

Il contributo alla decarbonizzazione dei progetti vincitori del bando “Green Communities”

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR),
settore “Economia circolare e agricoltura sostenibile”
(Missione 2 – Componente 1 bando I3.2)

Dicembre 2025



Unione
Nazionale
Comuni Comunità
Enti
Montani



ITALIAE
Nuove formule organizzative per i territori

analisi realizzata da



rete clima



analisi realizzata da



Prodotto realizzato nell'ambito del Programma Operativo Complementare al PON "Governance e Capacità Istituzionale" FSE-FESR 2014-2020, nell'ambito dell'Accordo di Cooperazione per la realizzazione di attività del Progetto "ITALIAE" – CUP J51H17000030007.

Introduzione

Nel contesto del bando PNNR “Green Communities”, UNCEM (Unione Nazionale Comuni Comunità Enti Montani) in qualità di soggetto promotore ha chiesto di valorizzare i benefici attesi dai 36 progetti vincitori in termini di decarbonizzazione. Molte delle azioni previste concorrono infatti a ridurre o ad assorbire le emissioni di gas ad effetto serra generate sui territori, portando quindi un beneficio concreto e misurabile rispetto alla crisi climatica in atto.

Rete Clima¹, ente tecnico no profit che accompagna enti e aziende in percorsi di sostenibilità, ha calcolato in termini indicativi, quali e quantitativi, la carbon footprint nei territori dei progetti vincitori, confrontando una situazione “business as usual” con quella che potrà realizzarsi quando saranno messe a terra le azioni previste dai 36 progetti.

Nella presente relazione, dopo un’introduzione di contesto alla crisi climatica in atto e all’importanza della decarbonizzazione applicata anche da enti territoriali nei propri contesti di azione, si riporta l’illustrazione di cos’è la carbon footprint ed i risultati ottenuti. In conclusione, si inserisce anche un piccolo glossario della decarbonizzazione, strumento che si ritiene importante per diffondere in maniera capillare la necessaria cultura su queste tematiche.

Crisi climatica e decarbonizzazione

La crisi climatica in atto è determinata dall’aver oltrepassato un limite: il sistema Terra non è più in grado di assorbire tutte le emissioni di gas ad effetto serra di origine antropica che si stanno quindi accumulando in atmosfera. L’aumento di concentrazione di questi gas fa aumentare l’effetto serra naturale, la coperta termica del pianeta trattiene sempre più calore dando origine agli stravolgimenti del clima.

Questo confine planetario non è l’unico, sono infatti diversi i cosiddetti *Planetary boundaries* che abbiamo già oltrepassato (*Figura 1*) e che riguardano non solo il clima ma tutte le risorse e gli ecosistemi. Con il nostro agire stiamo mettendo a rischio l’integrità dei processi del sistema terrestre (*Persson 2022*²).

¹ <https://www.reteclima.it/>

² Persson L, Carney Almroth BM, Collins CD, Cornell S, de Wit CA, Diamond ML, Fantke P, Hassellöv M, MacLeod M, Ryberg MW, Jørgensen PS, Villarrubia-Gómez P, Wang Z, Hauschild MZ. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology* 2022 56 (3), 1510-1521 DOI: 10.1021/acs.est.1c04158.

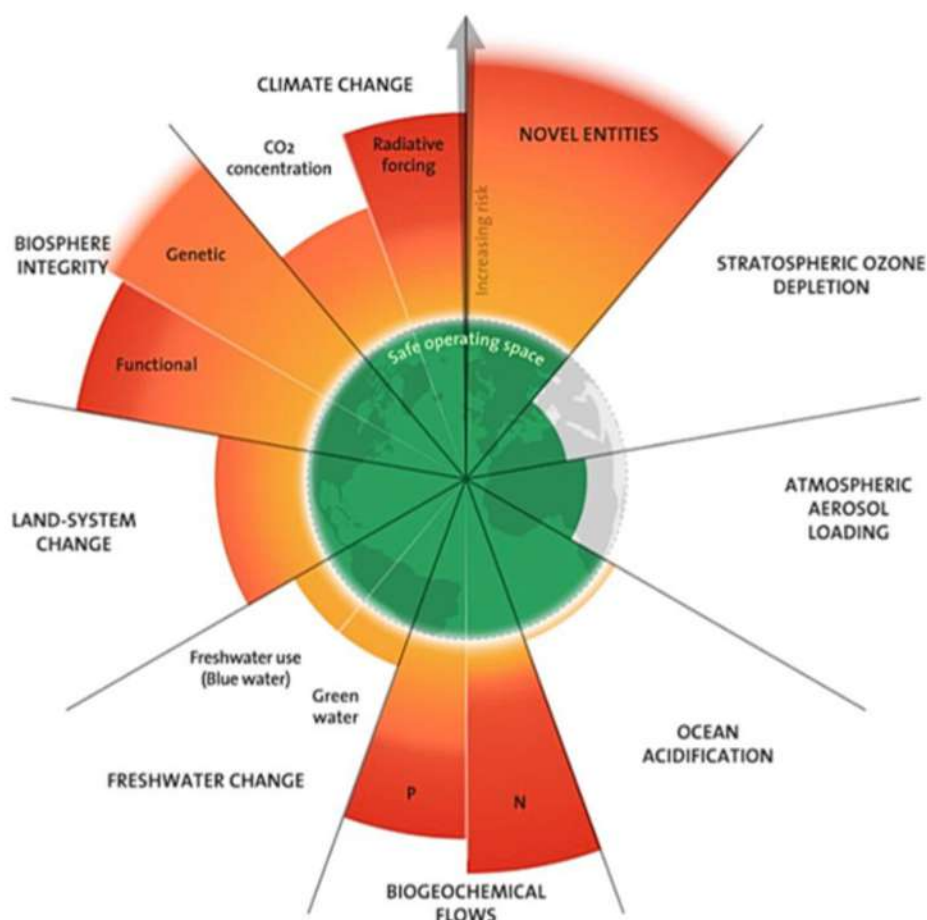


Figura 1 - Aggiornamento 2025 dei Planetary boundaries. Licensed under CC BY-NC-ND 3.0. Credit: "Azote for Stockholm Resilience Centre, basato sull'analisi in Sakschewski, Caesar et al. 2025".

Siamo nell'epoca detta **Antropocene**³, in cui è l'uomo con le sue azioni a plasmare il Pianeta, epoca detta anche della "grande accelerazione" perché tutti i più significativi trend socio-economici (quali popolazione, uso di energia, acqua e risorse naturali, trasporti, telecomunicazioni, turismo, ecc.) stanno crescendo esponenzialmente e si rispecchiano in una crescita altrettanto esponenziale nelle risposte del nostro Pianeta: concentrazioni di gas serra, deforestazione, perdita di biodiversità, acidificazione degli oceani, ecc.) (Steffen 2015⁴).

Sappiamo che le Nazioni Unite, per attivare una risposta collettiva, hanno implementato l'Agenda al 2030 con 17 **Sustainable Development Goals**, che, al di là degli obiettivi sociali e di governance, indica target comuni per la lotta al cambiamento climatico, la salvaguardia delle risorse e della biodiversità, l'economia circolare (UN 2015⁵).

³ Crutzen, P.J. and Stoermer, E.F. (2000) The "Anthropocene". Global Change Newsletter, 41, 17.

⁴ Steffen W., Broadgate W., Deutsch L., Gaffney O., Ludwig C., 2015, The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration, "The Anthropocene Review", Vol. 2, 1, pp. 81-98.

⁵ United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. A/RES/70/1.

Dicevamo che l'eccesso di gas ad effetto serra che ha determinato la crisi climatica non è l'unico confine planetario oltrepassato, ma certamente uno dei più rappresentativi sia in termini qualitativi che quantitativi. Se osserviamo infatti il grafico dell'impronta ecologica complessiva dell'umanità sul Pianeta (*Ecological Footprint*⁶), si vede bene come l'impatto principale (60% circa, ed in rapida crescita) sia rappresentato proprio dalle emissioni antropiche di gas serra.

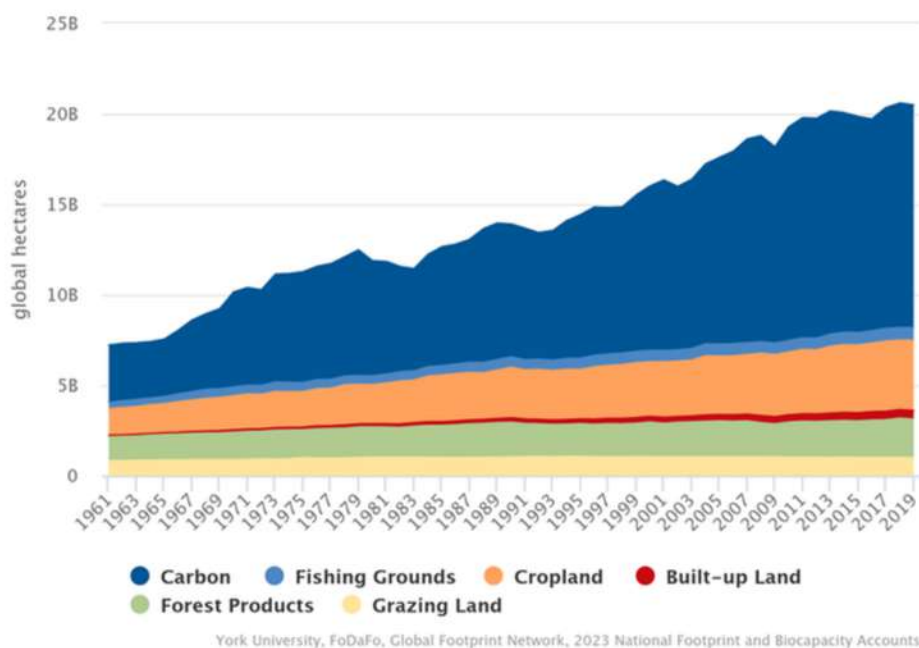


Figura 2 - Le componenti dell'impronta ecologica. Fonte Global Footprint Network, Footprint Data Foundation e Università di York, disponibile su <https://data.footprintnetwork.org/#/>

La scienza del clima continua a sottolineare l'urgente necessità di agire rapidamente per contrastare il riscaldamento globale in atto e l'**IPCC** (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) ribadisce che la soglia di sicurezza per le nostre società è non oltrepassare una crescita di temperatura di +1,5°C rispetto all'epoca preindustriale⁷, soglia che abbiamo da poco superato per la prima volta ma che è ancora possibile rispettare.

