



Berna, 23 giugno 2021

Produzione di energia elettrica in inverno grazie al fotovoltaico

Rapporto del Consiglio federale
in adempimento del postulato 19.4157 Reynard
del 25 settembre 2019



Indice

1	Introduzione.....	3
1.1	Postulato 19.4157	3
1.2	Premessa e obiettivi	3
1.3	Panoramica del rapporto	4
2	Parte principale	5
2.1	Contributo del fotovoltaico alla produzione invernale di elettricità in Svizzera	5
2.2	Incentivi per una maggiore produzione elettrica invernale.....	9
2.3	Fotovoltaico al di fuori del parco edifici della pianura	13
3	Conclusioni.....	14

1 Introduzione

1.1 Postulato 19.4157

1.1.1 Contenuto del postulato

Il 25 settembre 2019 il consigliere nazionale Mathias Reynard ha presentato al Consiglio nazionale il postulato 19.4157, intitolato «Produzione di energia elettrica in inverno grazie al fotovoltaico».

Il testo del postulato è il seguente:

Testo inoltrato

«Il Consiglio federale è incaricato di sottoporre al Parlamento un rapporto sul ruolo che in futuro il fotovoltaico potrebbe svolgere nell'approvvigionamento elettrico in Svizzera durante i mesi invernali.»

Motivazione

«Nei prossimi trent'anni, il fotovoltaico sarà la tecnologia rinnovabile con il maggior potenziale di installazione in Svizzera. A fianco dell'energia idroelettrica, sarà il pilastro principale dell'approvvigionamento elettrico del nostro Paese. Pertanto, in un sistema elettrico svizzero basato principalmente sull'energia idroelettrica e sul fotovoltaico, le eccedenze di produzione e di esportazione già presenti nel semestre estivo e il fabbisogno di importazioni di energia elettrica nei mesi invernali rischiano di aumentare ulteriormente. Questo rapporto del Consiglio federale servirebbe a quantificare il futuro ruolo del fotovoltaico nell'approvvigionamento elettrico del nostro Paese. In particolare, sarebbe opportuno indicare la quantità di elettricità prodotta dalle centrali fotovoltaiche in inverno e come poter aumentare tale quantità, in caso di necessità, attraverso incentivi mirati, affinché sia possibile limitare l'aumento delle importazioni di energia elettrica durante il periodo invernale».

1.1.2 Proposta del Consiglio federale

Il 27 novembre 2019 il Consiglio federale ha proposto di accogliere il postulato. Il Consiglio federale riconosce la necessità di una simile analisi, soprattutto in considerazione del ruolo che il fotovoltaico avrà nel futuro approvvigionamento elettrico della Svizzera. Nel suo parere il Consiglio federale ha indicato che in tale rapporto avrebbe anche esaminato in che misura gli incentivi mirati a favore di una maggiore produzione indigena di energia elettrica nei mesi invernali, citati nella motivazione del postulato, siano compatibili con gli obblighi internazionali contratti dalla Confederazione.

1.1.3 Trattazione alla Camera

Il Consiglio nazionale ha accolto il postulato il 20 dicembre 2019.

1.1.4 Dossier simili

Il 16 dicembre 2020 il consigliere nazionale Rocco Cattaneo ha presentato il postulato 20.4561 «Sfruttare le opere idroelettriche e i laghi artificiali per la produzione di energia fotovoltaica». Il postulato incarica il Consiglio federale di effettuare uno studio dettagliato a livello nazionale sul potenziale di produzione di energia fotovoltaica derivante dallo sfruttamento delle superfici delle opere idroelettriche e dei laghi artificiali. Il Consiglio federale ha proposto di accogliere il postulato. Il postulato è stato accolto dal Consiglio Nazionale il 19.03.2021.

1.2 Premessa e obiettivi

Con la Strategia energetica 2050 e l'entrata in vigore, il 1° gennaio 2018, della revisione totale della legge sull'energia, la Svizzera ha intrapreso il cammino verso un approvvigionamento elettrico sostenibile con energie rinnovabili. In questo senso il 18.06.2021 il Consiglio federale ha presentato il messaggio sull'atto mantello denominato «legge federale su un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili». Nell'ottica del raggiungimento dell'obiettivo del saldo netto di emissioni pari a zero entro il 2050 e della conseguente rapida elettrificazione dei trasporti e decarbonizzazione del settore del riscaldamento, l'atto mantello ha lo scopo di rafforzare il potenziamento delle energie rinnovabili e portare avanti la trasformazione del sistema elettrico per l'effettiva integrazione di

un'elevata percentuale di tecnologie di produzione decentralizzate¹. Nelle sue "Prospettive energetiche 2050+", pubblicate nel novembre 2020, l'Ufficio federale dell'energia (UFE) ha delineato come potrebbe essere, nel 2050, l'approvvigionamento energetico di una Svizzera climaticamente neutrale². Gli scenari esaminati differiscono in molti punti, ma tutti mostrano che la Svizzera ricaverà in futuro gran parte della sua energia elettrica dalla forza idrica e dal fotovoltaico (FV). Tuttavia, per ragioni di carattere climatico e meteorologico, queste due tecnologie forniscono solo un buon quarto (fotovoltaico) e circa un terzo (centrali ad acqua fluente) della loro produzione complessiva nel semestre invernale (cioè nei mesi da ottobre a marzo)³. Nel caso dell'energia idroelettrica, ci sono anche le centrali ad accumulazione, che sono in grado di generare circa la metà della loro elettricità in inverno, spostando stagionalmente la loro produzione, così che l'energia idroelettrica svizzera nel suo complesso ha una quota di produzione invernale di oltre il 40%.

Dato che le centrali nucleari svizzere - senza considerare le revisioni nel semestre estivo - mostrano una produzione di elettricità quasi costante nel corso dell'anno e il consumo invernale di elettricità della Svizzera supera quello estivo, il commercio di energia elettrica della Svizzera mostra già dall'inverno 2003/2004 un'eccedenza netta di importazioni nel semestre invernale, che fino al 2018/2019 ammontava in media a ca. 4 TWh per semestre invernale. A causa del venir meno della produzione elettrica delle centrali nucleari svizzere nei prossimi decenni, si può presumere che nel semestre invernale le importazioni aumenteranno. Per poter garantire un'elevata sicurezza d'approvvigionamento per la Svizzera durante il processo di trasformazione, fino al raggiungimento degli obiettivi della Strategia energetica 2050 e oltre, è necessario sviluppare ulteriormente le condizioni quadro legali e prevedere misure specifiche per i mesi invernali. A tal fine, il Consiglio federale, nell'atto mantello, ha previsto misure per aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento in inverno. In particolare, si tratta del potenziamento degli impianti di produzione, soprattutto delle centrali idroelettriche ad accumulazione, per aumentare di 2 TWh la produzione di elettricità in inverno entro il 2040, e dell'introduzione di una riserva di energia, per cui una certa quantità di energia può essere trattenuta nei bacini di stoccaggio per situazioni critiche di approvvigionamento alla fine dell'inverno.

Tuttavia, ai fini della sicurezza dell'approvvigionamento è anche particolarmente importante il rapido potenziamento delle energie rinnovabili. A questo scopo, il Consiglio federale ha previsto nell'atto mantello l'introduzione di aste per l'assegnazione di remunerazioni uniche, allo scopo di accelerare in particolare la realizzazione di impianti fotovoltaici senza consumo proprio. Oltre al prezzo come criterio di aggiudicazione principale, il Consiglio federale può anche introdurre, come ulteriore criterio di aggiudicazione nelle aste, la produzione di elettricità in inverno. Questo può servire per promuovere specificamente gli impianti fotovoltaici che generano una quantità particolarmente grande di energia elettrica nel semestre invernale in rapporto alla potenza installata. Il postulato 19.4157 mira a studiare quali impianti sono particolarmente adatti, dal punto di vista tecnico, alla produzione di energia elettrica in inverno e come si potrebbe incoraggiare la costruzione di tali impianti.

