

# COMUNE DI PALMANOVA, PRADAMANO E TRIVIGNANO UDINESE



## PROVINCIA DI UDINE



### IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072 + 14,38896 + 31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1

Istanza di valutazione di impatto ambientale per la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art. 23 D.lgs. n.152/2006

IMMOBILE	Comune di Trivignano Udinese	Foglio 05 Mappali 58 - 404 - 409 Foglio 06 Mappali 20 - 22 - 48 - 49 - 60 - 226 - 227 - 234 - 236 - 237 - 239 - 257 - 259 - 265 - 268 - 391 - 394 - 440 - 445 Foglio 16 Mappali 18 - 19 - 55
	Comune Palmanova	di Foglio 07 Mappale 12
	Comune Pradamano	di Foglio 03 Mappale 303 Foglio 05 Mappale 564
PROGETTO: <b>VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE</b>	OGGETTO <b>DOC02 - Relazione tecnica</b>	SCALA --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.00 - 05/12/2022		
IL RICHIEDENTE	ELLOMAY SOLAR ITALY EIGHT S.R.L. 39100 Bolzano - Via Sebastian Altmann 9  FIRMA _____	
IL PROGETTISTA	Ing. Riccardo Valz Gris  FIRMA _____	
TEAM DI PROGETTO	Arch. Rosalba Teodoro - Ing. Francesca Imbrogno <b>Studio Ing. Valz Gris</b> 20124 Milano - Citycenter Regus - Via Lepetit 8/10 Tel. +39 02 0069 6321 13900 Biella - Via Repubblica 41 Tel. +39 015 32838 - Fax +39 015 30878	
	Per. Agr. Giovanni Cattaruzzi Per. Agr. Luigi Dott. Pravisani  <b>Studio Cattaruzzi</b> 33100 UDINE - Via Gemona	



## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DATI QUANTITATIVI PRINCIPALI .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Dati dell'impianto fotovoltaico e riduzione emissioni CO<sub>2</sub>.....</i>	6
<b>3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO.....</b>	<b>10</b>
3.1 <i>AREA 1 – PRADAMANO.....</i>	10
3.1.1 <i>Stato di fatto .....</i>	11
3.2 <i>AREA 2 – TRIVIGNANO SUD.....</i>	12
3.2.1 <i>Stato di fatto .....</i>	13
3.3 <i>AREA 3 – TRIVIGNANO NORD.....</i>	15
3.3.1 <i>Stato di fatto .....</i>	15
<b>4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>17</b>
4.1 <i>Stato di progetto .....</i>	19
4.2 <i>Requisiti Impianto Agrivoltaico .....</i>	26
4.3 <i>Dati ambientali relativi al sito di installazione .....</i>	32
4.4 <i>impianto fotovoltaico su tracker monoassiali .....</i>	34
4.4.1.1 <i>Dati generali Impianto.....</i>	34
4.4.1.2 <i>Descrizione tecnica delle strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale .....</i>	37
4.4.1.3 <i>Descrizione di Inverter di stringa e Cabine di trasformazione .....</i>	39
4.4.1.4 <i>Collegamenti elettrici e cavidotti .....</i>	41
4.4.1.5 <i>Moduli fotovoltaici .....</i>	42
4.4.1.6 <i>Cabina di consegna .....</i>	44
4.4.1.7 <i>Connessione a sottostazione Terna.....</i>	44
4.4.1.8 <i>Tecnologia No Dig .....</i>	47
4.5 <i>Controllo e monitoraggio dell'impianto fotovoltaico .....</i>	48
4.6 <i>Impianto di antifurto .....</i>	48
4.7 <i>Cavi elettrici e cablaggio.....</i>	48
4.8 <i>Relazione di calcolo dell'impianto elettrico .....</i>	49
<b>5. LE OPERE DI MITIGAZIONE E ATTIVITA' AGRONOMICHE .....</b>	<b>69</b>
5.1 <i>Inserimento nuova area di sosta e nuovo percorso ciclopedonale.....</i>	69
5.2 <i>Cabine con tetto a falda.....</i>	70
5.3 <i>Tracker bassi .....</i>	71
5.4 <i>Recinzione e cancello con pali in legno.....</i>	75
5.5 <i>Progetto del verde .....</i>	75
5.6 <i>L'attività agronomica.....</i>	83
<b>6. MOVIMENTAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>85</b>
6.1 <i>Dimensioni e Caratteristiche dell'Impianto .....</i>	85
6.2 <i>Stima dei volumi di scavo .....</i>	87
6.2.1 <i>Cavidotto AT– da realizzare esternamente all'impianto .....</i>	87
6.2.2 <i>Cavidotto MT– da realizzare esternamente all'impianto .....</i>	88
6.2.3 <i>Cavidotto MT – da realizzare internamente all'impianto .....</i>	93
6.2.4 <i>Cavidotto BT – da realizzare internamente all'impianto .....</i>	96



6.2.5	<i>Movimenti terra interni ai layout di progetto</i>	100
6.2.6	<i>Movimenti terra esterni ai layout di progetto</i>	102
6.3	Modalità Esecutive degli Scavi	103
6.4	Cave di prestito	103
<b>7.</b>	<b>ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E RICADUTE OCCUPAZIONALI</b>	<b>104</b>
7.1	Cronoprogramma	104
	<i>Cronoprogramma Costruzione impianto</i>	104
	<i>Cronoprogramma cavidotto su strada</i>	105
	<i>Cronoprogramma Dismissione Impianto</i>	106
7.2	La ricaduta occupazionale	107
7.3	Analisi quantitativa	107
<b>8.</b>	<b>PIANO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO – GESTIONE DEI RIFIUTI</b>	<b>111</b>
8.1	Riferimenti normativi	111
8.2	Riciclo dei materiali	111
8.3	Dismissione e riciclo dei moduli fotovoltaici	112
8.4	Recupero delle materie prime	113
8.5	Specifiche tecniche imballaggio moduli su bancali	113
8.6	Dismissione e riciclo delle strutture di sostegno	113
8.7	Dismissione e riciclo delle forniture elettriche	114
	8.7.1.1 <i>Dismissione e riciclo delle cabine elettriche</i>	114
	8.7.1.2 <i>Dismissione e riciclo dei cablaggi</i>	115
8.8	Computo metrico della dismissione	116
<b>9.</b>	<b>ILLUMINAZIONE CAMPI FOTOVOLTAICI – IMPATTO NOTTURNO</b>	<b>117</b>
<b>10.</b>	<b>INTERFERENZA DEI MODULI CON L'IRRAGGIAMENTO SOLARE AL SUOLO</b>	<b>120</b>
	Radiazione solare sotto i tracker	120
<b>11.</b>	<b>IMPATTO ACUSTICO</b>	<b>123</b>
11.1	Descrizione delle attività e delle sorgenti sonore	123
	11.1.1 <i>Fase di esercizio</i>	123
	11.1.1.1 <i>Ubicazione delle attività e zone limitrofe</i>	125
	11.1.1.2 <i>Individuazione dei ricettori sensibili</i>	127
	11.1.1.3 <i>Zone di appartenenza e limiti di emissione</i>	129
	11.1.1.4 <i>Indagine fonometrica</i>	131
11.2	Verifica del potenziale disturbo negli ambienti al ricettore	131
	11.2.1.1 <i>Calcolo del livello ambientale</i>	131
11.3	La fase di cantiere all'interno dei campi fotovoltaici e per gli scavi linee elettriche	135
	<b>ALLEGATO 1 – PVSYST PRADAMANO</b>	<b>142</b>
	<b>ALLEGATO 2 – PVSYST TRIVIGNANO SUD</b>	<b>153</b>
	<b>ALLEGATO 3 – PVSYST TRIVIGNANO NORD</b>	<b>162</b>



## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento, unitamente alle altre relazioni specialistiche, intende consentire una valutazione d'impatto ambientale.

La valutazione ambientale del progetto ha dunque la finalità di proteggere la salute umana, contribuire con un migliore ambiente alla qualità della vita, provvedere al mantenimento delle specie e conservare la capacità di riproduzione dell'ecosistema in quanto risorsa essenziale per la vita.

A questo scopo, la presente valutazione individua, descrive e valuta, in modo appropriato, per ciascun caso particolare e secondo le disposizioni del D.Lgs. 152/2006, gli impatti diretti e indiretti del progetto.

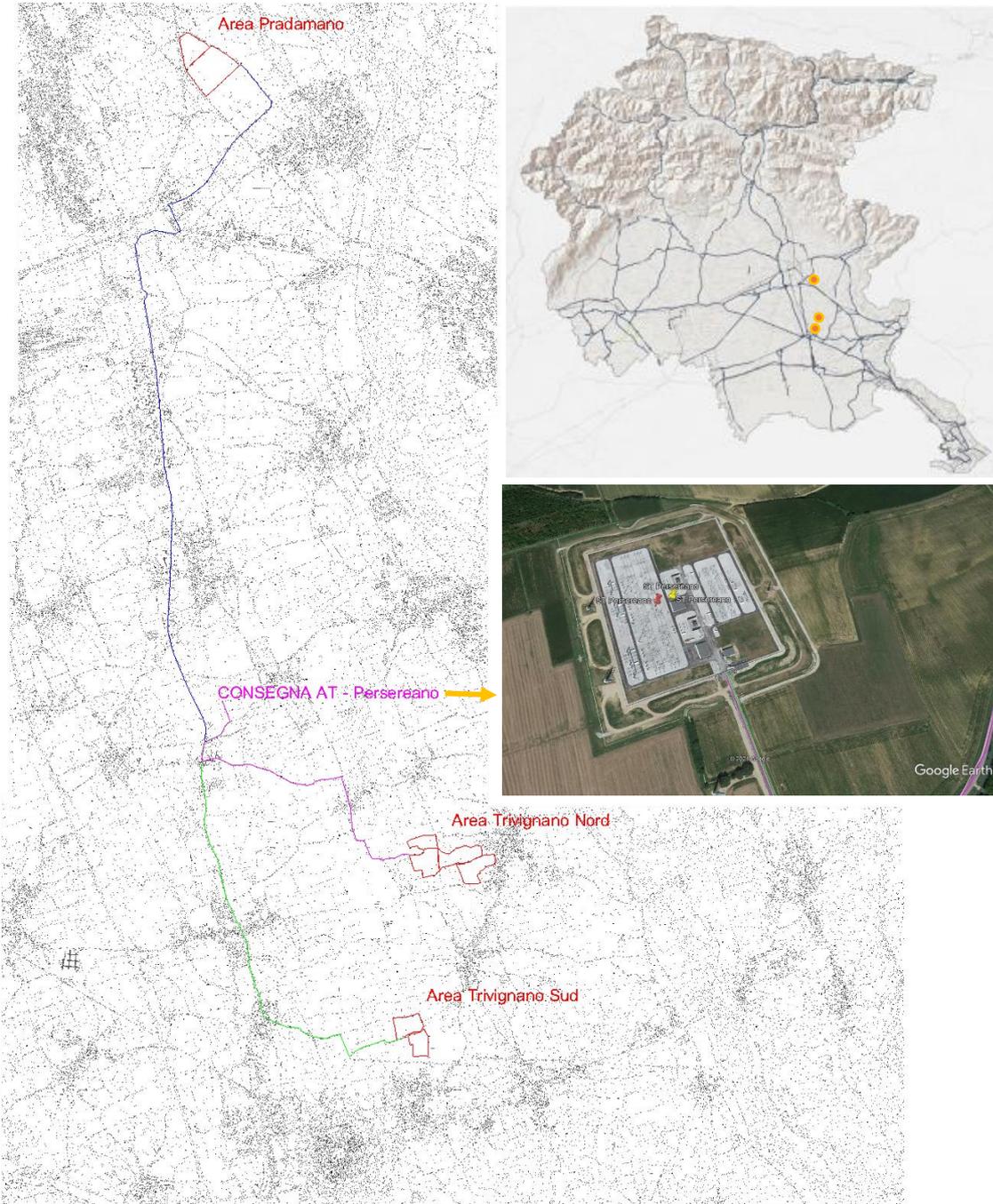
In particolare vengono analizzati i seguenti elementi:

Professionisti	Aree tematiche coinvolte	Rif. DOC02 Rel. Tecnica	Rif. Altri documenti
Per. Agr. Dr. Luigi Pavisani Ing. Riccardo Valz Gris Arch. Rosalba Teodoro	Valutazione Impatto ambientale		DOC01 – Valutazione di Impatto Ambientale
<b>RELAZIONI SPECIALISTICHE</b>			
Arch. Rosalba Teodoro	Impatto urbanistico – analisi dei vincoli		DOC03 - Relazione urbanistica
Arch. Rosalba Teodoro	Impatto paesaggistico – inserimenti fotografici		DOC04 - Relazione fotografica
Per. Agr. Dr. Luigi Pavisani	Impatto agronomico e opere mitigazione vegetali		DOC05 -Relazione sulle pratiche agricole da condurre all'interno dell'impianto
Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto abbagliamento solare		DOC06 - Relazione abbagliamento
Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto idraulico		DOC07 - Relazione sull'invarianza idraulica
Ing. Francesca Imbrogno	Impatto campi elettromagnetici		DOC08 - Relazione campi elettromagnetici
Dr. Paolo Di Piazza	Relazione geologica		DOC09_01- Relazione geologica
Dott. Massimo Calosi, Dott. Maria Bosco	Relazione archeologica		DOC29 – Relazione archeologica
Ing. Domenico Lo Iudice	Relazioni acustica in fase di esercizio e in fase di cantiere		DOC29_01-Relazione di impatto acustico in fase di esercizio e DOC29_02 - Relazione di impatto acustico in fase di cantiere
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto sulla riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub>	pag.9	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto sulla movimentazione delle terre e rocce da scavo: movimentazioni interne ed esterne ai cantieri	pag. 85	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto occupazionale	pag.108	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto attività di dismissione e ripristino	pag.116	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto illuminazione notturna e irraggiamento solare diurno.	pag.119	
		pag.122	





## 2. DATI QUANTITATIVI PRINCIPALI

Le aree in esame per il presente progetto consistono in tre aree che si trovano in tre comuni: Palmanova, Trivignano Udinese e Pradamano tutti e tre i comuni in provincia di Udine. Tali aree trovano una buona sincronia con il progetto del campo agrivoltaico, perché permettono di evitare la realizzazione di strutture che limitino la permeabilità del terreno<sup>1</sup>, che ne alterino la flora esistente<sup>2</sup> e che impediscano la permanenza o il passaggio della fauna locale<sup>3</sup>.

