

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA CON ACCUMULO
DENOMINATO "SASSARI 02"**

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA di SASSARI
COMUNI di SASSARI e PORTO TORRES

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
Integr 00a	Integrazioni MiTE

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	Integr00a_IntegrazioniMiTE

Progettazione:	Committente:
DOTT. ING. FABIO CALCARELLA Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu P. IVA 04433020759  	Whysol-E Sviluppo S.r.l. Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO Tel: +39 02 359605 info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it P. IVA 10692360968

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Giugno 2022	Integrazioni MITE - MIC - Regione Sardegna	STC	FC	WHYSOL-E Sviluppo s.r.l.

Sommario

ASPETTI GENERALI	2
1.1 SPECIFICHE PROGETTUALI;	3
1.2 RICADUTE OCCUPAZIONALI;	4
1.3 ANALISI COSTI BENEFICI; - BENEFICI RIGUARDANTI MANCATE EMISSIONI DI CO ₂	8
1.4 ATTIVITÀ IN FASE DI DISMISSIONE.....	9
1.5 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	11
ACQUE SOTTERRANEE	12
2.A QUANTIFICAZIONE RISORSE IDRICHE UTILIZZATE;	12
2.B DESCRIZIONE DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO	15
BIODIVERSITA'	16
3.1 SIEPE PERIMETRALE	16
3.2 PRATO POLIFITA	21
3.3 APICOLTURA	22
3.4 APERTURE LUNGO LA RECINZIONE PERIMETRALE.....	26
PAESAGGIO	27
USO DEL SUOLO	28
ARIA E CLIMA	29
6A - ANALISI DELLE EMISSIONI INQUINANTI.....	29
6B - RISORSE NECESSARIE IN TERMINI DI ENERGIA E MATERIALI	42

ASPETTI GENERALI

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

1.1. In relazione alle specifiche progettuali, si richiede di:

1.1.a indicare in un singolo documento e fornire una tabella riepilogativa contenente il dettaglio delle relative superfici di progetto, distinte in superficie totale, superficie occupata dall'impianto fotovoltaico, superficie occupata dalla siepe perimetrale, superficie occupata dall'attività agricola prevista, superficie occupata dalle opere civili e dalle interconnessioni.

1.2. Relativamente alle ricadute occupazionali, si richiede di fornire

1.2.a la quantificazione del personale impiegato in fase di cantiere, suddiviso per tutti gli ambiti (impianto agrivoltaico e dorsali MT, impianto di utenza, impianto di rete) e per le seguenti attività: progettazione esecutiva ed analisi in campo; acquisti ed appalti; Project Management, direzione lavori e supervisione; sicurezza; lavori civili; lavori meccanici; lavori elettrici; lavori agricoli;

1.2.b. la quantificazione del personale impiegato in fase di esercizio, suddiviso per tutti gli ambiti (impianto agrivoltaico e dorsali MT, impianto di utenza) e per le seguenti attività: monitoraggio impianto da remoto, lavaggio moduli, controlli e manutenzioni opere civili e meccaniche, verifiche elettriche, attività agricole;

1.2.c. la quantificazione del personale impiegato in fase di dismissione, suddiviso per tutti gli ambiti (impianto agrivoltaico e dorsali MT, impianto di utenza) e per le seguenti attività: appalti, Project Management, direzione lavori e supervisione; sicurezza; lavori di demolizione civili; lavori di smontaggio strutture metalliche; lavori di rimozione apparecchiature elettriche; lavori agricoli.

1.1 Specifiche progettuali:

Il progetto dell'impianto fotovoltaico denominato "Sassari 02" interessa un unico lotto ubicato ad una distanza minima di circa 10,6 km a Sud-Ovest dell'abitato di Porto Torres (SS).

Le aree di impianto sono pianeggianti ed hanno altezza sul livello del mare pari a 70 m circa, attualmente investite a seminativo.

La superficie complessiva interessata dall'intervento è di circa 42,72 ha. Nella tabella seguente si riporta il dettaglio delle superfici interessate:

Porzione di impianto	Superficie
Superficie dei moduli fotovoltaici	143.411 mq
Superficie occupata dalle opere civili – cabine e shelter impianto FV	408 mq
Superficie occupata dalle opere civili – sistema di accumulo	4.012 mq
Superficie occupata dalle opere civili – strade e piazzole	30.387 mq (lunghezza 6.077,4 m)
Superficie occupata dall'attività agricola	392.393 mq
Superficie occupata dalla siepe perimetrale (esterna all'area di impianto)	10.400 mq
Superficie totale area impianto	427.200 mq

1.2 Ricadute occupazionali:

FASE CANTIERE

La fase di cantiere è quella maggiormente interessata da ricadute occupazionali in quanto la realizzazione dell'impianto coinvolge un rilevante numero di persone. La durata prevista del cantiere è di circa 7 mesi, cui vanno aggiunti, preliminarmente, almeno 2 mesi per la redazione della progettazione esecutiva e l'eventuale acquisizione delle autorizzazioni per attività particolari, quali ad esempio gli attraversamenti con infrastrutture aeree o interrate, o la manomissione di suolo pubblico per la realizzazione del cavidotto esterno.

Nella seguente tabella si riporta la stima del personale impiegato in tutte le attività connesse alla realizzazione dell'impianto e delle opere di connessione.

Ambito	Attività	Personale impiegato	Durata [mesi]
Realizzazione impianto agrivoltaico e dorsali interne	Project Management	1	9
	Progettazione esecutiva	3	2
	Rilievi in campo	2	1
	Direzione dei Lavori	3	7
	Sicurezza	3	9
	Ufficio acquisti	2	9
	Lavori civili	15	7
	Lavori meccanici	8	5
	Lavori elettrici	15	7
	Lavori agricoli	5	2
Realizzazione impianto di utenza (linea di connessione MT esterna e SSE)	Project Management	1	9
	Progettazione esecutiva	2	2
	Rilievi in campo	2	1
	Direzione dei Lavori	2	7
	Sicurezza	2	9
	Ufficio acquisti	2	9
	Lavori civili	8	5

Ambito	Attività	Personale impiegato	Durata [mesi]
	Lavori meccanici	10	3
	Lavori elettrici	10	5
Realizzazione impianto di rete	Project Management	1	9
	Progettazione esecutiva	1	2
	Rilievi in campo	2	1
	Direzione dei Lavori	1	4
	Sicurezza	2	6
	Ufficio acquisti	2	6
	Lavori civili	8	2
	Lavori elettrici	8	5

FASE ESERCIZIO

La fase di avr  una durata di 30 anni, nel corso dei quali dovr  essere garantito il corretto funzionamento dell'impianto, la produttivit  delle attivit  agro-zoologiche ed il monitoraggio dell'intero sistema. Il personale impiegato viene stimato nella tabella seguente:

Ambito	Attivit�	Personale impiegato	Durata [anni]
Impianto agrivoltaico e dorsali interne	Monitoraggio impianto da remoto	2	30
	Lavaggio moduli	2	30 (1 / 2 volte / anno)
	Controllo e monitoraggio opere civili e meccaniche	3	30 (1 / 2 volte / anno)
	Verifiche elettriche	3	30 (1 / 2 volte / anno)
	Attivit� agricole (allevamento ovini)	5	30
	Attivit� agricole (apicoltura e biomonitoraggio)	1	30
Impianto di utenza (linea di connessione MT esterna e SSE)	Monitoraggio impianto da remoto	2	30
	Lavaggio moduli	-	-
	Controllo e monitoraggio opere civili e meccaniche	4	30 (1 / 2 volte / anno)
	Verifiche elettriche	4	30 (2 / 4 volte / anno)
	Attivit� agricole (allevamento ovini)	-	-
	Attivit� agricole (apicoltura e biomonitoraggio)	-	-

FASE DISMISSIONE

Le attività della fase di dismissione ricalcano quelle necessarie nella fase di cantiere per la realizzazione dell'impianto. Anche in questo caso si prevede un cantiere di durata di circa 5-7 mesi.

Nella seguente tabella si riporta la stima del personale impiegato in tutte le attività connesse alla dismissione dell'impianto e delle opere di connessione.

Ambito	Attività	Personale impiegato	Durata [mesi]
Realizzazione impianto agrivoltaico e dorsali interne	Project Management	1	7
	Direzione dei Lavori	2	7
	Sicurezza	2	7
	Ufficio acquisti	1	7
	Lavori civili di demolizione	8	7
	Lavori di smontaggio strutture metalliche	8	5
	Lavori di rimozione apparecchiature elettriche	10	5
	Lavori agricoli	5	2
Realizzazione impianto di utenza (linea di connessione MT esterna e SSE)	Project Management	1	7
	Direzione dei Lavori	2	4
	Sicurezza	2	4
	Ufficio acquisti	1	7
	Lavori civili di demolizione	8	5
	Lavori di smontaggio strutture metalliche	8	4
	Lavori di rimozione apparecchiature elettriche	10	5
	Lavori agricoli	-	-

1.3 Analisi costi benefici; - benefici riguardanti mancate emissioni di CO₂

1.3. Posto che nel documento Studio di Impatto Ambientale – Quadro Progettuale si fa riferimento sia al presente progetto Sassari02 che al progetto Sassari01, ed in particolare a pag 35 si riporta una potenza dell'impianto relativa al progetto Sassari01 che differisce da quella del progetto sassari02 oggetto del presente progetto, e posto che da ciò ne conseguono valori incoerenti per quanto attiene al valore della CO₂ risparmiata e la conseguente quantificazione dell'analisi costi benefici, si richiede di:

1.3.a. aggiornare lo studio di impatto ambientale per la parte di analisi costi benefici utilizzando i dati relativi al progetto Sassari02

Si riporta di seguito stralcio della pagina 34 del *Quadro Progettuale*, con i dati corretti relativi al Progetto Sassari 02

<<... Sulla base del mix di produzione energetica nazionale italiana, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) in uno studio del 2015, valuta che la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di 554,6 g CO₂. Tale valore tiene anche in conto il fatto che sebbene nella fase di esercizio le fonti rinnovabili non producano emissioni nocive, nella fase di costruzione dei componenti di impianto (p.e. moduli fotovoltaici), si genera una pur piccola quantità di emissioni di gas nocivi con effetto serra.

In considerazione dei dati sopra riportati, in definitiva possiamo considerare che per ogni kWh prodotto dall'impianto fotovoltaico in oggetto si abbia una mancata emissione di CO₂ in atmosfera quantificabile da un punto di vista monetario in:

$$0,033 \text{ €/kg} \times 0,5546 \text{ kg/kWh} = 0,018 \text{ €/kWh}$$

L'impianto in progetto, denominato "Sassari 01" ha una potenza installata di 30.884,40 kWp e una produzione annua netta attesa di circa 1.901.46 kWh/kWp.

In pratica, la produzione annua si attesta su circa:

$$58.767.126 \text{ kWh}$$

Con beneficio annuo per mancata emissione di CO₂ pari a:

$$58.767.126 \text{ kWh} \times 0,018 \text{ €/kWh} = 1.057.808 \text{ €/anno}$$

Questo dato va confrontato con il costo esterno di 7,5 €/MWh (0,0075 €/kWh), e quindi complessivamente per l'impianto in studio di:

$$58.767.126 \text{ kWh} \times 0,0075 \text{ €/kWh} = 440.753,44 \text{ €/anno}$$

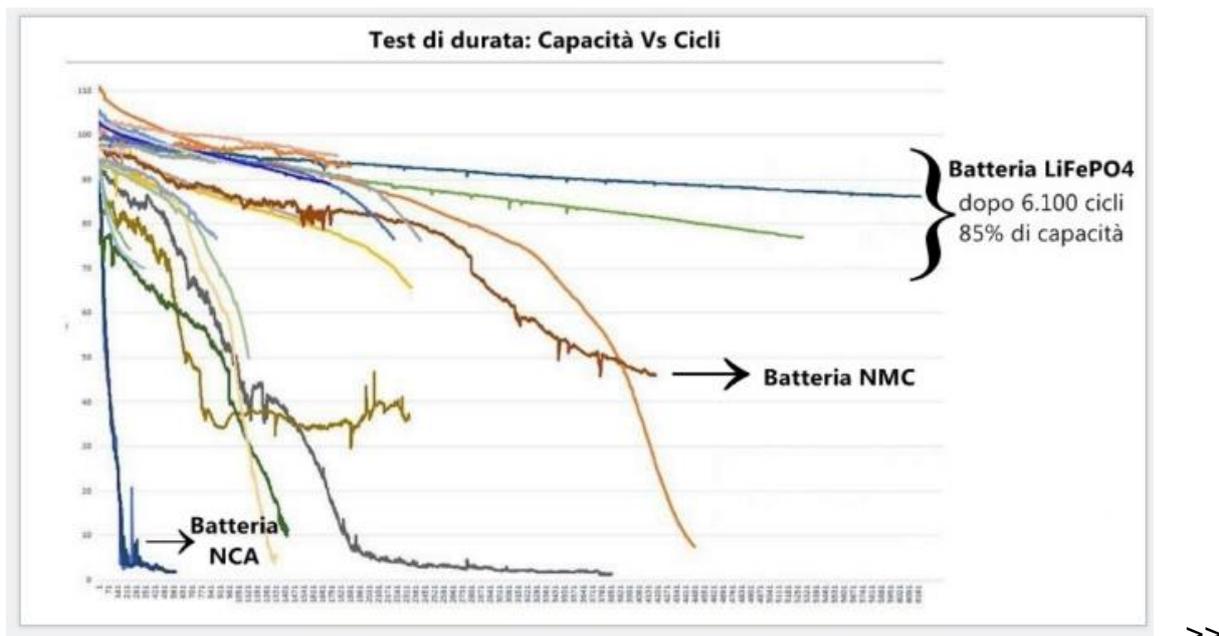
Il risultato che deriva da quanto sopra rappresenta il vero coefficiente di convenienza che indica un rapporto fra **BENEFICI / COSTI di 2,4 ...>>**

1.4 Attività in fase di dismissione

1.4. Posto che nello studio di impatto ambientale si dichiara che l'impianto fotovoltaico ha una vita utile di 30 anni mentre per l'impianto di accumulo la vita utile dichiarata è di 15-20 anni, si richiede di:

1.4.a. descrivere accuratamente le attività previste in fase di dismissione, distinguendo tra la dismissione dell'impianto di accumulo o la sua eventuale sostituzione o repowering, e l'impianto fotovoltaico stesso, fornendo adeguato cronoprogramma e distinguendo tra le attività e i costi previsti per la dismissione dell'impianto di accumulo e quello di produzione fotovoltaica.