1.3 Panoramica del rapporto

La parte principale del presente rapporto è divisa in tre parti. In primo luogo, viene mostrato come si potrebbe aumentare la produzione fotovoltaica invernale del fotovoltaico attraverso una scelta specifica delle superfici disponibili sugli edifici. La seconda parte spiega quali incentivi economici potrebbero essere utilizzati per ottenere questo incremento. La terza parte si occupa delle possibilità di installare impianti fotovoltaici in località alpine, in particolare su impianti infrastrutturali come le dighe, in considerazione della produzione di elettricità che si potrebbe ottenere in inverno.

¹ Il Consiglio federale adotta il messaggio concernente la legge federale su un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili ([admin.ch](#))

² Kurzbericht Energieperspektiven 2050+ (Rapporto sintetico prospettive energetiche 2050+, non disponibile in italiano), Prognos AG, UFE, novembre 2020, [Prospettive energetiche 2050+ \(admin.ch\)](#)

³ [Statistica svizzera dell'elettricità 2019](#), UFE

2 Parte principale

2.1 Contributo del fotovoltaico alla produzione invernale di elettricità in Svizzera

Nel 2019, l'UFE ha commissionato uno studio sul contributo che il fotovoltaico indigeno può dare alla produzione invernale di energia elettrica («Winterstrom Schweiz: Was kann die heimische Photovoltaik beitragen?»)⁴. Lo studio ha esaminato come la produzione invernale di elettricità fotovoltaica possa essere aumentata attraverso un posizionamento mirato degli impianti su determinate superfici degli edifici. I principali risultati dello studio sono riassunti qui di seguito.

2.1.1 Modo di procedere

Lo studio si è basato sui dati di tutte le superfici di tetti e facciate svizzere secondo i catasti solari di sonnendach.ch e sonnenfassade.ch⁵. Inoltre, è stato sviluppato un modello che calcola le perdite di produzione dovute alla copertura nevosa. I catasti solari indicano, per gli edifici in Svizzera, una produzione energetica annuale potenziale (senza considerare la copertura nevosa) per le superfici di tetti e facciate più adatte pari rispettivamente a 50 TWh e 17 TWh. La Figura 1 mostra come il potenziale è distribuito tra le diverse categorie di superfici degli edifici.

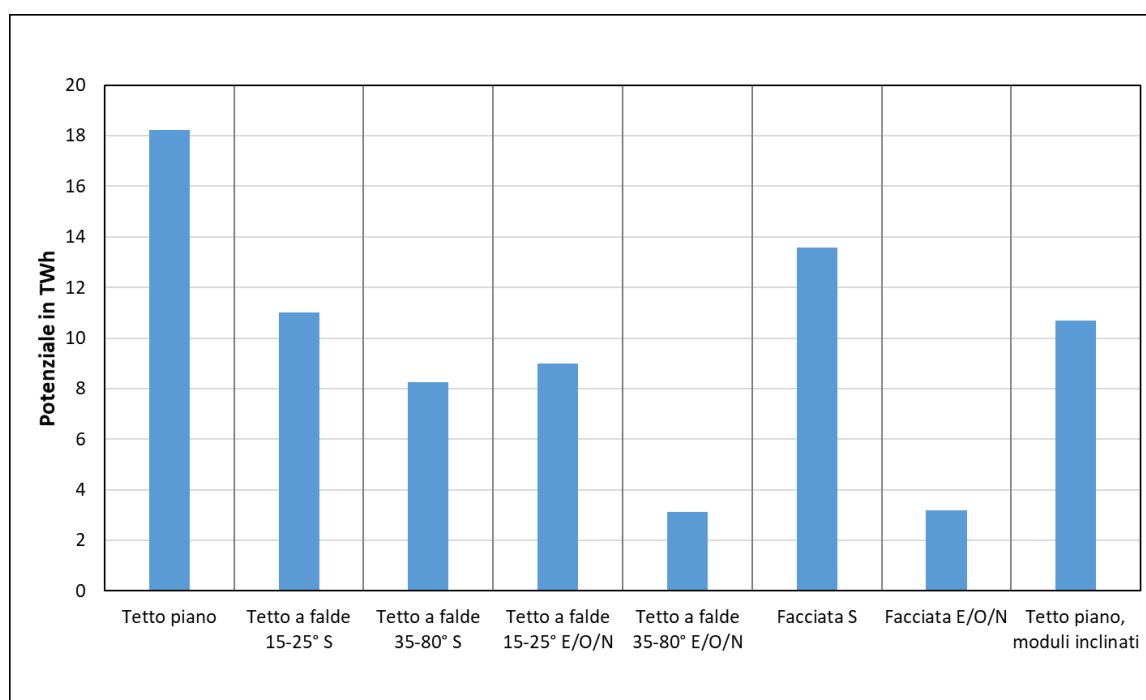


Figura 1: **Potenziale dei tetti e delle facciate svizzere**, classificati per inclinazione e orientamento («N» significa «nord», ecc.). La categoria «tetto piano» appare due volte: nel primo caso si suppone che i moduli siano installati orizzontalmente e nel secondo caso con un'inclinazione di 25°. Va notato che i due valori del potenziale delle categorie «tetto piano» non devono quindi essere sommati. Il potenziale del «tetto piano, moduli inclinati» è di circa il 40% inferiore a quello del «tetto piano», perché nel caso dei moduli inclinati, su un tetto piano possono essere collocati meno moduli che nel caso di un'installazione orizzontale, a causa dell'ombreggiamento. Il potenziale totale di 67 TWh sarebbe quindi ridotto di circa 7 TWh a seguito dell'inclinazione dei moduli.

⁴ «Studie Winterstrom Schweiz Was kann die heimische Photovoltaik beitragen?» (non disponibile in italiano) Rapporto finale, 25 gennaio 2021, Basler & Hofmann AG, SvizzeraEnergia, <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9825>

⁵ [Energia solare: idoneità dei tetti delle case \(admin.ch\)](#) [Energia solare: idoneità delle facciate \(admin.ch\)](#), UFE

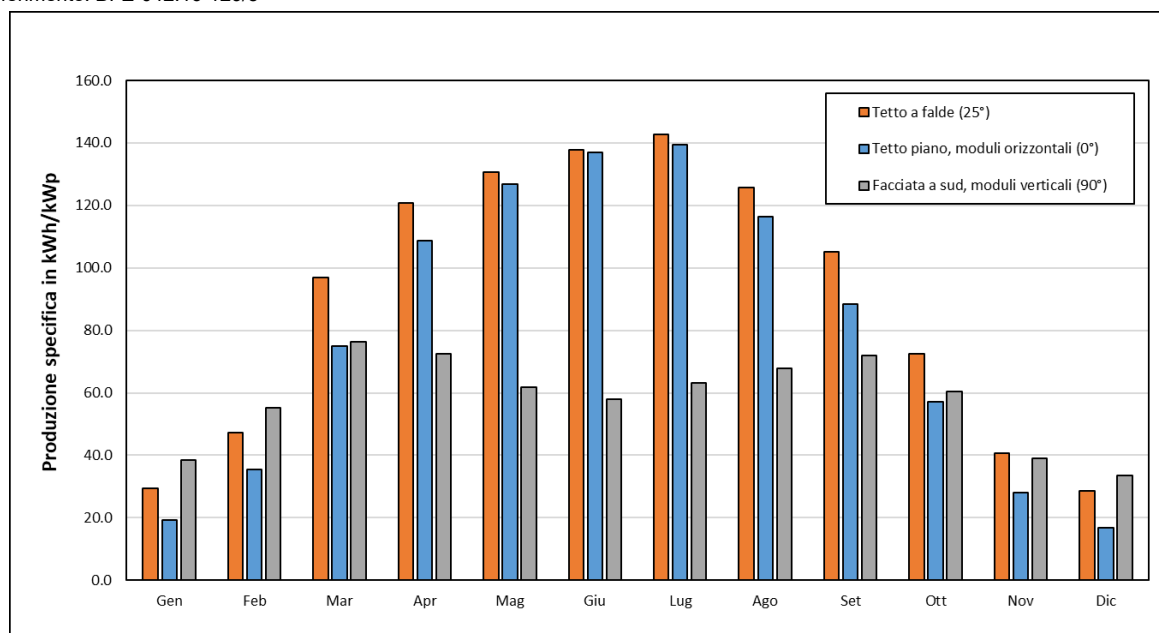


Figura 2 Dati sulla produzione mensile di diversi tipi di impianti. I calcoli si basano su un valore di irraggiamento corrispondente al valore medio svizzero per gli anni 2004-2018.