Nelle tabelle di seguito la sintesi delle informazioni del progetto:

### Dati generali

#### AREA 1 – PRADAMANO

Ubicazione e denominazione	Comune di Pradamano
<b>Coordinate geografiche</b>	46° 2'30.98"N; 13°16'38.97"E.
<b>Superficie complessiva del terreno</b>	373 064 m <sup>2</sup>
<b>Superficie recintata</b>	336 466 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva moduli</b>	132 418 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva agricola</b>	258 203 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva mitigazione</b>	23 718 m <sup>2</sup>

#### AREA 2 – TRIVIGNANO SUD

Ubicazione e denominazione	Comune di Trivignano Udinese e Comune di Palmanova
<b>Coordinate geografiche</b>	45°55'15.63"N; 13°19'20.50"E.
<b>Superficie complessiva del terreno</b>	184 360 m <sup>2</sup>
<b>Superficie recintata</b>	160 726 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva moduli</b>	64 217 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva agricola</b>	115 649 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva mitigazione</b>	16 630 m <sup>2</sup>

#### AREA 3 – TRIVIGNANO NORD

Ubicazione e denominazione	Comune di Trivignano Udinese
<b>Coordinate geografiche</b>	45°56'32.53"N; 13°19'40.34"E.
<b>Superficie complessiva del terreno</b>	449 807 m <sup>2</sup>
<b>Superficie recintata</b>	353 690 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva moduli</b>	138 992 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva agricola</b>	281 062 m <sup>2</sup>
<b>Superficie complessiva mitigazione</b>	87 776 m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> I pannelli sono sollevati su tracker, le strade di collegamento interno sono in terreno battuto e non è previsto l'uso di asfalto o di altro materiale impermeabile

<sup>2</sup> È prevista la conservazione delle parti boscate, dei filari e delle alberature esistenti sul lotto, potenziando ove necessario la presenza arborea e garantendo nel tempo la manutenzione del verde esistente e del verde messo a dimora come opere di mitigazione

<sup>3</sup> La preservazione delle aree boscate e delle aree di acque lentiche, consente la conservazione delle specie negli habitat esistenti e la presenza di varchi all'interno della recinzione perimetrale consentono il passaggio degli animali



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 6 di 172

**2.1 DATI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub>**

**AREA 1 – PRADAMANO**

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua GWh/year in rete
	MW	numero	m <sup>2</sup>	
Sottocampo 1	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 2	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 3	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 4	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 5	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 6	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 7	2,4850	3984	11028	
Sottocampo 8	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 9	2,4701	4008	11028	
Sottocampo 10	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 11	2,4701	3984	11028	
Sottocampo 12	2,4701	3984	11161	
Sottocampo 13	0,0149	24	66	
<b>Totale</b>	<b>29,6707</b>	<b>47856</b>	<b>132535</b>	<b>49,82</b>

Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>4</sup> pari a 12.059 t di CO<sub>2</sub>/anno

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua GWh/year in rete
	MW	numero	m <sup>2</sup>	
Sottocampo 1	2,3957	3864	10696	
Sottocampo 2	2,3957	3864	10696	
Sottocampo 3	2,3957	3864	10696	
Sottocampo 4	2,3957	3864	10696	
Sottocampo 5	2,3957	3864	10696	
Sottocampo 6	2,4106	3888	10762	
<b>Totale</b>	<b>14,3890</b>	<b>23208</b>	<b>64242</b>	<b>24,57</b>

Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh pari a 6.194 t di CO<sub>2</sub>/anno

<sup>4</sup> Rapporto ISPRA 2020 – Fattori di emissione atmosferica di gas effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei tab.2.4 pag.31



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 7 di 172

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua GWh/year in rete
	MW	numero	m <sup>2</sup>	
Sottocampo 1	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 2	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 3	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 4	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 5	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 6	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 7	2,5891	4176	11028	
Sottocampo 8	2,6040	4200	11028	
Sottocampo 9	2,6040	4200	11028	
Sottocampo 10	2,6040	4200	11028	
Sottocampo 11	2,6040	4200	11028	
Sottocampo 12	2,6040	4200	11161	
<b>Totale</b>	<b>31,1438</b>	<b>50232</b>	<b>132469</b>	<b>52,98</b>

*Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh pari a 13.406 t di CO<sub>2</sub>/anno*

Il software di calcolo tiene conto dei dati garantiti dal produttore e per tali condizioni viene calcolato il decadimento della produzione elettrica. Il revamping dell'impianto è suggerito ogni 10 anni, Tenuto conto di questo rinnovo periodico dei moduli fotovoltaici, la produzione complessiva è la seguente:

Nel corso dei 30 anni di vita utile dell'impianto, considerando il decadimento dei moduli fotovoltaici, la produzione complessiva è la seguente:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 8 di 172

Anno	Pradamano	Trivignano Sud	Trivignano Nord	Totale
	MWh	MWh	MWh	MWh
1	46044	22650	49019	117714
2	45851	22552	48807	117209
3	45625	22437	48558	116620
4	45368	22305	48272	115945
5	45077	22156	47949	115183
6	44730	21977	47563	114270
7	44331	21771	47116	113217
8	43913	21553	46645	112112
9	43489	21331	46164	110984
10	43069	21109	45683	109860
11	46044	22650	49019	117714
12	45851	22552	48807	117209
13	45625	22437	48558	116620
14	45368	22305	48272	115945
15	45077	22156	47949	115183
16	44730	21977	47563	114270
17	44331	21771	47116	113217
18	43913	21553	46645	112112
19	43489	21331	46164	110984
20	43069	21109	45683	109860
21	46044	22650	49019	117714
22	45851	22552	48807	117209
23	45625	22437	48558	116620
24	45368	22305	48272	115945
25	45077	22156	47949	115183
26	44730	21977	47563	114270
27	44331	21771	47116	113217
28	43913	21553	46645	112112
29	43489	21331	46164	110984
30	43069	21109	45683	109860
	<b>1342492</b>	<b>659527</b>	<b>1427331</b>	<b>3429350</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 9 di 172

Possiamo dunque fare un confronto con la stima del fabbisogno di energia elettrica misurata nel 2019 - Distribuzione regionale di energia elettrica per settore di consumo nel 2019 (volumi in GWh e punti di prelievo in migliaia) anno 2019

REGIONE	DOMESTICO		NON DOMESTICO		TOTALE	
	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO
Piemonte	3.888	2.311	15.837	562	19.726	2.873
Valle d'Aosta	144	108	767	27	911	135
Lombardia	9.630	4.857	51.368	1.076	60.998	5.934
Trentino-Alto Adige	970	550	5.015	165	5.985	715
Veneto	5.113	2.316	22.595	585	27.708	2.902
Friuli-Venezia Giulia	1.248	650	7.674	149	8.922	799
Liguria	1.477	1.030	4.454	254	5.931	1.283
Emilia-Romagna	4.498	2.252	19.912	610	24.410	2.861
Toscana	3.752	1.891	13.743	530	17.496	2.420
Umbria	842	422	4.682	116	5.524	538
Marche	1.395	746	5.072	207	6.467	953
Lazio	5.598	2.780	14.691	649	20.289	3.429
Abruzzo	1.173	716	4.239	161	5.412	877
Molise	258	171	1.044	39	1.302	210
Campania	4.997	2.264	11.257	563	16.254	2.826
Puglia	3.768	1.904	8.586	504	12.354	2.408
Basilicata	462	280	1.809	74	2.271	354
Calabria	1.903	1.022	3.131	225	5.034	1.247
Sicilia	5.268	2.393	9.563	553	14.831	2.946
Sardegna	2.079	879	4.757	202	6.835	1.081
ITALIA	58.462	29.543	210.198	7.249	268.660	36.792

Fonte: ARERA, Indagine sui settori regolati

Il fabbisogno del Friuli Venezia Giulia è pari a 8.922.000 MWh a confronto dei 117.714 MWh prodotti dall'impianto al primo anno.

Il contributo in termini di energia rinnovabile sui consumi del Friuli Venezia Giulia è pari all'**1,01%**.

In termini di CO2 evitata nei 30 anni di esercizio la previsione è pari a

3.369.920 MWh x 273.300 g CO<sub>2</sub>/MWh\*10<sup>-6</sup> = **936.212 t CO<sub>2</sub>**

RE



### **3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO**

---

#### **3.1 AREA 1 – PRADAMANO**

---

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Pradamano. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 29,67072 MW, e si estende su un'area di circa 37 ettari, di proprietà privata. Gli elementi di contorno che contengono l'area risultano:

- Lato Nord/ Est: la viabilità della SP 37 (Via Udine) affiancata dalla ciclovia "Alpe Adria Radweg" (Salisburgo – Villaco – Aquileia – Grado) con relativa fascia di rispetto di 30,00 m.
- Lato Sud/ Est terreni agricoli con filare di alberature che rientrano nella Zona E42 di Conservazione e ricostruzione vegetale.
- Lato Sud/ Ovest il tracciato ferroviario Udine – Venezia a cui si affianca una linea Terna con cavo interrato (Udine Sud CP) su sede stradale e relativa area di rispetto di 30,00 m.
- Lato Nord/ Ovest una viabilità comunale con presenza di una servitù di condotta irrigua in fibrocemento a favore del demanio della regione FVG e del concessionario consorzio di Bonifica Pianura Friulana.

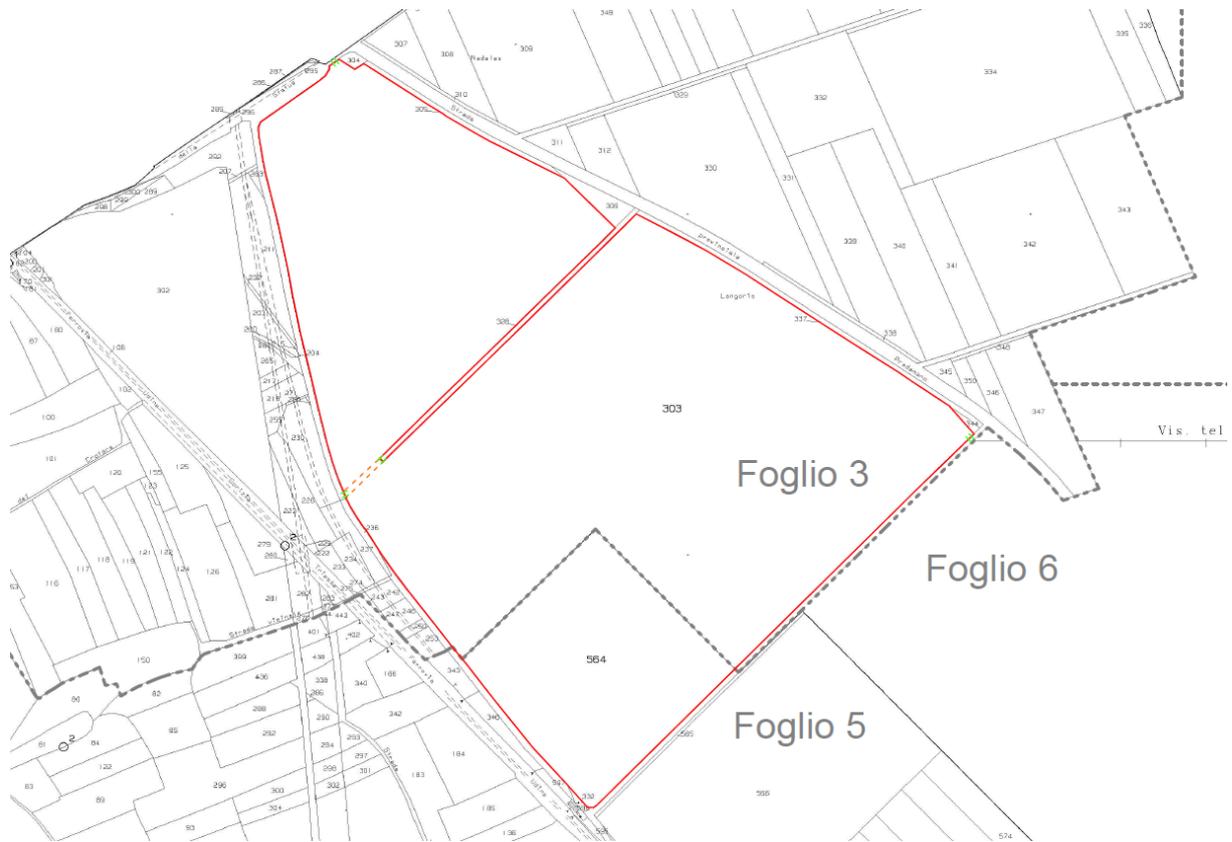
Inoltre, bisogna tener conto della parte centrale legata alla presenza di una viabilità interpodereale comunale contraddistinta da un filare di platani.



**FIGURA 1** IMMAGINI SATELLITARI DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO

### **3.1.1 STATO DI FATTO**

Il lotto su cui si intende intervenire è composto da due particelle catastali appartenenti al comune di Pradamano. Il lotto è diviso da una strada interpodereale di proprietà comunale che divide il lotto in due aree. All'interno dell'area è presente un elettrodotto aereo di alta tensione con la relativa servitù di elettrodotto e presenza di traliccio di sostegno delle campate dei fili conduttori. Di seguito l'elenco delle particelle coinvolte e l'inquadramento sulla planimetria catastale.



**FIGURA 2 PLANIMETRIA CATASTALE DEL LOTTO DI INTERVENTO**

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
				Ha.a.ca		
<b>Pradamano</b>	<b>3</b>	<b>303</b>	320 310	32,031	Seminativo	
<b>Pradamano</b>	<b>5</b>	<b>564</b>	52 754	5,275	Seminativo	

**TABELLA 1 - PARTICELLE CATASTALI**

### **3.2 AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Trivignano Udinese e Palmanova. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 14,38896 MW, e si estende su un'area di circa 18 ettari, di proprietà privata. Gli elementi di contorno che contengono l'area risultano in linea generale in un contesto connotato da una agricoltura estensiva a seminativi, associata a vigneti.



**FIGURA 3** IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO

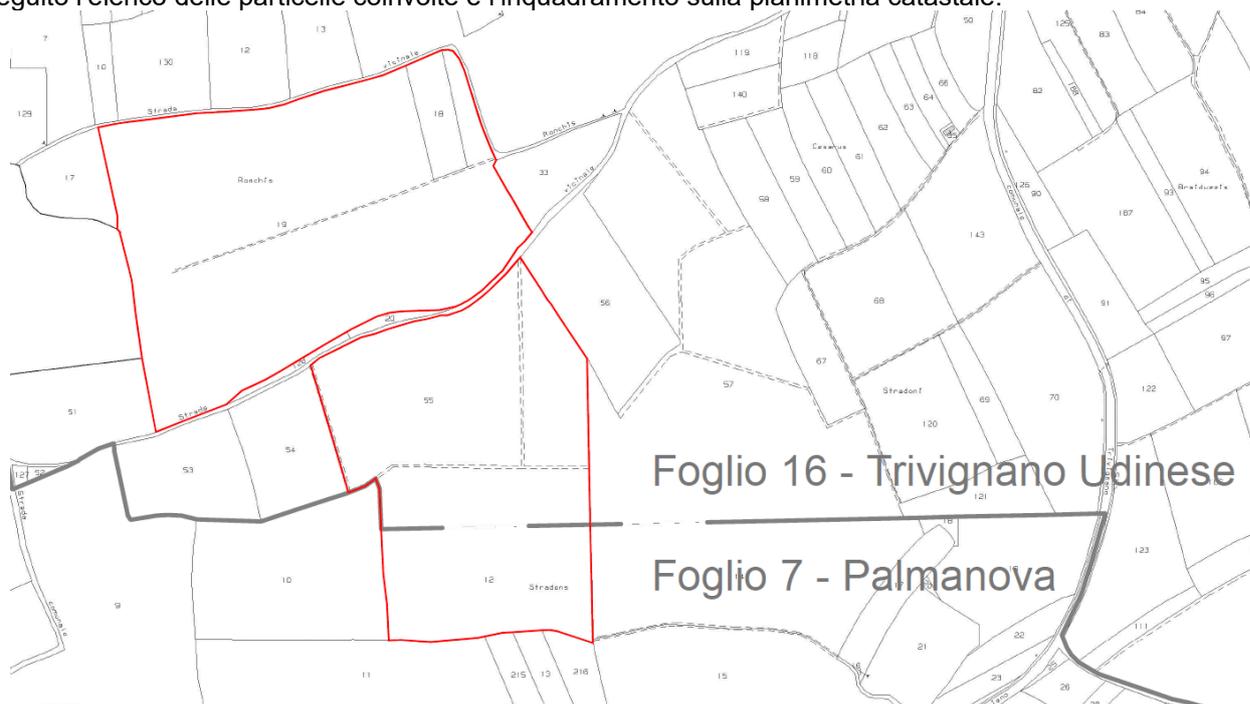
### 3.2.1 STATO DI FATTO

Il lotto su cui si intende intervenire è composto da quattro particelle catastali, tre appartenenti al Comune di Trivignano Udinese e una appartenente al comune di Palmanova.

Il lotto è diviso da una strada interpoderale che divide il lotto in due aree.

All'interno dell'area è presente un tracciato di alta tensione con la relativa servitù di elettrodotto e presenza di traliccio di sostegno delle campate dei fili conduttori.

Di seguito l'elenco delle particelle coinvolte e l'inquadramento sulla planimetria catastale.



