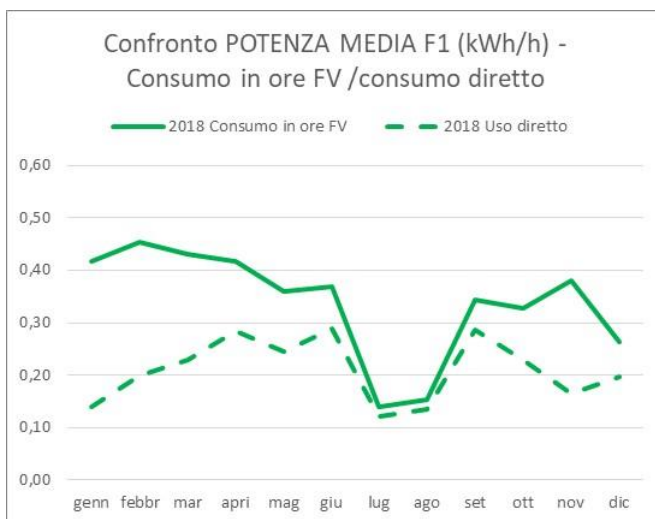
su base mensile

	genn	febr	mar	apri	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	MEDIA MESI
F1	33,66%	44,00%	53,21%	68,39%	68,39%	78,76%	87,91%	87,91%	83,44%	69,88%	43,18%	74,55%	66,11%
F2 solo FV	39,35%	30,55%	66,87%	85,79%	93,88%	123,06%	188,25%	155,79%	115,08%	78,74%	49,56%	77,71%	92,05%
F3 solo FV	79,17%	47,60%	35,45%	104,76%	136,67%	121,21%	215,68%	188,50%	211,57%	147,34%	83,12%	133,33%	125,37%

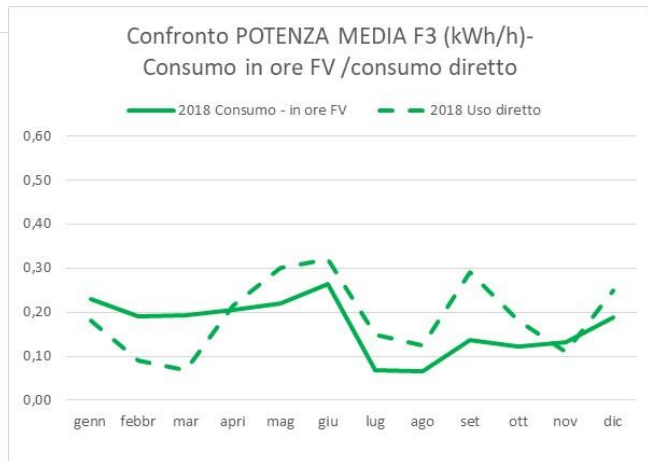
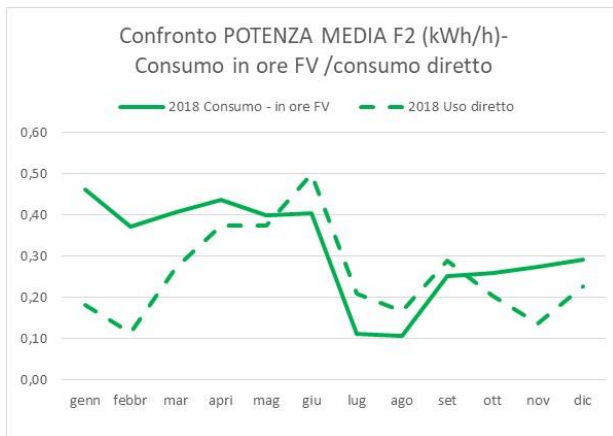
(NB Nelle tabelle % di uso diretto > 100% sono dovuti a suddette approssimazioni fatte per scelta ore di uso solo FV)

In sostanza emerge chiaramente che l'uso diretto copre bene i consumi in F2 e F3 (si ricorda che ci si riferisce ai periodi diurni, ovviamente negli altri periodi della giornata il consumo diretto è "0").

Con i limiti suddetti di approssimazione e sempre confrontando in suddette ore in cui il FV è attivo la potenza media di uso diretto con quella del consumo totale, in dettaglio su base mensile e per fascia risulta:



Emerge in F1 un parziale assorbimento (in media circa 60%) del consumo con uso diretto da auto produzione FV (massimo invece come prevedibile in luglio/agosto causa assenza usuali consumi abitazione).



I consumi nelle fasce F2 e F3 limitatamente alle ore di autoproduzione del FV (quindi specie per famiglie in cui i componenti lavorano durante i giorni lavorativi) consentono un ottimale uso diretto della autoproduzione di FV. (NB Nelle figure valori di uso diretto > di consumo sono dovuti a suddette approssimazioni fatte per scelta ore di uso solo FV)

CONCLUSIONI - Valutazioni investimento e livelli di integrazione energetica raggiunti

Gli obiettivi relativi alla installazione del FV sono stati ampiamente raggiunti per quanto riguarda la prestazione della autoproduzione annuale (anzi superati) e quindi anche i tempi di ritorno dell'investimento sono confermati, fermo restando l'ottenimento di incentivi nel caso specifico.

Fa riflettere però il degrado progressivo della performance dei pannelli FV, che non appare se si considerano solo i dati di sola autoproduzione (a latere si considera preoccupante impatto su ambiente dell'aumento radiazione solare)

Risultano interessanti i risparmi di energia prelevata da rete che però si ipotizzavano superiori in fase progettuale (forse per sovra stima ore funzionamento).

Emerge, forse accentuata per una utenza non molto energivora e attenta alla gestione,

la limitazione dell'uso diretto. Per una casa di civile abitazione ne consegue una cessione significativa generalizzata di energia alla rete (oggetto di scambio sul posto), utile alla rete nazionale prima di tutto, che andrebbe valutata con sgravi maggiori nelle tariffe.

Peraltro un maggiore uso diretto in % rispetto ai consumi (obiettivo 80%) si stima non potrà difficilmente superare il 70 % della auto produzione in F1 e il 30% in F2 e F3. Solo l'utilizzo degli accumuli può aiutare in tale senso, peraltro senza perdere di vista i limiti di convenienza economica riguardanti il dimensionamento del FV (ad es. nel caso in esame i consumi annui 2018 pari a 2239 kWh sono di circa inferiori del 30% alla produzione del FV di 3104 kWh, per cui si avrebbero comunque cessioni alla rete significative, nonostante impianto da soli 2,5 kWp) che dell'accumulo.

Diversamente la installazione del FV in oggetto in zona con clima più caldo o per abitazione che soffra di sovratemperatures interne estive sarebbe più efficace se unita a utilizzo di impianto di condizionamento, che assorbirebbe con uso diretto in buona parte il surplus di autoproduzione nei mesi estivi e conseguente risparmio economico di prelievo dalla rete.

Dalla analisi in oggetto emerge che, specie in assenza dei vecchi incentivi, per una abitazione poco energivora e priva di condizionamento (quali quelle del NORD ITALIA) un impianto da 1,5- 2 kW parrebbe sufficiente per utilizzo diretto/compensare i consumi specie in fascia prevalenti F1, aspetto questo da considerare ad es. per edifici ZEB privi di condizionamento estivo.

ALLEGATO 1 – Prospetto ripartizione ore per fascia oraria

Da ore	A ore	Durata	Feriali	Sabato	Festivi
0	7	7	F3	F3	F3
7	8	1	F2	F2	F3
8	19	11	F1	F2	F3
19	23	4	F2	F2	F3
23	24	1	F3	F3	F3