Nella Figura 2 Dati sulla produzione mensile di diversi tipi di impianti. I calcoli si basano su un valore di irraggiamento corrispondente al valore medio svizzero per gli anni 2004-2018. È illustrato, per tre impianti tipici, come il tipo di installazione influisce sulla produzione mensile per potenza installata. I tre impianti differiscono per la loro inclinazione verso sud: moduli orizzontali su un tetto piano, con inclinazione di 25° (tetto a falde o moduli inclinati su un tetto piano) e moduli verticali su una facciata rivolta a sud. Si può osservare che i valori di produzione annuali e durante il semestre invernale sono più alti nel caso del tetto a falde, con 1078 kWh/kWp e 315 kWh/kWp rispettivamente. L'impianto installato orizzontalmente su tetto piano produce circa il 12% in meno all'anno e il 26% in meno in inverno rispetto all'impianto su tetto a falde. Nel caso dell'installazione su una facciata, la produzione annuale si riduce di oltre un terzo, mentre quella invernale solo del 4%.

Tipo di installazione	Tetto a falde (25°)	Tetto piano, moduli orizzontali (0°)	Facciata sud, verticale (90°)
Produzione annuale (kWh/kWp)	1078	949 (-12%)	699 (-35%)
Produzione semestre estivo (kWh/kWp)	763	717 (-6%)	395 (-48%)
Produzione semestre invernale (kWh/kWp)	315	232 (-26%)	303 (-4%)

Tabella 1 Dati della produzione annuale, estiva e invernale di diversi tipi di impianti. Le percentuali tra parentesi mostrano la differenza rispetto al riferimento «tetto a falde».

Per lo studio si è ipotizzato che vengano installati impianti fotovoltaici per 30 TWh del potenziale totale di produzione di 67 TWh⁶. Per ognuno dei tre scenari principali è stata scelta una diversa utilizzazione delle diverse superfici dell'edificio secondo la Figura 1 per la produzione di 30 TWh all'anno:

- Scenario 1: Incremento come finora (ZWB⁷)

A quanto ammonta la produzione invernale degli impianti fotovoltaici, se la produzione annua di 30 TWh viene ottenuta con un parco di impianti analogo a quello attuale?

In questo scenario, la maggior parte degli impianti fotovoltaici viene installata su tetti moderatamente inclinati e su tetti piani. Gli impianti fotovoltaici poco inclinati su tetto piano

⁶ Questo corrisponde approssimativamente alla produzione fotovoltaica totale annuale di 33,6 TWh entro il 2050 secondo le «Prospettive energetiche 2050+».

⁷ Tedesco: «Zubau wie bisher»

rappresentano poco meno del 20% di tutti gli impianti, e gli impianti su tetti fortemente inclinati un buon 20%. Non vi sono impianti su facciata.

- **Scenario 2: Massimo potenziale di produzione elettrica invernale (MWP⁸)**

A quanto potrebbe ammontare la produzione invernale degli impianti fotovoltaici, se si considerano solo le superfici con la maggiore resa invernale e si aggiunge una capacità di produzione di 30 TWh? Poco più della metà dell'energia prodotta proviene dagli impianti installati sulle facciate, il resto da impianti su tetti a pendenza da moderata a forte. I tetti piatti non sono utilizzati.

- **Scenario 3: Incentivi per la produzione elettrica invernale (AWS⁹)**

A quanto potrebbe ammontare la produzione invernale degli impianti fotovoltaici, se si creano incentivi realistici per la realizzazione di impianti con una quota maggiore di produzione elettrica invernale?

Diversamente dallo scenario ZWB, qui gli impianti sui tetti piani vengono inclinati. I tetti a falde ripide sono usati con una frequenza del 30% maggiore rispetto allo scenario ZWB e il 15% circa della produzione complessiva proviene da impianti sulle facciate.

Lo sfruttamento del potenziale di per ciascuna categoria nei tre scenari è illustrato nella **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

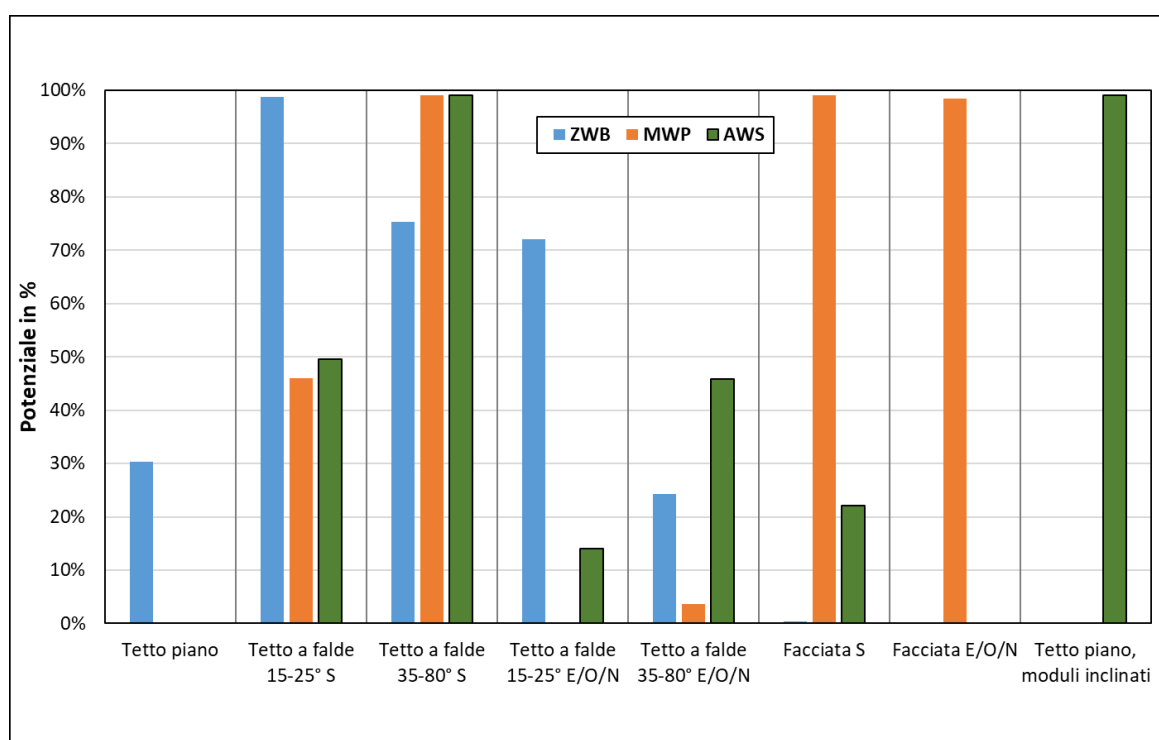


Figura 3 Sfruttamento del potenziale di ciascuna categoria nei tre scenari principali: Incremento come finora (ZWB), Massimo potenziale di produzione elettrica invernale (MWP) e Incentivi per la produzione elettrica invernale (AWS).