**FIGURA 4** PLANIMETRIA CATASTALE DEL LOTTO DI INTERVENTO



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 14 di 172

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
	n°	n°		Ha. ca		
<b>Trivignano Udinese</b>	16	<b>19</b>	99 110	9,911	Semin. Arbor.	
<b>Trivignano Udinese</b>	16	<b>18</b>	4 690	0,469	Seminativo	
<b>Trivignano Udinese</b>	16	<b>55</b>	56 780	5,678	Semin. Arbor.	
<b>Palmanova</b>	7	<b>12</b>	23 780	2,378	Semin. Arbor.	

**TABELLA 2 - PARTICELLE CATASTALI**



### **3.3 AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

---

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Trivignano Udinese. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 31,14384 MW, e si estende su un'area di circa 45 ettari, di proprietà privata.



**FIGURA 5 – IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO CON L'INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO**

#### **3.3.1 STATO DI FATTO**

---

Il lotto su cui si intende intervenire è composto da ventidue particelle catastali appartenenti al Comune di Trivignano Udinese.

Il lotto è attraversato da una strada vicinale che con direzione Nord-Sud divide il lotto in due aree: area Ovest e area Est prossima all'abitato.

Di seguito l'elenco delle particelle coinvolte e l'inquadramento sulla planimetria catastale.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**FIGURA 2 – PLANIMETRIA CATASTALE DEL LOTTO DI INTERVENTO**

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
	n°	n°	Ha. ca			
Trivignano Udinese	6	60	2 820	0,28200	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	226	1 760	0,17600	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	227	1 610	0,16100	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	234	2 319	0,23190	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	236	3 225	0,32250	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	237	2 115	0,21150	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	239	5 030	0,50300	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	257	45 720	4,57200	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	259	28 550	2,85500	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	265	25 165	2,51650	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	268	13 197	1,31970	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	58	13 120	1,31200	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	404	34 791	3,47910	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	20	4 578	0,45780	Seminativo	Fraz.
Trivignano Udinese	6	22	3 680	0,36800	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	48	3 630	0,36300	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	49	7 650	0,76500	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	391	111 241	11,12410	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	394	6 502	0,65020	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	440	7 894	0,78940	Seminativo	Fraz.
Trivignano Udinese	6	445	109 247	10,92470	Sem. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	409	15 963	1,59630	Seminativo	

**TABELLA 3 -PARTICELLE CATASTALI**



#### **4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

La morfologia del terreno permette all'impianto, collocato alla giusta distanza dai confini, di essere schermato in buona parte naturalmente per le proprietà intrinseche dei lotti. Il suolo dei terreni agricoli risulta essere abbastanza pianeggiante, all'interno del progetto sono previste delle zone sopraelevate con modellazione del terreno (dossi artificiali) per tener fronte ad eventuali allagamenti legati alla gestione delle acque meteorologiche.

Nelle tavole grafiche del progetto definitivo allegate alla presente relazione, si è provveduto a verificare le quantità e zone di scavo e rinterro (*TAVsi-01 - PRADAMANO PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-02 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-03 - TRIVIGNANO NORD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVii-01 - TRIVIGNANO NORD (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-02 - TRIVIGNANO NORD (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-03 - TRIVIGNANO NORD (C-D) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-04 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-05 - PRADAMANO (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-06 - PRADAMANO (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI*).

L'impianto è suddiviso in tre aeree:

- AREA 1 – PRADAMANO
- AREA 2 – TRIVIGNANO SUD
- AREA 3 – TRIVIGNANO NORD

A sua volta ogni campo è diviso in diversi sottocampi.

##### **AREA 1 – PRADAMANO**

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 2</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 3</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 4</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 5</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 6</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 7</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 8</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 9</b>	2,485	4008	11161
<b>Sottocampo 10</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 11</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 12</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 13</b>	0,015	24	66
<b>Totale</b>	<b>29,67072</b>	<b>47856</b>	<b>132535</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 37 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è di 13,2 ha pari a circa il 35,8 % della superficie disponibile.

Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico rispettano quanto più possibile il terreno, di fatto essendo elevati su tracker ad inseguimento i pannelli non sono ubicati direttamente sul terreno, ma ne risultano sollevati, inoltre anche le tecniche di infilaggio dei tracker, infissi su pali e senza l'uso dei plinti in c.a., preservano quanto più possibile lo stato del terreno.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 18 di 172

Anche gli interventi di sistemazione del terreno previsti, che hanno lo scopo di spianare e livellare il terreno perché sia idoneo all'accoglimento del campo fotovoltaico, non sconvolgono la natura del terreno, e non intervengono in alcun modo sulle presenze alberate.

Anzi il piano di recupero del lotto, prevede la manutenzione delle zone boscate, incluso l'impegno necessario a garantire l'attecchimento delle nuove piantine che saranno messe a dimora come opere di mitigazione come meglio descritte nella relazione specialistica dedicata.

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 2</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 3</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 4</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 5</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 6</b>	2,411	3888	10762
<b>Totale</b>	<b>14,38896</b>	<b>23208</b>	<b>64242</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 18 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è 6,4 ha pari a circa il 35,7% della superficie disponibile.

Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico sono identiche a quelle di Pradamano.

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

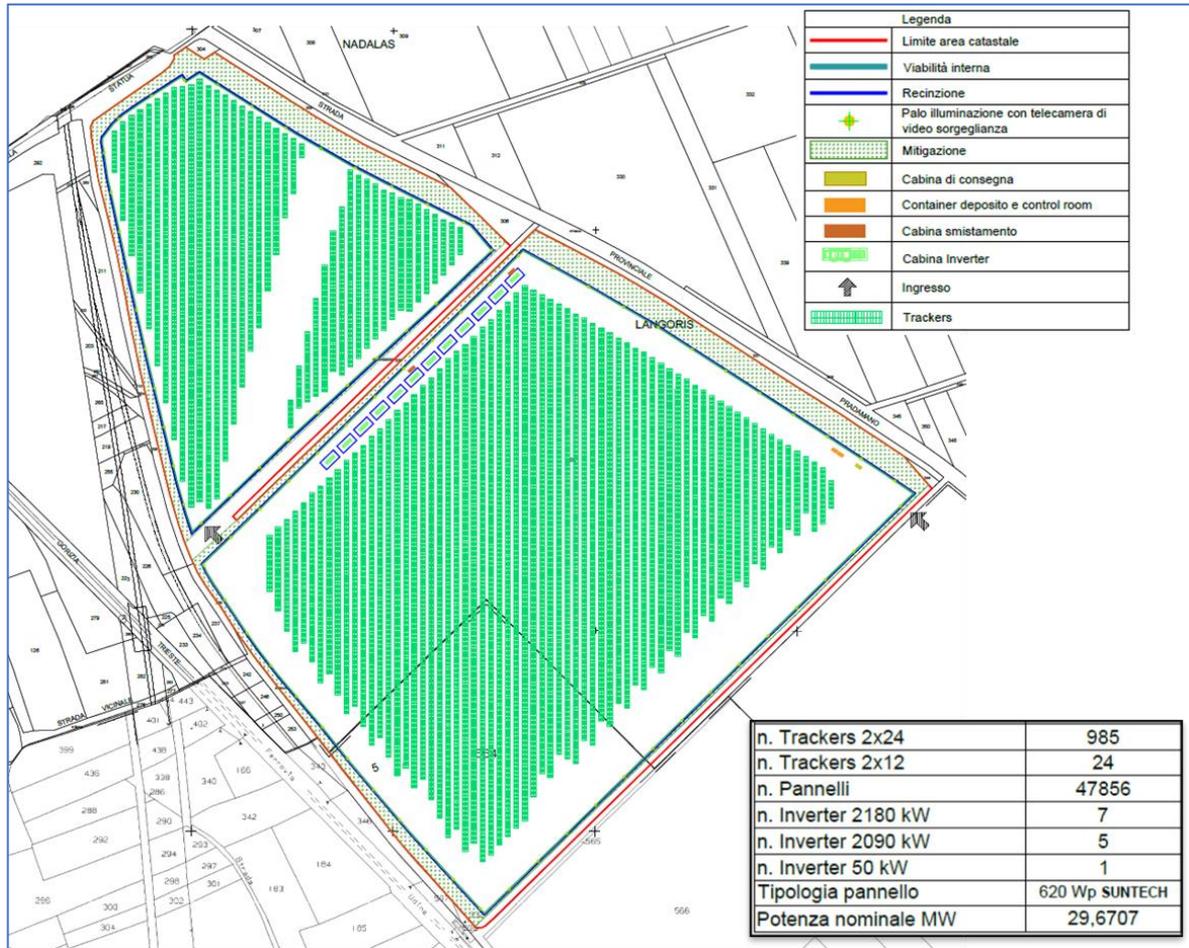
Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 2</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 3</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 4</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 5</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 6</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 7</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 8</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 9</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 10</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 11</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 12</b>	2,604	4200	11161
<b>Totale</b>	<b>31,14384</b>	<b>50232</b>	<b>132469</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 45 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è di 13,2 ha pari a circa il 29,4% della superficie disponibile. Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico sono identiche a quelle di Pradamano.

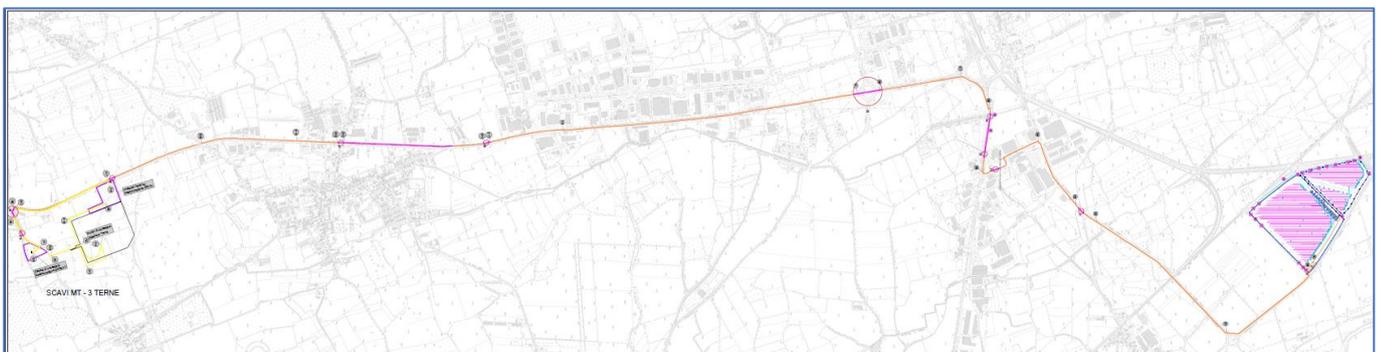


#### 4.1 STATO DI PROGETTO

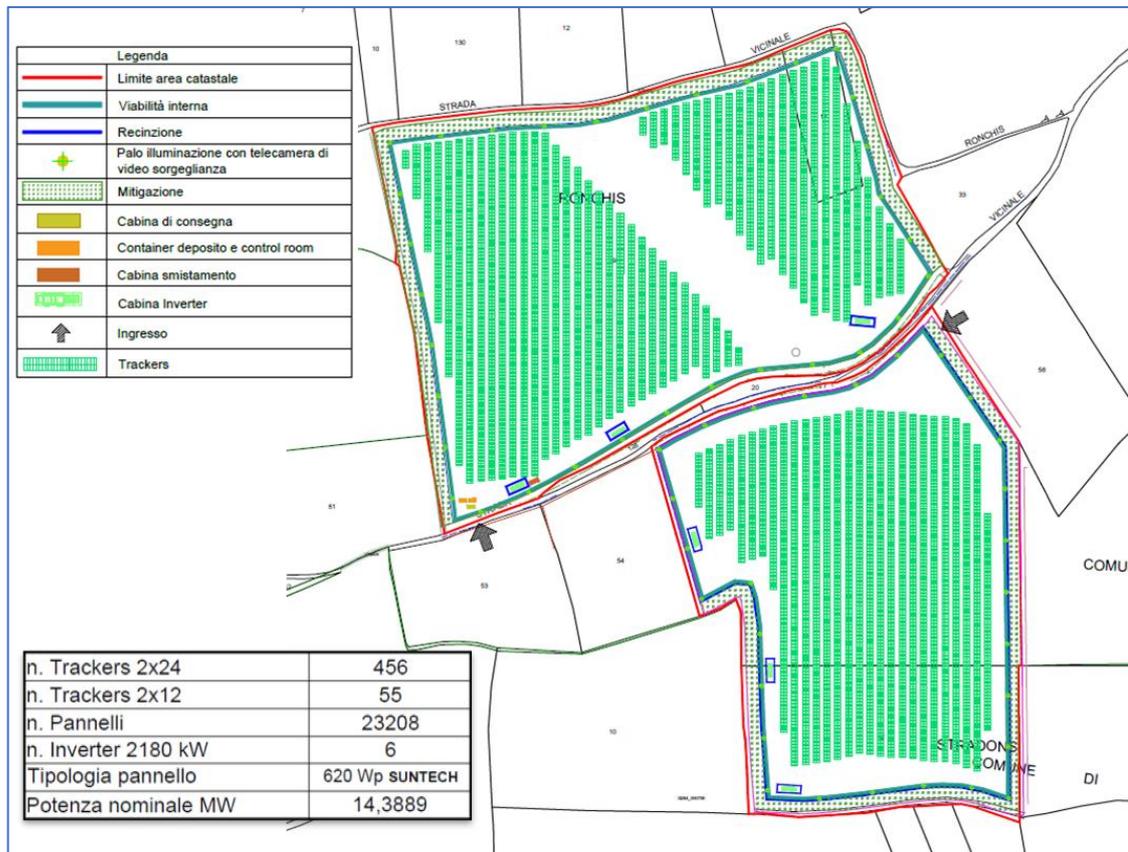
Gli interventi riguardano la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di 75,20352 MWp in prevalenza su tracker monoassiali a doppio pannello, distanziati con interasse di 8,25 m. Nel caso specifico del AREA 3 – Trivignano Nord sono presenti anche tracker monoassiali a monopannello, distanziati con interasse di 5,5 m.