Con riferimento alla durata dell'impianto, si richiama quanto indicato nell'elaborato "R04_RelazioneTecnica_04", nel quale si descrivono le caratteristiche del sistema di accumulo. Con particolare riferimento ai vantaggi forniti dalla tecnologia individuata in fase progettuale, si indica che <<... La batteria al **litio-ferro-fosfato** può arrivare fino 10.000 cicli di carica/scarica, e avrà ancora il 70% della sua capacità iniziale. Un valore senza precedenti nel settore: anche dopo 15.000 cicli, la batteria mantiene ancora circa il 60% della sua capacità. La tecnologia al litio-ferro-fosfato ci fornisce la base giusta per consentire un uso così duraturo della batteria.



Considerando pertanto il ciclo vita dell'intero impianto in 30 anni, ed ipotizzando un numero di cicli di carica-scarica delle batterie pari a 300 all'anno, avremo un numero complessivo di cicli pari a 9.000. Per quanto sopra detto, è realistico quantificare una capacità residua nell'ordine del 75% di quella originaria, pari dunque a circa 135 MWh, ampiamente sufficiente per considerare un regolare funzionamento fino ai 30 anni di vita e ben oltre i 15-20, vita utile dichiarata per i sistemi tradizionali.

Queste considerazioni sono condotte sullo stato dell'arte della tecnologia, che d'altronde è fortemente spinta allo sviluppo in questi anni, anche in considerazione dell'apertura del mercato alla mobilità elettrica che si basa sulle medesime soluzioni tecnologiche. Pertanto non è da escludere che sia possibile, nel corso della vita utile dell'impianto, applicare tecniche di rigenerazione delle batterie, in loco mediante il riciclo diretto, che permette di

estrarre l'intero catodo per coprirlo con un nuovo strato di litio, o con parziale sostituzione, con metodi di recupero dei materiali con processi con costi ed impatto ambientale inferiori rispetto a quelli odierni, quale a titolo di esempio il processo idro- metallurgico che sta sviluppando il COBAT (Consorzio nazionale raccolta e riciclo).

Si riporta di seguito il cronoprogramma relativo al ciclo vita dell'intero impianto:

ATTIVITA		ANNI																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
A - Impianto FV																																	
A.1	Fase di Cantiere	■																															
A.2	Fase di Esercizio		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
A.3	Verifiche periodiche ed eventuale revamping										■										■					■							
A.4	Fase di Dismissione																															■	
B - Sistema di Accumulo																																	
B.1	Fase di Cantiere	■																															
B.2	Fase di Esercizio		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
B.3	Verifiche periodiche ed eventuale revamping										■						■					■					■						
B.4	Fase di Dismissione																															■	
C - Sottostazione Elettrica Utente																																	
C.1	Fase di Cantiere	■																															
C.2	Fase di Esercizio		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
C.3	Verifiche periodiche										■											■											
C.4	Fase di Dismissione																															■	

Si rimanda all'elaborato "R16_PianoDismissione_16_agg" per la descrizione dettagliata delle operazioni di dismissione dell'intero Impianto e del Sistema di Accumulo in particolare.

1.5 Piano di Monitoraggio Ambientale

1.5. Posto che il Piano di Monitoraggio Ambientale utilizza come esplicito riferimento metodologico la Metodologia di IPLA della Regione Piemonte, si richiede di:

1.5.a. giustificare la scelta di utilizzare tale metodologia nel contesto del previsto progetto sito nella Regione Sardegna.

Per ogni chiarimento in merito al Piano di Monitoraggio Ambientale si rimanda all'elaborato "R29_PianoMonitoraggioAmbientale_29-agg", nella revisione che si allega alle presenti note.

In particolare si sottolinea qui che la proposta di utilizzare la Metodologia individuata nel documento "*Linee guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad impianti fotovoltaici a terra*", redatto da IPLA S.p.a. (Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente) su incarico della Direzione Agricoltura della Regione Piemonte, **è stata dettata dal fatto che tale documento risulta essere certamente il più completo a livello nazionale, se non l'unico, con criteri specifici per gli impianti fotovoltaici, in assenza comunque di letteratura in merito relativa in maniera specifica al territorio regionale della Sardegna.**

ACQUE SOTTERRANEE

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

Ai fini della completa valutazione degli impatti sulle acque sotterranee si richiede di specificare e riportare in una tabella sinottica per ciascuna delle fasi di vita del Progetto (cantierizzazione, esercizio e dismissione):

2.a la quantificazione delle risorse idriche utilizzate;

2.b la descrizione dei livelli di inquinamento e gli eventuali danni ambientali attualmente presenti nell'area.

2.a Quantificazione risorse idriche utilizzate;

FASE CANTIERE

Per quanto attiene le risorse idriche necessarie in fase di cantiere per l'installazione dei moduli fotovoltaici su inseguitori mono assiali queste sono molto limitate. Nell'area logistica cantiere è prevista l'installazione di due serbatoi tipicamente in materiale plastico di colore blu, con capacità di 1.000 litri ciascuno. Uno sarà utilizzato esclusivamente per fornire l'acqua a bagni e docce installati nell'ambito della stessa area logistica di cantiere. L'altro per le "piccole necessità" necessarie durante la costruzione dell'opera. La necessità principale è quella della bagnatura delle strade nelle giornate ventose. L'approvvigionamento idrico dei serbatoi avviene tramite autobotti che saranno **rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo**.

Per quanto attiene la siepe perimetrale le specie di cui è prevista la piantumazione non necessitano di interventi di irrigazione, ad ogni modo effettuata la piantumazione si effettuerà se necessario una irrigazione di soccorso. Ancora una volta l'acqua necessaria per gli interventi di irrigazione di soccorso sarà fornita tramite autobotti rifornite a loro volta da pozzi o riserve idriche autorizzati all'emungimento.

FASE ESERCIZIO

Il lavaggio dei moduli fotovoltaici sarà effettuato una o due volte l'anno. Ovviamente sarà di tipo automatizzato con sistemi del tipo indicato in figura. Anche in questo caso il riempimento dei serbatoi (bianco in primo piano in figura) avverrà **tramite autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo**. E' bene sottolineare che per il lavaggio dei pannelli fotovoltaici **sarà utilizzata esclusivamente acqua senza l'aggiunta di alcun tipo di additivo o detergente**.

Anche nella fase di esercizio non sono previsti interventi di irrigazione per le siepi perimetrali.

Nel caso di estati eccessivamente siccitose si potrà prevedere una irrigazione di soccorso per la siepe perimetrale, effettuata sempre con l'ausilio di autobotti rifornite da pozzi autorizzati.

Allo stesso modo si potrà intervenire con irrigazione di soccorso, effettuata con le medesime modalità, in caso di periodi di eccezionale siccità per consentire la sopravvivenza e la regolare crescita del prato polifita che sarà seminato su tutta la superficie dell'impianto nell'ambito della gestione dell'allevamento di ovini.



Sistema automatizzato lavaggio moduli fotovoltaici

FASE DISMISSIONE

Le modalità di gestione e approvvigionamento idrico nella fase di dismissione sono esattamente le stesse di quelle utilizzate in fase di cantiere. Anche in questo caso avremo due serbatoi (da 1.000 litri ciascuno) per riserva idrica, uno per bagni e docce dell'Area Logistica, l'altra per le "piccole" necessità di cantiere (bagnatura strade quando necessario). Il riempimento di questi serbatoi avverrà anche in questo caso tramite autobotti che saranno **rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo.**

RISORSE IDRICHE UTILIZZATE				
	Utilizzo richiesto	Modalità	Periodicità	Approvvigionamento
FASE CANTIERE	<i>Logistica di cantiere (servizi e docce)</i>	<i>Serbatoio temporaneo – capacità 1.000 l</i>	<i>Uso quotidiano per la durata del cantiere</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
	<i>Bagnatura strade ed altri usi di cantiere</i>	<i>Serbatoio temporaneo – capacità 1.000 l</i>	<i>Uso in caso di necessità (giornate secche e ventose)</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
	<i>Realizzazione siepe perimetrale</i>	<i>Irrigazione di soccorso alla piantumazione</i>	<i>Solo alla piantumazione</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
FASE ESERCIZIO	<i>Lavaggio moduli</i>	<i>Sistema automatizzato di lavaggio</i>	<i>Una o due volte l'anno</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
	<i>Manutenzione siepe perimetrale</i>	<i>Irrigazione di soccorso</i>	<i>Solo in caso di periodi di eccezionale siccità</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
	<i>Manutenzione prato polifita</i>	<i>Irrigazione di soccorso</i>	<i>Solo in caso di periodi di eccezionale siccità</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
FASE DISMISSIONE	<i>Logistica di cantiere (servizi e docce)</i>	<i>Serbatoio temporaneo – capacità 1.000 l</i>	<i>Uso quotidiano per la durata del cantiere</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>
	<i>Bagnatura strade ed altri usi di cantiere</i>	<i>Serbatoio temporaneo – capacità 1.000 l</i>	<i>Uso in caso di necessità (giornate secche e ventose)</i>	<i>Autobotti rifornite da pozzi autorizzati all'emungimento per utilizzo non agricolo</i>

2.b Descrizione dei livelli di inquinamento

La realizzazione del progetto non determina utilizzi indiscriminati della risorsa idrica né tanto meno può generare rischi di inquinamento della falda acquifera. A tal proposito rammentiamo quanto segue.

1. I paletti di sostegno delle strutture (inseguitori monoassiali) saranno infissi nel terreno con la tecnica del battipalo, senza l'ausilio di malta cementizie o di altro genere che potrebbero creare infiltrazioni nel terreno.
2. Nella fase di Esercizio il lavaggio dei moduli avverrà solo con acqua senza l'aggiunta di alcun tipo di additivo o detergente
3. Nella fase di esercizio non saranno utilizzati diserbanti, o composti chimici di alcun genere. La piantumazione del fiorame avverrà in maniera del tutto naturale e il "taglio" dell'erba sarà di fatto a cura dei capi di ovini lasciati liberi di pascolare nell'area recintata di impianto.
4. Tutte le attività agricole previste sono condotte in regime di agricoltura biologica, non è quindi previsto alcun impiego di fitofarmaci o prodotti di sintesi ivi inclusi i fertilizzanti e i diserbanti.

Per quanto attiene possibili attuali inquinamenti del terreno, non sono state effettuate analisi chimico fisiche del terreno nelle aree di progetto. Tuttavia dall'analisi a vista effettuata nei sopralluoghi di progetto effettuati in diversi periodi dell'anno non sono state ravvisate anomalie. Il terreno si presenta con le caratteristiche tipiche del seminativo semplice in area non irrigua, destinato attualmente a cereali o leguminose.

Indagini specifiche in tal senso saranno effettuate prima dell'inizio dei lavori allo scopo di definire lo stato del terreno *ante operam*.

