

No grazie. Invece vorrei chiederti se nei costi che hai calcolato per gli SMR hai incluso anche l'adeguamento necessari della rete di distribuzione; se non l'hai fatto ti prego di rifare i conti includendoli

Ottimo — cominciamo rispondendo subito alla tua domanda diretta, poi ti mostro la simulazione con i numeri, le assunzioni e una tabella comparativa.

Risposta breve e chiara: no — nei calcoli precedenti sui costi SMR non avevo esplicitamente aggiunto una voce separata per gli adeguamenti della rete di trasmissione/conneessione. Quella stima si riferiva solo al costo “centrale + costruzione” (FOAK/NOAK variazioni). Ora invece includerò **anche** una stima ragionata dei costi di connessione e delle opere di rete necessarie nei diversi scenari.

Scenario di riferimento usato per la simulazione

Useremo lo scenario “realistico” basato sui tetti eleggibili (quello che abbiamo già stimato prima):

- **Energia da ottenere: 119 TWh/anno** (potenziale dei tetti eleggibili).

Per chiarezza, confronteremo 3 scenari che forniscono ciascuno ~119 TWh/anno:

A) **SMR**: costruire SMR per produrre 119 TWh/anno;

B) **PV sui tetti (solo)**: installare i pannelli sui tetti eleggibili per produrre 119 TWh/anno (installazione distribuita ~100 GWp);

C) **PV + storage distribuito**: come B) ma aggiungendo batterie diffuse per aumentare autoconsumo e spostare energia sui picchi serali.

Fonti principali cui mi riferisco per costi/assunzioni: report GSE/IEA-PVPS sui costi PV in Italia, studi NREL su costi storage e costi di upgrade reti, review hosting-capacity, e letteratura su costi SMR.

Assunzioni principali (esplicite)

- **PV**: per ottenere 119 TWh/anno si usa la stima precedente $\approx 100 \text{ GWp}$ installati su tetti eleggibili (coerente con valore che abbiamo usato). (valore usato in calcoli precedenti).
- **Autoconsumo** (scenario B): media **60%** dell'energia prodotta viene autoconsumata localmente (assunzione praticabile per rooftop con comportamenti attuali).

- **Peak-coincidence factor** (per stimare capacità liberata sulla rete): assumiamo che la riduzione di carico nei momenti di massima produzione PV sia dell'**ordine del 40%** della potenza PV installata (cioè ~40 GW di riduzione istantanea di domanda sulle reti locali a mezzogiorno) — valore conservativo/intermedio usato per scenari di hosting capacity.
- **SMR: capacity factor 90%**; per produrre 119 TWh/anno servono **~15.1 GW** di capacità nucleare (netto). ($119 \text{ TWh} \div [0.9 \times 8.760 \text{ h}] \approx 15.1 \text{ GW}$).
- **Costi CAPEX (range):**
 - SMR: **3.500 – 15.000 USD/kW** (range ampio: alcuni studi tecnici e FOAK mostrano centinaia di milioni–miliardi per impianto; uso range prudenziale).
 - PV rooftop (capex installato medio): **0.8 – 1.2 €/W** per installazioni diffuse su tetto (coerente con dati GSE/IEA-PVPS per segmenti piccoli/medi).
 - Storage (BESS utility/residential): uso range NREL per sistema 4-hour: **\$150–\$300 /kWh** (usa €~ equivalenti; conversione approssimativa usata nelle tabelle).
- **Costi di connessione / adeguamento rete:** altamente variabili. Per dare ordine di grandezza:
 - costi di trasmissione a lungo raggio o rinforzo possono aggiungere fra **~1–10 €/MWh** a scenario di grandi centrali remote (stime conservative e letteratura di settore). In casi complessi (lunghe linee HVDC, aree urbane) i costi possono essere molto maggiori; usiamo 1–10 €/MWh come range utile per confronti.
 - per il fotovoltaico distribuito le spese di upgrade distribuzione sono generalmente **molto più contenute** per unità di energia (ma non nulle); NREL e studi di settore mostrano che i costi di adeguamento distribuzione per DPV possono essere piccoli a basse/medie penetrazioni e crescono con la penetrazione locale. Per confronto usiamo un range **0,1–2 €/MWh** per adeguamenti distribuiti su larga scala (range prudenziale).