**Figura 3 - Planimetria di progetto Pradamano**



**Figura 4 - Collegamento cavidotto interrato tra impianto di Pradamano e sottostazione Terna**



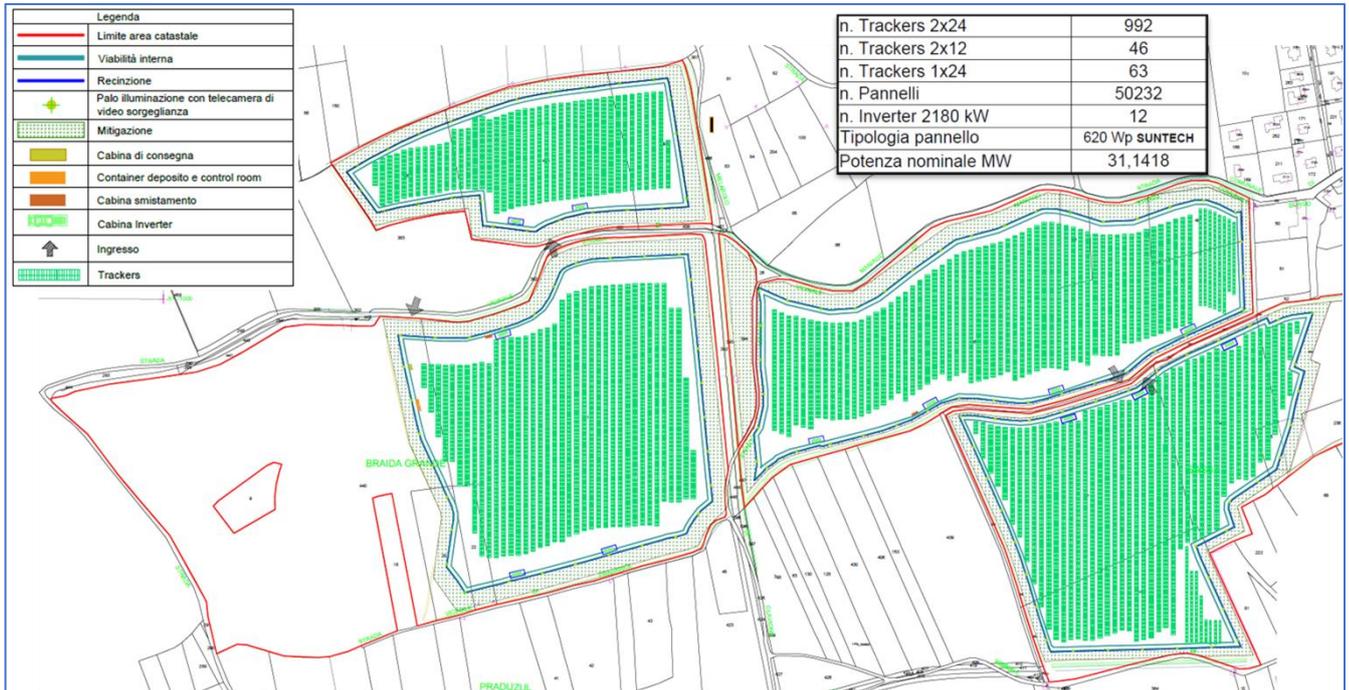
**Figura 5 - Planimetria di progetto Trivignano Sud**



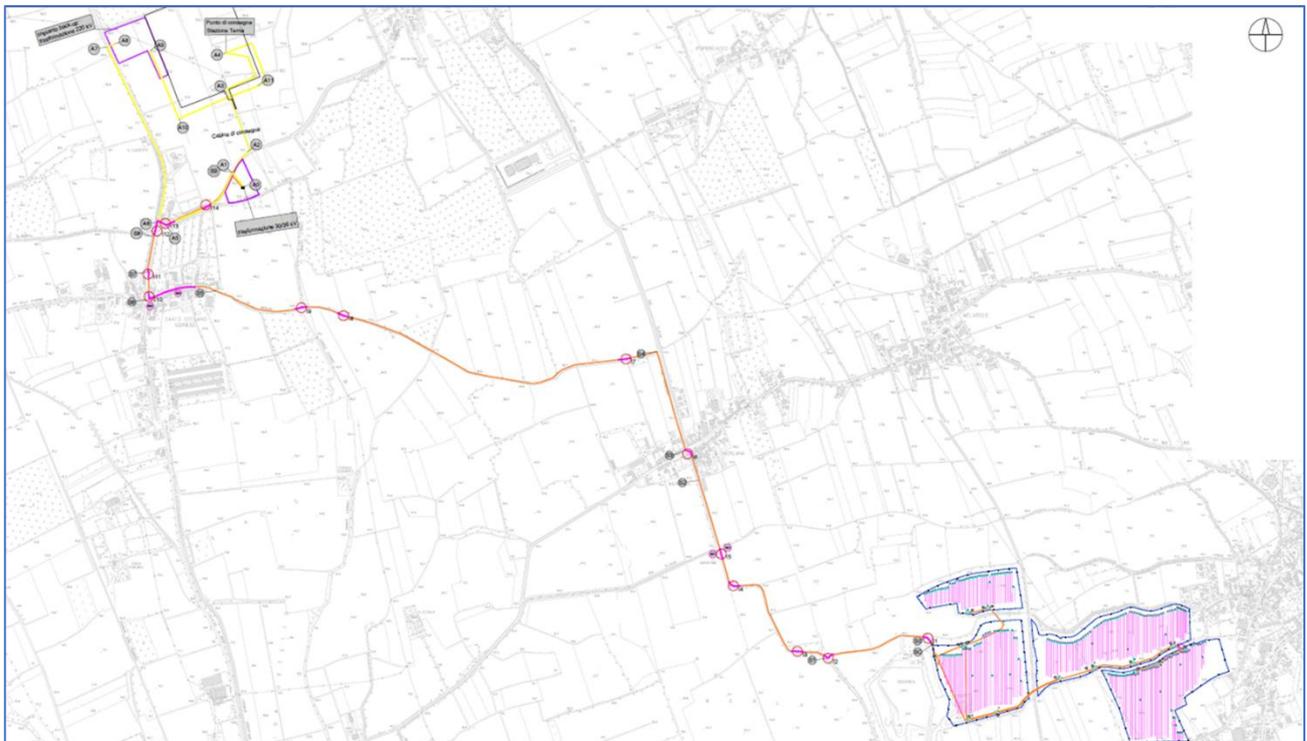
**Figura 6 -Collegamento cavidotto interrato tra impianto di Trivignano Sud e sottostazione Terna**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**Figura 7 - Planimetria di progetto Trivignano Nord**



**Figura 8 - Collegamento cavidotto interrato tra impianto di Trivignano Nord e sottostazione Terna**

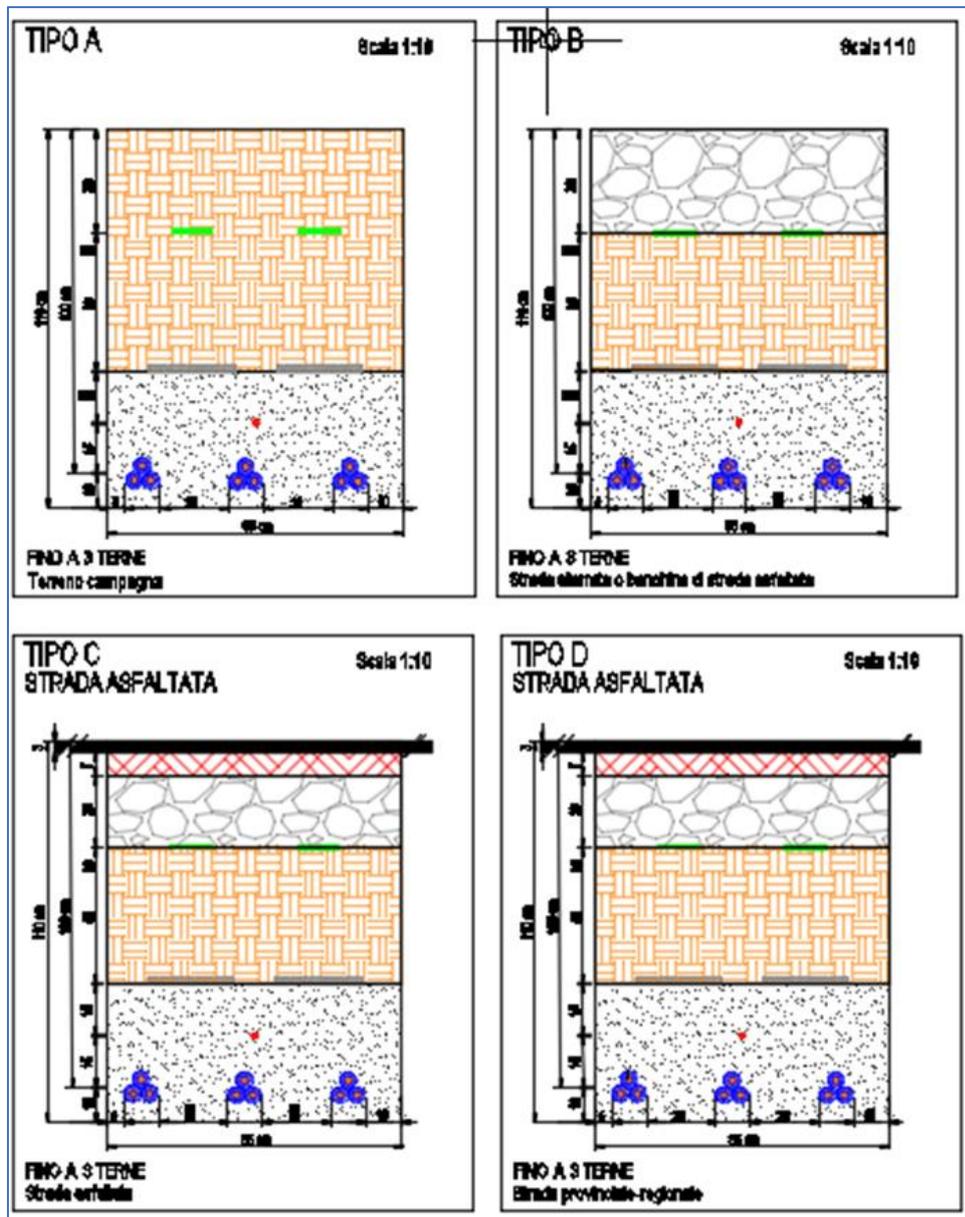
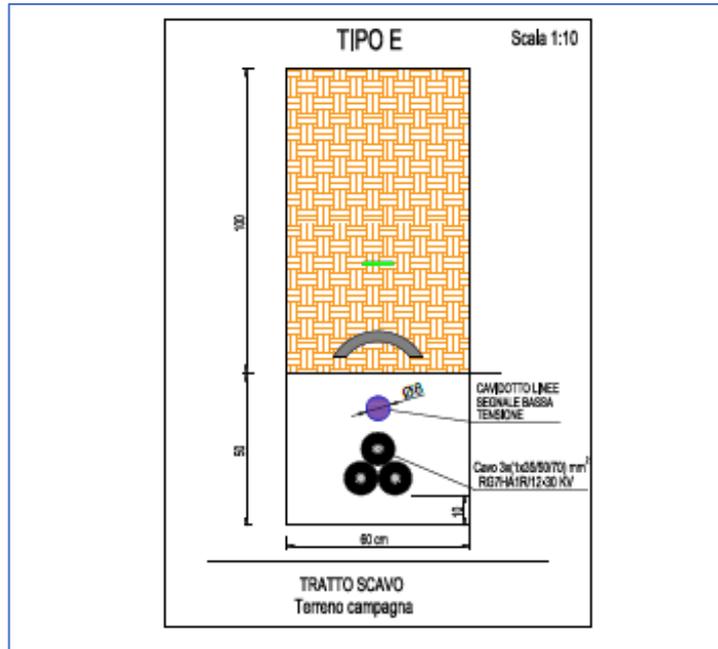
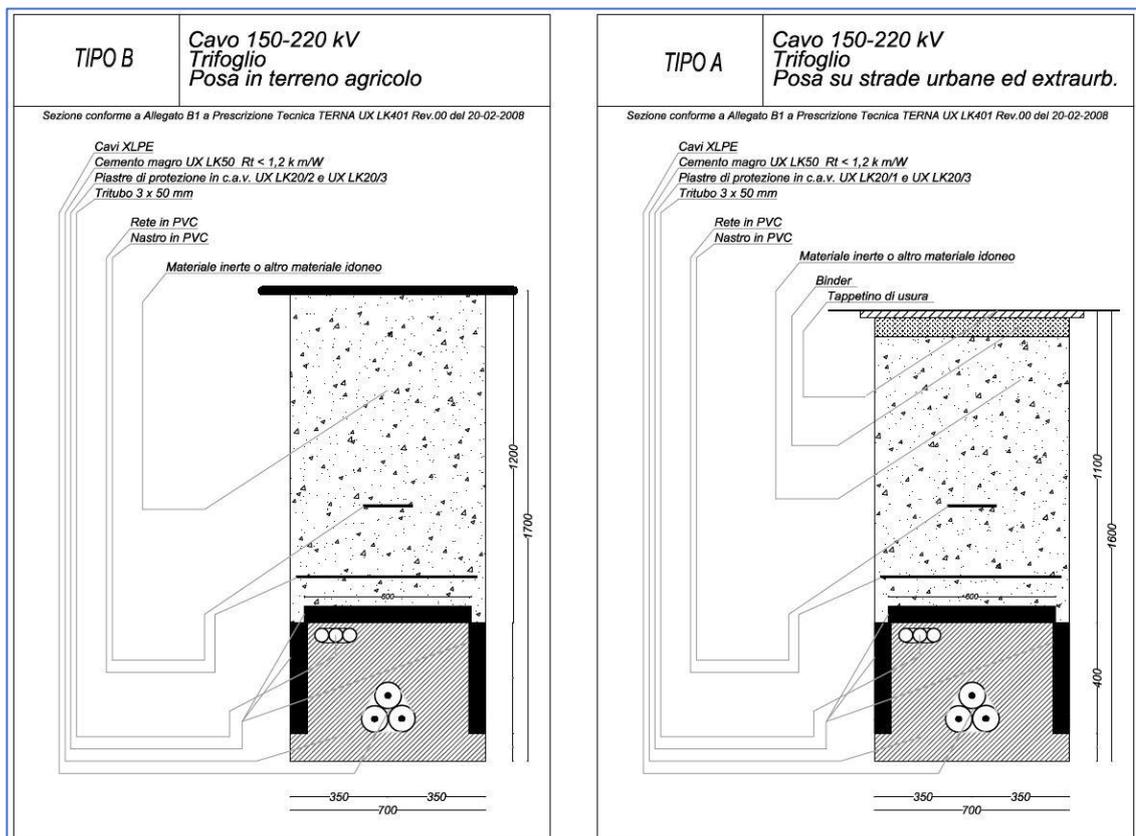