BIODIVERSITA'

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

3.1 Al fine di preservare la biodiversità e di rispettare la vocazione agro-naturalistica della zona, con riferimento alla siepe perimetrale prevista dal progetto, si richiede di:

3.1.a fornire una lista dettagliata delle specie vegetali che si intende utilizzare distinta in tipologia e numero di piante previste, che tenga conto dell'opportunità di prevedere una fascia di almeno 3 metri esterna alla suddetta recinzione per le opportune piantagioni e chiarendo le modalità di irrigazione previste in fase di posa fino ad attecchimento delle specie vegetali

3.2 Atteso che nel documento di Studio Ecologico si dichiara l'intenzione di provvedere alla "semina di un idoneo miscuglio di graminacee e leguminose per prato polifita", si richiede di:

3.2.a fornire una lista completa delle specie che si prevede di utilizzare, della tecnica colturale prevista, chiarendo altresì il fine di tale intervento agronomico

3.3 Posto che, in relazione al progetto di apicoltura e biomonitoraggio previsto, nello studio di impatto ambientale si richiama l'intenzione di installare 56 arnie, mentre nel documento Apicoltura e biomonitoraggio e nella Relazione generale si dichiara che si installeranno 21 arnie per l'apicoltura, al fine di una maggiore coerenza documentale, si richiede di:

3.3.a indicare il numero e la disposizione delle arnie che si prevede di utilizzare;

3.3.b descrivere il costo preventivo per tali arnie, e dettagliare il ricavo previsto dall'attività di apicoltura descrivendo la quantità attesa per ciascuna arnia;

3.3.c integrare il progetto ambientale descrivendo se e quante tipologie di specie mellifere si prevede di utilizzare e descrivendo la loro estensione totale e la loro ubicazione rispetto alla superficie occupata dal campo fotovoltaico;

3.3.d fornire chiarimenti circa l'individuazione del soggetto conduttore delle attività di Apicoltura e biomonitoraggio

3.4 Al fine di minimizzare le potenziali interferenze con la fauna locale, posto che nello studio di impatto ambientale si dichiara l'intenzione di prevedere l'introduzione nella recinzione perimetrale di un'apertura alta 30 cm, mentre nel documento "studio ecologico" a pag. 22 si dichiara di prevedere l'introduzione di aperture alte 10 cm con l'obiettivo di consentire il passaggio di piccoli mammiferi (con l'esclusione di animali di taglia maggiore che potrebbero arrecare danno ai campi fotovoltaico o ferirsi), si richiede di:

3.4.a chiarire le caratteristiche delle aperture lungo la recinzione perimetrale, descrivendo l'ampiezza, il numero e la frequenza di dette aperture sulla recinzione perimetrale, e valutando comparativamente le diverse possibili alternative progettuali, tenendo conto anche di ulteriori alternative oltre quelle descritte quali, a mero titolo di esempio, una luce libera continua.

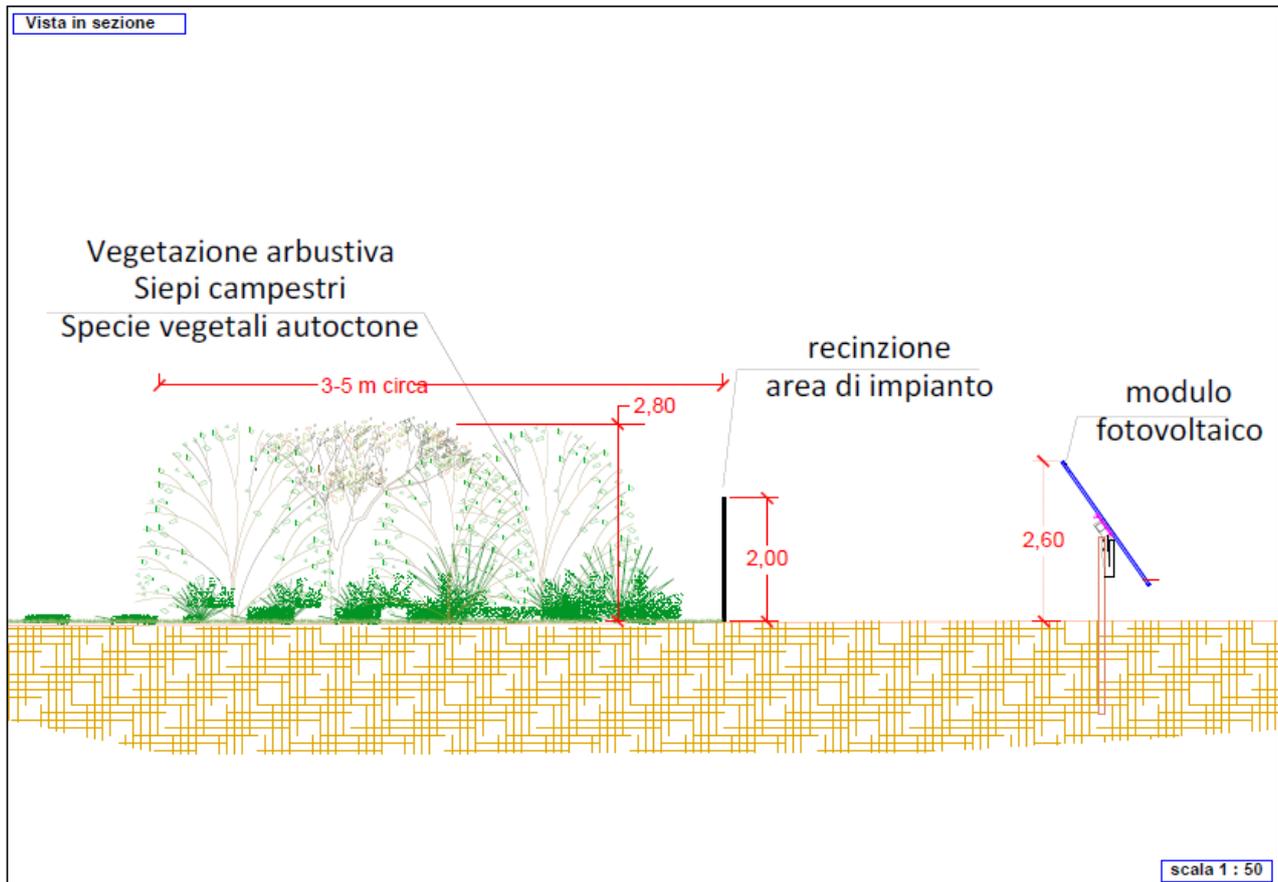
3.1 Siepe perimetrale

Per la realizzazione delle siepi perimetrali saranno utilizzate specie autoctone che svolgeranno sicuramente un ruolo di schermo visivo all'esterno della recinzione ma avranno anche una funzione di carattere naturalistico e finiranno per incrementare la biodiversità nell'area. Infatti avranno la funzione di attrazione e rifugio per la piccola fauna selvatica, inoltre alcune di esse sono specie mellifere essendo ricche di polline e nettare.

È previsto che le siepi abbiano una ampiezza sulla parte esterna della recinzione compresa tra 3 e 5 m, e raggiungano nel tempo un'altezza di almeno 2,6-2,8 m.

Le specie arbustive utilizzate per la realizzazione delle siepi sono quelle indicate nella tabella di seguito, sono tutte specie autoctone, e non a caso alcune di queste specie sono mellifere e pertanto possono favorire l'attività di raccolta del nettare effettuata dalle api bottinatrici.

Nella fase di attecchimento saranno effettuati interventi di irrigazione di soccorso con l'ausilio di autobotti da ripersi in casi di siccità prolungata. Si precisa inoltre che l'operazione di messa a dimora di suddette specie sarà effettuata nel periodo autunnale, come da specifica prassi agronomica, proprio per migliorare le capacità di attecchimento grazie anche alle precipitazioni del periodo.



Vista in sezione con siepe perimetrale

Tabella delle specie floristiche della siepe perimetrale

<p>Lentisco (<i>Pistacia lentiscus</i> L.)</p>	
	<p>E' un tipico arbusto della macchia mediterranea, si può consociare naturalmente con olivo, terebinto, corbezzolo, carrubo ecc. e tende a sostituire i lecceti nelle fasce climatiche più calde e aride; ha un portamento cespuglioso, raramente arboreo, in genere fino a 3-4 metri. Le foglie sono coriacee, di colore verde scuro; fiorisce tra aprile e maggio e le sue bacche di colore nero, maturano tra ottobre e dicembre. La zona fitoclimatica di vegetazione è il Lauretum. È una pianta eliofila, termofila e xerofila, resiste bene a condizioni prolungate di aridità, mentre teme le gelate. Non ha particolari esigenze pedologiche. Il Lentisco può essere considerato ubiquitario.</p>
<p>Erica (<i>Erica arborea</i> L. ed <i>Erica scoparia</i> L.)</p>	<p>Specie Mellifera</p>
	<p>Arbusti sempreverdi appartenenti alla macchia mediterranea, sono piante a crescita molto lenta, eliofile, esigono esposizioni molto soleggiate, prediligono terreni leggeri, acidi, tendenzialmente torbosi, non tollerano il calcare e sono molto resistenti alla siccità. L'Erica scoparia fiorisce tra maggio e giugno mentre l'Erica arborea fiorisce tra gennaio e marzo. Possono essere considerate ubiquitarie. Nel sito produttivo della Imerys è presente nelle aree rinaturalizzate, spesso associata alla ginestra spinosa al cisto ed all'ericca.</p>
<p>Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i> L.)</p>	<p>Specie Mellifera</p>
	<p>Arbusto molto diffuso in Sardegna, moderatamente termofilo, xerotollerante, può raggiungere e superare i 6 metri ed oltre di altezza, assumendo il portamento di un piccolo albero. Fiorisce tra ottobre e dicembre e le sue bacche maturano l'anno dopo la fioritura, tra ottobre e dicembre, raggiungendo le dimensioni di 1 - 2 cm con colore rosso vivo alla maturazione. Il corbezzolo è fortemente presente nelle aree rinaturalizzate del sito produttivo sia in seguito alle piantumazioni di piante di provenienza esterna, sia per la forte presenza autoctona che consente una forte propagazione naturale sia sui gradoni sia sulle alzate ad opera dell'avifauna.</p>

<p>Mirto (<i>Myrtus communis</i> L.)</p>	
	<p>Arbusto cespuglioso, molto diffuso in Sardegna, moderatamente termofilo, xerotollerante. Cespuglio sempreverde, può raggiungere i 3 metri d'altezza, spesso crea macchie dense e folte altre volte lo si trova isolato. Fiorisce tra giugno e luglio e le bacche maturano tra novembre e dicembre, raggiungendo le dimensioni di 0,7 – 1 cm. con colore blu – nerastro. E' un arbusto che si adatta bene nei terreni poveri e sassosi, sino di origine calcarea che silicea.</p>
<p>Alloro (<i>Laurus nobilis</i> L.)</p>	
	<p>L'alloro, originario del bacino del mediterraneo è una pianta dal portamento arbustivo o arboreo; il fusto è diritto, ma non regolare, notevolmente ramificato fin dalla base. La chioma assume un aspetto conico e le foglie sono sempreverdi, aromatiche, semplici e bifacciali, molto coriacee, ovali e dal margine intero. Pianta dioica con fiori unisessuali riuniti in caratteristiche ombrelle. La fioritura, di colore giallo chiaro, avviene a fine inverno o inizio primavera e il frutto che si origina è una bacca di colore nero lucido a maturazione. L'alloro è una pianta rustica tipica della macchia mediterranea ed è molto apprezzata dal punto di vista paesaggistico ed ornamentale. Predilige terreni profondi, ricchi di elementi nutritivi; si adatta ad esposizioni parzialmente ombreggiate e tollera bene gli ambienti costieri e marini.</p>
<p>Rosmarino (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)</p>	
	<p>Il rosmarino è un arbusto perenne, sempreverde, aromatico. Ha le foglie strette e lunghe con margini piegati verso il basso, verdi nella pagina superiore e bianco tomentose nella pagina inferiore. I fiori riuniti in gruppi sono di colore blu-lilla. Il frutto è costituito da 4 nucule marroni.</p> <p>Il periodo di fioritura è variabile a seconda dell'altitudine e della distanza dalla costa: nei litorali da ottobre a febbraio, nelle zone interne da marzo a luglio. Predilige terreni leggeri, sciolti e ben drenati tuttavia riesce a vivere anche in substrati asciutti e sabbiosi.</p>

Ginestra spinosa (<i>Calycotome spinosa</i>)	Specie Mellifera
	<p>La ginestra spinosa è una pianta arbustiva che può raggiungere 1.5 metri di altezza con rami lassi e talvolta ricurvi, con robuste spine, densamente pubescenti. Diffusa in tutta la Sardegna, è un arbusto caducifoglio, con rami molto intricati, spinosi e pungenti che rendono la vegetazione impenetrabile. Le foglie sono trifogliate poco pelose, con segmenti ovali interi, la pagina inferiore della foglia si presenta di colore bianco-argento e ricoperta da una patina lanosa; sono sottili e di colore verde scuro.</p> <p>La ginestra spinosa perde le foglie all'inizio dell'estate per difendersi dalla siccità e dalle alte temperature. I fiori sono gialli, isolati o a gruppi di due, papilionacei, distribuiti su tutto il ramo: sono riuniti in grappoli molto profumati.</p> <p>Fiorisce in primavera tra marzo e aprile.</p> <p>I frutti sono legumi lineari, oblungi di 2.5-3 cm, glabri o scarsi peli con semi rotondeggianti di colore bruno scuro. La ginestra spinosa sta rapidamente colonizzando i gradoni rinaturalizzati che nel periodo primaverile assumono una forte colorazione gialla dovuta all'elevato numero di ginestre presenti.</p>

3.2 Prato polifita

L'implementazione dell'impianto agrovoltaico comporta la semina ed il mantenimento di un prato polifita all'interno delle aree recintate di impianto.