Gli effetti sono sempre più eclatanti: gli eventi estremi sono in rapida crescita come numero, come intensità e come effetti sul Pianeta ma soprattutto sulle nostre comunità che pagano in termini non solo economici ma anche di vite umane.

⁶ Wackernagel, M. and Rees, W. (1996) *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Philadelphia.

⁷ IPCC, 2023. Synthesis Report of the IPCC sixth assessment report (AR6).

Nel contesto della transizione verso società sostenibili, è dunque centrale e urgente il tema della decarbonizzazione.

Tutti i contesti pubblici e privati sono chiamati ad avviare percorsi di decarbonizzazione che partano da un assessment della carbon footprint, vale a dire una valutazione della quantità di emissioni di gas ad effetto serra generate da un sistema (un'organizzazione, un prodotto, un progetto) per ridurle fino ad azzerarle.

La decarbonizzazione è un processo collettivo lungo e impegnativo, date le azioni che è necessario mettere in atto: è quindi utile e significativo, quantificare e comunicare il contributo in termini di riduzione ed assorbimento di CO₂ di tutte le azioni previste dai progetti vincitori del bando “Green Communities”.

Carbon Footprint: indicatore dell'impatto emissivo

Come detto, alla base di qualsiasi percorso di decarbonizzazione ci deve essere la consapevolezza di quante emissioni di CO₂ vengono generate e ridotte. Si deve, cioè, calcolare la Carbon Footprint (CF), o impronta di carbonio, che viene definita come “La quantità di GHG espressa in termini di CO₂e, emessa nell'atmosfera da un individuo, un'organizzazione, un processo, un prodotto o un evento all'interno di un confine specificato” (Pandey, 2011⁸).

La CF è quindi la misura che definisce la quantità totale delle emissioni di gas ad effetto serra (GHG, detti anche gas climalteranti) associate direttamente o indirettamente al sistema in esame. La CF viene espressa in quantità di anidride carbonica (CO₂, diossido di carbonio) emessa ma esprime tutti i diversi gas ad effetto serra: si parla infatti di **CO₂e** cioè “equivalente”, che include tutti gli altri GHG. I principali gas serra includono quelli elencati già nel Protocollo di Kyoto⁹ - metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF₆) - e quelli elencati nel Protocollo di Montreal¹⁰ e relativi emendamenti - clorofluorocarburi (CFC), idroclorofluorocarburi (HCFC) e halon.

⁸ Pandey D, Agrawal M, Pandey JS. Carbon footprint: current methods of estimation. Environ Monit Assess. 2011 Jul;178(1-4):135-60. doi: 10.1007/s10661-010-1678-y.

⁹ Il Protocollo di Kyoto, adottato l'11 gennaio 1997 ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005 dopo un complesso processo di ratifica, ha reso operativa la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici UNFCCC impegnando per la prima volta le economie industrializzate a limitare e ridurre le proprie emissioni di gas ad effetto serra. https://unfccc.int/kyoto_protocol

¹⁰ Il “Protocollo di Montreal sulle sostanze che riducono lo strato di ozono” è lo storico accordo multilaterale che regola la produzione e il consumo di quasi 100 sostanze chimiche artificiali capaci di ridurre lo strato di ozono stratosferico (che ci protegge da livelli dannosi di radiazione ultravioletta del sole). Adottato il 16 settembre 1987, il Protocollo è ad oggi uno dei rari trattati a raggiungere la ratifica universale. <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>

Ciascuno dei diversi gas serra ha un proprio Global Warming Potential (GWP), ovvero la capacità potenziale di contribuire al riscaldamento globale, detta anche potere climalterante (Tabella 1). Solitamente si fa riferimento ad un orizzonte temporale di impatto pari a 100 anni (GWP 100).

Il GWP consente di confrontare il contributo al riscaldamento globale di diversi gas. In particolare, è una misura di quanta energia assorbiranno le emissioni di 1 tonnellata di un gas in un dato periodo di tempo, rispetto alle emissioni di 1 tonnellata di anidride carbonica (il cui GWP è posto convenzionalmente uguale a 1). Per questo, il valore totale cumulato dei GWP dei diversi gas serra viene poi espresso secondo un'unica unità di misura che è la CO₂e.

Tabella 1 - Esempi di GWP100 di alcuni GHG. IPCC 2021, Sixth Assessment Report

GHG	Formula	GWP
Anidride carbonica	CO ₂	1
Metano	CH ₄	29,8
Protossido d'azoto	N ₂ O	273

L'impronta di carbonio fornisce quindi un'indicazione della performance emissiva che diventa il valore di riferimento per la pianificazione di tutte le successive azioni di decarbonizzazione ma può essere utilizzato anche come un indicatore rispetto a scelte progettuali di gestione che portano a benefici in termini emissivi.

Il Bando “Green Communities” (M2C1 – I 3.2) e le azioni previste

Obiettivo del bando “*Green Communities*” promosso da UNCEM (Unione Nazionale Comuni Comunità Enti Montani) era quello di creare comunità locali (tipicamente piccoli comuni, territori rurali o di montagna), anche in forma aggregata, che potessero sviluppare piani integrati di sviluppo sostenibile. Il bando si è sviluppato nel contesto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), in particolare nella Missione 2 (M2- Rivoluzione verde e transizione ecologica), Componente 1 “Economia circolare e agricoltura sostenibile” Investimento 3.2 “**Green Communities**”. Il bando ha preso spunto dalla “Strategia nazionale delle Green Community” (Legge 221/2015, art. 72), che definisce il ruolo di questi territori come “risorse” (acqua, boschi, paesaggio) da valorizzare in modo sostenibile. Beneficiari del bando sono stati Comuni, Unioni di Comuni, Comunità Montane e Consorzi.

Ciascun progetto vincitore del bando ha sviluppato azioni dentro nove diverse tematiche:

- Azione 1: Gestione integrata e certificata del patrimonio agro-forestale (patrimonio boschivo).
- Azione 2: Gestione integrata e certificata delle risorse idriche.
- Azione 3: Produzione di energia da fonti rinnovabili locali (micro-idroelettrico, biomasse, biogas, eolico, biometano, cogenerazione...).
- Azione 4: Turismo sostenibile e valorizzazione delle produzioni locali.
- Azione 5: Costruzione e gestione sostenibile del patrimonio edilizio nelle aree montane.
- Azione 6: Efficienza energetica e integrazione smart di reti e impianti.
- Azione 7: Sviluppo sostenibile delle attività produttive (economia circolare, zero waste).
- Azione 8: Integrazione dei servizi di mobilità.
- Azione 9: Modelli di agricoltura sostenibile.

Molte delle azioni implementate dai progetti dentro queste nove tematiche concorrono al grande tema della decarbonizzazione: la sostenibilità dei progetti può infatti anche essere misurata sul territorio in termini di riduzione nella generazione di gas ad effetto serra o, al contrario, di un loro assorbimento da parte dei boschi dei territori coinvolti (nel caso di gestione forestale sostenibile). **Rete Clima**, sulla base dei documenti presentati dai progetti vincitori, ha calcolato, secondo le modalità descritte a seguito, le emissioni di CO₂ evitate per ciascuno dei progetti vincitori nelle diverse azioni proposte.

¹¹ L’analisi è stata eseguita su 35 dei 36 progetti vincitori: per il progetto GC154 non era infatti disponibile alcun dato numerico che potesse essere utilizzato per ipotizzare scenari di riduzione o assorbimento di CO₂.

Nota metodologica - ai fini di una corretta interpretazione dei valori numerici di Carbon footprint riportati a seguito, si sottolinea che il presente studio è stato effettuato in generale riferimento alle norme ISO 14064 (inventario emissioni GHG di organizzazione) e ISO 14067 (Carbon footprint di prodotto) alla quale tuttavia i risultati non sono pienamente conformi. I calcoli sono stati effettuati tramite l'ausilio di software tecnici e l'utilizzo di fattori di emissione estratti da database certificati (quali Ecoinvent 3.11) e letteratura scientifica di riferimento. I risultati, seppur formalmente corretti dal punto di vista metodologico, non possano ritenersi completamente rappresentativi delle emissioni di gas serra connesse alle azioni di progetto (generate, evitate, assorbite o business as usual).