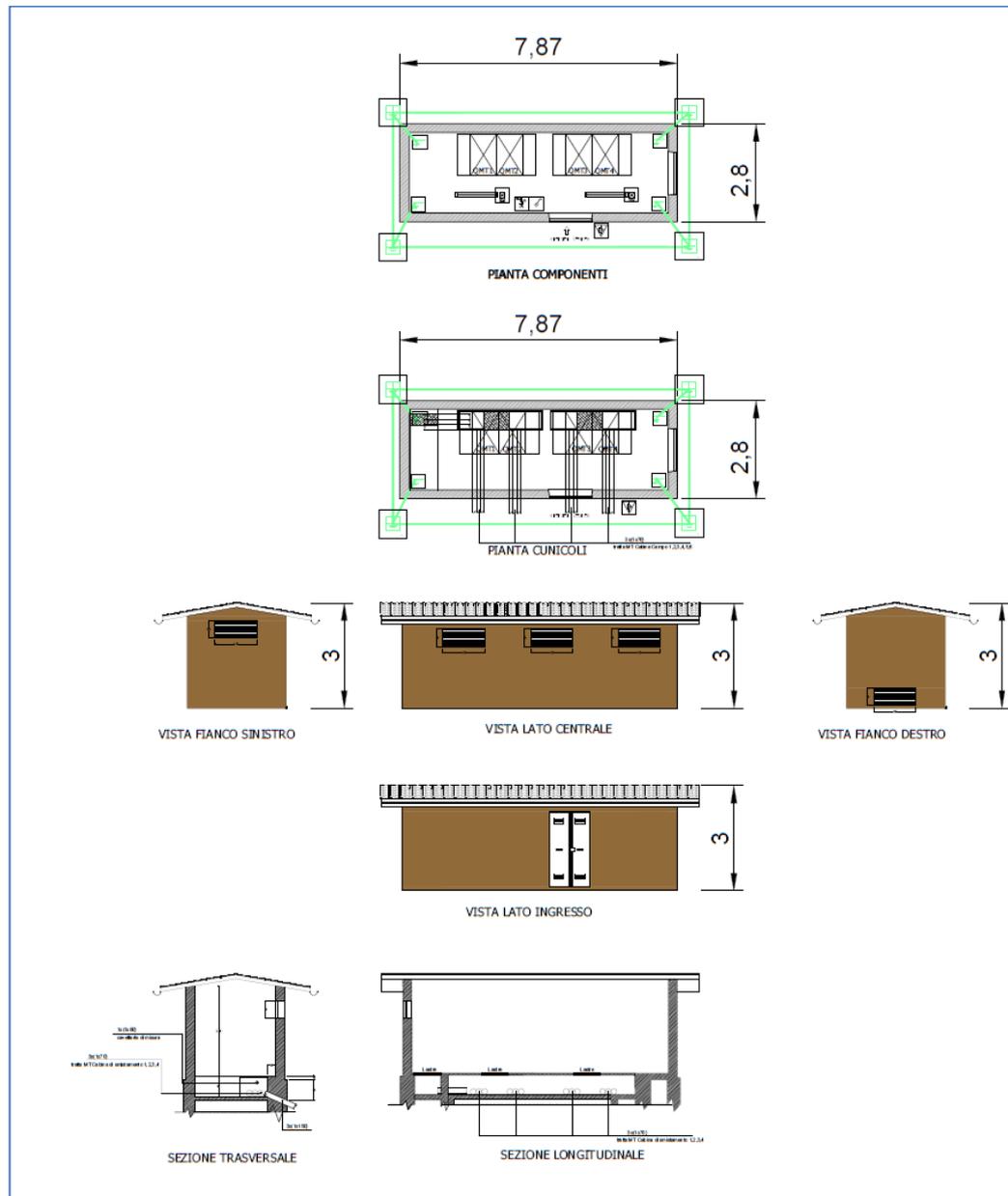
Figura 9 – Dettaglio cavidotto MT



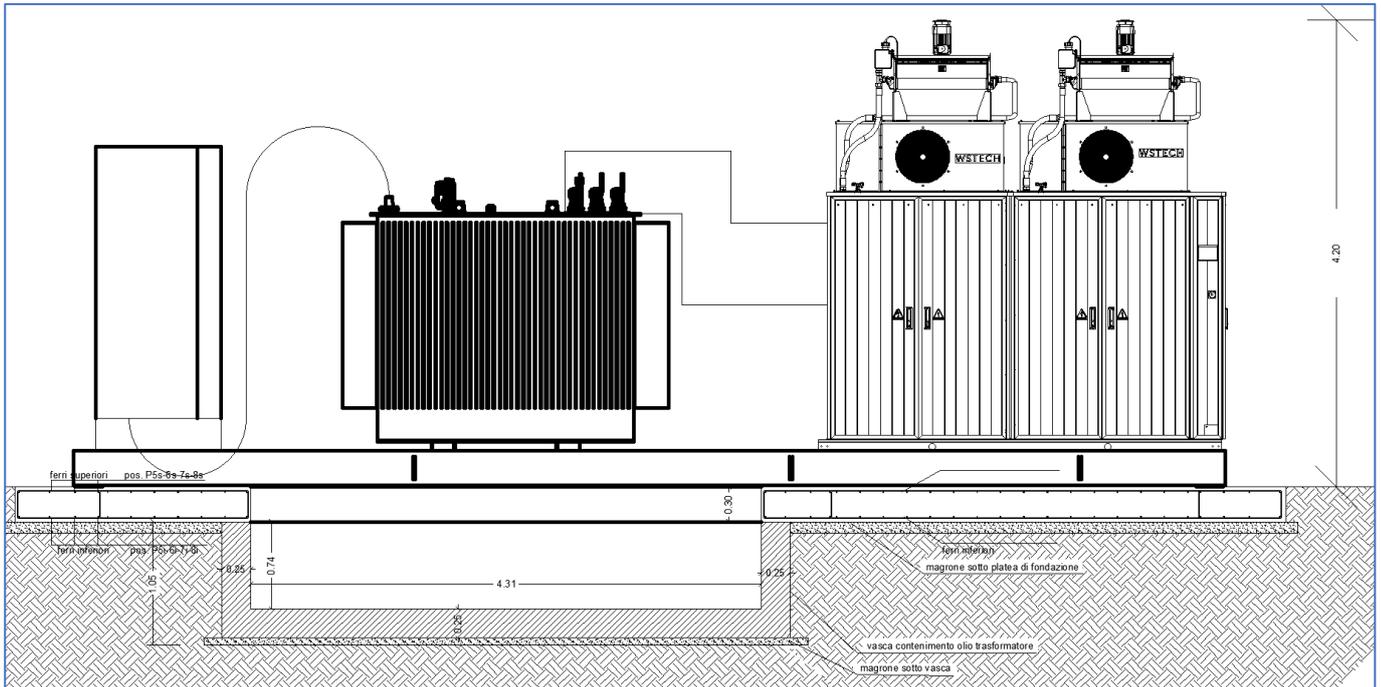
**Figura 10 - Dettaglio Cavidotto MT interno al campo**



**Figura 11 - Dettaglio cavidotto AT**



**Figura 12 – Tipologia Cabina di consegna e Smistamento**



**Figura 13 - Cabina di trasformazione (Inverter centralizzato)**



#### 4.2 REQUISITI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto oggetto dell'iter autorizzativo è da ritenersi qualificato come "agrivoltaico" e non "agrivoltaico avanzato" (ovvero devono essere rispettate almeno le condizioni **A**, **B** e **D2** delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici).

I requisiti definiti dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici sono i seguenti<sup>5</sup>:

- **Requisito A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi:
  - A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;
  - A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;
- **Requisito B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale:
  - B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;
  - B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.
- **Requisito C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **Requisito D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate. A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):
  - D.1) il risparmio idrico;
  - D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.
- **Requisito E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Inoltre, un sistema agrivoltaico può essere costituito da un'unica "tessera" o più tessere. Si riporta all'interno della figura le due configurazioni di un sistema ad unica tessera (a sinistra) e a insieme di tessere (a destra).

<sup>5</sup> "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" - Giugno 2022

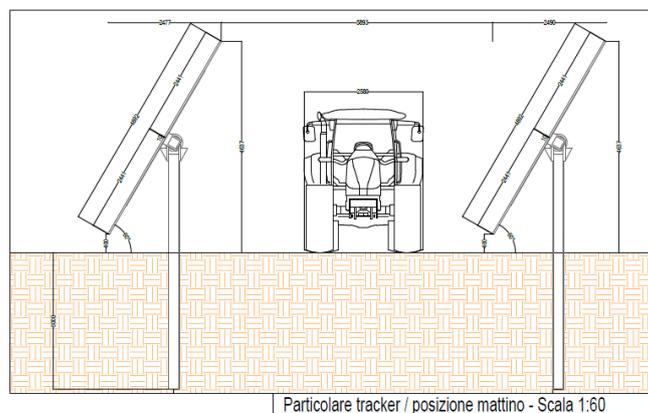
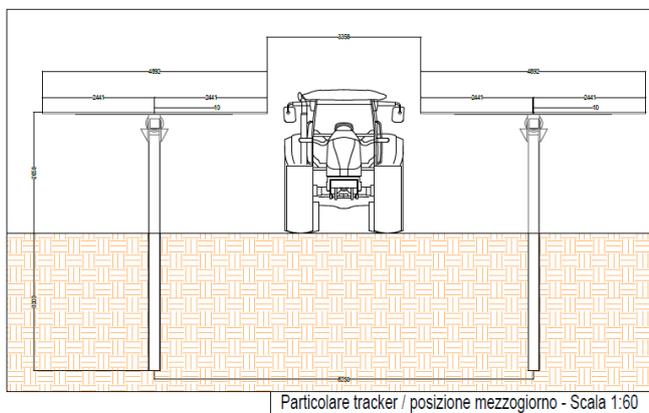


Fonte: elaborazioni ENEA

Dagli elaborati prodotti si potrà osservare che per Pradamano e Trivignano Sud il sistema agrivoltaico è stato suddiviso in due tessere, per Trivignano Nord, invece, l'impianto agrivoltaico è stato suddiviso in quattro tessere.

Le superfici prese in considerazione sono:

- Superficie totale agrivoltaica ( $S_{tot}$ ): la superficie dell'impianto recintata (escluse le mitigazioni);
- Superficie totale ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ): la superficie che ricoprono i pannelli quando si trovano nella posizione mezzogiorno (parallelo al piano campagna)
- Superficie agricola ( $S_{agricola}$ ): la superficie totale agricola considerando la proiezione dei pannelli quando si trovano nella posizione del mattino (inclinata di  $60^\circ$ ).

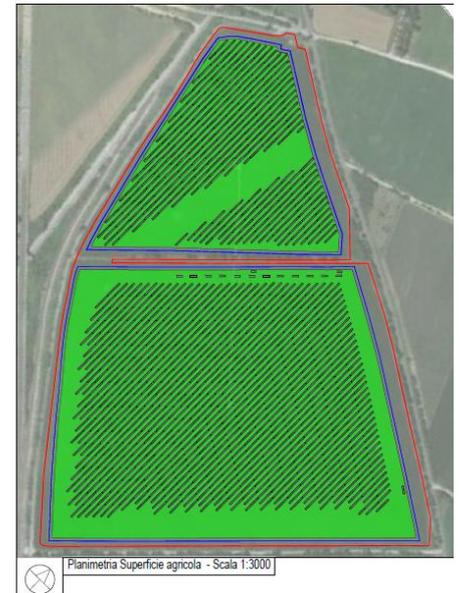


**Il rispetto dei requisiti A.1, A.2, e B.2 sono stati soddisfatti riprogettando i layout dell'impianto fotovoltaico come di seguito evidenziato.** Si riportano in seguito dei tre impianti adattati ai requisiti agrivoltaici con i relativi stralci delle tavole. (TAVag - 01 - Pradamano planimetria agrivoltaica, TAVag - 02 – Trivignano Sud planimetria agrivoltaica, TAVag - 03 – Trivignano Nord planimetria agrivoltaica)



**Pradamano**

L'impianto di Pradamano è suddiviso in due tessere; i requisiti A.1, A.2, e B.2 sono soddisfatti per entrambe le tessere:



	Tessera 1	Tessera 2	Totale
<b>Potenza Impianto [kW]</b>	8258,4	21412,3	29670,7
<b>S_tot [m<sup>2</sup>]</b>	97389,0	239077,0	336466,0
<b>S_pv [m<sup>2</sup>]</b>	36856,4	95561,1	132417,6
<b>S_agricola [m<sup>2</sup>]</b>	73846,4	184356,3	258202,7
<b>FV_agri [GWh/ha/anno]</b>	1,5158		
<b>FV_standard [GWh/ha/anno]</b>	1,4563		
<b>Requisito A.1 - Superficie minima per l'attività agricola</b>			
$S_{agri} \geq 0,7 * S_{tot}$			<b>Verificato</b>
<b>Requisito A.2 - <math>(S_{pv}) / (S_{tot})</math></b>			
$LAOR \leq 40\%$			<b>Verificato</b>
<b>Requisito B.2 - Producibilità elettrica impianto</b>			
$FV_{agri} \geq 0,6 * FV_{standard}$			<b>Verificato</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**Trivignano Sud**

L'impianto di Trivignano Sud è suddiviso in due tessere; i requisiti A.1, A.2, e B.2 sono soddisfatti per entrambe le tessere:



	Tessera 1	Tessera 2	Totale
Potenza Impianto [kW]	8169,1	6219,8	14389,0
S_tot [m <sup>2</sup> ]	91248,0	69478,0	160726,0
S_pv [m <sup>2</sup> ]	36458,0	27758,5	64216,5
S_agricola [m <sup>2</sup> ]	66097,3	49551,8	115649,0
FV_agri [GWh/ha/anno]		1,5554	
FV_standard [GWh/ha/anno]		1,4932	
<b>Requisito A.1 - Superficie minima per l'attività agricola</b>			
$S_{agri} \geq 0,7 * S_{tot}$			<b>Verificato</b>
<b>Requisito A.2 - <math>(S_{pv}) / (S_{tot})</math></b>			
$LAOR \leq 40\%$			<b>Verificato</b>
<b>Requisito B.2 - Producibilità elettrica impianto</b>			
$FV_{agri} \geq 0,6 * FV_{standard}$			<b>Verificato</b>



**Trivignano Nord**

L'impianto di Trivignano Nord è suddiviso in quattro tessere; i requisiti A.1, A.2, e B.2 sono soddisfatti per tutte le tessere:



	Tessera 1	Tessera 2	Tessera 3	Tessera 4	Totale
Potenza Impianto [kW]	9374,4	8809,0	8928,0	4032,5	31143,8
S_tot [m <sup>2</sup> ]	110622,0	98302,0	99717,0	45049,0	353690,0
S_pv [m <sup>2</sup> ]	41837,0	39313,5	39844,8	17996,6	138991,9
S_agricola [m <sup>2</sup> ]	31555,1	74560,2	71497,2	103449,8	281062,4
FV_agri [GWh/ha/anno]					1,5310
FV_standard [GWh/ha/anno]					1,4709
<b>Requisito A.1 - Superficie minima per l'attività agricola</b>					
$S_{agri} \geq 0,7 * S_{tot}$					<b>Verificato</b>
<b>Requisito A.2 - (S_pv) / (S_tot)</b>					
$LAOR \leq 40\%$					<b>Verificato</b>
<b>Requisito B.2 - Producibilità elettrica impianto</b>					
$FV_{agri} \geq 0,6 * FV_{standard}$					<b>Verificato</b>

**Per quanto attiene gli ulteriori requisiti di conformità legati alla produttività agricola vanno considerati i requisiti B1 (distinti nei sottogruppi B1a, B1b) e D2 di seguito analizzati.**

**Requisito B.1** Continuità dell'attività agricola (Paragrafo 2.4 delle LLGG): prevede la continuità nel tempo dello svolgimento dell'attività agricola nel sito fotovoltaico e si suddivide in due punti controllo:

- B.1 a) esistenza e resa della coltivazione; vengono verificati a fini statistici gli effetti dell'attività fotovoltaica sulla produttività agricola; "tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo.

Tenendo conto che le Linee Guida sono tutt'oggi oggetto di approfondimento interpretativo, che l'indirizzo produttivo dell'area ante operam e post operam rimarrà di tipo "estensivo" si propone di seguito una simulazione riguardante il caso di interesse:

- Colture prevalenti ante operam: produzione di seminativi estensivi (mais, soia, et al.);

calcolo della PLV/ettaro: rilevabile mediante stima .

- colture post operam: produzione di seminativi estensivi (attività prevalente: foraggiere);

calcolo della PLV/ettaro: rilevabile mediante stima.

- B.1 b) mantenimento dell'indirizzo produttivo; "Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate."

Nell'area oggetto di interesse, l'indirizzo produttivo rimarrà di tipo "estensivo" su cui si esemplifica la modalità di calcolo del parametro richiesto:

- colture prevalenti ante operam: produzione di seminativi estensivi (mais, soia et al.);

valore della produzione (PLV/ha): rilevabile tramite parametri RICA.

- coltura post operam: produzione di seminativi estensivi (attività prevalente: foraggiere);

valore della produzione (PLV/ha): rilevabile tramite parametri RICA.

Visto quanto sopra si può evincere che i requisiti B1a) e B1b) potranno essere rispettati in quanto l'indirizzo produttivo, di tipo "estensivo", non sarà modificato e la produzione ottenuta produrrà un reddito rilevabile.

**Requisito D.2. Monitoraggio della continuità dell'attività agricola;** come descritto nel paragrafo precedente, l'attività di monitoraggio dovrà riguardare i parametri di resa e mantenimento dell'indirizzo produttivo; pertanto, sulla base dei dati contenuti nel fascicolo aziendale, dell'analisi del piano colturale annuale, dei dati tecnico economici provenienti dalle rilevazioni secondo metodologia RICA ed elaborati dal CREA, verrà redatta una relazione tecnica asseverata con cadenza periodica a firma di un agronomo con requisiti di terzietà. Il documento avrà lo scopo di fare sintesi dell'attività di monitoraggio svolta dal tecnico evidenziando la permanenza nel tempo dei requisiti B1a) e B1b).



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 32 di 172

### 4.3 DATI AMBIENTALI RELATIVI AL SITO DI INSTALLAZIONE

I dati ambientali riportati di seguito nel dettaglio si riferiscono specificatamente a Trivignano. Nei calcoli PVSYST riportati negli allegati 1-2-3 sarà utilizzato il calcolo specifico di ogni campo.



PVsyst V7.2.3

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



#### Meteo

Data range 01/01/20 00h00 to 31/12/20 23h00

#### Situation

Latitude 45.94 °N  
Longitude 13.33 °E  
Altitude 38 m  
Time zone UTC+1

#### Source file characteristics

Date type sequential dates  
Time step 1 Hour  
Time shift of real data -19 Min.