Gli interventi di semina delle specie erbacee, per la realizzazione di praterie all'interno dell'impianto agrovoltaico, verranno eseguiti impiegando materiale raccolto in loco, ovvero il miscuglio naturale di sementi derivato dallo sfalcio opportunamente scelto delle specie pascolive autoctone dell'habitat 6220* (praterie xerofile a dominanza di graminacee), presenti in modo residuale nel comprensorio. La scelta dell'utilizzo del fiorume garantisce la continuità genetica e il mantenimento del carattere di rusticità delle specie erbacee presenti. La fase iniziale consisterà, pertanto, nella raccolta di sementi di specie caratteristiche delle praterie erbose secche seminaturali della zona, da utilizzare per interventi di ripristino. Dopo avere individuato le aree, avverrà in queste aree la raccolta dei semi tramite sfalcio del fiorume, in modo da tutelare contemporaneamente l'autoctonia e la variabilità genetica intraspecifica delle popolazioni da riprodurre. Le modalità di raccolta del materiale di propagazione saranno quelle raccomandate dalla britannica MSB (Millennium Seed Bank), in particolare per quanto riguarda la preservazione delle popolazioni spontanee fatte oggetto di raccolta. Lo sfalcio sarà pianificato secondo il calendario fenologico delle specie nelle varie aree selezionate, in modo da massimizzare il numero di specie presenti nel fiorume finale. Potranno anche essere eventualmente individuate alcune specie guida che possano fungere da indicatori del momento più idoneo alla raccolta che orientativamente si concentrerà principalmente tra la primavera e l'estate. Per ogni stock di fiorume raccolto saranno registrati i dati identificativi, tra cui origine del materiale di partenza (luogo di raccolta) e data di raccolta. La semina avverrà durante la stagione umida, ovvero nei mesi di ottobre - novembre. In attesa di essere seminato, il materiale raccolto sarà conservato temporaneamente in cella frigorifera utilizzata per la conservazione dei prodotti ortofrutticoli. Durante la conservazione sarà garantito il controllo della temperatura e il monitoraggio dell'umidità: questi due parametri saranno compresi tra 4-7°C e 40-50%.

Questa tecnica utilizzando solo specie erbacee autoctone permette, tra l'altro, di preservare la biodiversità nell'area evitando l'introduzione di specie vegetali che potrebbero essere nocive alle specie floristiche autoctone.

Specie da utilizzare per la realizzazione di praterie interne all'impianto agrovoltaico:

Relativamente alla ricostituzione dell'habitat 6220*, si provvederà alla semina delle seguenti specie erbacee autoctone, il cui seme sarà raccolto nelle praterie xeriche relittuali presenti nel comprensorio.

Tabella delle specie floristiche del prato polifita

<i>Stipa pennata</i>	<i>Phleum nodosum</i>	<i>Trisetum flavescens</i>	<i>Avena barbata</i>
<i>Cynosurus echinatus</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Poa spp.</i>	<i>Bromus fasciculatus</i>
<i>Brachypodium distachyum</i>	<i>Triticum villosum</i>	<i>Aegilops ovata</i>	<i>Hypericum perforatum</i>
<i>Medicago minima</i>	<i>Trifolium spp.</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Eryngium campestre</i>

3.3 Apicoltura

Altra attività svolta nell'ambito del progetto agrolivoltico è quella dell'apicoltura. La presenza di alveari sul sito comporta tre principali benefici:

- 1) Aumento della biodiversità vegetale e animale;
- 2) Produzione di miele di qualità e di origine certificata
- 3) Opportunità di porre in essere un progetto di biomonitoraggio certificato e diffuso alle Autorità ed Enti competenti

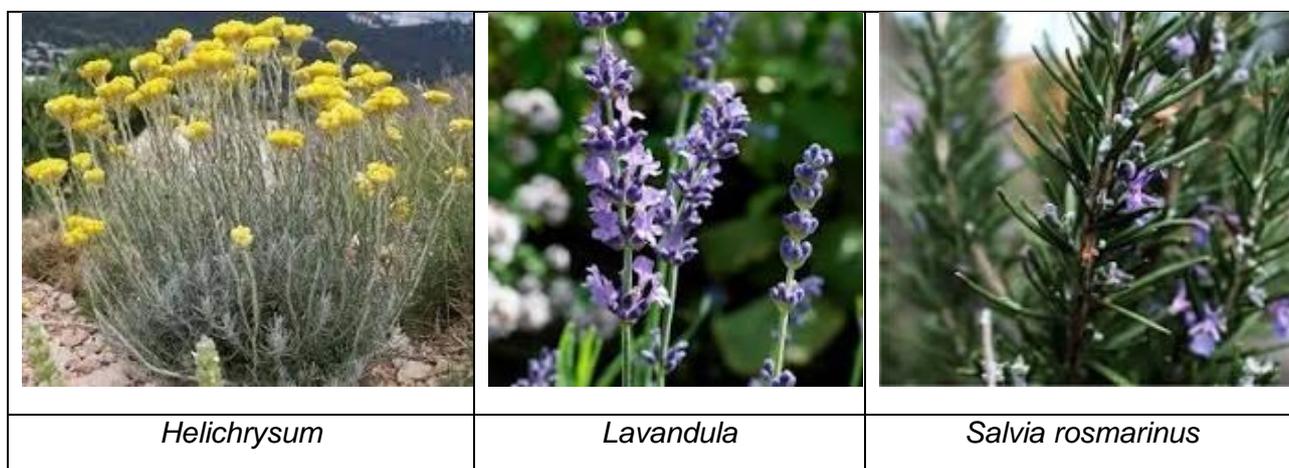
Progetto ambientale (3.3.c)

Le api garantiscono alle piante un'alta probabilità di **impollinazione** aumentando la loro presenza sul territorio e migliorando in tal modo la biodiversità di un territorio. L'aumento della presenza vegetale porta direttamente ad un aumento di altre specie di insetti, volatili e mammiferi che si nutrono di quelle piante, e quindi in generale ad un miglioramento dell'ecosistema. Nel caso specifico l'installazione degli alveari **sarà associata alla piantumazione di piante nettariifere**, ovvero di specie vegetanti di origine spontanea nella zona (*Helianthus annuus*, *Brassic napus var oleifera*, *Hedysarum coronarium*, *Trifolium pratense*, *Phacelia tanacetifolia*, *Fagopyrum esculentum*), *Salvia rosmarinus*, *Helichrysum*, *Lavandula*, la cui crescita e proliferazione sarà favorita dalla presenza degli alveari, con vantaggi in termini di rinaturalizzazione delle campagne, aumento della biodiversità e miglioramento dell'ecosistema, ma anche paesaggistici.

In definitiva sarà realizzata l'introduzione di ulteriori specie vegetali che contribuiranno all'aumento della biodiversità unitamente alle siepi perimetrali

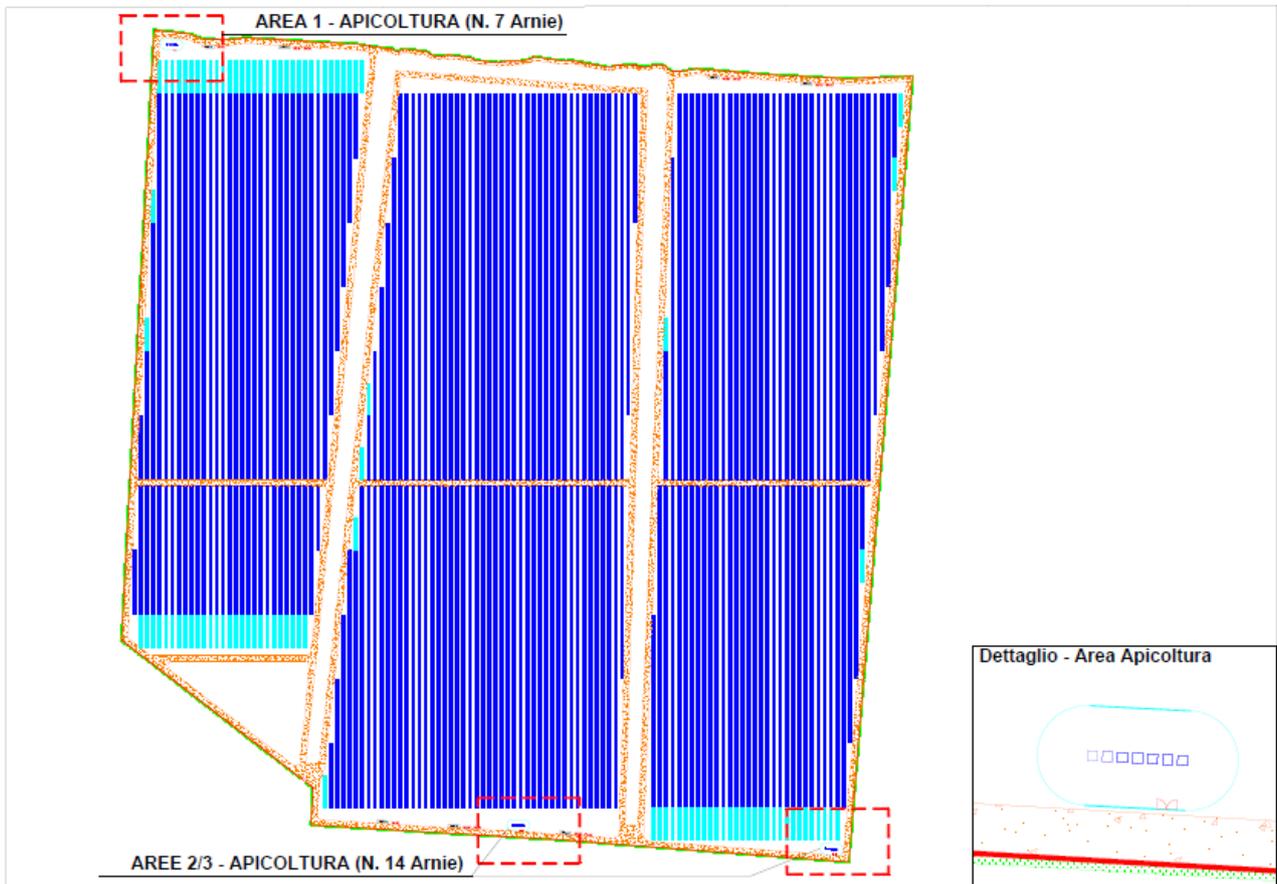
La piantumazione delle specie mellifere avverrà in alcuni punti all'esterno delle aree di progetto in prossimità delle siepi perimetrali.

Infine l'apicoltura permetterà la produzione di miele di qualità. Le parti dell'arnia contenente il miele da estrarre saranno trasferite in un laboratorio di smielatura, qui si provvederà ad estrarre il miele con smielatori a centrifuga. Il miele estratto subirà un processo di maturazione naturale e infine verrà confezionato per la distribuzione e vendita. Tipicamente si avranno due raccolte una in maggio (millefiori primaverile) e l'altra in settembre (millefiori estivo). **Il miele prodotto sarà di qualità, venduto in barattoli con un'etichetta che ne certificherà le caratteristiche e l'origine.**



Numero e disposizione arnie (3.3.a)

Si prevede di posizionare 21 arnie, disposte in gruppi di 7 localizzati lungo la fascia perimetrale dell'area di impianto, due gruppi sul lato Sud ed il terzo presso l'estremità a Nord-Ovest. Il posizionamento previsto è riportato negli elaborati grafici di progetto (E12a_ElaboratoGrafico_12a, E12b_ElaboratoGrafico_12b, E12d_ElaboratoGrafico_12d)



Disposizione delle aree di apicoltura

Costi e ricavi (3.3.b) / Soggetto conduttore (3.3.d)

L'attività di biomonitoraggio sarà realizzata dalla società URBEES di Antonio Barletta con sede ad Ostuni (BR), che ha redatto la Relazione di Progetto, è che già conduce in Italia attività di apicoltura e biomonitoraggio in progetti analoghi. In particolare è previsto che un operatore specializzato locale si occupi dell'estrazione del miele e della gestione degli alveari.

Tutta l'attività di biomonitoraggio sarà condotta in partnership con l'Università Cattolica di Piacenza (dott.ssa Ilaria Negri) che raccoglierà dati e campioni ed assicurerà la validità scientifica dei dati e dell'analisi effettuata.

Tutti i dati di validità scientifica del biomonitoraggio saranno messi a disposizione delle Amministrazioni Locali a titolo gratuito, inoltre a margine della realizzazione del progetto di apicoltura e biomonitoraggio saranno organizzate visite, incontri e divulgazione dei dati raccolti presso gli istituti scolastici della zona.

Per quanto attiene i costi di mantenimento e gestione di tutta l'attività di apicoltura e biomonitoraggio saranno completamente a carico della società proponente il

progetto (Whysol E-Sviluppo S.r.l.), solo in piccola parte compensati dalla vendita di miele (biologico) di alta qualità.

Di seguito si riporta la tabella dei costi proposti dalla URBEES e accettati dalla Whysol, relativi all'installazione delle arnie e alla gestione delle attività di apicoltura e biomonitoraggio per il **primo** triennio, da aggiornare, ovviamente, per gli anni a seguire. A questi costi si aggiungono quelli di analisi e validazione scientifica da parte dell'Istituto Universitario (Università Cattolica di Piacenza) da definire.