Calcoli e risultati (numeri arrotondati, tutti per 119 TWh/anno)

1) Capacità richiesta / installata

- **SMR (per 119 TWh): $\approx 15.1 \text{ GW}$** (potenza netta).
- **PV sui tetti (per 119 TWh): $\approx 100 \text{ GWp}$** installati distribuiti.

2) Quanto “libera” la rete di distribuzione (stima capacità istantanea)

- **Scenario B (PV solo, autoconsumo 60%):**
 - energia non transitata in rete $\approx 119 \text{ TWh} \times 60\% = 71.4 \text{ TWh/anno}$;
 - capacità libera teorica (riduzione di domanda nei picchi diurni) $\approx 0,40 \times 100 \text{ GWp} \approx 40 \text{ GW}$ (valore indicativo per il peak-daytime).
- **Scenario C (PV + storage):**
 - con batterie distribuite (ipotesi: capacità di discharge contemporanea pari a **10 GW** con durata 4 h = 40 GWh di stoccaggio), è possibile spostare parte dell'energia PV verso la sera: questo riduce ulteriormente la richiesta bioraria su rete di trasmissione nei picchi serali; **capacità liberata nei momenti critici** potrebbe arrivare a **~45–50 GW** complessivi (40 GW durante giorno + 5–10 GW sera) a seconda di come è gestito lo storage. (dimensionamento storage assunto per illustrazione).

3) CAPEX stimato (range)

(tutti i valori arrotondati; conversioni €≈\$1 per semplicità d'ordine di grandezza quando necessario — userò € dove possibile)

- **A) SMR — 15.1 GW**
 - CAPEX range: **(3.500–15.000 USD/kW)** → ≈ **53–227 miliardi €**. (15.100 MW × range \$/kW).
 - - costi connessione/reinforzo trasmissione (range energetico): 119 TWh × (1–10 €/MWh) → ~**119 M€ – 1.19 G€** aggiuntivi/anno come costo di rete allocato (oppure CAPEX una tantum per linee e sottostazioni che può spostare il conto verso miliardi, dipende da specifiche distanze). Fonti: studi su costi di trasmissione mostrano ampio range.
- **B) PV sui tetti — 100 GWp**
 - CAPEX range PV: **0.8 – 1.2 €/W** → ≈ **80 – 120 miliardi €**. (100.000 MW × €/kW).
 - - adeguamenti rete distribuzione (range basso): stimiamo **0,1–2 €/MWh** × 119 TWh → ~**12–238 M€** (annui o cumulati a seconda delle spese). Nella pratica questi upgrade sono spesso paralleli alle normali opere di manutenzione / smart-grid e quindi meno impattanti a budget nazionale.
- **C) PV + Storage (aggiunta di BESS di rete diffusa: ipotesi 10 GW / 4 h = 40 GWh)**
 - CAPEX PV: **80 – 120 G€** (come sopra).
 - CAPEX BESS: **40 GWh × (150–300 \$/kWh)** → **6 – 12 miliardi €** (range NREL; valori turnkey).
 - - adeguamenti distribuzione: simili a B), ma una parte può essere coperta dal roll-out di storage (quindi incluso in parte). Totale aggiuntivo reti: **modesto** rispetto a SMR (centinaia di M€ piuttosto che decine-centinaia di G€).