2.1.2 Risultati

Il risultato principale dello studio è la distribuzione della resa energetica mensile per i tre scenari (vedi Figura 4), da cui si può capire l'energia elettrica prodotta nel semestre invernale, cioè da dicembre a febbraio. La Tabella 2Tabella 2 riassume questi dati e indica anche quanta elettricità verrebbe prodotta per potenza installata in ciascun caso, quale potenza elettrica dovrebbe essere installata per ciascuno scenario e quali sarebbero i costi stimati.

⁸ Tedesco: "Maximales Winterstrompotenzial"

⁹ Tedesco: "Anreize Winterstrom"

Scenario principale	Produzione annuale	Produzione semestre invernale	Produzione gen/feb/dic	Potenza installata	Produzione spec. semestre invernale	Produzione spec. gen/feb/dic	Costi
	TWh	TWh	TWh	GWp	kWh/kWp	kWh/kWp	Mld. CHF
Incremento come finora (ZWB)	30	8.0	2.6	31	258	85	38
Massimo potenziale di produzione elettrica invernale (MWP)	30	10.6	4.1	39	273	107	53
Incentivi per la produzione elettrica invernale (AWS)	30	9.1	3.2	31	297	104	41

Tabella 2 Produzione di energia elettrica degli scenari principali

I risultati dello studio suggeriscono le seguenti conclusioni:

- **Scenario 1: Incremento come finora (ZWB)**

Se la produzione annua di 30 TWh viene ottenuta con un parco di impianti analogo a quello attuale, il 73% dell'energia viene prodotta nel semestre estivo e il 27% in quello invernale. Per ogni kWp di potenza installata, nel semestre invernale verrebbero generati 258 kWh di energia elettrica. I costi per questo scenario sono i più bassi e ammontano a 38 miliardi di franchi.

- **Scenario 2: Massimo potenziale di produzione elettrica invernale (MWP)**

Se si sfruttassero appieno le superfici dei tetti e delle facciate più adatte alla produzione elettrica invernale, la produzione estiva sarebbe del 65% e quella invernale del 35%. Per ottenere ciò, tuttavia, le superfici delle facciate più adatte dovrebbero essere completamente utilizzate, il che non appare molto realistico. La produzione specifica di elettricità in inverno è di 273 kWh/kWp e quindi solo il 6% in più rispetto allo scenario ZWB, mentre i costi sono maggiori di circa il 40% e si dovrebbe installare il 26% di potenza in più. In questo scenario, l'ottimizzazione della produzione elettrica invernale avviene a spese della produzione annuale, che in questo caso risulta del 20% inferiore per potenza installata rispetto allo scenario ZWB (quindi per ogni kWp verrebbero prodotti solo 770 kWh invece dei quasi 1000 kWh attuali). Questo significa che l'elevata quota di produzione elettrica invernale dello scenario MWP è ottenuta generando assai meno elettricità per capacità installata durante l'estate e solamente poco di più in inverno. Rispetto allo scenario ZWB, vengono generati 2,6 TWh di elettricità in più per semestre invernale, con costi aggiuntivi di 15 miliardi di franchi. Calcolando una durata di vita dell'impianto fotovoltaico di 30 anni, questo si traduce approssimativamente in un costo di 19 ct. per ogni kWh di produzione elettrica supplementare in inverno.

- **Scenario 3: Incentivi per la produzione elettrica invernale (AWS)**

In uno scenario che si orienta all'attuale parco di impianti fotovoltaici, ma punta maggiormente su impianti fotovoltaici ottimizzati per l'inverno, la percentuale di produzione elettrica invernale può essere aumentata al 30%. La produzione elettrica invernale specifica, pari a 297 kWh/kWp, supera del 9% quella dello scenario MWP e del 15% quella dello scenario ZWB. Questo perché nello scenario AWS la quantità assoluta di elettricità prodotta in inverno è inferiore del 14% rispetto allo scenario MWP, ma deve essere installato il 21% in meno di potenza. Un aumento della produzione invernale può essere così ottenuto con la stessa potenza fotovoltaica dello scenario ZWB, perché la maggior e la minor resa dell'impianto FV ottimizzato per la produzione invernale si bilanciano a vicenda. I costi di questo scenario sono solo l'8% più alti di quelli dello scenario ZWB, e questo è dovuto principalmente al maggiore sfruttamento di impianti su facciata. Rispetto allo scenario ZWB, vengono generati 1,1 TWh di elettricità in più per semestre invernale, con costi aggiuntivi di 3 mld. di franchi. Calcolando una durata di vita di 30 anni, ciò si traduce in un costo di 9 ct. per kWh di elettricità invernale supplementare.

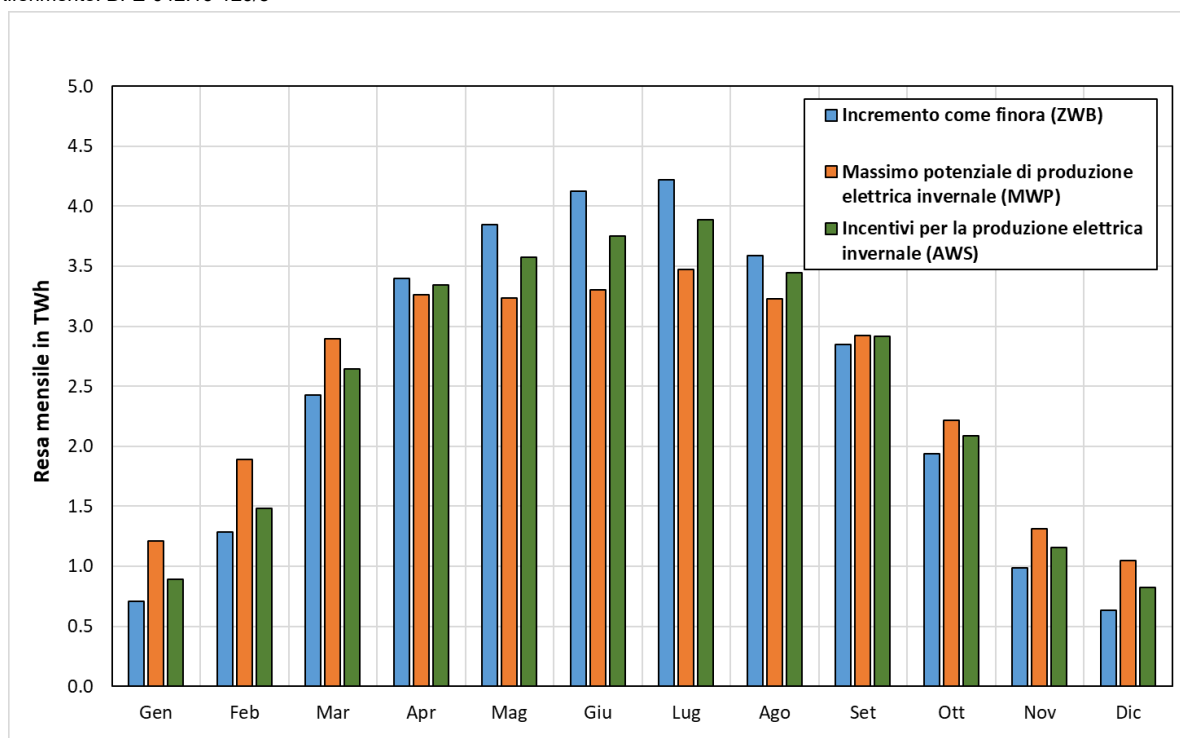


Figura 4 Rese mensili dei tre scenari principali.