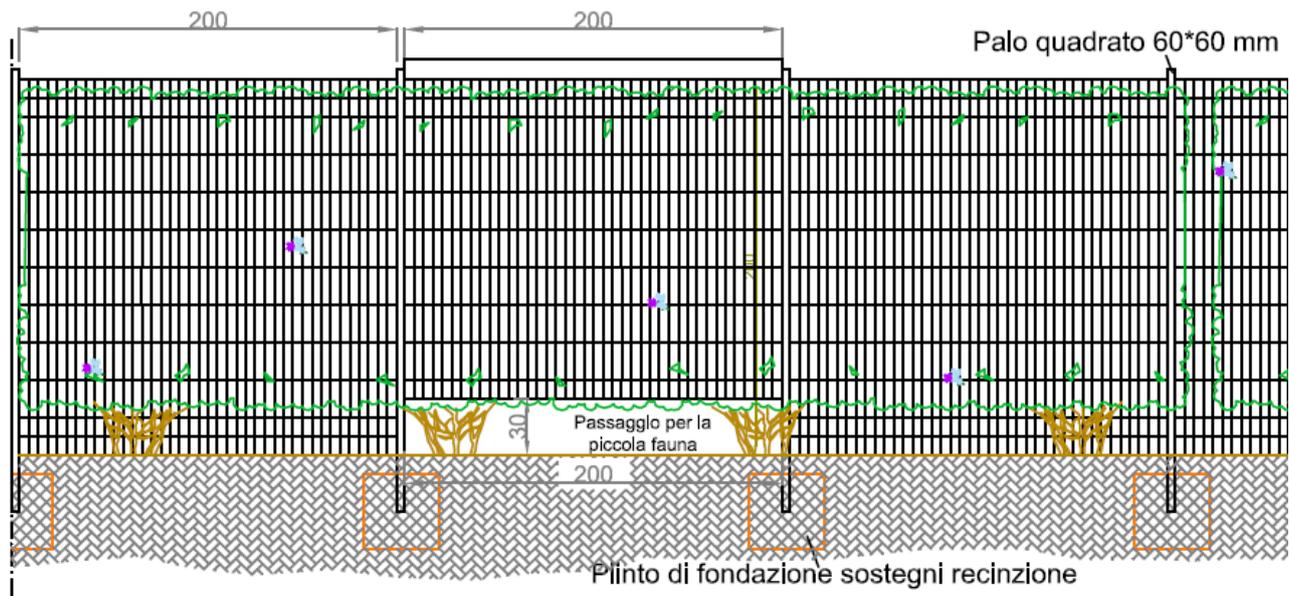
Voce di spesa	Importo unitario	Q.tà per 3 anni	Totali
Organizzazione e gestione	2.000,00 €	3	6.000,00 €
Costo Arnie	171,00 €	21	3.591,00 €
Famiglie api	102,00 €	21	2.142,00 €
Installazione	202,00 €	3	606,00 €
Abbigliamento	62,00 €	2	124,00 €
Sicurezza	150,00 €	3	450,00 €
Varie	313,00 €	2	626,00 €
Smielatura/Confezionamento	1.900,00 €	3	5.700,00 €
Apicoltore	3.750,00 €	3	11.250,00 €
Remote monitoring	550,00 €	3	1.650,00 €
Costo totale apicoltura			32.139,00 €

Tabella riepilogativa delle specie vegetale autoctone che si intende piantumare nell'ambito del progetto agrovoltico

Comparti	Specie da utilizzare
Piante mellifere	<i>Helianthus annuus</i> , <i>Brassic napus</i> var <i>oleifera</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Phacelia tanacetifolia</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Salvia rosmarinus</i> , <i>Helichrysum</i> , <i>Lavandula</i>
Siepe mista perimetrale	<i>Lentisco</i> (<i>Pistacia lentiscus</i> L.), <i>Erica</i> (<i>Erica arborea</i> L. ed <i>Erica scoparia</i> L.), <i>Corbezzolo</i> (<i>Arbutus unedo</i> L.), <i>Mirto</i> (<i>Myrtus communis</i> L.), <i>Alloro</i> (<i>Laurus nobilis</i> L.), <i>Rosmarino</i> (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.), <i>Ginestra spinosa</i> (<i>Calycotome spinosa</i>)
Specie Habitat 6220*	<i>Stipa pennata</i> , <i>Phleum nodosum</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Avena barbata</i> , <i>Cynosurus echinatus</i> , <i>Dactylis glomerata</i> . <i>Poa</i> spp., <i>Bromus fasciculatus</i> , <i>Brachypodium distachyum</i> , <i>Triticum villosum</i> , <i>Aegilops ovata</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Medicago minima</i> , <i>Trifolium</i> spp., <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Eryngium campestre</i> .

3.4 Aperture lungo la recinzione perimetrale

La mitigazione delle interferenze dell'opera con le piccole specie di fauna locale sarà condotta mediante la realizzazione di un certo numero di varchi lungo la recinzione (circa ogni 30 m). Tali varchi saranno realizzati tra due sostegni successivi della rete, per una larghezza prevista di 2,00 m ed avranno altezza di 30 cm, così come riportato anche nell'elaborato grafico *E17_ElaboratoGrafico_17 – Particolare recinzione e cancelli*, del quale si riporta stralcio



Particolare della recinzione con varco per il passaggio della piccola fauna

Dal punto di vista delle alternative progettuali a questa soluzione, si riportano le seguenti considerazioni:

- Luce libera continua: alternativa che risulta non percorribile in quanto comporta eccessivi rischi dal punto di vista della sicurezza e della funzionalità dell'impianto; impianto che sarà protetto anche da sistemi di allarme e videosorveglianza che sarebbero soggetti a continui allarmi, specie in ore notturne;
- Apertura continua di altezza 10 cm: seppur con maggiore estensione dal punto di vista lineare, di fatto l'altezza contenuta limiterebbe le specie e le taglie interessate, con una funzione di mitigazione limitata rispetto a quella garantita dalla soluzione di progetto.

PAESAGGIO

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

4.1 Ai fini di una completa valutazione degli impatti sul paesaggio, si richiede di:

4.1.a aggiornare lo Studio di Impatto Ambientale tenendo conto del possibile effetto cumulativo con altri progetti realizzati, progetti provvisti di titolo di compatibilità ambientale, progetti per i quali i lavori di realizzazione siano già iniziati e progetti per i quali è in atto la procedura di VIA.

4.1.b Fornire adeguati fotoinserimenti della siepe perimetrale di cui al punto 3.1.

Si rimanda al documento *Integr01_IntegrazioniSIA*

Qui evidenziamo che Da nostre verifiche documentali, cartografiche e da sopralluoghi in campo abbiamo verificato che **non esistono altri impianti FER (eolici e fotovoltaici) all'interno dell'Area Vasta ovvero in un intorno di 3 km dal perimetro dell'Area di Progetto**. La verifica è stata effettuata con riferimento a:

- Impianti esistenti in esercizio
- Impianti in costruzione
- Impianti che abbiano ottenuto l'autorizzazione finale alla costruzione
- Impianti che abbiano ottenuto l'autorizzazione ambientale (VIA o Screening VIA)

Per questo motivo non è stata condotta una verifica di Impatti Cumulativi.

Per quanto riguarda i fotoinserimenti si rimanda al documento **Integr02_Fotoinserimenti**

USO DEL SUOLO

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

Posto che nel documento di Studio Ecologico si chiara che “sotto il profilo agronomico, la realizzazione dell’impianto prevede il mantenimento dell’uso agricolo, conservando una copertura vegetante erbacea (pascolo).” Al fine di meglio comprendere l’impatto del progetto sul sistema agricolo, si chiede di:

5.a fornire maggiori dettagli di come l’intervento proposto mantenga la continuità nello svolgimento delle attività agricole e pastorali, con particolare riferimento ai relativi sistemi di monitoraggio, come previsto dall’Articolo 31 comma 5 del Decreto legge n° 77 del 31 maggio 2021.

Per quanto attiene questo punto si rimanda all’elaborato - *Studio pedologico e piano di monitoraggio.*

ARIA E CLIMA

Richiesta Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

Ai fini della completa valutazione degli impatti sull'atmosfera e sul clima si richiede di fornire per ciascuna delle fasi di vita del Progetto (cantierizzazione, esercizio e dismissione) un documento di sintesi contenente una tabella riepilogativa che riporti:

6.a l'analisi delle emissioni di inquinanti in atmosfera, specificando anche le simulazioni modellistiche utilizzate, e le eventuali misure di mitigazioni da implementare;

6.b la quantificazione delle risorse naturali necessarie in termini di energia e di materiali utilizzati

6a - Analisi delle emissioni inquinanti

Fase di cantiere - Polveri

Durante le fasi di cantiere si prevede un possibile impatto sulla componente aria in termini di produzione di polveri e inquinanti, causato dall'impiego di mezzi e dalla movimentazione terre.

I mezzi impiegati per la movimentazione del materiale in cantiere potranno produrre, con le loro emissioni, microinquinanti in atmosfera che, essendo costituiti in prevalenza da particelle sedimentabili, saranno circoscritti alla zona di impianto e non raggiungeranno le zone abitate.

Le attività di scavo inoltre potranno provocare il sollevamento di polveri. Per limitare gli impatti sopra descritti si utilizzeranno mezzi conformi alle normative sulle emissioni e si provvederà, dove possibile, a inumidire il terreno prima delle attività di scavo e movimentazione.

In ogni caso, tale impatto, data la scarsa entità dei mezzi coinvolti e delle operazioni di movimentazione terre, si può considerare di lieve entità, oltre che di breve durata e reversibile, il tutto, considerando anche che, durante il normale utilizzo delle aree agricole vi sono analoghe emissioni in atmosfera, sia di polveri che di gas di scarico, per effetto dei mezzi agricoli (aratri, fresatrici, sarchiatrici, ecc.) durante le attività di coltivazione delle aree.

Si prevede principalmente l'impiego di escavatori, pale gommate, autocarri; i materiali scavati potranno essere temporaneamente stoccati in apposite aree interne al cantiere oppure, immediatamente reimpiegati nel medesimo sito nelle operazioni di messa in sicurezza e bonifica.

Al fine di ridurre le emissioni in atmosfera verranno adottate le seguenti misure di mitigazione e prevenzione:

- I mezzi di cantiere saranno sottoposti, a cura di ciascun appaltatore, a regolare manutenzione come da libretto d'uso e manutenzione;
- Nel caso di carico e/o scarico di materiali o rifiuti, ogni autista limiterà le emissioni di gas di scarico degli automezzi, evitando di mantenere acceso il motore inutilmente;

- Manutenzioni periodiche e regolari delle apparecchiature contenenti gas ad effetto serra (impianti di condizionamento e refrigerazione delle baracche di cantiere), avvalendosi di personale abilitato

Al fine di ridurre il sollevamento polveri derivante dalle attività di cantiere, verranno adottate le seguenti misure di mitigazione e prevenzione:

- Circolazione degli automezzi a bassa velocità per evitare il sollevamento di polveri;
- Nella stagione secca, eventuale bagnatura con acqua delle strade e dei cumuli di scavo stoccati, per evitare la dispersione di polveri;
- Lavaggio delle ruote dei mezzi pesanti, prima dell'immissione sulla viabilità pubblica, per limitare il sollevamento e la dispersione di polveri, con approntamento di specifiche aree di lavaggio ruote.

Nel seguito si riportano le valutazioni delle principali attività associate al cantiere che interesseranno la qualità dell'aria.

Per la stima delle emissioni polverulente è stata utilizzata la metodologia riportata nelle "Linee Guida ARPAT per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti disponibili nel sito web di ARPAT all'indirizzo <http://www.arp.at.toscana.it/> per la quale saranno dettagliate le scelte effettuate ed argomentati i calcoli eseguiti.

L'analisi delle emissioni diffuse di polveri indotte per la preparazione dell'area e per il trasporto verso l'esterno delle terre in eccesso ha comportato l'individuazione delle diverse possibili sorgenti che generano un'emissione di questo tipo. Queste sono state raggruppate in tre macrocategorie di seguito indicate:

- scotico e sbancamento del materiale;
- erosione del vento dai cumuli;
- transito di mezzi su strade non asfaltate.

Per ognuna delle categorie individuate si è fatto riferimento a specifiche modalità di stima delle emissioni di polveri riportate nelle Linee Guida di riferimento che prevedono di effettuare il calcolo del quantitativo di polveri emesse secondo la seguente equazione generale:

$$E = A \times EF \times (1-ER/100) \quad [1]$$

Dove:

E = emissione di polvere;

A = tasso di attività. Con questo, secondo i casi, si può indicare ad esempio il quantitativo di materiale movimentato o soggetto a caduta piuttosto che l'area esposta soggetta all'erosione del vento;

EF = fattore di emissione unitario;

ER = fattore di efficienza per la riduzione dell'emissione. Può includere ad esempio attività di bagnatura strade per evitare l'alzarsi della polvere.

Vengono di seguito elencate le metodologie di calcolo delle emissioni di PM10 suddivise sulla base delle diverse tipologie di attività.

Le attività di scavo previste in cantiere sono:

- Scavo trincee cavidotti interni BT
- Scavo trincee cavidotti interni MT
- Scavo cavidotto esterno da aree di impianto a SSE
- Scavo di sbancamento per strade perimetrali e interne aree impianto fotovoltaico
- Scavi di sbancamento cabine elettriche impianto fotovoltaico

Come si evince dal Piano di utilizzo il bilancio finale delle materie è il seguente

Destinazione dei materiali rinvenuti dagli scavi

Tipologia materiale	Quantità (mc)	riutilizzo per rinterri	riutilizzo per miglioramenti fondiari	riutilizzo per fondazione stradale	discarica/centro recupero
<i>Terreno Vegetale</i>	10.844,77	1.748,76	9.096,01	0,00	0,00
<i>Sabbia/calcarenite</i>	14.615,22	9.609,98	0,00	5.005,24	0,00

In pratica sia il terreno vegetale che il materiale sabbioso/argilloso saranno completamente riutilizzati per rinterri e ripristini.