Tabella riassuntiva (valori arrotondati, riferiti a produzione annua 119 TWh)

	A) SMR (15.1 GW)	B) PV tetti (100 GWp)	C) PV + storage (100 GWp + 40 GWh)
Potenza installata	15 GW (nucleare)	100 GWp (distribuito)	100 GWp + 10 GW BESS
Energia annua	119 TWh	119 TWh	119 TWh
CAPEX impianti	53 – 227 G€	80 – 120 G€	86 – 132 G€ (PV + 6–12 G€ BESS)
Costi rete / connessioni*	~ 0.12 – 1.2 G€/anno (minimo stimato) — ma progetti HV possibili +10° G€ se servono lunghe nuove linee	~ 0.01 – 0.24 G€/anno (adeguamenti distribuzione)	simile a B), leggermente superiore per integrazione storage

	A) SMR (15.1 GW)	B) PV tetti (100 GWp)	C) PV + storage (100 GWp + 40 GWh)
Capacità liberata sulla rete locale (peak daytime)	0 GW (centrali assorbono rete)	~ 40 GW (riduzione picco locale stimata)	~ 45–50 GW (più flessibilità, shift su serale)
Rischio per popolazione	presenza nucleare (basso rischio routine, alta criticità incidente; scorie)	rischio radiologico nullo, problemi smaltimento pannelli/incendi molto limitati	come B) ma minore stress su rete e migliore gestione picchi
Tempistica dispiegamento	anni-decenni (permessi, FOAK)	anni (molto più rapido e distribuito)	come PV + rollout BESS (anni, ma modulare)

* I costi rete sono estremamente sensibili ai casi: la colonna SMR mostra solo *stima aggiuntiva per MWh*; ma la costruzione di lunghe linee ad alta tensione o nuove sottostazioni può richiedere **miliardi** se la collocazione è lontana dai centri di consumo (variazione molto ampia: decine-centinaia €/MW-km o milioni di €/km di linea). Vedi fonti su costi di linea e interconnessione.

Interpretazione e punti chiave (pratici)

1. **Capitale totale:** il CAPEX nominale per *produrre 119 TWh* è dello stesso ordine di grandezza tra PV distribuito e SMR se si confrontano numeri grezzi (decine-dieci di G€). Tuttavia:
 - il **PV è più rapidamente dispiegabile, più economico per MWh** oggi (LCOE più basso per la maggior parte degli scenari), e **riduce la domanda sulla rete locale** (liberando capacità per EV e industrie).
 - gli **SMR** hanno capex incerto e possono richiedere infrastrutture di trasmissione costose e tempi lunghi; inoltre i costi per connettere centrali remote possono essere rilevanti (e non erano stati inclusi nelle prime stime).
2. **Impatto sulla rete di distribuzione:**
 - il fotovoltaico distribuito **allega** la rete (diminuisce i flussi), specie in orario diurno: questo libera capacità che può essere riuso per ricarica EV e carichi industriali.
 - gli SMR **immettono potenza centralizzata** e quindi **non liberano** capacità locale; di fatto possono richiedere rinforzi alla rete per portare energia dove serve. Questo era il punto chiave della tua osservazione — ed è corretto.
3. **Con lo storage (Scenario C)** ottieni **due benefici** importanti:
 - aumenti l'autoconsumo (meno energia immessa e poi esportata),
 - puoi spostare produzione diurna in ore serali, alleggerendo i picchi serali e riducendo la necessità di capacità di backup convenzionale. I costi di storage stanno rapidamente scendendo (NREL/BNEF).

Conclusione pratica (raccomandazione sintetica)

- Se l'obiettivo è **massimizzare l'uso della rete esistente** per abilitare ricarica veicoli elettrici e crescita di utenze energivore senza grandi opere di trasmissione, **la scelta PV distribuito**

(tetti eleggibili) + storage diffuso è nettamente preferibile. Libera capacità locale (decine di GW nei momenti di punta), riduce perdite e richiede meno spesa per lunghe nuove linee trasmissione.

- Gli **SMR** possono essere utili come fonte firm in scenari dove lo storage non è pratico o per bisogni industriali specifici, ma **non sono una soluzione che “libera” la rete di distribuzione**; inoltre richiedono attenzione su costi di connessione, sicurezza e scorie.
-