#### Used parameters in source

Horiz. Global Ambient Temper.  
Horiz. Diffuse Wind Velocity  
Horiz. Beam

#### Hourly meteo - monthly sums

Interval beginning	GlobHor kWh/m <sup>2</sup> /mth	DiffHor kWh/m <sup>2</sup> /mth	T_Amb °C	WindVel m/s
January 20	54.8	19.7	4.6	1.5
February 20	72.0	26.4	7.0	1.6
March 20	119.1	45.1	8.6	2.7
April 20	183.8	52.4	13.3	2.2
May 20	187.6	71.5	16.9	2.2
June 20	186.2	74.5	19.9	1.7
July 20	214.5	66.2	23.0	1.6
August 20	175.8	65.1	24.2	1.9
September 20	134.5	50.8	19.7	2.0
October 20	81.3	41.1	13.5	1.8
November 20	56.1	24.0	8.8	1.9
December 20	30.6	17.1	6.0	2.3
Year 20	1496.4	553.8	13.8	2.0

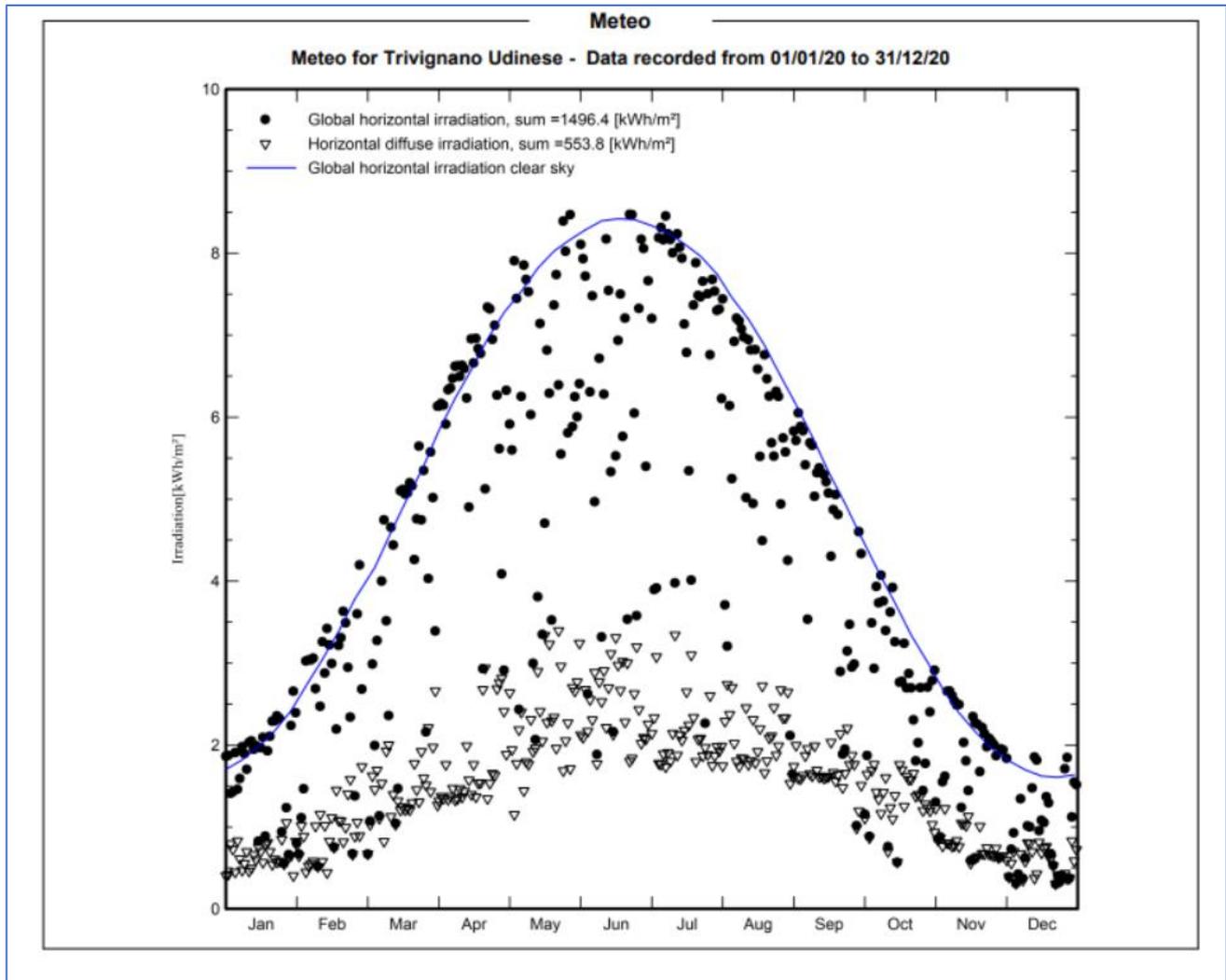


**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



PVsyst V7.2.3

Studio Ing. Valz Gris (Italy)





#### 4.4 IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU TRACKER MONOASSIALI

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto agrivoltaico che utilizza pannelli fotovoltaici monofacciali in silicio monocristallino caratterizzato su terreno privato a destinazione agricola tipo con le seguenti caratteristiche:

##### 4.4.1.1 Dati generali Impianto

Tipo di terreno: Terreno agricolo  
Potenza di picco: circa 75,20352 MWp  
Posizionamento del generatore FV: installazione al suolo  
Orientamento asse generatore FV: NORD-SUD  
Angolo di tilt del generatore FV: variabile con inseguimento est-ovest  
Fattore di albedo: erba verde: 0.20  
Fattore di riduzione delle ombre Komb 18%

##### AREA 1 – PRADAMANO

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 47856 moduli in silicio monocristallino da 620 Wp ciascuno e 13 inverter centralizzati (n. 7 inverter da 2180 kW, n. 5 inverter da 2090 kW, n. 1 inverter da 50 kW) come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in dodici distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8.25 m.

In particolare, si distinguono:

Descrizione	Stringhe	n. moduli in serie	Moduli installati	Potenza singolo pannello	Potenza installata
			numero	Wp	MW
<b>Sottocampo 1</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 2</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 3</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 4</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 5</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 6</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 7</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 8</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 9</b>	167	24	4008	620	<b>2,485</b>
<b>Sottocampo 10</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 11</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 12</b>	166	24	3984	620	<b>2,470</b>
<b>Sottocampo 13</b>	4	6	24	620	<b>0,015</b>
<b>Totale</b>			<b>47856</b>		<b>29,67072</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 35 di 172

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine				
	Quantità	Superficie Singolo elemento		Superficie coperta [m2]
		[m2]		
Trackers x24	24	67,75	1626	
Trackers x48	985	135,6	133566	
Cabine	12	32,59	391	
Container	2	18	36	
Superficie totale [m2]			135619	

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 23.208 moduli in silicio monocristallino da 620 Wp ciascuno e 6 inverter centralizzati da 2180 kW nominali come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in sei distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8.25 m.

In particolare, si distinguono:

Descrizione	Stringhe	n. moduli in serie	Moduli installati	Potenza singolo pannello	Potenza installata
			numero	Wp	MW
Sottocampo 1	161	24	3864	620	2,396
Sottocampo 2	161	24	3864	620	2,396
Sottocampo 3	161	24	3864	620	2,396
Sottocampo 4	161	24	3864	620	2,396
Sottocampo 5	161	24	3864	620	2,396
Sottocampo 6	162	24	3888	620	2,411
<b>Totale</b>			<b>23208</b>		<b>14,38896</b>

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine				
	Quantità	Superficie Singolo elemento		Superficie coperta [m2]
		[m2]		
Trackers x24	55	67,75	3726,25	
Trackers x48	456	135,6	61833,6	
Cabine	12	32,59	391	
Container	2	18	36	
Superficie totale [m2]			65986,85	

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 50 232 moduli in silicio monocristallino da 620 Wp ciascuno e 12 inverter centralizzati da 2180 kW nominali come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 36 di 172

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in dodici distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su posti su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8.25 m e su tracker monofila da 24, posti a interasse di 5,5 m .

In particolare, si distinguono:

Descrizione	Stringhe	n. moduli in serie	Moduli installati	Potenza singolo pannello	Potenza installata
			numero	Wp	MW
<b>Sottocampo 1</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 2</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 3</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 4</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 5</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 6</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 7</b>	174	24	4176	620	<b>2,589</b>
<b>Sottocampo 8</b>	175	24	4200	620	<b>2,604</b>
<b>Sottocampo 9</b>	175	24	4200	620	<b>2,604</b>
<b>Sottocampo 10</b>	175	24	4200	620	<b>2,604</b>
<b>Sottocampo 11</b>	175	24	4200	620	<b>2,604</b>
<b>Sottocampo 12</b>	175	24	4200	620	<b>2,604</b>
<b>Totale</b>			<b>50232</b>		<b>31,14384</b>

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine				
	Quantità	Superficie Singolo elemento		Superficie coperta [m2]
		[m2]		
<b>Trackers x24</b>		109	67,75	7384,75
<b>Trackers x48</b>		992	135,6	134515,2
<b>Cabine</b>		12	32,59	391
<b>Container</b>		2	18	36
<b>Superficie totale [m2]</b>				<b>142326,95</b>

I moduli fotovoltaici saranno posati a terra tramite idonee strutture in acciaio zincato con inseguimento mono-assiale, come meglio descritto in seguito, disposti in file parallele opportunamente distanziate onde evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco. L'impianto sarà di tipo GRID-CONNECTED (connesso alla rete elettrica per l'immissione dell'energia). La misura dell'energia prodotta si realizzerà nel Locale di misura all'interno del manufatto Step Up ed avverrà, come prescritto dalle norme vigenti, attraverso un contatore di energia di tipo elettromeccanico con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna.



#### 4.4.1.2 *Descrizione tecnica delle strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale*



Il progetto prevede l'impiego di tecnologie ad inseguimento monoassiale che permettono allo stesso tempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti e di ridurre l'impatto visivo degli stessi, avendo altezze inferiori. L'inseguitore solare est-ovest ha l'obiettivo di massimizzare l'efficienza energetica e i costi di un impianto fotovoltaico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo si raggiunge con un singolo prodotto che garantisce i vantaggi di una soluzione di inseguimento solare con una semplice installazione e manutenzione come quella degli array fissi post-driven. Il tracker orizzontale monoassiale, che utilizza dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da est a ovest sull'asse di rotazione orizzontale nord-sud (inclinazione 0°). I layout di campo con inseguitori monoasse orizzontali sono molto flessibili, ciò significa che mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro è tutto ciò che è necessario per posizionare opportunamente i tracker. Il sistema di backtracking controlla e assicura che una serie di pannelli non oscuri gli altri pannelli adiacenti, quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata.

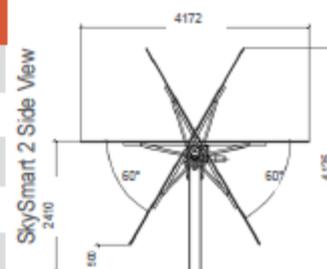


### SKYSMART 2 TRACKER SPECIFICATIONS

Tracking Type	Independent horizontal single-axis tracker
Tracking Range	±60°
Driving System	Slewing drive, parallel multi-point design, 24VDC Motor
Modules per Tracker	Up to 120 modules per tracker
System Voltage	1,000 V or 1,500 V
Ground Coverage Ratio	Typical ≥35%
Foundation Options	Ramming/Pre-drilling/Concrete Piles
Terrain Adaption	Up to 20% N-S Slope
Structure Material	Hot dipped galvanized/Pre-galvanized steel
Power Supply	Powered by PV strings, back-up Li-ion battery
Daily Energy Consumption	Typical 0.08kWh
Standard Wind Design	105mph (47m/s) per ASCE7-10, higher wind load available
Wind Protection`	18m/s
Module Supported	All commercially available modules
Operation Temperature	-30°C to 60°C

### ELECTRONIC CONTROLLER SPECIFICATIONS

Control System	1 controller per tracker
Control Algorithm	Astronomical algorithms + Tilt sensor close loop
Tracking Accuracy	≤ ±2°
Backtracking	Yes
Communication Options	LoRa wireless/ RS 485 cable
Night Position	Yes



**FIGURA 14 - DATI DEI TRACKER**

Il Backtracking massimizza il rapporto di copertura del suolo. Grazie a questa funzione, è possibile ridurre la distanza centrale tra le varie stringhe. Pertanto, l'intero impianto fotovoltaico occupa meno terreno di quelli che impiegano soluzioni di localizzazione simili. L'assenza di inclinazione del cambiamento stagionale, (cioè il tracciamento "stagionale") ha scarso effetto sulla produzione di energia e consente una struttura meccanica molto più semplice che rende un sistema intrinsecamente affidabile. Questo design semplificato si traduce in una maggiore acquisizione di energia a un costo simile a una struttura fissa. Con il potenziale miglioramento della produzione di energia dal 15% al 35%, l'introduzione di una tecnologia di inseguimento economica ha facilitato lo sviluppo di sistemi fotovoltaici su vasta scala. Si rimanda alla relazione tecnica specifica sugli impianti per maggiori dettagli tecnologici.



#### 4.4.1.3 Descrizione di Inverter di stringa e Cabine di trasformazione

Le tre aree in cui è diviso l'impianto sono servite nel complesso da 30 inverter, trasformatori e cabine di trasformazione.

##### Container di trasformazione:

È prevista l'installazione di inverter centralizzati.

- **Pradamano** sono previste n. 7 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180; n. 5 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2090 e n. 1 cabine tipo SMA da 50 kW.
- **Trivignano Sud** sono previste n.6 cabine con inverter tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.
- **Trivignano Nord** sono previste n. 12 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.

L'insieme degli inverter ha una potenza complessiva di 65 MW.

Di seguito vengono riportate le schede tecniche di riferimento:



Inverter - Sinacon PV2180			
<b>Manufacturer</b>	Siemens	<b>Commercial data</b>	
<b>Model</b>	Sinacon PV2180	Availability :	Prod. Since 2017
		Data source :	Manufacturer 2019
		<b>Remarks</b>	
		Tecnologia: Without LV Transfo, 3Level NPC-IGBT	
		Protezione: IP65	
		Controllo: Touchscreen	
		<b>Sizes</b>	
		Width	1860 mm
		Height	3734 mm
		Depth	1142 mm
		Weight	2200.00 kg
		<b>Input characteristics (PV array side)</b>	
Operating mode	MPPT	Nominal PV Power (Pnom DC)	2216 kW
Minimum MPP Voltage (Vmin)	875 V	Maximum PV Power (Pmax DC)	4360 kW
Maximum MPP Voltage (Vmax)	1500 V	Power Threshold (Pthresh.)	1000 W
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1500 V		
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		
		<b>Output characteristics (AC grid side)</b>	
Grid voltage (Imax)	Triphased 600 V	Nominal AC Power (Pnom AC)	2180 kWac
Grid frequency	50/60 Hz	Maximum AC Power (Pmax AC)	2180 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	2100 A
		Maximum AC current (Imax AC)	2100 A
		<b>Efficiency defined for 3 voltages</b>	
	V	Maximum efficiency	European average efficiency
		%	%
Low voltage	952	98.9	98.8
Medium voltage	1000	98.9	98.7
High voltage	1350	98.7	98.5
		<b>Remarks and Technical features</b>	
		Array isolation monitoring	
		Internal DC switch	
		Internal AC switch	
		Output Voltage disconnect adjustment	



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO

## Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp

### Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA

#### Inverter - Sinacon PV2090

Manufacturer: Siemens  
Model: Sinacon PV2090

**Commercial data**

Availability :	Prod. Since 2017	Data source :	Manufacturer 2019
----------------	------------------	---------------	-------------------

**Remarks**

Technology: Without LV Transfo, 3Level NPC-IGBT	<b>Sizes</b>	Width	1860 mm
Protection: IP65	Height	Height	3734 mm
Control: Touchscreen	Depth	Depth	1142 mm
	Weight	Weight	2200.00 kg

**Input characteristics (PV array side)**

Operating mode	MPPT	Nominal PV Power (Pnom DC)	2124 kW
Minimum MPP Voltage (Vmin)	838 V	Maximum PV Power (Pmax DC)	2090 kW
Maximum MPP Voltage (Vmax)	1500 V	Power Threshold (Pthresh.)	1000 W
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1500 V		
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		