In pratica è previsto lo scavo di circa **25.400 mc** di terreno. Poiché le operazioni di scavo e di riempimento potranno anche non essere immediatamente consecutive, si ipotizza che i materiali destinati a miglioramenti fondiari (terreno vegetale) e quelli che saranno utilizzati per la realizzazione della fondazione stradale (sabbia/calcarenite), pari a circa **14.000 mc**, saranno stoccati in apposite aree mentre, i restanti **11.400 mc** saranno immediatamente riutilizzati. Va precisato che i **14.000 mc non saranno mai stoccati tutti insieme**, poiché man mano che saranno generati nelle operazioni di scavo verranno provvisoriamente spostati in aree preposte per poi essere subito riutilizzati in sito. È stimato un periodo di **150 giorni** per la realizzazione dei lavori in tale fase.

Fase 1 -Scavi

Lo scavo viene effettuato di norma con ruspa o escavatore. Tali attività producono delle emissioni polverulente. Nella tabella seguente si riportano i fattori di emissione relativi al trattamento del materiale superficiale, proposti dalla Linee Guida per determinate attività con il relativo codice SCC. Tali valori sono disponibili sul database FIRE1.

SCC	operazione	Fattore di emissione in kg	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		kg per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9,3 \times 10^{-4} \times (H/0,30)^{0,7}}{M^{0,3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	kg per ogni m ³ di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		kg per ogni Mg di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		kg per ogni Mg di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0,3375 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	kg per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		kg per ogni Mg di materiale processato

Tab. A – fattori di emissione per il PM10 relativi alle operazioni di scavo

Le emissioni dovute a tali tipologie di attività vengono calcolate secondo la formula:

$$E_i(t) = \sum AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t) \rightarrow [2] \uparrow$$

dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- l = processo;
- m = controllo;
- t = periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.);
- E_i rateo emissivo (kg/h) dell'i-esimo tipo di particolato;
- AD_l = attività relativa all'l-esimo processo (ad es. kg materiale lavorato/ora);
- EF_{i, l, m} = fattore di emissione (kg/ton).

Nel caso specifico sono stati utilizzati i seguenti valori/assunzioni:

- Durata = 150 giorni lavorativi;
- Volume da scoticare/scavare = 25.400 mc;
- Densità terreno = 1.700 kg/m³;
- Fattore emissivo = 0,0075 (kg/t);

Come riportato nella precedente Tabella a è stato utilizzato il fattore emissivo previsto per operazioni di scavo e carico su camion identificato dal codice SCC-3-05-010-37.

Per tale attività si prevede, nei periodi siccitosi, di realizzare una bagnatura dell'area interessata dalle operazioni di scavo con acqua ad intervalli periodici e regolari. Il calcolo del coefficiente di abbattimento C (%) è stato effettuato utilizzando la formula proposta da Cowherd et al (1998), riportata al Paragrafo 1.5.1 delle Linee Guida. Nel caso specifico

l'efficienza di abbattimento del bagnamento è risultata pari al 96,7%, per la cui stima sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Potenziale medio evapotraspirazione giornaliera = 0,34 mm/h;
- Thr = 12 mezz/h;
- I = 1 l/mq;
- t = 1 h trascorse tra una bagnatura e l'altra.

Assumendo il coefficiente di abbattimento sopra riportato ed applicando la [2] si è ottenuto il valore totale di emissione di polveri indotta dalle attività di scotico e scavo per l'allestimento della postazione in oggetto; tale valore risulta pari a **3,6 g/h**.

Fase 2 –Erosione del vento da cumuli

Un cumulo di materiale aggregato, stoccato all'aperto, è soggetto all'azione erosiva del vento che può dare luogo, in tal modo, ad un'emissione di polvere. Le superfici di tali cumuli sono caratterizzate da una disponibilità finita di materia erodibile, la quale definisce il cosiddetto potenziale di erosione.

Poiché è stato riscontrato che il potenziale di erosione aumenta rapidamente con la velocità del vento, le emissioni di polveri risultano essere correlate alle raffiche di maggiore intensità. In ogni caso, qualsiasi crosta naturale-artificiale e/o attività di umidificazione della superficie dei cumuli è in grado di vincolare tale materia erodibile, riducendo così il potenziale di erosione.

La metodologia di stima prevista dalle Linee Guida per la valutazione delle emissioni diffuse dovute all'erosione eolica dei cumuli di stoccaggio materiali all'aperto prevede di utilizzare l'emissione effettiva per unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse.

Il tasso emissivo orario si calcola secondo la seguente espressione:

$$E_i \text{ (kg/h)} = E_{Fi} \cdot a \cdot \text{movh} \quad [3]$$

Dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM 2.5)

movh = numero di movimentazioni/ora

a = superficie dell'area movimentata in mq

E_{Fi} , i , m = fattore di emissione areali dell' i -esimo tipo di particolato (kg/mq)

Per il calcolo del fattore di emissione areale viene effettuata una distinzione dei cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro, oltre ad ipotizzare, per semplicità, che la forma di un cumulo sia conica, a base circolare. Dai valori di altezza del cumulo (H in m), intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta, e dal diametro della base (D in m), si individua il fattore di emissione areale dell' i -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione. I fattori di emissione sono riportati nella seguente tabella.

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2.5}	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5 E-04
PM _{2.5}	3.8 E-05

Tab. b - Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

Nel caso specifico sono stati utilizzati i seguenti valori/assunzioni:

Durata = 150 giorni lavorativi;

- Volume da scaricare = 14.000 mc, corrispondente alla parte del materiale scavato destinato allo stoccaggio in attesa del riutilizzo;
- Densità terreno vegetale= 1.700 kg/mc;
- Portata camion = 30 t;
- Fattore emissivo = $5,0 \times 10^{-4}$ (kg/t); tale fattore emissivo, identificato dal codice SCC-3-05-010-42 e riportato nella precedente Tabella a, è relativo alle emissioni polverulente generate dallo scarico dei camion di materiale scavato.

Si specifica che l'emissione relativa allo scarico del materiale dal camion è stata raddoppiata al fine di considerare le emissioni polverulente indotte dalla movimentazione del materiale stesso dopo lo scarico durante le operazioni di sistemazione in rilevato.

Analogamente a quanto considerato per le attività di scotico e scavo, anche per la presente attività si prevede di realizzare, nei periodi siccitosi, una **bagnatura con acqua ad intervalli periodici e regolari** dell'area interessata dallo scarico di camion del materiale scavato e destinato a stoccaggio/riutilizzo all'interno del perimetro del piazzale. Il calcolo del coefficiente di abbattimento C (%) è stato effettuato utilizzando la formula proposta da Cowherd et al (1998), riportata al Paragrafo 1.5.1 delle Linee Guida. Nel caso specifico l'efficienza di abbattimento del bagnamento è risultata pari al 96,7%, per la cui stima sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Potenziale medio evapotraspirazione giornaliera = 0,34 mm/h;
- Thr = 12 mezzi/h;
- I = 1 l/m²;
- t = 1 h trascorse tra una bagnatura e l'altra

Assumendo il coefficiente di abbattimento sopra riportato per tale opera di mitigazione ed applicando la [3] si è ottenuto il valore di emissione di polveri indotta dallo scarico del

materiale scavato per la messa a parco e dalla sua movimentazione; tale valore risulta pari a **0,91 g/h**

Fase 3: transito dei mezzi su strade non asfaltate (interne al cantiere)

Il transito di automezzi su strada può determinare un'emissione diffusa di polveri che è funzione del tipo di strada (asfaltata o non asfaltata). Per la stima delle emissioni diffuse dalle strade non asfaltate, le Linee Guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 13.2.2 "Unpavedroads" dell'AP-42, di seguito riportato:

$$EF_i = k_i \left(\frac{s}{12} \right)^{a_i} \times \left(\frac{W}{3} \right)^{b_i} \quad [4]_{\text{a}}$$

Dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- s = contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);
- W = peso medio del veicolo;
- EF = Fattore di emissione della strada non asfaltata (g/km);
- Ki, ai, bi = coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono riportati nella tabella seguente.

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM _{2.5}	0.0423	0.9	0.45

Tab. c - Valori dei coefficienti Ki, ai, bi al variare del tipo di particolato

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico.

Per il calcolo dell'emissione finale, Ei, si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno. L'espressione finale sarà quindi:

$$E_i = EFi \times kmh \quad [5]$$

Dove:

- i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);
- kmh = percorso di ciascun mezzo nell'unità di tempo(km/h).

Nelle Linee Guida si specifica che l'espressione [4] è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1,8% ed il 25,2%. Tuttavia, poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche suggeriscono di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%.

Il materiale scavato nell'area, pari a circa 25.400 mc, dopo lo scavo una quota parte pari a circa 11.400 mc verrà immediatamente reimpiiegato per rinterri, i restanti 14.000 mc saranno stoccati nell'area di cantiere per riutilizzi in tempi successivi.

La stima delle emissioni polverulente generate da tale attività è stata effettuata utilizzando i seguenti valori/assunzioni:

- durata = 150 giorni lavorativi;
- Volume da movimentare = 14.000 mc;
- Densità terreno vegetale = 1.700 kg/mc;
- Portata camion = 30 t;
- Numero di transiti all'ora = 12 mezzi/h;
- K_i , a_i , b_i = 0,423, 0,9 e 0,45; tali coefficienti sono quelli proposti dalle Linee Guida per il PM10 e riportati nella Tabella c;
- s = 17%; la percentuale scelta è un valore medio tra quelle suggerite dalle Linee Guida (comprese nell'intervallo tra 12% e 22%) in mancanza di informazioni specifiche;
- W = 25 t; tale parametro è stato stimato considerando il peso medio tra la condizione a pieno carico e quella a vuoto nella considerazione che in tale fase nella movimentazione vi sia un percorso di arrivo a vuoto ed un percorso di partenza con carico o viceversa;
- L = 400 m; tale distanza corrisponde alla lunghezza stimata del tratto percorso da ciascun camion all'interno del cantiere (comprensivo di andata e ritorno).

Anche per la presente attività si prevede di realizzare, nei periodi siccitosi, una bagnatura dell'area interessata dalla movimentazione dei mezzi di trasporto del materiale di scavo con acqua ad intervalli periodici e regolari.

Per l'attività di trasporto del materiale scavato all'interno dell'area di cantiere il calcolo del coefficiente di abbattimento C (%) è stato effettuato utilizzando la formula proposta da Cowherd et al (1998), riportata al Paragrafo 1.5.1 delle Linee Guida. Nel caso specifico l'efficienza di abbattimento del bagnamento è risultata pari al 98,4%, per la cui stima sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Potenziale medio evapotraspirazione giornaliera = 0,34 mm/h;
- Thr = 12 mezzi/h;
- I = 2 l/m²;
- t = 1 h trascorse tra una bagnatura e l'altra.

Assumendo il coefficiente di abbattimento sopra riportato ed applicando la [4] e la [5] si è ottenuto il valore di emissione di polveri totale indotto dal transito dei mezzi per il trasporto della totalità del materiale scavato all'interno dell'area di cantiere; tale valore risulta pari a **1,65 g/h**.

Determinazione dell'emissione totale

Per la determinazione dell'emissione totale di PM10 durante le varie operazioni di scavo, movimentazione e stoccaggio dei materiali, comprensiva del trasporto verso l'interno delle terre in eccesso, sono stati sommati i contributi emissivi relativi ad ogni attività potenzialmente generatrice di emissioni pulverulente.

Nella tabella seguente si riportano in forma sinottica le attività considerate. Nella colonna di destra si riporta il contributo emissivo totale indotto dalla realizzazione delle operazioni di cantiere.

ATTIVITA'	Emissione singola attività [g/h]	Emissione globale macro fase [g/h]	Durata (giorni)
Scavi	3,6		
Transito mezzi su strade non asfaltate aree di cantiere	0,91		
Erosione del vento	1,65		
	6,17	6,17	150

Sulla base della tipologia ed organizzazione delle attività previste, le emissioni diffuse di polveri (PM10) indotte dalle attività di cantiere non generano interferenze significative sulle aree circostanti e pertanto, non sussistono rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria per il PM10 previsti per legge.

Fase di cantiere - Emissioni da gas di scarico dei mezzi meccanici di cantiere

Nella fase cantieristica si prevede l'impiego di escavatori, pale gommate, autocarri ed altri mezzi. In particolare, ai fini della quantificazione delle emissioni in fase di cantiere, sono stati considerati:

- i motori dei mezzi di lavoro (emissione di CO, NOx, SOV, polveri);
- il movimento di terra (sollevamento polveri);
- il moto dei mezzi di lavoro (sollevamento polveri) – Metodologia AP-42 della US-EPA (capitolo Unpaved Roads);
- Il movimento di terra durante le fasi di scavo (sollevamento polveri) – metodologia AP-42 della USEPA (capitolo Western surface coal mining);
- l'erosione del vento (sollevamento polveri) – metodologia AP-42 (capitolo Industrial wind erosion).