Dalle considerazioni precedenti si può dedurre quanto segue:

- Data una determinata produzione annuale del fotovoltaico svizzero, un certo spostamento delle quantità di elettricità prodotte stagionalmente può essere ottenuto con una selezione specifica delle superfici utilizzate per questo scopo. Tuttavia, lo spostamento è di entità piuttosto limitata: infatti la quota di produzione elettrica invernale, attualmente del 27%, può tecnicamente essere aumentata fino a un massimo del 35%. Questo valore può però essere raggiunto solo utilizzando superfici caratterizzate da una produzione annuale significativamente inferiore, per cui in questo caso si dovrebbe installare una potenza fotovoltaica significativamente maggiore per raggiungere gli obiettivi di potenziamento delle energie rinnovabili prefissati.
- In generale, quindi, il punto di partenza fondamentale per aumentare in termini assoluti la produzione fotovoltaica invernale è aumentare la potenza complessivamente installata. Anche in caso di implementazione dello scenario ZWB, assumendo un aumento totale della produzione pari a 30 TWh, il fotovoltaico genererebbe nel semestre invernale circa altrettanta energia elettrica quanto le centrali nucleari di Leibstadt e Gösgen messe insieme.
- Tuttavia, un aumento della produzione elettrica invernale può essere raggiunto senza una riduzione della produzione annuale per potenza installata, come mostrato nello scenario AWS. Per ottenere ciò, diversamente dallo scenario ZWB, dovrebbero essere sfruttate maggiormente le facciate rivolte a sud, un maggior numero di impianti su tetti piani dovrebbe avere i moduli inclinati e i tetti a falde dovrebbero essere usati un po' più spesso che nello scenario ZWB. Nel prossimo capitolo si illustra quali incentivi potrebbero essere fissati per sfruttare maggiormente le facciate e prevedere l'inclinazione dei moduli installati su tetti piani.

2.2 Incentivi per una maggiore produzione elettrica invernale

Come illustrato qui sopra, una maggiore produzione invernale degli impianti FV può essere ottenuta principalmente aumentando l'inclinazione dei moduli FV sui tetti piani (invece dell'installazione orizzontale) e sfruttando le superfici delle facciate. Uno studio interno dell'UFE ha esaminato come incentivare economicamente la costruzione di tali impianti. A tale scopo, l'efficienza economica di

due tipi di impianti ottimizzati per la produzione elettrica invernale tipici delle zone di pianura (uno su tetto piano con inclinazione a sud di 25° e l'altro su una facciata esposta sud) è stata confrontata con quella di un sistema di riferimento (inclinazione di 0° su un tetto piano). L'importo della remunerazione unica è stato variato fino a quando la redditività degli impianti in esame è stata uguale a quella dell'impianto di riferimento. Poiché la redditività degli impianti fotovoltaici dipende molto dalla quota dell'elettricità prodotta che può essere consumata direttamente nel punto di produzione ("quota di consumo proprio, CP"), l'analisi è stata effettuata per ciascuna delle tre tipiche quote di consumo proprio: 0%, 45% e 80% (scenario di riferimento). Tuttavia, a causa dei loro profili individuali di produzione di elettricità, le diverse categorie di impianti hanno diverse quote di consumo proprio nel corso dell'anno a parità di potenza. Pertanto, per gli scenari in esame (tetto piano con moduli inclinati e facciata a sud), il consumo proprio specifico è stato calcolato su base mensile, diversamente dallo scenario di riferimento (tetto piano).

2.2.1 Ottimizzazione della produzione elettrica invernale attraverso l'inclinazione dei moduli sui tetti piani

I moduli installati su tetto piano costituiscono una categoria particolare di impianti: mentre nei primi tempi dell'espansione del fotovoltaico in Svizzera i moduli venivano inclinati e orientati a sud per un migliore sfruttamento della radiazione solare, oggi, nella maggior parte dei casi, i moduli, ormai molto economici, vengono installati con una piccola inclinazione e un orientamento est-ovest. Anche se ciò riduce di circa il 10% la resa annuale di ciascun modulo, la potenza complessiva dell'impianto e quindi la sua resa annua vengono quasi raddoppiate, poiché lo sfruttamento della superficie del tetto può essere massimizzato, dato che è possibile installare circa il doppio dei moduli. D'altro canto, il raddoppio della potenza porta anche a una riduzione dei costi di produzione dell'energia, poiché gli impianti più grandi hanno costi di produzione e d'esercizio significativamente più bassi grazie alle economie di scala¹⁰.

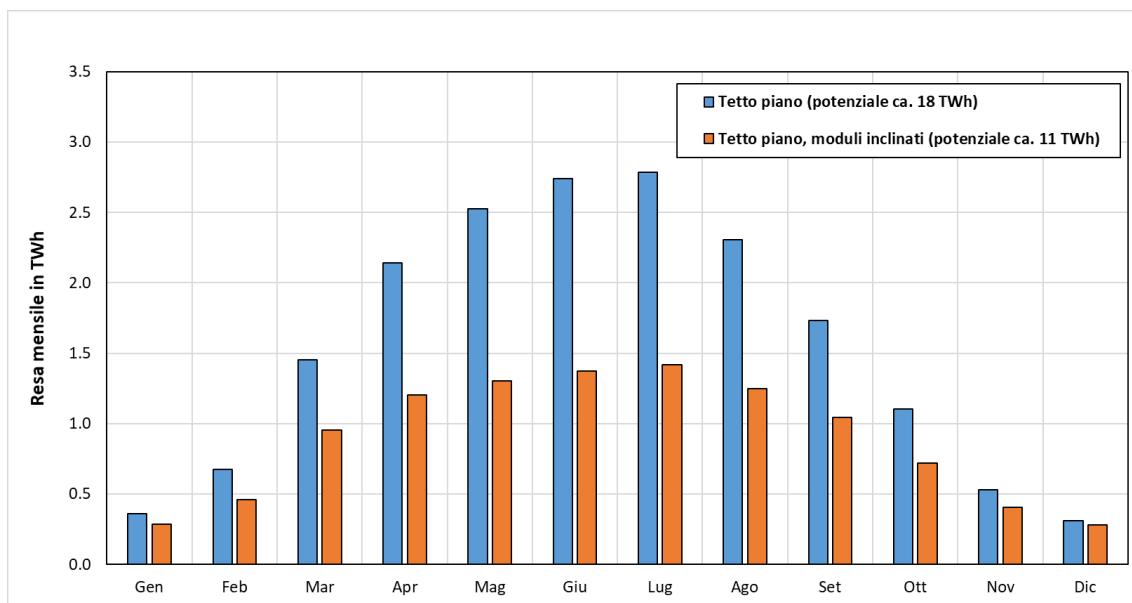


Figura 5 Resa energetica degli impianti su tetti piani con moduli orizzontali o inclinati.

La Figura 5 mostra quale sarebbe la resa energetica mensile di tutti i potenziali impianti su tetto piano svizzeri se i moduli fossero orizzontali o fossero montati con un'inclinazione di 25° verso sudest/sud/sudovest. Si può osservare che la resa energetica annuale degli impianti fotovoltaici orizzontali piatti è significativamente più alta di quella degli impianti con moduli inclinati (18 TWh rispetto a 11 TWh). Ciò dipende dal fatto che l'inclinazione riduce l'area disponibile per i moduli fotovoltaici di circa la metà rispetto a un orientamento est-ovest, poiché i moduli devono essere collocati a una certa distanza l'uno dall'altro per evitare l'ombreggiamento reciproco. Inoltre, il

¹⁰ UFE 2019: «Potenziale, costi e impatto ambientale degli impianti di produzione di energia elettrica. Aggiornamento del rapporto principale (2017).»

grafico mostra che la resa nei mesi invernali di dicembre e gennaio per gli impianti inclinati verso sud è simile a quella degli impianti con moduli orizzontali, nonostante la minore potenza. Durante l'intero semestre invernale, tuttavia, la resa degli impianti con moduli inclinati verso sud è inferiore del 30%. Specialmente nel mese di marzo, il più critico per l'energia idroelettrica svizzera, e nei mesi di aprile e maggio, quando i bacini artificiali raggiungono il loro livello minimo di riempimento prima dell'inizio dello scioglimento delle nevi¹¹, gli impianti installati orizzontalmente possono produrre oltre 6 TWh, quasi il doppio dell'elettricità degli impianti inclinati verso sud (3,5 TWh).