Le azioni dentro cui è stato possibile fare un ragionamento in termini di emissioni GHG evitate sono innanzitutto quelle legate alla gestione dell'energia, vale a dire: Produzione di energia da fonti rinnovabili locali (Azione 3), Costruzione e gestione sostenibile del patrimonio edilizio (Azione 5) ed Efficienza energetica e integrazione smart (Azione 6).

Anche l'Azione 8 sull'**Integrazione dei servizi di mobilità** fa parte della valutazione.

Nelle pagine seguenti viene fatta una sintesi dell'analisi e dei risultati, mentre in allegato sono riportate le indicazioni estratte dalle azioni di ciascuno dei 36 progetti analizzati utilizzate per l'analisi.

- **Azioni 3 - 5 - 6 (gestione energia)**

In tutti i 35 progetti analizzati sono proposte azioni specifiche dentro l'Azione 3, vale a dire la produzione di energia da fonti rinnovabili locali, con diverse fonti di produzione.

La fonte energetica maggiormente utilizzata è il fotovoltaico, ma ci sono progetti che sviluppano mini-idroelettrico, eolico, cogenerazione da biomasse.

Nella tabella a seguito si trova un riassunto schematico dell'impatto emissivo rispetto alle azioni in ambito energetico, che sono elencate per ogni singolo progetto nell'allegato C.

La durata dei progetti è differente, pertanto i risultati sono qui riportati per singola annualità.

Complessivamente, grazie ai progetti vincitori del bando Green Communities, sarà evitata la generazione di circa **18.410 tCO_{2e}**, una quantità che equivale, a titolo di esempio illustrativo, alle emissioni prodotte da un'auto che percorre 1.530 giri della Terra all'equatore, o a 22.120 voli Milano – New York.

Tabella 2 – Emissioni GHG nei progetti vincitori del Bando Green Communities

Identificativo progetto	Emissioni con l'attuazione delle azioni previste tCO2e	Emissioni BAU tCO2e	Emissioni evitate tCO2e
GC2-Unione dei Comuni Valli Taro e Ceno	-	-	591,49
GC3-Unione Montana Pasubio	34,52	367,18	332,66
GC7-Comunità Montana Valtellina di Morbegno	7,37	35,8	28,43
GC21-Comune di Chiusano di San Domenico	44,39	568,88	524,49
GC23-Unione di Comuni Montana Lunigiana	86,37	209,68	123,31
GC24-Comuni delle Valli Chisone e Germanasca	0,81	14,76	13,95
GC30-Comunità Montana Valtellina di Sondrio	5,93	28,78	22,85
GC32-Unione Comuni Garfagnana	2,12	10,278	8,16
GC34-Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera	5	48,775	43,78
GC35-Comunità Montana del Goceano	-	-	400
GC38-Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese	-	-	94,91
GC41-Unione Montana Valli Orco e Soana	203,232	986,726	130,58
GC44-Comune di Sant'Agata di Militello (Comune capofila Area Interna Nebrodi)	17,4	84,48	11,18
GC55-Comunità Valsugana e Tesino	1,694	8,222	6,53
GC66-Comunità di Montagna del Gemonese	46,57	226,125	179,55
GC69-Monti Azzurri nei territori dei Contratti di Fiume	-	-	580
GC70-UNITÉ DES COMMUNES VALDÔTAINES GRAND-PARADIS	4,911	23,846	18,93
GC72-Unione dei Comuni dell'Alta Valle Arroscia	22,611	154,998	132,39
GC73-Unione dei Comuni Elimo-Ericini	14,523	140,8	126,28
GC75-Unione di Comuni "Alta Marmilla"	26,653	225,28	198,63

GC92-XIII Comunità Montana dei Monti Lepini ed Ausoni			1.014,04
GC95-Comune di Pacentro (AQ)	22,292	1803,859	1.781,57
GC102-Consorzio Intercomunale C.I.V.E.T.A.			510,09
GC115-Comune di Nardò	3,9875	19,36	15,37
GC117-Unione Dei Comuni Terre Dell'olio e Del Sagrantino	29,51	143,264	113,75
GC120-Unione montana Valle Stura	44,099	317,5	273,4
GC136-Comune di Castagneto Carducci	20,323	98,673	78,35
GC138-Comunità Montana "Bussento - Lambro e Mingardo"	7,615	65,83	58,22
GC147-Comune di Agnone	1087,082	9187,31	8.100,23
GC148-Comunità Comprensoriale della Val Venosta	339,16	2.278,16	1.939,00
GC154-Comune di Rocca Sinibalda	-	-	-
GC173-Comune di Serra San Bruno	12,18	59,136	15,65
GC185-Comune di Paterno Calabro	96,62	469,1062	372,49
GC192-Comune di Vallepietra (RM)	185,297	899,648	119,06
GC193-Unione dei Comuni Alta Gallura	88,914	431,692	342,78
GC197-Comune di Stigliano (MT)			107,5
	TOTALE tCO2e/anno		18.409,59

• **Azione 8: Integrazione dei servizi di mobilità**

Nei progetti di mobilità sostenibile, l'introduzione del trasporto elettrico genera benefici misurabili in termini di energia ed emissioni. Ad esempio, l'adozione di un autobus elettrico in sostituzione di un tradizionale diesel può portare a un risparmio di circa 163.500 kWh/anno di energia primaria e a una riduzione di circa 38 tCO₂/anno delle emissioni legate al suo utilizzo di trasporto stradale.

Iniziative complementari, come l'installazione di stazioni di ricarica per veicoli elettrici — che in progetti analoghi contribuiscono a una riduzione aggiuntiva di circa 275 tCO₂/anno — dimostrano come l'elettrificazione possa ridurre in modo significativo la domanda energetica operativa e le emissioni di carbonio nei sistemi di trasporto.

Assorbimento di CO₂ da gestione forestale sostenibile

Come ricordato in apertura, una delle tematiche d'azione previste dal bando e ritrovate nella quasi totalità dei progetti vincitori del bando era quella sulla **Gestione integrata e certificata del patrimonio agro-forestale**¹² (Azione 1).

Solo in pochissimi progetti erano citate dimensioni di superfici forestali (in ettari) ma anche in questi casi non è possibile andare a quantificare in maniera precisa il reale assorbimento di CO₂ dei boschi.

Infatti, l'assorbimento di CO₂ dipende fortemente da moltissimi fattori quali ad esempio:

- tipologia di bosco;
- età del bosco e delle singole piante;
- incremento annuo della biomassa;
- condizioni locali legate a latitudine e altitudine;
- clima e micro clima locale e cambiamenti climatici previsti nel tempo;
- modalità di gestione (attiva o abbandono), tenendo però conto rispetto a questo tema del fatto che per ogni territorio è prevista la certificazione della gestione forestale.

¹² L'azione sulla gestione del patrimonio forestale non è presente nei progetti 35, 75, 115, 154.

Per fornire dei valori indicativi di assorbimento di CO₂ da parte di un ettaro di bosco è stata fatta un'analisi della letteratura disponibile, andando a ricercare lavori su territorio italiano che riportassero valori numerici relativi allo **stock di carbonio forestale**, vale a dire il carbonio già immagazzinato dalle piante, e al **sink di carbonio**, che è invece il valore che indica quanto carbonio la foresta assorbe ogni anno. In particolare, sono risultati utili i due studi riportati a seguito.

Il primo è uno studio sul sequestro del carbonio nel contesto dei Parchi Nazionali italiani (Marchetti et al., 2012)¹³ che riporta un valore medio di stock di carbonio per ettaro pari a 81,21 tC/ha. Il sink medio all'anno per ettaro risulta invece attestarsi a 2,18 tC/ha/anno. Convertendo questi valori in CO₂, quindi quanti gas ad effetto serra vengono “fissati” nello stock e nel sink, si ottengono valori di circa 300 tCO₂/ha di stock e 8 tCO₂/ha/anno di sink. Si tratta di valori apparentemente elevati, ma che riguardano una situazione territoriale specifica, quella dei Parchi Nazionali, dove sono presenti foreste in condizioni particolarmente favorevoli e ben gestite.

Un secondo studio realizzato dall'Università Politecnica delle Marche e da Regione Marche¹⁴ realizzato su boschi non facenti parte di parchi nazionali si vede come in questo caso, i valori siano più bassi: il sink medio si attesta attorno a 1,6–1,7 tC/ha/anno. Questo conferma quanto l'assorbimento dipenda da fattori come il tipo di bosco, l'età e l'incremento annuo della biomassa, le condizioni locali e le modalità di gestione (attiva o abbandono). Sulla base di queste indicazioni, per fornire un riferimento cautelativo e utilizzabile dal punto di vista divulgativo rispetto ai progetti “Green Communities”, possiamo considerare come stima conservativa per foreste italiane un valore di sink di carbonio pari a **1,5–2 tC/ha/anno**.

In termini di CO₂, quindi di gas serra, questo valore corrisponde a circa **5,5–7 tCO₂/ha/anno**, valore che potrà essere utilizzato come riferimento per ciascun ettaro di bosco gestito all'interno dei singoli progetti.

Chiaramente, per foreste gestite in maniera sostenibile certificata, cosa che tutti i progetti si prefiggono di avere, tali valori possono essere sensibilmente più alti, come indicano i dati dei Parchi Nazionali.