L'emissione di SO₂ è da ritenersi assolutamente trascurabile dal momento che i fattori di emissione generalmente utilizzati per il calcolo delle emissioni dei mezzi di costruzione si basano su valori caratteristici di combustibili a basso contenuto di zolfo (i fattori di emissione utilizzati per il calcolo delle emissioni di NO_x sono generalmente di due ordini di grandezza superiori rispetto a quelli caratterizzanti le emissioni di SO₂). Di seguito è riportato il dettaglio per la stima dei suddetti contributi.

Emissioni dai motori dei mezzi di costruzione

Al fine di valutare le emissioni indotte dai motori dei mezzi di lavoro, la fase di cantiere è stata suddivisa in macrofasi di lavoro che si alterneranno durante l'effettiva durata delle attività di costruzione. Per quanto riguarda le attività di costruzione dello stabilimento nautico, sono state considerate tre macrofasi di lavoro con associato un determinato tipo di strumentazione:

- Movimento terra o lavori civili,
- Opere Meccaniche,
- Opere elettrico-strumentali.

Per ogni macrofase di lavoro è stato considerato il funzionamento simultaneo di un determinato numero e tipologia di mezzi di lavoro. Nelle seguenti tabelle vengono riportati, per ogni macrofase, la tipologia di mezzi di cantiere, il numero di tali mezzi e il numero di ore giornaliere di impiego di ogni singolo mezzo. Applicando i fattori di emissione SCAB *Fleet Average Emission Factors* dei mezzi di costruzione relativi all'anno 2016, tenendo conto del numero di mezzi impiegati e del numero di ore di lavoro giornaliere di ciascuno di essi, si ottengono le emissioni giornaliere in kg/giorno riportate in Tabella 1. Tali emissioni sono state calcolate considerando il numero di ore di utilizzo di ciascun mezzo e si riferiscono al totale per tipologia di mezzo. Il numero di ore di funzionamento e il numero di mezzi è stato opportunamente valutato in modo da rappresentare uno scenario emissivo realistico. Per facilità di calcolo sono state individuate tre macroaree rappresentative dell'intero cantiere.

SCAVI, MOVIMENTO MATERIALI, LAVORI EDILI						
Tipologia di mezzo	N./g	Ore/g	SOV (kg/g)	CO (kg/g)	NOx (kg/g)	PM (kg/g)
Escavatori	3	6	0.807	4.256	5.391	0.271
Pale caricatori gommate	1	2	0.055	0.335	0.369	0.023
Autocarri ribaltabili	2	4	0.034	0.114	0.213	0.009
Terna escavatore	1	5	0.138	0.837	0.923	0.059
Rullo compattatore	1	2	0.072	0.358	0.478	0.032
Pompe calcestruzzo	1	2	0.051	0.253	0.347	0.022
Autobetoniera	1	2	0.008	0.029	0.053	0.002
Gru	1	3	0.155	0.580	1.277	0.053
Fork lift 2 t	1	3	0.058	0.298	0.383	0.019
Generatore 20 kW	1	2	0.022	0.074	0.136	0.007
Compressore aria	2	3	0.192	0.873	1.287	0.087
Dumper	1	3	0.013	0.043	0.080	0.003
Piastra vibrante	1	4	0.009	0.048	0.057	0.002
TOTALE (kg/g)			1.613	8.095	10.996	0.020

OPERE IMPIANTISTICHE						
Tipologia di mezzo	N.	Ore	SOV (kg/g)	CO (kg/g)	NOx (kg/g)	PM (kg/g)
Gru	3	4	0.619	2.321	5.109	0.211
Paywelder	3	5	1.763	6.691	14.214	0.584
Motosaldatrici	4	5	0.438	1.769	1.972	0.153
Autocarro	2	6	0.050	0.171	0.320	0.013
Compressori	1	2	0.064	0.582	0.858	0.058
Impianto di sabbiatura	1	2	0.115	0.429	0.918	0.039
Impianto di controlli CND	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Pompe alta pressione	1	1	0.025	0.126	0.174	0.011
Pompe di riempimento	1	1	0.025	0.126	0.174	0.011
TOTALE (kg/g)			3.100	12.216	23.739	1.079

OPERE ELETTRICO-STRUMENTALI						
Tipologia di mezzo	N.	Ore	SOV	CO	NOx	PM
			(kg/g)	(kg/g)	(kg/g)	(kg/g)
Gru	1	3	0.0830	0.5020	0.5538	0.0351
Paywelder	1	3	0.0126	0.0428	0.0799	0.0032
TOTALE (kg/g)			0.096	0.545	0.634	0.038

Ricapitolando:

Attività	SOV	CO	NOx	PM
	[kg/g]	[Kg/g]	[Kg/g]	[Kg/g]
Movimento terra - lavori civili	1.613	8.095	10.996	0.020
Opere impiantistiche	3.100	12.216	23.739	1.079
Opere elettrico - strumentali	0.096	0.545	0.634	0.038
TOTALI	4.809	20.856	35.369	1.137

Fase di esercizio

Nella fase di esercizio la movimentazione di mezzi è veramente limitata, si può limitare ad un automezzo leggero che effettua una volta al giorno per 5 giorni alla settimana una ricognizione lungo le piste perimetrali dell'impianto. Pertanto non si ritiene che abbia senso parlare di emissioni di polveri o gas di scarico di automezzi in atmosfera.

D'altra parte però la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica evita emissioni di gas con effetto serra in atmosfera rispetto ad una situazione in cui la stessa quantità di energia sia prodotta con fonti combustibili tradizionali.

Sulla base del mix di produzione energetica nazionale italiana, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) in uno studio del 2020, valuta che la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di **289,9 g CO₂**. Tale valore tiene anche in conto il fatto che sebbene nella fase di esercizio le fonti rinnovabili non producano emissioni nocive, nella fase di costruzione dei componenti di impianto (p.e. moduli fotovoltaici), si genera una pur piccola quantità di emissioni di gas nocivi con effetto serra.

Tabella 4.9 – *Fattore di emissione di gas serra del settore elettrico per la produzione di elettricità (g CO₂eq / kWh) nei principali Paesi europei e in EU28. Dati in ordine decrescente del valore del 2018.*

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
EU28	474,5	435,0	398,3	386,0	341,6	312,3	294,6	289,3	273,4
Polonia	822,3	788,3	768,2	742,3	716,2	666,3	651,0	641,4	639,9
Germania	640,3	606,1	535,7	499,8	468,5	449,1	445,7	413,2	398,6
Italia	575,9	546,9	497,8	477,7	391,0	324,6	311,9	307,7	289,9
Spagna	438,8	468,5	444,2	407,2	239,8	304,3	258,9	303,1	271,6
Regno Unito	690,5	560,6	485,5	507,4	468,0	378,6	297,3	264,5	248,6
Francia	111,3	75,4	76,5	80,0	76,5	55,1	60,1	68,4	52,1
Svezia	12,0	23,5	22,9	23,4	34,1	17,4	19,1	19,5	20,6

Fonte: fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali paesi europei – ISRA 2020 – Documento 317/2020

L'impianto di progetto ha una potenza installata di 30.884,40 kWp e una produzione annua netta attesa di circa 1.902 kWh/kWp.

In pratica, la produzione annua si attesta su circa:

58.767.000 kWh

Con mancata emissione annua di CO₂ pari a:

58.767.000 kWh x 0,2899 kg = 17.036 ton/anno

Fase di dismissione

Le lavorazioni nella fase di dismissione per quanto attiene agli scavi sono molto simili a quelle di costruzione dell'impianto, pertanto i dati calcolati per la fase di cantiere si possono ritenere sostanzialmente validi anche per la fase di dismissione dell'impianto.

6b - Risorse necessarie in termini di energia e materiali

Obiettivo dello studio

L'obiettivo dello studio è la quantificazione delle risorse naturali necessarie in termini di energia e di materiali utilizzati ai fini della valutazione degli impatti sull'atmosfera e sul clima. Lo studio riguarda le fasi di vita dell'impianto, ma essendo questo costituito da una molteplicità di componenti, la valutazione sarà condotta considerando le fasi di vita dei suddetti componenti evidenziandone l'impatto che possono avere. Infatti il ciclo di vita dei componenti che costituiscono l'impianto si riflette sul ciclo di vita dell'impianto stesso nelle sue fasi.

Uno strumento ampiamente utilizzato per effettuare l'analisi del ciclo di vita è la LCA (Life Cycle Assessment). La LCA è uno strumento oggettivo di valutazione ambientale per analizzare e quantificare le implicazioni ambientali dei prodotti/servizi durante tutte le fasi del ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime, alla produzione industriale fino all'uso dei beni, incluso lo smaltimento a fine vita. Le implicazioni ambientali riguardano tutti i tipi di impatto sull'ambiente, inclusi il consumo di risorse e l'emissione di sostanze dannose per l'uomo e l'ecosistema.

Definizioni

LCA viene definito dalla normativa ISO 14040 come *“un sistematico insieme di procedure per individuare ed esaminare gli inputs e gli outputs di materiali ed energia e gli impatti ambientali associati direttamente attribuibili al funzionamento di un sistema prodotto o servizio attraverso il suo ciclo di vita.”*

Mentre più dettagliatamente viene definito dal SETAC nel 1990 come: *“un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. Successivamente esso valuta l'impatto di tali sostanze assorbite dall'ambiente ed infine identifica le opportunità di miglioramento degli impatti ambientali di ogni attività. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.”*

In tale definizione si pone l'accento su diversi aspetti: l'oggettività del procedimento, vale a dire l'esecuzione di fasi analitiche, precise, e ben determinate nonché lo studio di dati confrontabili e scientificamente verificabili; l'oggetto della valutazione che sono i carichi energetici ed ambientali imputabili ad un processo o un'attività che portano alla produzione di un prodotto in senso lato o di un servizio; l'intero ciclo di vita a partire dall'acquisizione della materia prima, al ciclo produttivo, all'uso e allo smaltimento finale secondo una visione globale e senza tralasciare nessuna fase direttamente imputabile all'oggetto di studio.

“from cradle to gate” (dalla culla al cancello): lo studio inizia con l'approvvigionamento delle materie prime e delle fonti di energia e si conclude con l'immissione del prodotto finito sul mercato, escludendo pertanto la fase di utilizzo dello stesso;

“from gate to gate” (dal cancello al cancello): lo studio analizza unicamente la realtà aziendale, quindi comprende le fasi di fabbricazione e assemblaggio del prodotto;

“**from cradle to grave**” (dalla culla alla tomba): l’analisi comprende tutte le fasi del ciclo di vita, dall’estrazione delle materie prime, alla produzione industriale fino all’uso dei beni, incluso lo smaltimento a fine vita.

Nel caso in esame il LCA sviluppato è del tipo “**cradle to gate**”, perciò l’analisi del sistema va dalla raccolta delle materie prime, alla loro lavorazione per la costituzione di semilavorati fino alla produzione dei prodotti componenti, come la struttura di sostegno, l’inverter, l’impianto elettrico ed i moduli fotovoltaici.

Qualità dei dati

Al fine di effettuare la valutazione quantitativa delle risorse in termini energetici e materiali si è fatto riferimento a dati reperiti in letteratura attraverso ricerche mirate in riferimento ai componenti più essenziali dell’impianto, di cui in primis i moduli fotovoltaici. Un modulo FV infatti è caratterizzato da un ciclo di vita che richiede una maggiore attenzione, come descritto in seguito.

Il ciclo di vita di un modulo fotovoltaico

Di seguito una breve digressione qualitativa sul ciclo di vita del modulo fotovoltaico, che ovviamente è il più importante dei componenti necessari per la realizzazione dell’impianto.

Le fasi del ciclo di vita

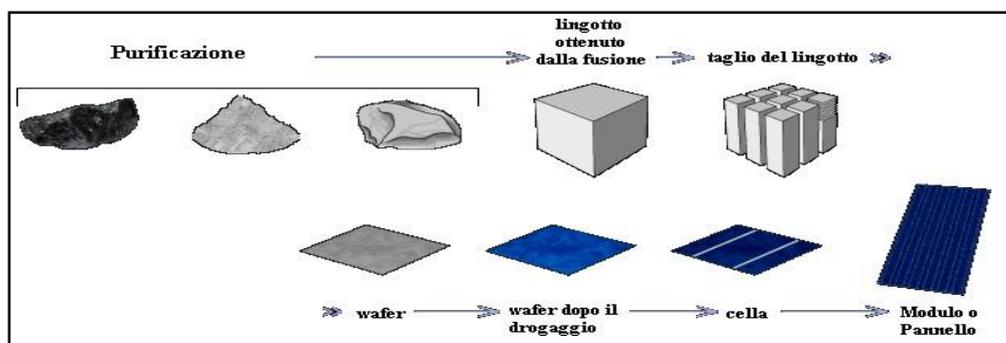
La prima fase di produzione comprende l’estrazione della materia prima, la generazione del silicio policristallino attraverso la purificazione del silicio di grado metallurgico, l’accrescimento dei lingotti, il taglio di wafer, la produzione delle celle e il loro successivo assemblaggio nel modulo FV. Il consumo di energia primaria associato alla produzione dei pannelli è la componente principale del consumo energetico complessivo.

La fase della vita utile, la cui durata può arrivare a 30 anni, è rappresentata dalla produzione di energia, che quindi non necessita dello sfruttamento di quella primaria.