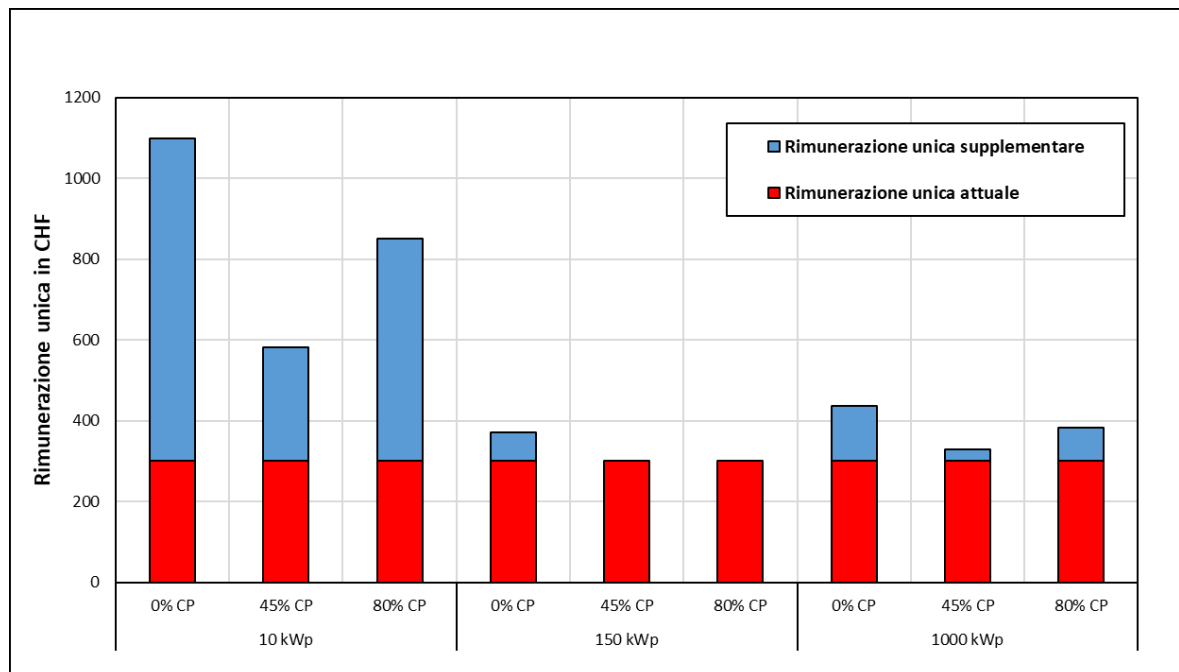


Figura 6 Rimunerazione unica supplementare necessaria affinché un impianto su tetto piano con moduli inclinati abbia lo stesso rendimento economico di un su tetto piano con moduli orizzontali. "CP" significa quota di consumo proprio.

Il risultato è che sui tetti piani la produzione specifica di elettricità in inverno per potenza installata può essere aumentata di circa il 40% attraverso un'inclinazione di 25° e un orientamento a sud dei moduli, ma la resa energetica assoluta scende di poco meno del 30% rispetto a un sistema circa il doppio più grande ma con moduli orizzontali. Per l'analisi dell'efficienza economica dei due tipi di impianti su tetti piani bisogna anche tener conto del fatto che la minor resa di un impianto con moduli inclinati comporta un aumento della quota di consumo proprio. D'altra parte, con la riduzione della potenza dell'impianto aumentano i costi specifici. Il risultato mostra che, in quasi tutti i casi esaminati, sarebbe necessario un aumento della remunerazione unica affinché l'impianto con i moduli inclinati abbia la stessa redditività dell'impianto con i moduli orizzontali (Figura 6). L'aumento necessario della remunerazione unica varia tra 0 CHF/kWp per impianti di medie dimensioni con molto consumo proprio e 800 CHF/kWp per piccoli impianti senza consumo proprio.

Per quanto riguarda l'aumento della produzione elettrica invernale svizzera sui tetti piani, si può riassumere affermando che, sebbene la produzione invernale per potenza installata possa essere aumentata inclinando tutti i moduli, la resa energetica assoluta nel semestre invernale sulla stessa superficie di tetto sarebbe inferiore del 30%. Anche se l'inclinazione dei moduli riduce i costi di investimento, poiché il numero di moduli installati viene circa dimezzato, i costi specifici aumentano. Ciò significa che su un tetto piano nell'Altopiano si può generare più elettricità anche in inverno, se i moduli FV vengono installati orizzontalmente, sfruttando così al massimo la superficie del tetto. In determinate situazioni estreme dal punto di vista meteorologico, caratterizzate da molta neve, ciò può non essere vero, ma in un inverno statisticamente medio sì. L'inclinazione dei moduli, per contro, può essere utile nei luoghi particolarmente nevosi, perché questo permette alla neve di scivolare via più

¹¹ Rapporto settimanale UFE: «[Grado di riempimento dei bacini di accumulazione](#)»

rapidamente. Occorre anche notare che probabilmente non tutti i tetti piani teoricamente adatti verranno effettivamente dotati di un impianto fotovoltaico, quindi è necessario che i tetti dove invece questi impianti verranno installati siano utilizzati il più possibile. Gli impianti fotovoltaici installati in orizzontale hanno un profilo di produzione più equilibrato sull'arco della giornata. Se si tratta di aumentare la produzione elettrica assoluta della Svizzera durante l'inverno, un'occupazione massima delle superfici dei tetti piani è quindi generalmente da preferire a un'occupazione con pannelli con un angolo di inclinazione elevato, che comporta una dimensione dell'impianto inferiore di circa il 50%.

2.2.2 Ottimizzazione della produzione elettrica invernale attraverso l'utilizzo di facciate esposte a sud

Le facciate ben orientate del parco edifici svizzero hanno un potenziale di produzione annuale di 17 TWh, che corrisponde a un quarto del potenziale fotovoltaico totale del settore degli edifici. Di questi, si stima che 7 TWh possano essere prodotti nel semestre invernale (43%). Tuttavia, fino ad oggi, gli impianti su facciata sono stati realizzati solo in alcuni casi isolati. Alcuni esempi eccellenti si possono trovare sul sito specifico dedicato all'architettura solare¹².

Per determinare la fattibilità economica degli impianti sulle facciate, bisogna considerare, oltre a queste caratteristiche di produzione, il fatto che sono generalmente più costosi degli impianti sui tetti, poiché sono più complessi da installare per ragioni meccaniche ed estetiche. Tuttavia, nella maggior parte dei casi vi sono effetti sinergici con una facciata convenzionale alternativa. Il maggior prezzo (+20%) ipotizzato rispetto agli impianti convenzionali tiene conto di tali sinergie. Considerazioni più dettagliate sugli impianti integrati in generale e su quelli realizzati su facciata in particolare sono contenute in uno studio realizzato al riguardo da SvizzeraEnergia¹³.