¹³ Marchetti, M. et al. 2012. Carbon sequestration by forests in the National Parks of Italy. "Plant Biosystems" 146(4): 1001-1011 <https://iris.unimol.it/handle/11695/45686> L'azione sulla gestione del patrimonio forestale non è presente nei progetti 35, 75, 115, 154.

¹⁴ Università Politecnica delle Marche, dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali. Regione Marche, Assessorato alla Forestazione. La gestione Forestale Sostenibile. Foreste Clima Carbonio. Anno internazionale delle Foreste 2011. https://www.regione.marche.it/Portals/0/Agricoltura/Foreste/AnnoInternazionaleForeste/AIF_OPUSCOLO1_FORESTE_CLIMA_CARBONIO.pdf

Allegato A - glossario della decarbonizzazione

CARBON FOOTPRINT – impronta di carbonio: La carbon footprint (impronta di carbonio) è una misura che esprime il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un'organizzazione, un prodotto, un servizio, un evento, un progetto. Definisce la quantità complessiva di gas ad effetto serra del sistema, così come espressi dal Protocollo di Kyoto quali: anidride carbonica (CO₂); metano (CH₄); protossido d'azoto (N₂O); idrofluorocarburi (HFCs); esafluoruro di zolfo (SF₆); perfluorocarburi (PFCs). Il valore ponderato derivante dal contributo climalterante di tutti i gas serra emessi dal sistema viene espresso in termini di CO₂e (CO₂ equivalente). Il calcolo della Carbon Footprint fornisce l'indicazione della performance emissiva del sistema in analisi. Questa rappresenterà la baseline emissiva (valore di riferimento) per la pianificazione di opportune azioni di carbon management vale a dire la gestione delle emissioni GHG per una loro riduzione ed azzeramento.

COMPENSAZIONE DELLE EMISSIONI GHG: È il processo per cui vengono neutralizzate le emissioni, ovvero si compensano le proprie emissioni di gas climalteranti tramite l'acquisto di crediti di carbonio certificati, indipendentemente dalla quantità di emissioni generate. Può essere considerata una strategia di breve termine: mentre si attivano e vanno a regime le attività di riduzione delle emissioni verso il loro azzeramento, si compensano le emissioni tramite Offsetting (si veda Offsetting).

CARBON NEUTRALITY: Dichiarare un'organizzazione, un prodotto o un progetto Carbon Neutral, significa aver seguito un percorso che ha valutato la carbon footprint, ha avviato azioni di riduzione e compensato le emissioni residue.

ZERO EMISSIONI NETTE (NET-ZERO): L'azione Net-zero rappresenta la strategia climatica di lungo termine, quella che, grazie ad una pianificazione puntuale, può permettere alle organizzazioni di ridurre le emissioni (dirette e indirette) delle proprie attività, verso lo Zero, entro il 2050. Questa azione segue le indicazioni della scienza del clima riportate nell'Accordo di Parigi.

OFFSETTING: progetti di mitigazione climatica realizzati al di fuori (off) della propria catena del valore.

L'offsetting avviene annullando (acquistando) crediti di carbonio, che possono provenire da diversi tipi di progetti: **Nature based Solution** (forestazione, ripristino ecosistemi), **Direct air capture** (rimozione meccanica di CO2 dall'atmosfera), produzione di energia da fonti rinnovabili (in sostituzione di fonti fossili). I crediti di carbonio devono essere generati secondo standard certificati¹⁵: l'offsetting avviene attraverso l'annullamento dei crediti generati da questi progetti¹⁶.

INSETTING: è invece l'espressione di azioni per la riduzione emissiva dentro la propria filiera. Ad esempio, riduco i miei consumi, autoproduco energia da fonti rinnovabili, riduco la logistica o i viaggi, scelgo materie prime a ridotto impatto.

¹⁵ Esempi di standard internazionali creditizi sono, ad esempio: Gold Standard, VCS (Verra), CDM (Clean Development Mechanism).

¹⁶ Sul sito di Rete Clima è disponibile un approfondimento sui Crediti di carbonio: <https://www.reteclima.it/crediti-di-carbonio/>

Allegato B - fattori di emissione per calcolo emissioni produzione energia

Si riporta qui l'elenco dei processi estratti dal database Ecoinvent 3.11 e utilizzati per il calcolo delle emissioni di gas serra delle diverse fonti di produzione energetica.

- Electricity, low voltage {IT}| market for electricity, low voltage | Cut-off, U
- Electricity, low voltage {IT}| electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted | Cut-off, U
- Heat, district or industrial, other than natural gas {RER}| heat production, wood chips from post-consumer wood, at furnace 300kW | Cut-off, U
- Electricity, high voltage {IT}| electricity production, hydro, run-of-river | Cut-off, U
- Electricity, high voltage {IT}| electricity production, wind, >3MW turbine, onshore | Cut-off, U
- Electricity, high voltage {IT}| heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 | Cut-off, U
- Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland}| market for diesel, low-sulfur | Cut-off, U

Allegato C - sintesi delle azioni dei progetti vincitori del bando green communities

GC02 - Unione dei Comuni Valli Taro e Ceno

Il progetto prevede generazione di nuova energia rinnovabile, la riduzione del consumo di energia primaria e la mobilità a basse emissioni. Gli impianti mini-idroelettrici forniscono 80 kW di nuova capacità, producendo 104.000 kWh/anno, risparmiando 158.500 kWh/anno di energia primaria e riducendo le emissioni di circa 36,65 tCO₂/anno.

L'impianto fotovoltaico di Pellegrino Parmense aggiunge 56 kW, generando 73.125 kWh/anno, risparmiando 111.443 kWh/anno di energia primaria e riducendo le emissioni di circa 25,77 tCO₂/anno.

La riqualificazione dell'ex scuola di Bore prevede l'installazione di 90 kW di fotovoltaico, producendo 78.000 kWh/anno, con un risparmio di energia primaria di 118.872 kWh/anno e una riduzione delle emissioni di circa 27,5 tCO₂/anno.

L'adozione di sei autobus elettrici si traduce in un risparmio di energia primaria di 981.000 kWh/anno e consente di evitare 227 tCO₂/anno di emissioni derivanti dal trasporto su strada. Infine, l'installazione di 7 stazioni di ricarica per veicoli elettrici contribuisce a una riduzione stimata delle emissioni di 274,57 tCO₂/anno.

GC3- Unione Montana Pasubio

Il progetto prevede produzione di nuova energia rinnovabile e la riduzione dei consumi energetici. L'installazione di circa 400 kWp di capacità fotovoltaica genererà circa 440 MWh/anno di energia elettrica pulita. Ulteriori miglioramenti all'infrastruttura idroelettrica forniranno ulteriori 603,13 MWh/anno di capacità di produzione rinnovabile. La sostituzione di 1.000 apparecchi di illuminazione pubblica con tecnologia LED produrrà un risparmio energetico annuo di 298,58 MWh. Complessivamente, l'effetto combinato riduce il fabbisogno di energia elettrica da fonti fossili e, con un consumo territoriale di base di 9.775 MWh/anno, gli interventi sono progettati per dare priorità all'autoconsumo di circa l'83% dell'energia rinnovabile generata. Ciò si traduce in un risparmio di combustibile a lungo termine e in una riduzione dei Saranno installati 50 punti di ricarica per biciclette elettriche e acquistati 11 veicoli elettrici per rinnovare la flotta comunale.

GC7-Comunità Montana Valtellina di Morbegno

Il progetto prevede miglioramento dell'efficienza energetica e la generazione di nuove energie rinnovabili. La ristrutturazione della sede centrale di Community Mountain prevede la sostituzione di 374 m² di finestre, riducendo la trasmittanza dell'involucro edilizio da 4,4 W/m²K a 1 W/m²K, il che riduce il fabbisogno energetico a 58.166 kWh/anno, equivalenti a 5.487 m³ di gas naturale, con un risparmio annuo associato di 6.954 euro (prezzi pre-2014). Per quanto riguarda le energie rinnovabili, l'installazione di un impianto fotovoltaico da 55 kWp sull'edificio principale fornisce una stima di 58.900 kWh/anno, mentre un secondo impianto fotovoltaico da 40 kWp sull'edificio di Piazza Bossi aggiunge circa 42.800 kWh/anno. In totale, la Green Community raggiunge una capacità di generazione di energia elettrica rinnovabile di 95 kWp, corrispondente a un risparmio di energia primaria di 71 MWh all'anno a partire dal secondo anno di funzionamento, contribuendo direttamente alla riduzione dell'uso di combustibili fossili e alla riduzione delle emissioni di CO₂.

GC21-Comune di Chiusano di San Domenico

Il progetto rafforza la decarbonizzazione locale installando 11 impianti fotovoltaici da 6,6 kWp ciascuno, abbinati a 10 kWh di accumulo, per un totale di 79,2 kWp di nuova capacità rinnovabile, producendo 9.310 kWh/anno per impianto e 606.815 kWh in 6 anni, corrispondenti a 113,3 TEP di risparmio di energia primaria. Ulteriori infrastrutture rinnovabili includono un impianto fotovoltaico da 0,045 MW presso l'impianto di Terra Preta, che produce 63 MWh/anno, e un sistema di pirolisi in grado di fornire 0,5 MW termici o 0,05 MW elettrici, con una conseguente riduzione di energia primaria di 1.320 MWh/anno termici o 132 MWh/anno elettrici. La transizione da 1.000 lampade al sodio ad alta pressione all'illuminazione a LED riduce ulteriormente la domanda di elettricità, rafforzando la riduzione a lungo termine della dipendenza dai combustibili fossili e supportando un'impronta energetica strutturalmente inferiore nelle infrastrutture comunali.