**Output characteristics (AC grid side)**

Grid voltage (Imax)	Triphased 575 V	Nominal AC Power (Pnom AC)	2090 kWac
Grid frequency	50/60 Hz	Maximum AC Power (Pmax AC)	2090 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	2100 A
		Maximum AC current (Imax AC)	2100 A

**Efficiency defined for 3 voltages**

	V	Maximum efficiency	European average efficiency
		%	%
Low voltage	874	98.8	98.7
Medium voltage	1000	98.8	98.6
High voltage	1350	98.6	98.4

**Remarks and Technical features**

- Array isolation monitoring
- Internal DC switch
- Internal AC switch
- Output Voltage disconnect adjustment

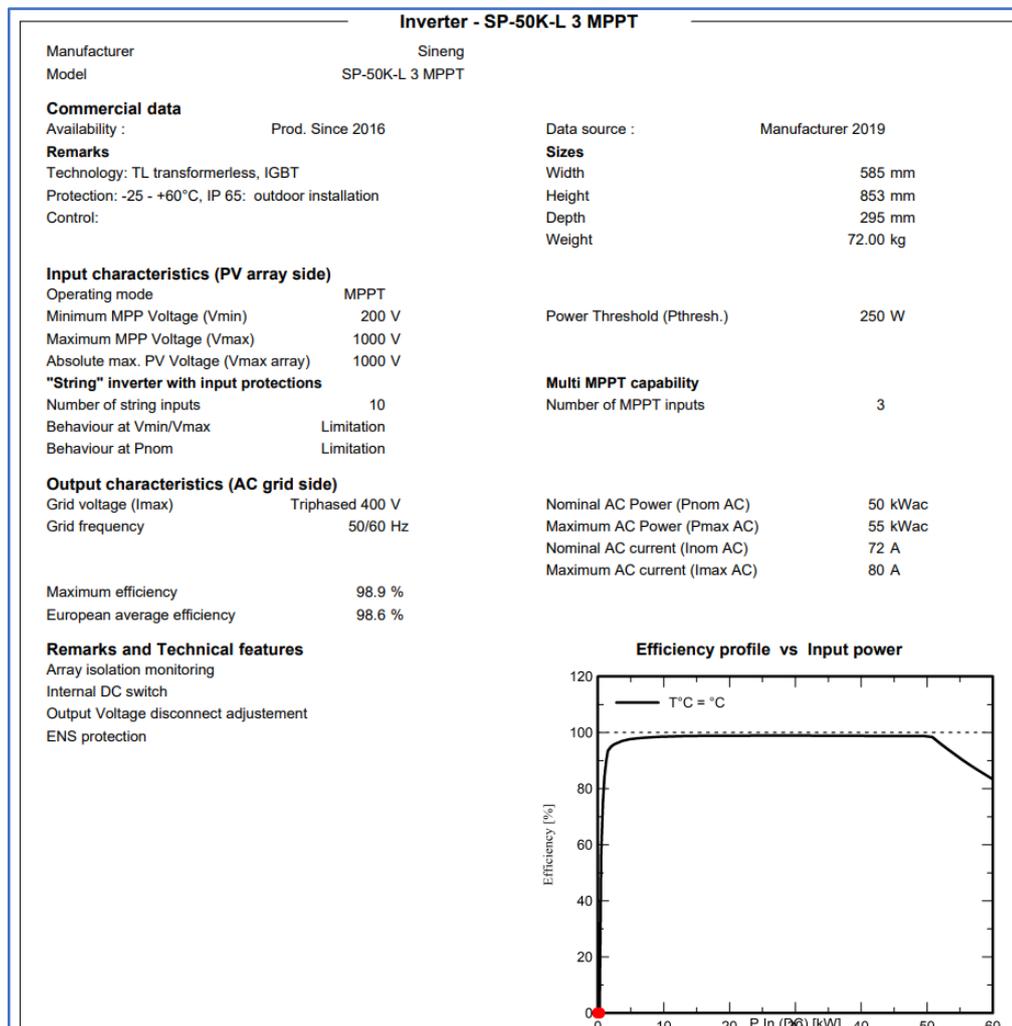
**Efficiency profile vs Input power**

— 874 V, T°C = °C, CosPhi = 1.00  
 — Eff. for U = 1350 V  
 — Eff. for U = 1000 V  
 — Eff. for U = 874 V



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 41 di 172



**Trasformatori ad olio:**

I trasformatori marca Sirmet Elettrica srl modello UE2500-6/0.4-0

15 ±2x2,5% / 0.4kV

2500 kVA a 35°C

Vcc%= da 5 a 8,5% rif.

Dyn11

I prim. = 82°

I secon.= 3.080 A

Grado di protezione IP54

Contenimento olio:

- 2.300 kg totali 2,65 m<sup>3</sup>
- fossa in basamento ca al di sotto dei trasformatori dim. ca 2,5x3 m h=0,15 protetta da pioggia tramite tettoia copertura trasformatori

**4.4.1.4 Collegamenti elettrici e cavidotti**

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact preinstallati dal produttore nelle scatole di giunzione poste sul retro di ogni modulo. I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali previsti nei profili delle strutture di fissaggio. Per la distribuzione dei cavi all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 0,8 m per i cavi di media tensione su proprietà privata e pari ad almeno 1,2 metri su terreno pubblico) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi. I cavi MT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e



monitoraggio. Ad intervalli di circa 15/20 m per tratti rettilinei e ad ogni derivazione si interporranno dei pozzetti rompitratta (del tipo prefabbricato con chiusino in cemento) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto. I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi. Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso) oppure mediante nastri segnalatori posti a 20 cm sopra le tubazioni. Le tubazioni dei cavidotti in PVC devono essere di tipo pesante (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N). Ogni singolo elemento è provvisto ad una estremità di bicchiere per la giunzione. Il tubo è posato in modo che esso si appoggi sul fondo dello scavo per tutta la lunghezza; è completo di ogni minuteria ed accessorio per renderlo in opera conformemente alle norme CEI 23-29.

#### 4.4.1.5 Moduli fotovoltaici

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino marca tipo SUNTECH Ultra V Pro STP620S-C78/Nmh+ e potenza di circa 620 Wp.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate nel datasheet allegato.

**Ultra V Pro** Plus **SUNTECH**

HALF-CELL N-TOPCon BIFACIAL MODUL

TYPE: STPXXXS - C78/Nmh+

POWER OUTPUT	MAX EFFICIENCY
600-620W	22.4%



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO

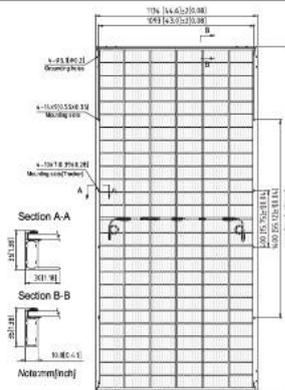
## Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp

### Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA

### Mechanical Characteristics

Solar Cell	N-type Monocrystalline silicon 182 mm
No. of Cells	156 (6 × 26)
Dimensions	2441 × 1134 × 35 mm (96.1 × 44.6 × 1.4 inches)
Weight	35.1 kgs (77.4 lbs.)
Front \ Back Glass	2.0+2.0 mm (0.079+0.079inches) semi-tempered glass
Output Cables	4.0 mm <sup>2</sup> , (-) 350 mm and (+) 160 mm in length or customized length
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25 A
Power Tolerance	0/+5 W
Refer. Bifaciality Factor	(80 ± 5)%
Packing Configuration	Packaging box dimensions (mm) : 2470×1130×1269 Packaging box weight (kg) : 1163 31 Pieces per pallet 558 Pieces per container / 40' HC

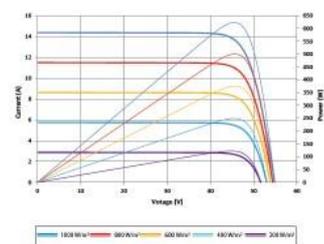


### Different Rearside Power Gain Reference to 6105 Front

Rearside Power Gain	5%	15%	25%
Maximum Power at STC (Pmax)	640.5	701.5	762.5
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	46.1	46.1	46.2
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.91	15.24	16.56
Open Circuit Voltage (Voc/V)	54.5	54.5	54.6
Short Circuit Current (Isc/A)	14.96	16.39	17.81
Module Efficiency (%)	23.1	25.3	27.5

### Graphs

Current-Voltage & Power-Voltage (I200)



### Temperature Characteristics

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.320%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.260%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.046%/°C

### Electrical Characteristics

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5, NMOT: Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s, Tolerance of Pmax is within +/- 3%.

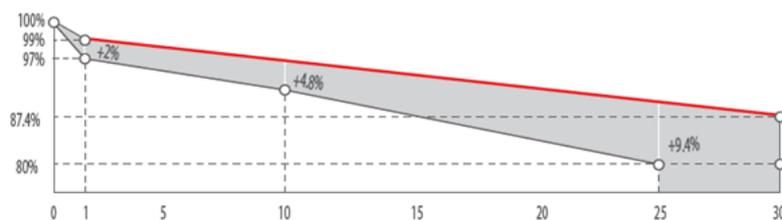
Module Type	STP6205-C78/Nmh+		STP6155-C78/Nmh+		STP6105-C78/Nmh+		STP6055-C78/Nmh+		STP6005-C78/Nmh+	
	STC	NMOT								
Maximum Power (Pmax/W)	620	473.2	615	469.3	610	465.6	605	461.6	600	457.8
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	46.43	43.0	46.25	42.8	46.07	42.6	45.89	42.4	45.71	42.3
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.36	11.02	13.30	10.97	13.25	10.93	13.19	10.88	13.13	10.83
Open Circuit Voltage (Voc/V)	54.86	51.9	54.68	51.7	54.50	51.5	54.32	51.4	54.14	51.2
Short Circuit Current (Isc/A)	14.37	11.59	14.31	11.54	14.25	11.50	14.19	11.45	14.13	11.40
Module Efficiency (%)	22.4		22.2		22.0		21.9		21.7	

For tracker installation, please turn to Suntech for mechanical load information.

FIGURA 15 - DATI PANNELLO

Ogni modulo dispone di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP68 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti. I moduli scelti sono forniti di cornice e con garanzia di una potenza non inferiore al 95% del valore iniziale dopo 10 anni di funzionamento ed all'90% dopo 25 anni.

### Industry-leading Warranty \*\*



- ◆ First year power degradation: 1%
- ◆ Annual degradation: 0.40%
- ◆ Product warranty: 12 years
- ◆ linear warranty: 30 years

Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc. La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi



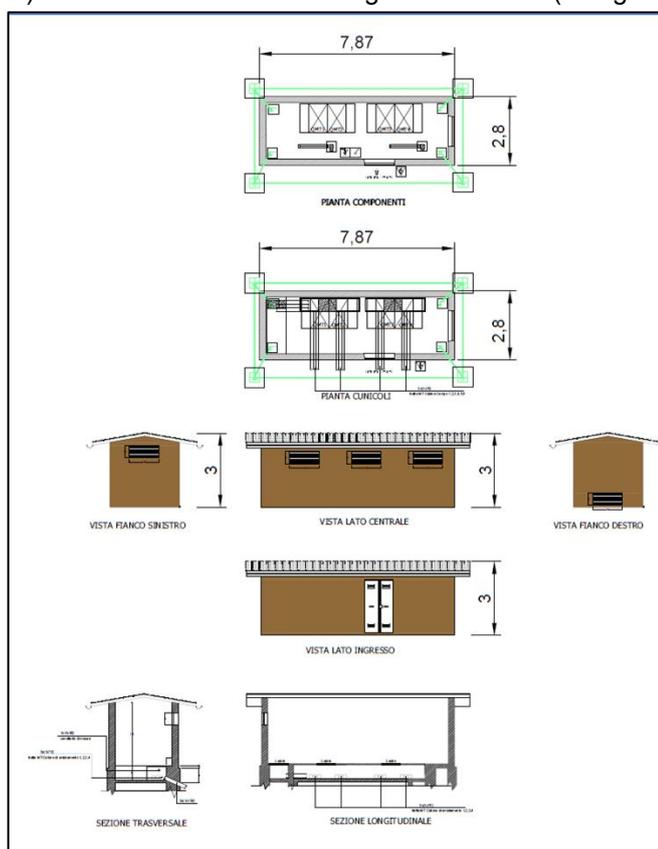
scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

#### 4.4.1.6 Cabina di consegna

Le cabine di consegna saranno tre e saranno ubicate nei pressi dell'ingresso principale di ogni area (le planimetrie di progetto sono riportate nelle TAV10 - *Planimetria di progetto e sezioni Pradamano*, TAV12 - *Planimetria di progetto e sezioni Trivignano Sud* e TAV14 - *Planimetria di progetto e sezioni Trivignano Nord*).

L'edificio avrà dimensioni diverse per il lotto di Trivignano Sud e uguali dimensioni per i lotti Trivignano Nord e Pradamano. Le costruzioni saranno realizzate in c.a.

Nelle figure sono riportate le dimensioni delle cabine di consegna, a sinistra la cabina di consegna delle Aree 1 e 3 (Pradamano e Trivignano Nord) a destra la cabina di consegna dell'Area 2 (Trivignano Sud)



#### 4.4.1.7 Connessione a sottostazione Terna

Si tratta di tre campi fotovoltaici in siti che si trovano sotto differenti comuni ed elettricamente indipendenti. L'energia prodotta dagli impianti sarà veicolata tramite un cavidotto in MT interrato della lunghezza:

- Area 1 - Pradamano - ST pari a circa 12 km;
- Area 2 – Trivignano Sud - ST pari a circa 7,1 km;
- Area 3 – Trivignano Nord - ST pari a circa 5 km

percorrendo la strada provinciale e regionale in una sottostazione AT di Terna da 220 kV situata in località Persereano.

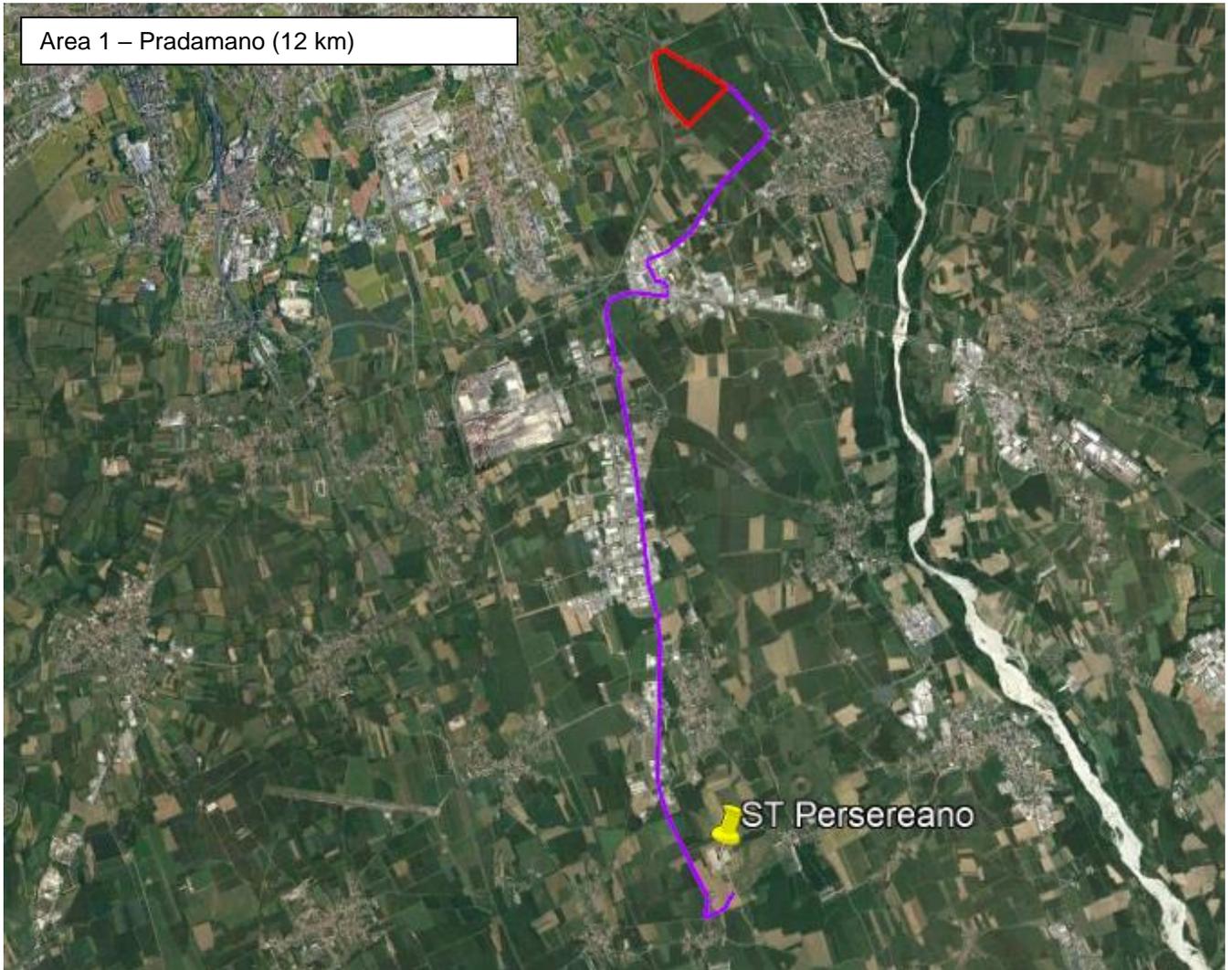
Di seguito si possono osservare i tre tracciati:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 45 di 172