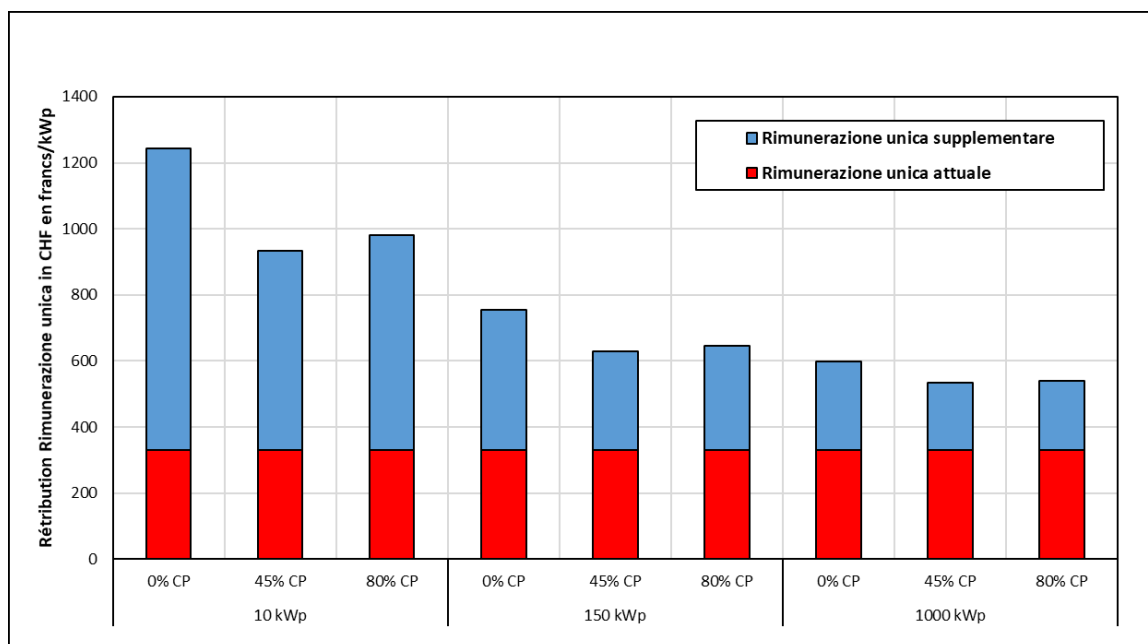


Figura 7 Rimunerazione unica supplementare necessaria affinché un impianto su facciata rivolta a sud abbia lo stesso rendimento economico di uno su tetto piano. "CP" significa quota di consumo proprio.

Gli studi sulla fattibilità economica condotti per questo rapporto mostrano che, specialmente per impianti fotovoltaici di piccola potenza, sarebbe necessaria una remunerazione unica moltiplicata più volte affinché gli impianti su facciata abbiano la stessa redditività di quelli su tetto piano. Per gli impianti più grandi, sarebbe comunque ancora necessario un raddoppio della remunerazione unica. Nella **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sono mostrati i risultati dettagliati per diverse

¹² solararchitecture.ch

¹³ Integrierte Solaranlagen Handlungsanleitung zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung, agosto 2020, SvizzeraEnergia (non disponibile in italiano) <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10325>

dimensioni degli impianti e differenti quote di consumo proprio. Qui si vede in quali situazioni ha senso realizzare questi impianti, in modo che siano redditizi anche con le condizioni quadro attuali.

Tuttavia, nonostante la minore produzione annuale e i costi più elevati, può essere utile fornire incentivi speciali per gli impianti su facciata. In particolare, perché la resa per potenza installata è significativamente più elevata nel semestre invernale che per gli impianti su tetto piano e perché gli impianti su facciata, a differenza degli impianti su tetto piano inclinati, non sono in competizione con altri impianti fotovoltaici per quanto riguarda le superfici da sfruttare. Gli incentivi per gli impianti su facciata aiuterebbero anche a sfruttare questo potenziale supplementare di produzione elettrica invernale di 7 TWh, che finora non è stato quasi utilizzato. Sarebbe immaginabile, per esempio, per gli impianti su facciate rivolti a sud, una remunerazione unica supplementare che non copra necessariamente tutti i costi aggiuntivi, ma che aumenti la consapevolezza della maggiore resa elettrica invernale di tali impianti. In questo contesto, occorre anche menzionare che il valore di mercato dell'elettricità prodotta in inverno è probabilmente destinato ad aumentare considerata la prevista scarsità dell'offerta in tale periodo. A causa di una quota di produzione invernale più alta, sono anche prevedibili maggiori entrate dall'immissione in rete, che compenserebbero in parte i maggiori costi. Anche la liberalizzazione del mercato elettrico gioca anche un ruolo importante nel migliorare l'efficienza economica di tali impianti.

2.3 Fotovoltaico al di fuori del parco edifici della pianura

Un'altra possibilità per aumentare la produzione fotovoltaica invernale consiste nel costruire gli impianti nelle zone di alta montagna, su edifici e infrastrutture esistenti o su terreni liberi. Grazie alle migliori condizioni di irraggiamento (atmosfera più sottile, meno nebbia) e all'effetto albedo della neve (riflessione della luce solare), la resa di questi impianti è almeno del 50% superiore a quella degli impianti in pianura, nonostante le perdite dovute alla copertura nevosa in inverno.¹⁴ Un fattore che limita l'installazione su edifici, d'altra parte, è che nella regione alpina gli edifici disponibili per il fotovoltaico sono relativamente pochi. Anche se per la definizione degli impianti alpini è usato un limite di altitudine relativamente basso di 800 m sopra il livello del mare, secondo lo studio sulla produzione elettrica invernale dell'UFE solo circa il 13% (9 TWh) del potenziale di produzione totale svizzero può essere situato in area alpina.

La consapevolezza di questo potenziale limitato sugli edifici presenti nelle regioni di montagna porta spesso a riflessioni sull'utilizzo di infrastrutture alpine per l'installazione di impianti fotovoltaici. Siti possibili, che in alcuni casi vengono già utilizzati, sono, per esempio, dighe, laghi artificiali, barriere antivalanghe o aree libere, per esempio accanto alle piste da sci¹⁵. In generale si può affermare che simili impianti non sono vietati e hanno anche diritto a ricevere la remunerazione unica. Nel caso degli impianti fotovoltaici installati su opere infrastrutturali, va tuttavia notato che, nonostante le loro dimensioni, i costi sono spesso superiori a quelli degli impianti realizzati sull'Altopiano. In zone discoste e poco accessibili (ad esempio sulle barriere antivalanghe), di solito manca l'infrastruttura necessaria per immettere in rete l'elettricità prodotta. Devono essere costruite lunghe linee di collegamento al punto di connessione alla rete di distribuzione, il che causa notevoli costi aggiuntivi. Inoltre, possono essere necessarie sottostrutture speciali con notevoli costi aggiuntivi, ad esempio nel caso di impianti galleggianti o sospesi.