GC23-Unione di Comuni Montana Lunigiana

Il documento fornisce solo i dati relativi alla produzione di energia rinnovabile, ovvero 500 kW di capacità fotovoltaica più altri 10 kW per le aree di sosta per biciclette elettriche. Il documento mostra che l'attuale rete di illuminazione pubblica include ancora 1.663 lampade al sodio ad alta pressione (SAP) da 70 W, insieme a un numero inferiore di apparecchi da 100 W (158 unità), 150 W (73 unità), 250 W (33 unità) e 400 W (11 unità). L'intervento propone la sostituzione di 1.000 lampade SAP da 70 W con lampade a LED. Il consumo attuale di queste 1.000 lampade SAP, considerando una potenza di sistema di 80,5 W, 4.200 ore di funzionamento all'anno e perdite di rete del 5%, si traduce in un consumo annuo di 355.005 kWh.

Dopo la sostituzione con una configurazione mista di LED da 30 W (potenza di sistema 31,5 W, 499 unità) e LED da 40 W (potenza di sistema 42 W, 501 unità), in funzione per 3.200 ore all'anno, il consumo annuo totale si riduce a 123.515,28 kWh, comprese le perdite. Ciò corrisponde a un risparmio energetico annuo di 214.584,72 kWh, pari a 26,35 tonnellate equivalenti di carbone (tec) o 18,45 tonnellate equivalenti di petrolio (tep).

L'intervento consiste nella realizzazione di due centrali termiche a biomassa (cippato) per la fornitura di calore agli edifici pubblici. Il combustibile utilizzato (cippato di legno) sarà ricavato dalla filiera forestale certificata locale, promuovendo l'autonomia energetica locale e riducendo la dipendenza dai combustibili fossili.

Viene creata una rete di mobilità sostenibile attraverso l'acquisto di minibus elettrici per collegare i comuni. Fornisce trasporti a basse emissioni dove il trasporto pubblico è carente, migliorando l'accessibilità tra le comunità montane e riducendo al contempo l'impatto ambientale.

GC24-Comuni delle Valli Chisone e Germanasca

Il progetto prevede la costruzione di due centrali termiche a biomassa (cippato) per la fornitura di calore agli edifici pubblici. Il combustibile a biomassa (cippato di legno) proverrà dalla filiera forestale certificata locale, promuovendo l'autonomia energetica locale e riducendo la dipendenza dai combustibili fossili. La capacità operativa supplementare installata per l'energia rinnovabile sarà di 60KWp.

Ci saranno interventi di efficientamento energetico in strutture pubbliche chiave (macello di valle di Pomaretto, piscina comunale di Perosa Argentina, Ecomuseo delle Miniere di Prali): gli interventi includono l'isolamento termico, la sostituzione degli infissi, la riduzione delle dispersioni termiche, l'ammodernamento degli impianti di riscaldamento (inclusa la caldaia a biomassa) e l'installazione di pannelli fotovoltaici."

Verrà creata una rete di mobilità sostenibile attraverso l'acquisto di minibus elettrici per collegare i comuni, che fornirà trasporti a basse emissioni dove il trasporto pubblico è carente, migliorando l'accessibilità tra le comunità montane e riducendo al contempo l'impatto ambientale.

GC30-Comunità Montana Valtellina di Sondrio

Il documento fornisce dati quantitativi sul risparmio energetico e sulla produzione di energia rinnovabile. In particolare, si stima che il passaggio dai sistemi di irrigazione aerea a quelli sottochioma ridurrà il consumo energetico di circa 432 MWh all'anno, grazie alla minore richiesta di pompaggio e distribuzione. Inoltre, si prevede che l'installazione di impianti fotovoltaici fornirà circa 70 kWp di capacità di generazione di energia rinnovabile.

GC32-Unione Comuni Garfagnana

Il Centro Operativo della Protezione Civile sarà oggetto di una profonda riqualificazione energetica. I lavori previsti includono l'isolamento degli involucri edilizi, l'ombreggiatura delle superfici vetrate, la sostituzione degli impianti di riscaldamento a combustibili fossili con impianti a fonti rinnovabili, l'installazione di illuminazione a LED e l'aggiunta di un impianto fotovoltaico per ridurre la dipendenza dalla rete. L'obiettivo è la parziale autosufficienza energetica e la riduzione dei costi di gestione a lungo termine.

Risultati previsti: Centro Operativo Protezione civile: 24.8 MWh/anno; Rifugi sostenibili (solare termico): 0.015 MW; Nuovo impianto fotovoltaico del Centro Operativo Protezione civile: 0.01 MW". Per quanto riguarda la mobilità sostenibile, in particolare saranno creati 7 hub intermodali che collegano la rete ferroviaria locale con le comunità circostanti. Include la costruzione o l'adattamento di spazi in diverse stazioni ferroviarie, il miglioramento dell'accessibilità e l'attivazione di servizi di car sharing, car pooling, navetta/bus a richiesta e la creazione di un ruolo di Mobility Manager. L'obiettivo è migliorare l'accessibilità, soprattutto per i residenti con limitate possibilità di trasporto, e sostenere il turismo sostenibile.

GC34-Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera

Il sistema di gassificazione della biomassa descritto nel progetto produce 1 kW_{el} e 2 kW_{th} per ogni kg di legno lavorato, con residui minimi e bassissime emissioni di CO₂. Il documento fornisce l'esempio di prestazione di un gassificatore da 49 kW_{el}, che produce simultaneamente circa 100 kW_{th} di energia termica utilizzabile. Questa potenza termica è sufficiente a riscaldare circa 1.000 m² di superficie lorda di un edificio. Il calore ha un valore commerciale equivalente di 100 € per MWh termico rispetto al riscaldamento a metano. L'impianto è progettato in forma modulare, consentendo futuri aumenti di potenza e scalabilità con l'espansione delle filiere locali di biomassa.

GC35-Comunità Montana del Goceano

Il progetto installa circa 500 kW_p di nuova capacità fotovoltaica supportata da 750 kWh di accumulo a batteria, formando una microrete di energia rinnovabile in grado di produrre circa 900 MWh di elettricità pulita all'anno. La gestione intelligente dell'energia del sistema garantisce una riduzione dei consumi energetici di circa 100 MWh/anno, pari a 10 TEP/anno. Queste misure generano un risparmio economico annuo di circa 300.000 € (sulla base di una tariffa di rete di 0,40 €/kWh) e portano a una riduzione stimata di circa 400 tCO₂eq all'anno, supportata anche dalla transizione alla mobilità elettrica, che include due autobus elettrici completamente alimentati da fonti rinnovabili. Nell'ambito della mobilità sostenibile, l'azione istituisce un servizio di mobilità elettrica condivisa che collega comuni, scuole, servizi sanitari e aree turistiche.

. Include: acquisto di 2 minibus elettrici; un piano di mobilità territoriale per coordinare percorsi giornalieri, settimanali e stagionali, stazioni di ricarica alimentate da fotovoltaico locale per garantire una ricarica al 100% rinnovabile.

GC38-Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese

Il progetto consente di ottenere un risparmio annuo di energia primaria di circa 306.791 kWh/anno e installa circa 50 kWp di capacità fotovoltaica, generando 57.000-60.000 kWh/anno di elettricità rinnovabile, contribuendo direttamente alla decarbonizzazione a lungo termine del sistema energetico locale.

L'installazione di illuminazione pubblica a LED è previsto porti ad un risparmio emissivo di 94,91 tCO₂e/anno.

GC41-Unione Montana Valli Orco e Soana

Le azioni del progetto in ambito energetico prevedono Installazione e/o riattivazione impianti solari fotovoltaici su edifici pubblici selezionati. Riduzione costi dell'elettricità pubblica e consumo di energia fossile. Il progetto riporta i seguenti valori. Risparmio sui consumi energetici da fonti primarie, Primo anno 0 MWh → 2° anno 190 MWh → 3° anno 470 MWh → 4° anno 790 MWh → 5° anno 1200 MWh → 6° anno 1650 MWh. Questi risparmi sono espressi in MWh/anno. La capacità di energia rinnovabile è riportata come Primo anno 0 MW → 2° anno 0,25 MW → 3° anno 0,7 MW → 4° anno 1,3 MW → 5° anno 1,9 MW → 6° anno 2,4 MW.

GC44- Comune di Sant'Agata di Militello (Comune capofila Area Interna Nebrodi)

Il progetto introduce energie rinnovabili, in particolare attraverso l'installazione di pannelli fotovoltaici sulle pensiline delle fermate degli autobus che alimenteranno l'illuminazione, i sistemi digitali e supporteranno parzialmente l'infrastruttura di ricarica per veicoli elettrici. Tuttavia, il documento non specifica la potenza installata (kW), la produzione energetica annua (kWh/MWh) o i valori di riduzione di CO₂ previsti. Il beneficio della decarbonizzazione è quindi espresso qualitativamente, derivante dalla sostituzione dei servizi di mobilità a gasolio con autobus elettrici e dalla creazione di stazioni di ricarica per veicoli elettrici, che insieme riducono la dipendenza dai combustibili fossili e supportano una progressiva transizione verso una mobilità a basse emissioni di carbonio in tutto il territorio dei Nebrodi. Risparmio sui consumi energetici da fonti primarie, primo anno 19.000 kWh → 2° anno 200.000 kWh → 3° anno 210.000 kWh → 4° anno 220.000 kWh → 5° anno 230.000 kWh → 6° anno 240.000 kWh.