La fase di “end-of-life” comprende la disinstallazione dei moduli, la loro raccolta, la separazione dei materiali principali che poi verranno riciclati o smaltiti.

La fase di produzione

Le fasi del processo di produzione sono: la riduzione del quarzo, la purificazione del silicio, la costituzione dei lingotti di silicio attraverso la fusione, il taglio del lingotto per ottenere il wafer, il drogaggio del wafer per la generazione della cella e l’assemblaggio di queste ultime per la determinazione del pannello.



Dalla purificazione del silicio al modulo fotovoltaico

La vita utile

I moduli fotovoltaici vengono installati ed insieme ad altri componenti formano il sistema fotovoltaico. Questa fase del ciclo di vita di un modulo è caratterizzata dalla generazione di energia elettrica.

Per quanto riguarda l'energia elettrica generata da un modulo o da un sistema fotovoltaico essa dipende dalla taglia in Wp del modulo e dell'impianto, da una serie di altri fattori come ad esempio la località geografica del sito di installazione a cui è correlato l'irraggiamento annuo.

Per esempio con:

- Performance ratio PR = 0,75;
- Irraggiamento Sud Europa = 1700 kWh/m²anno;
- Irraggiamento Europa Centrale = 1000 kWh/m²anno.

Nel Sud Europa un modulo FV sarebbe teoricamente in grado produrre 1700 kWh/kWp·anno, mentre nell'Europa Centrale 1000 kWh/kWp·anno.

Il performance-ratio è un parametro che concerne la qualità di un impianto FV, indipendentemente dalla sua ubicazione, che viene pertanto definito come un fattore di qualità. Esso viene espresso in percentuale e rappresenta la quota di energia realmente disponibile una volta dedotte le varie perdite energetiche riconducibili ad esempio al riscaldamento dei moduli e allo stato di pulizia dei vetri. Moltiplicando quindi PR per l'energia teoricamente producibile, si ottiene l'energia elettrica effettivamente generata all'anno per kWp installato (output in kWh/kWp·anno).

“End of Life”: la fase finale del ciclo di vita

Lo sviluppo del mercato fotovoltaico durante gli ultimi anni ha enfatizzato la necessità di un metodo sostenibile di smaltimento dei moduli FV giunti a fine vita.

Il processo di riciclaggio prevede che il modulo subisca una serie di trattamenti successivi in accordo con il flusso della figura sottostante.

Il sistema studiato

L'intervento consiste nella realizzazione di un "impianto fotovoltaico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza nominale pari a 30.000,00 kVA e una potenza installata pari a 30.884,40 kWp. Inoltre è prevista l'installazione, nell'area di impianto, di un Sistema di Accumulo (SdA) di potenza nominale pari a 90 MVA, equivalenti a una produzione di 180 MWh, costituito da un sistema di batterie al Litio-Ferro-Fosfato. Un Sistema di accumulo è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).

Confini del sistema

I confini del sistema vanno dalla raccolta delle materie prime, alla loro lavorazione per la costituzione di semilavorati fino alla produzione dei prodotti componenti, come le strutture di sostegno in acciaio, le strutture in cemento, l'inverter, i trasformatori ed i moduli fotovoltaici e gli accumulatori batteria litio-ione.

Di seguito quindi verranno illustrate le risorse naturali necessarie in termini di energia e di materiali utilizzati, per i componenti che costituiscono l'impianto.

Strutture di supporto in acciaio

In Tabella sono ripostati i valori di energia e quantità di materiale necessari per le strutture di supporto in acciaio: tali valori sono stati ottenuti a partire dalla quantità (in kg) di acciaio utilizzata per 24 moduli. Da qui, sapendo che per il ciclo di vita di 1 kg di acciaio occorrono 12,36 MJ e quindi 3,43 kWh/kg, si ottiene l'energia necessaria totale, oltre che la quantità di rifiuti trattata a fine ciclo vita.

Supporto di acciaio				
Materiali/Combustibili	Quantità per 24 moduli	quantità per 48 moduli	Quantità tot	Unità di misura
Energia	2.062	4.123	4.613.968	kWh
acciaio	600	1.200	1.342.800	kg
laminazione lastre di acciaio	64	127	142.201	kg
cartone	4	9	9.730	kg
Trasporto via nave	61	122	136.569	tkm
Trasporto ferroviario	251	502	561.612	tkm
Trasporto su strada	112	225	251.393	tkm
Trattamento dei rifiuti	Quantità per 24 moduli	quantità per 48 moduli	Quantità per superficie totale pannelli (mq)	Unità di misura
Smaltimento cartone (inceneritore)	25	49	54.837	kg

Strutture in cemento

In Tabella sono riportati i valori di energia e quantità di materiale necessari per le strutture in cemento: come nel caso delle strutture in acciaio, anche in questo caso, sapendo che per il ciclo di vita di 1 kg di cemento occorrono 0,15 kWh/kg, si ottiene:

strutture cemento		
Materiali/Combustibili	Quantità tot	Unità di misura
Energia	145.119	kWh
calcestruzzo C30/37	932.161	kg

Inverter

La raccolta delle informazioni è basata sullo studio “Valutazioni ambientali del ciclo di vita di un impianto fotovoltaico” (Valentina Mazzarini), i cui valori sono basati sulla banca dati Ecoinvent. In tabella oltre ai valori di energia e materiali, viene fatta una stima della quantità di rifiuti trattati a fine vita.

Materiali/Combustibili	Quantità singolo inverter	Quantità per tot inverter	Unità di misura
Elettricità	1,06	22,26	kWh
Alluminio	1,4	29,4	kg
Rame	5,5	115,5	kg
Acciaio	9,8	205,8	kg
Styrene-acrylonitrile copolymero	0,882	18,522	kg
Polyvinylchloride	0,202	4,242	kg
Scheda stampata di cablaggio	0,1	2,1	mq
Connettore (collegamento impianto)	0,0244	0,5124	kg
Induttore	0,131	2,751	kg
Circuito integrato	0,155	3,255	kg
Transistore	0,0592	1,2432	kg
Diodo	0,002	0,042	kg
Condensatore, film	0,166	3,486	kg
Condensatore di tipo elettrolitico	0,257	5,397	kg
Condensatore Tantalum	0,007	0,147	kg
Resistore	0,0056	0,1176	kg
Laminazione acciaio	0,9	18,9	kg
Trafilatura del rame	1,9	39,9	kg
Estrusione barre alluminio	4,7	98,7	kg
Industri di lavorazione del metallo	0,00000011	0,000000231	p
Cartone	0,6	12,6	kg
Polystyrene	1,16	24,36	kg
Polyethylene	0,01	0,21	kg
Trasporto ferroviario	2,25	47,25	tkm
Trasporto transoceanico	20,3	426,3	tkm
Trattamento dei rifiuti	Quantità singolo inverter	Quantità per tot inverter	Unità di misura
Smaltimento cartone (inceneritore)	1,82	38,22	kg
Smaltimento polyethylene (inceneritore)	0,011	0,231	kg
Trattamento schede stampate di cablaggio	1,22	25,62	kg

Trasformatori

Anche in questo caso i dati sono basati sullo studio “Valutazioni ambientali del ciclo di vita di un impianto fotovoltaico” (Valentina Mazzarini), i cui valori fanno riferimento alla banca dati Ecoinvent.

Trasformatori			
Materiali/Combustibili	Quantità singolo Trasformatore	Quantità per tot trasformatori	Unità di misura
Elettricità	3,5	105	kWh
Nucleo	2.278	68334	kg
Olio	1.800	54000	kg
Avvolgimenti	1.150	34500	kg
Carpenteria (Cassa, coperchio, conservatore,)	500	15000	kg
Isolanti avvolgimenti	200	6000	kg
Armature	150	4500	mq
Radiatori	160	4800	kg
Schermi magnetici	119	3582	kg
Isolatori AT	46	1392	kg
Trecce per connessioni	29	870	kg
Sostegni per connessioni	19	555	kg
Commutatore	15	450	kg
Isolatore neutro	13	396	kg
Parapetti	10	300	kg
Materiale elettrico vario	10	300	kg
Isolatori MT	7	198	kg
Guarnizioni	2	60	kg
Estrusione barre alluminio	9,4	282	kg
Industri di lavorazione del metallo	0,000000055	0,000001650	p
Cartone	3,6	108	kg
Polystyrene	8,12	243,6	kg
Polyethylene	0,07	2,1	kg
Trasporto ferroviario	4,5	135	tkm
Trasporto transoceanico	40,6	1218	tkm

Trattamento dei rifiuti	Quantità singolo inverter	Quantità per tot inverter	Unità di misura
Smaltimento cartone (inceneritore)	5,46	163,8	kg
Smaltimento polyethylene (inceneritore)	0,033	0,99	kg
Trattamento schede stampate di cablaggio	3,66	109,8	kg

Moduli fotovoltaici

Per il calcolo si è fatto riferimento alla superficie totale dei moduli presenti nell'impianto. Quindi attraverso le tabelle Ecoinvent si sono ottenuti i valori di energia, materiali utilizzati e quantità di rifiuti trattata a fine ciclo vita. In tabella sono evidenziate, inoltre le emissioni in aria prodotte dal ciclo di vita totale dei moduli fotovoltaici.

Panelli Fotovoltaici			
Materiali/Combustibili	Quantità per 1 mq	Quantità per superficie totale pannelli (mq)	Unità di misura
Elettricità	4,711	675.566,198	kWh
Gas naturale	5,407	775.437,618	kWh
Industria pannelli fotovoltaici	0,000	0,574	p
Acqua	21,286	3.052.646,546	kg
Tempra del vetro piano	10,079	1.445.439,469	kg
Trafilatura del rame	0,113	16.160,986	kg
Celle fotovoltaiche (multi-Si)	0,932	133.717,851	m2
Lega di alluminio	2,629	377.084,883	kg
Nickel	0,000	23,343	kg
Saldatura per brasatura (Cadmio)	0,009	1.256,954	kg
Vetro solare	10,079	1.445.439,469	kg
Rame	0,113	16.160,986	kg
Plastica rinforzata con fibra di vetro	0,188	26.934,020	kg
Ethylvinylacetate	1,002	143.654,799	kg
Pellicola di Polyvinylfluoride	0,110	15.832,574	kg
Polyethylene	0,373	53.488,001	kg
Silicone	0,122	17.488,971	kg
Acetone	0,013	1.858,463	kg
Methanol	0,002	309,137	kg
Vinyl acetate	0,002	235,682	kg
Olio lubrificante	0,002	230,447	kg
Cartone	1,096	157.121,092	kg
1-propanol	0,008	1.167,165	kg
Trasporto via nave	1,609	230.791,322	tkm
Trasporto ferroviario	9,448	1.355.004,492	tkm

Trattamento dei rifiuti	Quantità per 1 mq	Quantità per superficie totale pannelli (mq)	Unità di misura
Smaltimento dei rifiuti solidi (inceneritore)	0,030	4.302,330	kg
Smaltimento polyvinylfluoride (inceneritore)	0,110	15.832,574	kg
Smaltimento plastic (inceneritore)	1,686	241.805,287	kg
Smaltimento oli minerali usati (inceneritore)	0,002	230,447	kg
Trattamento acque	0,021	3.052,647	m ³
Emissioni in aria	Quantità per 1m²	Quantità per superficie totale pannelli (mq)	Unità di misura
Calore disperso	16,958	2.431.963,738	MJ

Accumulatori batteria Litio-ione

In Tabella sono ripostati i valori di energia e quantità di materiale necessari per gli accumulatori batteria litio-ione: tali valori sono stati ottenuti a partire dalla quantità (in kg) di materiale per l'accumulo di 1 kWh di energia. Da qui, sapendo che l'impianto di accumulo è costituito da 15 moduli per un totale di 180 MWh si ottiene l'energia necessaria totale, oltre che la quantità di totale di materiale utilizzato durante il ciclo di vita del componente.

BATTERIE litio-ione			
Materiali/Combustibili	Quantità per 1 modulo	Quantità tot moduli installati	Unità di misura
Energia	18.000,000	162.000,000	kWh
Materiali/Combustibili	Quantità per 1 kWh installato	Quantità tot kWh installati	Unità di misura
celle batteria	5,726	1.030,602	kg
anodo	2,218	399,248	kg
catodo	2,444	439,850	kg
separatoro	0,124	22,331	kg
elettrolita	0,902	162,406	kg
involucro cella	0,038	6,767	kg
case	3,045	548,120	kg
BMS	0,353	63,609	kg
sistema di raffreddamento	0,376	67,669	kg
Trasporto via nave	1,300	234,000	tkm
Trasporto ferroviario	8,600	1.548,000	tkm

Conclusioni

Dai valori ricavati ed esposti in tabella, è evidente che nel sistema Impianto fotovoltaico, il maggior consumo in termini di energia utilizzata è dato dai pannelli fotovoltaici. Ciò, come descritto in precedenza è dovuto, sia alla complessità della produzione ed in generale del ciclo di vita di un pannello FV, sia all'elevato numero di pannelli FV utilizzati nell'impianto suddetto. Per contro i componenti che meno influenzano il consumo di energia e lo sfruttamento di risorse materiali sono gli inverter e i trasformatori che, seppur complessi nella loro tecnologia, sono presenti in quantità molto ridotte all'interno dell'impianto.