Questo risulta dalle informazioni sull'impianto fotovoltaico previsto sulla parete della diga della centrale idroelettrica del Muttsee^{16 17}. Con una potenza di 2200 kW, una produzione annua di 3,3 milioni di kWh e una quota di elettricità invernale del 50%, questo impianto dovrebbe costare 7,9 milioni di CHF. Ciò significa che nel semestre invernale questo impianto produrrebbe 750 kWh di elettricità per kWp di potenza installata, un valore pari a oltre il triplo di quello di un impianto su tetto piano installato orizzontalmente sull'Altopiano o al doppio di quello di un impianto con un'inclinazione di 25°, sempre sull'Altopiano (vedi tabella 1). D'altra parte, i costi di installazione dell'impianto fotovoltaico

¹⁴ Kahl, A. (2019) "Wintersonne für die Versorgungssicherheit", Bollettino AES 3.10.2019 (non disponibile in italiano), [Wintersonne für die Versorgungssicherheit - Bulletin DE](#)

¹⁵ Ad esempio sul lago di Toulles (VS) o sulla diga di Albigna (GR)

¹⁶ [Axpo realizza l'impianto fotovoltaico del Muttsee con IWB e Denner - energate messenger Schweiz \(energate-messenger.ch\)](#)

¹⁷ [Axpo e IWB costruiscono l'impianto fotovoltaico del Muttsee; Denner acquista l'elettricità](#)

del Muttsee, pari a 3590 CHF/kW, sono circa quattro volte tanto quelli di impianti delle stesse dimensioni sull'Altopiano¹⁸. Se non si tiene conto dei costi d'esercizio, un kWh di elettricità invernale dell'impianto del Muttsee costa quindi il doppio di quello di un impianto fotovoltaico orientato a sud sull'Altopiano e il 25% in più rispetto a un impianto fotovoltaico di dimensioni simili installato orizzontalmente, sempre sull'Altopiano. Anche se non si può generalizzare, questo esempio mostra chiaramente che nel caso di impianti fotovoltaici alpini è necessario considerare il rapporto tra la produzione aggiuntiva di elettricità in inverno e i costi aggiuntivi. Per studiare in dettaglio queste relazioni e il potenziale degli impianti fotovoltaici sulle superfici delle opere idroelettriche e dei laghi artificiali, il Consiglio federale ha proposto di accogliere il postulato 20.4561 «Sfruttare le opere idroelettriche e i laghi artificiali per la produzione di energia fotovoltaica»¹⁹.

Nel caso degli impianti isolati nella regione alpina, oltre ai costi devono essere prese in considerazione anche le esigenze di protezione della natura, dell'ambiente e del paesaggio. L'esperienza maturata nel campo del potenziamento dell'energia eolica e di quella idroelettrica mostra che la ponderazione degli interessi contrastanti di protezione dell'ambiente e di sfruttamento dell'energia richiede procedure di approvazione e procedure giudiziarie spesso lunghe e complesse, e che si rinuncia alla costruzione delle centrali se prevale l'interesse pubblico di proteggere la natura e l'ambiente. A questo riguardo occorre osservare che il consumo di terreno, ad esempio, degli impianti eolici è molto più favorevole di quello del fotovoltaico rispetto alla produzione invernale. Per produrre in inverno la stessa quantità di energia di una singola turbina eolica moderna con una potenza di 4 MW sarebbe necessario un impianto solare alpino con una superficie di moduli di oltre 8 ettari (circa 300 x 300 m). In questo confronto, tuttavia, si deve tener conto anche della maggiore visibilità delle turbine eoliche dovuta alla loro grande altezza, che può arrivare fino a 200 m.

Poiché, diversamente dall'energia eolica, nel caso del fotovoltaico esiste un'alternativa agli impianti isolati, rappresentata dalle superfici degli edifici, l'Ufficio federale dello sviluppo territoriale (ARE), l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), l'Ufficio federale dell'energia (UFE) e l'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) hanno già presentato nel 2012 un parere²⁰ nel quale si afferma che gli impianti isolati dovrebbero essere realizzati solo in casi eccezionali e che deve prima essere sfruttato il potenziale presente sugli edifici. Infine, nella sua decisione sulla Concezione «Paesaggio svizzero» del maggio 2020²¹, il Consiglio federale ha reso vincolante per le autorità il seguente obiettivo: "Gli impianti fotovoltaici sono costruiti in genere su infrastrutture come tetti o pareti e strutturati in modo compatibile con il paesaggio e gli insediamenti."

3 Conclusioni

Circa il 27% della produzione fotovoltaica svizzera cade nel periodo invernale. Questa quota può essere portata al 30% senza grandi costi aggiuntivi (+8%), ottimizzando le superfici degli edifici utilizzate. Supponendo una produzione fotovoltaica annuale totale di 30 TWh, 9 TWh potrebbero essere generati nel semestre invernale. Un aumento fino al 35% della quota invernale è anche possibile, ma andrebbe a scapito della produzione annuale per potenza installata e causerebbe costi sproporzionatamente elevati.

Per una moderata ottimizzazione della produzione invernale, si potrebbero installare più impianti su facciate esposte a sud, cosa che finora è stata fatta solo in rari casi. Questi impianti rappresentano un quarto del potenziale fotovoltaico totale nel settore degli edifici e in inverno producono tanta energia elettrica per potenza installata quanto i tipici impianti su tetto. Il potenziale elettrico invernale delle facciate esposte a sud è di circa 7 TWh. L'espansione degli impianti su facciata potrebbe essere incentivata, per esempio, con una remunerazione unica più elevata, simile a quella attualmente versata per gli impianti integrati. Un tale contributo implica solo un piccolo adeguamento a livello di ordinanza delle attuali misure di promozione, che non va a toccare gli accordi internazionali della

¹⁸ «Photovoltaikmarkt-Beobachtungsstudie 2019. Finaler Bericht», UFE 2020, (non disponibile in italiano)
<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10107>

¹⁹ 20.4561 | Sfruttare le opere idroelettriche e i laghi artificiali per la produzione di energia fotovoltaica | Oggetto | Il Parlamento svizzero

²⁰ Parere sugli impianti fotovoltaici isolati (admin.ch), ARE, UFAM, UFE, UFAG 2012

²¹ UFAM (editore) 2020: Concezione «Paesaggio svizzero». Il paesaggio e la natura nelle politiche settoriali della Confederazione. Ufficio federale dell'ambiente Info Ambiente n. 2011, [Concezione «Paesaggio svizzero» \(admin.ch\)](#)

Confederazione. Dato che gli impianti su facciata sono più visibili al pubblico rispetto a quelli sui tetti piani, nella loro costruzione è tuttavia necessario prestare particolare attenzione alla qualità architettonica ai fini della conservazione del carattere proprio degli insediamenti e della cultura edilizia locale. A seconda delle condizioni locali, il DATEC ritiene che questa esigenza possa essere adeguatamente soddisfatta attraverso la procedura di autorizzazione edilizia, che è prescritta per gli impianti sulle facciate a diversamente dal caso degli impianti sui tetti²².

Per contro, non si raccomanda di ottimizzare la produzione elettrica invernale degli impianti su tetto piano aumentando l'inclinazione dei moduli FV, perché questo ridurrebbe il potenziale FV del parco edilizio svizzero (67 TWh) di circa 7 TWh e la produzione invernale potenziale di 1,2 TWh. Aumentando l'inclinazione dei moduli è possibile incrementare la quota specifica di produzione elettrica invernale in rapporto alla potenza installata, ma in termini assoluti viene generata meno elettricità sulla stessa superficie del tetto nell'intero semestre invernale. Inoltre, per la scelta tra installazione inclinata o orizzontale di impianti fotovoltaici su tetto piano giocano un ruolo almeno importante quanto la produzione annuale e invernale, a seconda delle condizioni locali, anche la copertura nevosa, il volume degli investimenti e l'eventuale consumo proprio. Sarebbe pertanto opportuno rinunciare all'introduzione di un incentivo per l'ottimizzazione della produzione elettrica invernale dei tetti piani.

L'utilizzo di impianti infrastrutturali alpini per la produzione invernale di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici sarà studiato separatamente dal Consiglio federale nell'ambito della risposta al postulato 20.4561 «Sfruttare le opere idroelettriche e i laghi artificiali per la produzione di energia fotovoltaica». Per quanto riguarda gli impianti alpini isolati, il Consiglio federale non vede la necessità di agire, vista la notevole resistenza sul territorio, i costi elevati e l'enorme potenziale di 67 TWh, con una quota di elettricità invernale del 30% o di 20 TWh, che può essere realizzato senza grandi costi aggiuntivi nel settore degli edifici.

²² [Legge sulla pianificazione del territorio](#), articolo 18a, e [ordinanza sulla pianificazione del territorio](#), articolo 32a