GC55-Comunità Valsugana e Tesino

Il progetto converte il sistema di riscaldamento dell'Hotel SAT Lagorai da gasolio a biomassa locale, sostituendo un consumo di ~130 MW/anno di energia primaria fossile con ~124 MW/anno di produzione di energia rinnovabile (cippato), con una riduzione netta di 6 MW/anno di energia primaria e la completa decarbonizzazione della fornitura di calore. Parallelamente, installa due impianti fotovoltaici da 10 kWp (Rifugio Caldenave e Agritur Malga Cére), creando ~20 kWp di nuova capacità rinnovabile. Presso Agritur Malga Cére, la produzione rinnovabile aumenta da 1 MW/anno a 4 MW/anno, mentre l'uso di combustibili fossili scende da 8 MW/anno a 2 MW/anno, producendo una riduzione netta di 3 MW/anno di energia primaria e +3 MW/anno di fornitura rinnovabile. Nel complesso, gli interventi sostituiscono l'uso di gasolio con biomassa e solare, migliorano l'autonomia energetica delle strutture in alta quota e riducono direttamente la dipendenza dai combustibili fossili.

GC66-Comunità di Montagna del Gemonese

Il progetto prevede l'installazione di 0,55 MW (550 kWp) di capacità fotovoltaica su edifici comunali per fornire energia elettrica rinnovabile prodotta localmente e la creazione di 25 punti di ricarica pubblici per veicoli elettrici (con 8 unità da 22 kW e 17 da 7,4 kW) a supporto della mobilità a zero emissioni. È inoltre implementato un impianto fotovoltaico da 20 kW con accumulo da 10 kWh per rendere un'azienda agricola pilota energeticamente autonoma. In tutta la Green Community, gli interventi porteranno a una riduzione di 3.525 MWh/anno nel consumo di energia primaria, mentre la capacità operativa rinnovabile totale prevista raggiungerà 1,6 MW, riflettendo un cambiamento misurabile verso la decarbonizzazione e una riduzione della dipendenza dall'energia fossile. Il progetto promuove la mobilità elettrica installando 25 punti di ricarica pubblici (8 x 22 kW + 17 x 7,4 kW) in tutti e sei i comuni. L'infrastruttura è integrata con la produzione locale di energia rinnovabile per rafforzare il trasporto a zero emissioni. L'obiettivo è ridurre la dipendenza dall'auto e migliorare la mobilità intermodale nelle aree rurali.

GC69-Monti Azzurri nei territori dei Contratti di Fiume

Il progetto prevede la creazione di una comunità energetica diffusa, che genererà 240.000 kWh/anno di elettricità rinnovabile a partire dal 2024-2025, per poi aumentare fino a 1.200.000 kWh/anno dal 2025-2026 in poi, mantenendo questo livello di produzione negli anni successivi. Parallelamente, il progetto prevede un risparmio energetico di 20.000 kWh/anno grazie ai miglioramenti dell'efficienza energetica a partire dal 2024-2025. Questi dati indicano un progressivo passaggio all'autonomia energetica locale, una riduzione della dipendenza dai combustibili fossili e risultati misurabili in termini di decarbonizzazione.

. Il rapporto stima che lo sviluppo delle comunità energetiche ridurrà il consumo di energia primaria di 2,6 GWh/anno e porterà a una riduzione di circa 580 tCO₂eq all'anno una volta che il sistema avrà raggiunto la piena operatività. Prevede inoltre l'installazione di 200 kW di capacità fotovoltaica nella prima fase, per poi aumentare fino a 1 MW e infine espandersi a una rete di 9 CER, per un totale di 9 MW di capacità rinnovabile installata, con una produzione di circa 10.800 MWh/anno. Queste installazioni sono collegate a investimenti previsti di 21,7 milioni di euro in sistemi fotovoltaici, sistemi di accumulo a batterie (BEES) e potenziamenti della rete, a supporto diretto della decarbonizzazione a lungo termine e dell'autonomia energetica.

GC70-UNITÉ DES COMMUNES VALDÔTAINES GRAND-PARADIS

Il progetto installa 58 kW di nuova capacità di energia rinnovabile (fotovoltaico + solare termico) negli edifici pubblici e nelle infrastrutture di gestione dei rifiuti, come riportato nell'indicatore ufficiale per la capacità operativa supplementare. Gli interventi di efficienza energetica sull'Auditorium di Aymavilles e sulla scuola media di Villeneuve generano una riduzione di 25,91 TEP/anno nel consumo di energia primaria, confermata nella tabella di monitoraggio. Questi interventi supportano la progressiva decarbonizzazione dei servizi comunali, tra cui il passaggio a due veicoli di servizio elettrici e la creazione di un nodo di micro-rete locale con ricarica per veicoli elettrici, consentendo a parte della flotta pubblica di operare a zero emissioni dirette.

GC72-Unione dei Comuni dell'Alta Valle Arroscia

Il progetto prevede l'installazione di 260 kWp di impianti fotovoltaici distribuiti con accumulo di energia, dimensionati in unità da circa 20 kWp ciascuna, e 40 kWp di generazione micro-idroelettrica collegata alle infrastrutture di approvvigionamento idrico. Insieme, queste azioni aumentano la capacità rinnovabile del territorio di 300 kWp. Parallelamente, le opere di gestione delle acque includono la costruzione di un bacino collinare da 14.000 m³ a Pontedassio e l'attivazione di un pozzo con capacità di estrazione di 40 L/min. Questi interventi contribuiscono a ridurre la dipendenza da elettricità e riscaldamento a base fossile, riducendo il consumo di energia primaria di circa il 30% negli edifici pubblici e ampliando l'autoproduzione locale decarbonizzata attraverso la costituzione di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER).

GC73-Unione dei Comuni Erimo-Ericini

Il progetto riporta obiettivi annuali di energia rinnovabile, mirati a coprire circa il 10-15% del fabbisogno energetico locale e a ridurre il consumo di energia primaria non rinnovabile attraverso la sostituzione con fonti rinnovabili. Il progetto supporta la produzione di energia rinnovabile da fonti solari, microeoliche e idroelettriche di piccole dimensioni.

Prevede l'installazione di impianti fotovoltaici su strutture pubbliche, due mini-turbine eoliche e microidroelettriche pilota. Produzione prevista: circa 300-400 MWh/anno, coprendo il 10-15% della domanda locale, riducendo la dipendenza dai combustibili fossili.

I piani includono la ristrutturazione di edifici comunali e lo sviluppo di strutture pubbliche ad alta efficienza energetica. Gli standard NZEB (Nearly Zero Energy Building) saranno applicati a scuole, centri comunitari ed edifici di servizio. L'obiettivo è ridurre il consumo di energia per edificio di almeno il 40%, riducendo le emissioni di CO₂ operative.

Sviluppo di sistemi di smart grid per integrare la produzione di energia rinnovabile con l'accumulo e il consumo. È proposta una rete pilota di teleriscaldamento basata sull'energia geotermica a bassa entalpia per le zone idonee. Un software di gestione energetica sincronizzerà la generazione, l'accumulo e l'utilizzo, migliorando l'efficienza.

È prevista la creazione di un hub centralizzato per la mobilità con stazioni di ricarica per veicoli elettrici. Include l'acquisizione di minibus e veicoli di servizio elettrici, oltre a percorsi pedonali e ciclabili verdi. Obiettivo: ridurre il trasporto diesel, le emissioni e consentire una mobilità pulita tra i comuni."

GC75-Unione di Comuni "Alta Marmilla"

Il progetto prevede di produrre energia da fonti rinnovabili locali utilizzando impianti solari fotovoltaici e mini-eolici. Nello specifico, si punta a circa 150 MWh/anno da impianti fotovoltaici e circa 250 MWh/anno da impianti eolici, per un totale di circa 400 MWh/anno di energia elettrica rinnovabile. Inoltre, il sistema include due mini-eolici (capacità di circa 60 kW, stimata in circa 120 MWh/anno ciascuna) e moduli fotovoltaici distribuiti integrati in edifici pubblici nuovi e riqualificati. La produzione di energia rinnovabile è progettata per coprire almeno il 15% del fabbisogno energetico totale del territorio, riducendo la dipendenza da fonti non rinnovabili e portando la regione verso una parziale autosufficienza energetica.

Da Usellus opererà un hub centralizzato di controllo della mobilità, dotato di punti di ricarica per veicoli elettrici pubblici e privati. Il progetto prevede l'acquisizione di 3 minibus e 5 auto elettriche per supportare la mobilità interna quotidiana di residenti, lavoratori e studenti. Questa transizione mira a sostituire i trasporti a gasolio, ridurre le emissioni e incoraggiare l'adozione di veicoli elettrici privati.

GC92-XIII Comunità Montana dei Monti Lepini ed Ausoni

Il progetto prevede la gestione di un'area forestale di 542,44 ettari per generare crediti di carbonio.

Prevede un impianto di cogenerazione a gassificazione di biomassa descritto come a emissioni negative di carbonio, con prestazioni di circa 1 kWh elettrico + 1,5 kWh termico per circa 1 kg di cippato secco, e dichiara emissioni evitate pari a 367 g di CO₂/kWh elettrico e 231 g di CO₂/kWh termico; un impianto da 200 kW, ad esempio, produrrebbe 1.440 MWh elettrici/anno + 2.102 MWh termici/anno e 121 t di biochar (indicato come destinato a >500 famiglie). Il testo indica anche un tasso di sequestro del biochar di 0,2 kg di CO₂e per kWh elettrico (scritto come "= 80 g", il che è internamente incoerente). Nella tabella dei KPI sono elencati i risparmi annuali di energia primaria in crescita di 14.000 → 56.000 → 65.000 → 80.000 → 95.000 → 120.000 (unità non specificata in quell'estratto e credo sia kWh)."

GC95-Comune di Pacentro (AQ)

Il documento quantifica chiaramente le energie rinnovabili e l'energia: la ristrutturazione idroelettrica di Pacentro specifica un'unità Pelton da ~528 kW (meccanica) / ~475 kW (elettrica) con una portata di 200 L/s, una condotta forzata di ~3,8 km e una prevalenza di ~299 m; l'implementazione del fotovoltaico prevede sette impianti sui tetti da ~170 kW ciascuno (uno per comune); le stazioni di ricarica per veicoli elettrici sono situate vicino a una fornitura trifase da 22 kW; le tabelle di base elencano la potenza fotovoltaica nominale installata per comune e citano la centrale idroelettrica come fornitrice di ~1,5 "megawatt all'anno" (la loro formulazione); e gli indicatori chiave di prestazione mostrano una "capacità operativa supplementare installata" in aumento di 1.268 kW → 3.000 kW → 5.000 kW → 6.000 kW negli anni del progetto.

Prevede di dotare le stazioni di ricarica pubbliche per veicoli elettrici di colonnine per e-bike (autenticazione utente tramite web/app/card; connesse, monitorate da remoto, antimanomissione). Situate in prossimità di linee trifase da 22 kW; strutture in acciaio/alluminio con software di gestione a piattaforma aperta. Il numero esatto di unità varia a seconda della sezione; entrambe le linee fanno parte della stessa linea di intervento sulla mobilità. Prevede l'acquisto di sette mini-veicoli elettrici (>2.000 W, >48 V) per il trasporto di persone/attrezzature e per i servizi comunali. Questi veicoli estendono la mobilità pulita alle attività quotidiane, riducendo il consumo di carburante e le emissioni locali nei comuni della valle.

GC102-Consorzio Intercomunale C.I.V.E.T.A.

Il progetto prevede un impianto di cogenerazione a gassificazione di biomassa che il documento definisce "carbon-negative", che produce energia elettrica e calore e sequestra CO₂ nel biochar; dichiara 0,2 kg di CO₂e sequestrati per kWh elettrico, e fornisce prestazioni di circa 1 kWh elettrico + 1,5 kWh termico per circa 1 kg di cippato secco.

Oltre alla biomassa, aggiunge sistemi fotovoltaici per alimentare serre idroponiche e un hub tecnologico (C.I.V.E.T.A.) e inquadra esplicitamente l'utilizzo all'interno di una Comunità Energetica Rinnovabile (CER) per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili (1400 MWh dalla combustione di legna).

GC115-Comune di Nardò

Si prevede la realizzazione di impianti fotovoltaici di potenza $\geq 19,0$ kWp ciascuno per Manduria, Galatone, Taviano e Alliste, con un impianto fotovoltaico di maggiore potenza a Racale; tutti gli impianti sono installati sui tetti di edifici pubblici, secondo le specifiche CEI-021. La produzione prevista è di circa 23.750 kWh/anno per comune per Manduria, Galatone, Taviano e Alliste e di circa 31.250 kWh/anno per Racale. È inoltre prevista una pompa di calore geotermica presso Masseria Torrenova (Nardò) che utilizza sonde geotermiche e un fluido termovettore per il riscaldamento/raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria.

GC117-Unione Dei Comuni Terre Dell'olio e Del Sagrantino

Il piano prevede l'installazione di otto impianti fotovoltaici da 20 kWp su tetto (uno per comune), ciascuno abbinato a 40 kW di accumulo, più un ulteriore impianto da 30 kWp su un sito istituzionale, portando la capacità aggiuntiva totale a 0,215 MW. Ogni impianto da 20 kWp è dimensionato per fornire circa 26 MWh/anno, mentre il sito da 30 kWp punta a circa 37 MWh/anno; si stima inoltre un impatto energetico complessivo di circa 407 MWh/anno, considerando l'accumulo e la condivisione dell'energia tra comunità.

GC120-Unione montana Valle Stura

Il documento quantifica la produzione energetica come segue: è previsto un impianto di cogenerazione a biogas da 355 kW, che produrrà elettricità e calore utilizzabile. Il piano principale prevede 0,25 MW di nuove fonti rinnovabili (0,20 MW di fotovoltaico su tetto e 0,05 MW di micro-idroelettrico), mentre il Community Energy Hub punta a 200 kW installati con 1 CER, 100 utenti e 10 aziende. Le azioni per la mobilità/trasporto pubblico prevedono un risparmio di energia primaria di 200 MW/h all'anno nei primi tre anni (unità come da testo). I conteggi delle installazioni specificano 1 micro-idroelettrico + 5 fotovoltaici nel piano principale e 5 micro-idroelettrico + 20 fotovoltaici nel piano complementare, utilizzando la "potenza nominale" come criterio di selezione per queste installazioni.

GC136-Comune di Castagneto Carducci

Si stima che il sistema di monitoraggio energetico e di smart metering genererà un risparmio energetico annuo di 15.000 kWh a partire dal secondo anno, che salirà a 30.000 kWh all'anno a partire dal terzo anno in poi, sulla base di interventi su circa 40 edifici pubblici, ciascuno con un consumo medio di 15.000 kWh/anno, e ipotizzando una riduzione del 5% del consumo di elettricità attraverso un monitoraggio e un controllo ottimizzati. Inoltre, il quadro più ampio del progetto prevede una riduzione di 68.250 kWh/anno del consumo di energia primaria a partire dal secondo anno, che salirà a 136.500 kWh/anno nel terzo anno e raggiungerà i 204.750 kWh/anno a partire dal quarto anno in poi, insieme all'installazione di 225 kW di nuova capacità fotovoltaica in 15 siti pubblici, ciascuno con circa 15 kW di energia solare e un tasso di autoconsumo stimato del 70%. Si prevede che queste misure, unite alla sostituzione delle lampade a LED nei sistemi di illuminazione pubblica, ridurranno significativamente la domanda di elettricità e le emissioni associate all'uso di energia da parte dei comuni.

GC138-Comunità Montana "Bussento - Lambro e Mingardo"

Il progetto incrementa la produzione locale di energia rinnovabile attraverso l'installazione di nove impianti fotovoltaici da 10 kW (90 kW totali) e di impianti solari da 3 kW in rifugi montani remoti, ciascuno dei quali produce circa 4.200 kWh/anno. Introduce inoltre un impianto di cogenerazione a gassificazione di biomassa da 50 kWe + 100 kWt, alimentato da circa 525 m³/anno di cippato di legno locale, e un impianto micro-idroelettrico da 15 kW che genera circa 40.000 kWh/anno. Ulteriori misure, tra cui stazioni di ricarica per e-bike alimentate a energia solare e l'ottimizzazione della rete, contribuiscono a un risparmio energetico previsto di circa 1.760 e 2.000 MWh/anno, grazie all'aumento dell'autoconsumo locale e all'efficienza della smart grid.

GC147-Comune di Agnone

L'area dispone già di una solida base di energie rinnovabili, in particolare eolica, solare e da biomassa. In totale, i comuni ospitano 34.850 kW di potenza eolica installata (con Capracotta a 9.350 kW e San Pietro Avellana a 10.200 kW), oltre a 6.190,1 kW di capacità solare fotovoltaica distribuita in comuni come Agnone (1.101,3 kW) e Pescopennataro (1.984,4 kW). Inoltre, il territorio dispone di 4.960,2 kW di capacità termica utilizzabile da biomassa, utilizzata principalmente per le reti di riscaldamento locale. Il piano promuove la mobilità elettrica e i servizi di mobilità condivisa. Le azioni includono: 3 autobus elettrici per uso comunitario, scolastico e turistico e l'installazione di stazioni di ricarica rapida (1 per comune). L'obiettivo è ridurre la dipendenza dalle auto private e supportare le esigenze di spostamento quotidiane, soprattutto nelle aree rurali disperse.

GC148-Comunità Comprensoriale della Val Venosta

Il piano promuove le energie rinnovabili locali installando ≥ 1 MWp di nuovi impianti fotovoltaici su edifici pubblici (con traguardi di programma fino a 3 MWp totali) e abbinandoli a batterie, in modo che la comunità possa utilizzare circa l'80% di ciò che genera localmente. Si prevede che gli aggiornamenti della smart grid ridurranno le perdite di distribuzione di circa 2.000 MWh/anno, mentre gli obiettivi di utilizzo nella fase iniziale sono di circa 1.760 MWh/anno, per poi salire a circa 5.500 MWh/anno negli anni successivi. Un impianto di cogenerazione a biomassa aggiunge 600 kW di capacità elettrica e 3 MW di capacità termica, e un progetto pilota a idrogeno per i servizi pubblici sostituisce circa 13.000 litri di gasolio all'anno. Nel complesso, i numeri indicano un autoconsumo significativamente maggiore, una capacità rinnovabile di diversi megawatt e un risparmio annuo di diversi gigawattora una volta a regime. Rafforza la mobilità sostenibile promuovendo il trasporto in bicicletta al lavoro, installando depositi intelligenti per le biciclette, aggiungendo stazioni di ricarica elettrica rapida e sperimentando una stazione Multi-Energy a idrogeno per alimentare i veicoli del servizio pubblico.

GC173-Comune di Serra San Bruno

In ambito energetico si ipotizza un risparmio annuo fisso di 168.000 kWh/anno dal terzo anno in poi grazie al fotovoltaico. Questo intervento studia e riorganizza i sistemi di trasporto locale per collegare meglio le città dell'entroterra con la costa e i principali nodi di accesso. Promuove modalità di mobilità sostenibile, tra cui trasporto condiviso, veicoli elettrici e collegamenti con piste ciclabili e percorsi pedonali. L'obiettivo è ridurre l'isolamento e migliorare l'accessibilità sia per i residenti che per i turisti.

GC185-Comune di Paterno Calabro

Il progetto prevede che grazie all'installazione di fotovoltaico, il risparmio di energia primaria aumenterà a 1.786.718 kWh/anno entro il 5°-6° anno (0 → 446.702 → 893.359 → 1.786.718 kWh). Si tratta di un parametro di efficienza, non di produzione.

In ambito mobilità: piano decennale per una mobilità intelligente, sostenibile ed efficiente. Ampliare l'infrastruttura per i veicoli elettrici, integrare piste ciclabili, percorsi ciclabili e sentieri e puntare a flotte pubbliche a zero emissioni. Incoraggiare l'adozione privata, sfruttando gli incentivi CER/CEC e la produzione di energia da fonti rinnovabili pianificata.

GC192-Comune di Vallepietra (RM)

Il progetto mira a sviluppare comunità energetiche attraverso un audit partecipativo (DIMA–Sapienza/Regione). Esempi: Rocca Canterano amplia il fotovoltaico e installa stazioni di ricarica; Saracinesco punta alla piena autosufficienza dei cittadini entro il 2026, con incentivi per portare gli edifici in classe A. Obiettivi: riduzione delle emissioni/costi, lotta allo spopolamento, reti intelligenti e misurazione/controlli. Bandi di gara da lanciare con piani di fattibilità pronti. Prevede un aumento della "capacità operativa supplementare installata per le energie rinnovabili" a 2.188,2 kW entro il sesto anno (progressione: 78,2 → 92,2 → 173,2 → 366,2 → 2.168,2 → 2.188,2 kW). Cita specifiche dimensioni del fotovoltaico, ad esempio, il fotovoltaico di Rocca Canterano da 6 kW a 15 kW con stazioni di ricarica, ma ancora una volta si tratta di capacità, non di generazione. Rete ciclabile intercomunale collegata a sentieri naturalistici, con e-bike e parcheggi. Servizio territoriale di auto elettriche a richiesta, anche per pellegrini e persone a mobilità ridotta. App per prenotazione, accesso, pagamento e guida al percorso. Progressivo passaggio dei veicoli pubblici a zero emissioni (ad esempio, scuolabus elettrici finanziati).

GC193-Unione dei Comuni Alta Gallura

Il documento descrive in dettaglio diverse misure quantitative a supporto delle energie rinnovabili e della decarbonizzazione nell'ambito del progetto Alta Gallura Green Community. Descrive l'installazione di un impianto fotovoltaico da 50 kWp lungo il molo principale e le banchine, insieme a un impianto solare più grande da 1 MWp sui tetti dell'impianto di trattamento delle acque reflue per alimentare la rete energetica della comunità. La microrete elettrica locale integrerà 12 utenze connesse, servendo siti ad alta domanda energetica con un consumo annuo totale di circa 2,8 GWh. Oltre a queste iniziative rinnovabili, il piano include la cattura e lo stoccaggio di CO₂, la produzione di idrogeno verde e l'implementazione di sistemi di accumulo agli ioni di litio per migliorare la stabilità della rete e promuovere l'autosufficienza energetica in tutta la regione.

IN tema mobilità: l'azione espande la mobilità elettrica attraverso stazioni di ricarica e reti di e-bike lungo percorsi ciclabili e pedonali. Sostiene il trasporto pubblico a basse emissioni e incoraggia residenti e turisti ad adottare la mobilità non motorizzata. L'obiettivo è collegare i villaggi dell'entroterra alla costa in una rete di trasporto continua e sostenibile.

GC197-Comune di Stigliano (MT)

Il piano prevede un impianto fotovoltaico da 19,8 kW a San Mauro Forte, che dovrebbe produrre 22.923,75 kWh all'anno, con un rendimento medio di 1.157,77 kWh per kW, con una superficie di 97,2 m² e una durata di 20 anni con una perdita di efficienza annua dello 0,9%.

Questa installazione consentirà di risparmiare circa 4,32 tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) all'anno, per un totale di 86,4 TEP nel suo ciclo di vita, evitando al contempo circa 200 kg di CO₂, 160 kg di SO₂, 185 kg di NO_x e 5,9 kg di emissioni di particolato. Per l'illuminazione pubblica, il consumo di base a Gorgoglione era di 213.131 kWh/anno, con conseguenti 107,3 tonnellate di emissioni di CO₂; l'ammodernamento a LED dovrebbe ridurre i consumi a meno di 80.000 kWh/anno. Il programma più ampio mira ad aggiungere 50 MWh di capacità di generazione da fonti rinnovabili nel primo anno e ad aumentarla di 200 MWh all'anno dal secondo al sesto anno, ottenendo un risparmio di energia primaria di circa 600 MWh all'anno. Su scala europea, il piano è in linea con gli obiettivi di neutralità carbonica per il 2050, prevedendo che 264 milioni di prosumer di energia rinnovabile contribuiranno al 45% dell'elettricità rinnovabile del continente entro la metà del secolo.

Bibliografia

Si riporta qui la bibliografia utilizzate per le valutazioni legate ai progetti legati alla gestione sostenibile dei territori montani e della mobilità sostenibile.

1. LIFE15 CCA/ES/000058 LIFE SUSTAINHUTS: SUSTAINABLE MOUNTAIN HUTS IN EUROPE C7.5 Final guideline: "LIFE SUSTAINHUTS project results report" <https://sustainhuts.eu/wp-content/uploads/2022/03/c75-final-results.pdf>
2. Sebastián Galarza, Transport & Energy Sector Lead, CMM Chile. From pilots to scale Lessons from electric bus deployments in Santiago de Chile. ZEBRA Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator <https://iea.blob.core.windows.net/assets/db408b53-276c-47d6-8b05-52e53b1208e1/e-bus-case-study-Santiago-From-pilots-to-scale-Zebra-paper.pdf>
3. The World Bank, 2021. "Electrification of Public Transport: A Case Study of Shenzhen Bus Group." World Bank, Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO <https://documents1.worldbank.org/curated/en/708531625052490238/pdf/Electrification-of-Public-Transport-A-Case-Study-of-the-Shenzhen-Bus-Group.pdf>
4. Martinez, Sofia S. Samaras, Constantine. Electrification of Transit Buses in the United States Reduces Greenhouse Gas Emissions. 2024. Environmental Science & Technology. VL 58 IS 9. American Chemical Society. doi: 10.1021/acs.est.2c07296 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.2c07296>
5. M. Moretti, S. Njakou Djomo, H. Azadi, K. May, K. De Vos, S. Van Passel, N. Witters, A systematic review of environmental and economic impacts of smart grids, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 68, Part 2, 2017, Pages 888-898, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.039>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116002744>
6. Goymann M, Wittenwiler M, Hellweg S. Environmental Decision Support for the Construction of a "Green" Mountain Hut. 2008. Environmental Science & Technology. VL 42 IS 11. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/es702740f>. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es702740f>
7. MyClimate. Climate Protection Projects. Solar Energy for Monte Rosa Hut (Switzerland). <https://www.myclimate.org/en/get-active/climate-protection-projects/detail-climate-protection-projects/switzerland-solar-energy-efficiency-7113/>
8. Mori, M.; Gutiérrez, M.; Sekavčnik, M.; Drobnič, B. Modelling and Environmental Assessment of a Stand-Alone Micro-Grid System in a Mountain Hut Using Renewables. Energies 2022, 15, 202. <https://doi.org/10.3390/en15010202> <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/1/202>
9. Rok Stropnik, Mitja Mori. Environmental impact assessment of Slovenian mountain hut within the scope of sustainable mountain huts in Europe. VIII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2018 (IIZS 2018). <https://sustainhuts.eu/wp-content/uploads/2020/05/ul-environmental-impact-assessment-of-slovenian-mountain-hut-within-the-scope-of-sustainable-mountain-huts-in-europe.pdf>

ITALIAE

Nuove formule organizzative per i territori



analisi realizzata da