Area 1 – Pradamano (12 km)





Area 2 – Trivignano Sud (7,1 km)



Area 3 – Trivignano Nord (5 km)



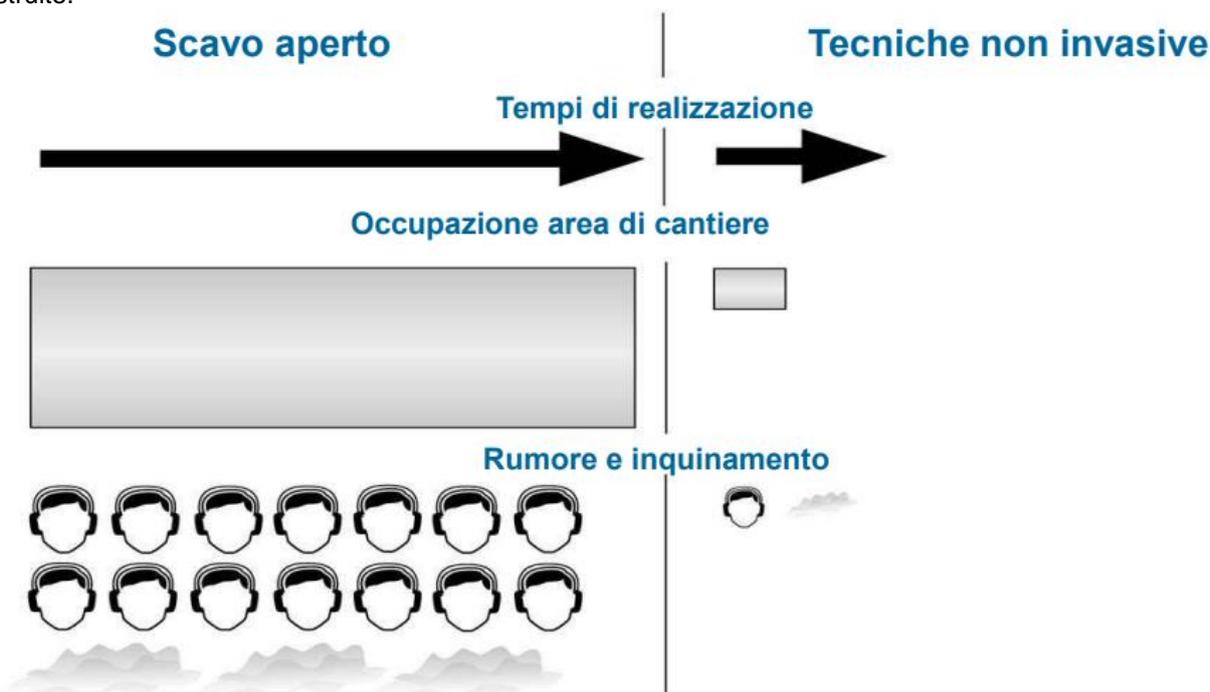
Il progetto prevede la realizzazione di tre linee dirette dalla cabina di consegna di ogni campo alla stazione di Step Up di Persereano.



Sulle tavole grafiche dei collegamenti alla Step Up sono indicate le localizzazioni dei punti singolari previsti.

#### 4.4.1.8 Tecnologia No Dig

Alcuni tratti del cavidotto saranno posati con tecnologia No-Dig. La caratteristica principale della trivellazione orizzontale guidata (no-dig) è la possibilità di effettuare la posa in opera di un servizio richiesto in alternativa allo scavo a cielo aperto. La perforazione orizzontale è una tecnica innovativa molto apprezzata sia per la sua versatilità e capacità di realizzare i più comuni interventi, sia per completare con successo problematiche che fino a poco tempo fa sembravano improponibili. L'uso della tecnologia no-dig elimina inoltre i negativi impatti sull'ambiente naturale e costruito.



**Figura 16 - confronto tra scavo aperto e tecniche non invasive**

Alla realizzazione dei suddetti lavori composti principalmente di scavi ristretti a cielo aperto, mitigata dall'utilizzo in numerosi tratti della tecnica No-Dig, è associabile una modestissima immissione di polveri nell'ambiente in quanto la maggior parte del terreno verrà posto a lato dello scavo stesso per essere riutilizzato successivamente alla posa del cavo come materiale di riempimento, e sarà predisposto un sistema di bagnatura dei risultati dello scavo al fine di evitare al massimo le dispersioni di polveri in atmosfera.

Operativamente la realizzazione dell'attraversamento prevede tre macro fasi che sinteticamente si riportano nel seguito:

1. Esecuzione della postazione di partenza dove viene posizionato l'impianto di perforazione. Realizzazione di un foro pilota di piccolo diametro che, rispettando il profilo di progetto, avrà il suo punto di approdo sul lato opposto a quello di immissione ovvero oltre l'infrastruttura oggetto di interferenza. Il foro in questione è eseguito mediante lancia di perforazione e l'inserimento nel terreno della batteria di aste mentre, l'asportazione del terreno scavato avviene per mezzo di fanghi bentonitici a circolazione continua.
2. Alesatura del foro mediante allargamento del foro pilotato al fine di raggiungere il diametro richiesto per l'alloggiamento della condotta. L'operazione viene eseguita con l'ausilio di getti di fango che consentono l'asportazione del terreno e la stabilizzazione delle pareti del foro mentre gli alesatori-compattatori ruotano per effetto del moto trasmesso dalle aste ed esercitano un'azione fresante allargando il foro.



3. Tiro della tubazione – procedendo nella stessa direzione della alesatura il tubo in PEAD di attraversamento viene agganciato all'alesatore e viene trainato fino ad occupare l'intera lunghezza della perforazione. Un apposito giunto evita che il moto rotatorio dell'alesatore possa indurre nella tubazione una sollecitazione di tipo torsionale.

La tecnologia utilizzata (HDD) permette di limitare i punti di intervento al punto di lancio e di arrivo in cui si effettueranno gli scavi per posizionare la strumentazione. Prima di effettuare la perforazione verranno eseguite una serie di indagini, quali ad esempio l'introspezione mediante radar della natura del sottosuolo e della presenza di altri impianti (indagine litologica) che consentano di ricostruire la situazione del sottosuolo nel tratto interessato dalla posa dei tubi.

La bentonite è un'argilla fine mescolata con l'acqua per formare i fanghi di trivellazione. Questi fanghi permettono il raffreddamento dello strumento di trivellazione e di alesaggio, il consolidamento delle pareti del tunnel ed agevolano anche la trivellazione grazie alla pressione. Essi contribuiscono anche all'evacuazione dei materiali di scavo prima del trascinarsi della condotta. È possibile modificare leggermente la densità di questo prodotto, talvolta in corso d'opera, per facilitare la trivellazione ed il trascinarsi. I fanghi di trivellazione saranno riciclati ed utilizzati in un circuito chiuso.

I punti interessati dalla tecnologia NO DIG sono evidenziati sulle specifiche tavole di progetto.

#### **4.5 CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

---

Per garantire un controllo continuo e immediato dello stato dell'impianto saranno installati sia un sistema di controllo remoto via web sia un apparato di monitoraggio ed immagazzinamento dei dati di funzionamento dell'impianto. Per i dettagli riguardanti il sistema di telecontrollo si rimanda alla relazione tecnica ed agli elaborati grafici specifici.

#### **4.6 IMPIANTO DI ANTIFURTO**

---

L'impianto sarà dotato di sistema TVCC a circuito chiuso a controllo remoto, completo di collegamenti con palo e plinto e barriere anti-intrusione.

Sia durante le fasi di realizzazione dell'impianto sia durante la vita utile un Istituto di Vigilanza installerà un sistema a ponte radio attraverso il quale potrà monitorare nelle ore notturne il parco fotovoltaico.

Il sistema garantisce che in caso di manomissioni da parte di malintenzionati, l'allarme generato sia trasferito alla sala di controllo dell'Istituto di Vigilanza che provvederà a far intervenire una pattuglia di controllo.

#### **4.7 CAVI ELETTRICI E CABLAGGIO**

---

I collegamenti elettrici lato DC dai moduli ai quadri di sottocampo, dai quadri di sottocampo ai quadri di campo, e dai quadri di campo agli inverter, verranno realizzati mediante l'utilizzo di cavi di adeguata sezione tale da garantire perdite complessive inferiori al 2% (come di seguito specificato). Inoltre, i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 4 kV. Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

Conduttori di protezione:           giallo-verde (obbligatorio)  
Conduttore di neutro:                blu chiaro (obbligatorio)



Conduttore di fase: grigio / marrone

Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".

I cavi sono dimensionati come descritto nel paragrafo dedicato e nei tabulati di calcolo allegati

#### 4.8 RELAZIONE DI CALCOLO DELL'IMPIANTO ELETTRICO

##### Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$  sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza  $\cos \varphi$  è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione  $V_n$  è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

Per le utenze terminali la potenza  $P_n$  è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione  $P_n$  rappresenta la somma vettoriale delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\square P_d$  a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $\square Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left( \arctan \left( \frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

##### Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

- a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b)  $I_f \leq 1.45 \cdot I_z$



Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una condotta principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- condotta che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_z$  della condotta principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).
- EC 60502-2 (6-30kV)
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV)

Il programma gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile  $I_z$  in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente  $k$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $k$ ) sia superiore alla  $I_{z \min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

### **Integrale di Joule**

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$



La costante K viene data dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

### **Dimensionamento dei conduttori di neutro**

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, possa avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore in rame e 25 mm<sup>2</sup> se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;



- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

### **Dimensionamento dei conduttori di protezione**

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- $I$  è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- $K$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della condotta di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm<sup>2</sup> rame o 16 mm<sup>2</sup> alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> o 16 mm<sup>2</sup> alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25 mm<sup>2</sup>, se in rame;
- 35 mm<sup>2</sup>, se in alluminio;

### **Calcolo della temperatura dei cavi**

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:



$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

### Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left( \left( \sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right) \right)_{f=R,S,T}$$

con  $f$  che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con  $n$  che rappresenta il conduttore di neutro;

con  $i$  che rappresenta le  $k$  utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$c.d.t(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $K_{cdt} = 2$  per sistemi monofase;
- $K_{cdt} = 1.73$  per sistemi trifase.

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega$ /km.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

### Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione



- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI EN 60909-0.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

### Media e Alta tensione

Nel caso in cui la fornitura sia in media o alta tensione si considerano i seguenti dati di partenza:

- Tensione di fornitura  $V_{mt}$  (in kV);
- Corrente di corto circuito trifase massima,  $I_{kmax}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra massima,  $I_{k1ftmax}$  (in kA);

Se si conoscono si possono aggiungere anche le correnti:

- Corrente di corto circuito trifase minima,  $I_{kmin}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra minima,  $I_{k1ftmin}$  (in kA);

Dai dati si ricavano le impedenze equivalenti della rete di fornitura per determinare il generatore equivalente di tensione.

$$Z_{ccnt} = \frac{1,1 \cdot V_{mt}}{\sqrt{3} \cdot I_{kmax}} \cdot 1000$$

da cui si ricavano le componenti dirette:

$$\begin{aligned} \cos \varphi_{ccnt} &= \sqrt{1 - (0,995)^2} \\ X_{dl} &= 0,995 \cdot Z_{ccnt} \\ R_{dl} &= \cos \varphi_{ccnt} \cdot Z_{ccnt} \end{aligned}$$

e le componenti omopolari:

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot V_{mt}}{I_{k1ftmax}} \cdot 1000 \cdot \cos \varphi_{ccnt} - (2 \cdot R_{dl}) \\ X_0 &= R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{ccnt})^2} - 1} \end{aligned}$$

### Trasformatori

Se nella rete sono presenti dei trasformatori a due avvolgimenti, i dati di targa richiesti sono:

- potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- perdite di cortocircuito  $P_{cc}$  (in W);
- tensione di cortocircuito  $v_{cc}$  (in %)
- rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale  $I_{lr}/I_{rt}$ ;
- rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- tipo di collegamento;
- tensione nominale del primario  $V_1$  (in kV);
- tensione nominale del secondario  $V_{02}$  (in V).

Dai dati di targa si possono ricavare le caratteristiche elettriche dei trasformatori, ovvero:

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:



$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto  $Z_{vot}/Z_{cct}$  vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in mΩ:

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:

$$R_d = R_{cct}$$

$$X_d = X_{cct}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) avremmo:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

#### **Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0)**

La norma EN 60909-0 fornisce una serie di fattori correttivi per il calcolo delle impedenze di alcune macchine presenti nella rete. Quelle utilizzate per il calcolo dei guasti riguardano i generatori e i trasformatori.



### Fattore di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con o senza regolazione delle spire, quando si stanno calcolando le correnti massime di cortocircuito, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_T$  tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$
$$K_T = 0.95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

dove

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza relativa del trasformatore e  $C_{max}$  è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

### Fattore di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei sistemi alimentati direttamente da generatori senza trasformatori intermedi, si deve introdurre un fattore di correzione  $K_G$  tale che:

$$Z_{GK} = K_G \cdot Z_G$$

con

$$K_G = \frac{V_{02}}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

dove

$$x'' = \frac{X''}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza satura relativa subtransitoria del generatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

Nella formula compaiono a numeratore e denominatore la tensione nominale di sistema e la tensione nominale del generatore ( $U_{rG}$ ). In Ampère  $U_{rG}$  non è gestita, quindi si considera  $V_{02} / U_{rG} = 1$ .

### Fattore di correzione per gruppi di produzione con regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_S$  da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SK} = K_S \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_S = \frac{c_{max}}{1 + |x'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per  $K_S$  non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

### Fattore di correzione per gruppi di produzione senza regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_{SO}$  da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SOK} = K_{SO} \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_{SO} = (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$



Dove  $p_T$  è la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel programma viene impostato il fattore  $(1-p_T)$ , con  $p_T = (|V_{sec}-V_{02}|)/V_{02}$ .

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per  $K_{SO}$  non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

### Generatori sincroni

In media tensione ed in bassa tensione è possibile inserire più generatori.

I dati di targa richiesti per i generatori sono:

- potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- reattanza sincrona percentuale  $x_s$ ;
- reattanza subtransitoria percentuale  $x''$ ;
- reattanza subtransitoria in quadratura percentuale  $x''_q$ ;
- reattanza alla sequenza omopolare percentuale  $x_0$ .

La reattanza subtransitoria si calcola con la formula:

$$X'' = \frac{x''}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

dalla quale si ricavano le componenti alla sequenza diretta da usare nel calcolo dei guasti subtransitori:

$$R_d = 0$$

$$X_d = X''$$

La componente resistiva si trascura rispetto alla componente reattiva del generatore.

L'impedenza sincrona, da usare nei guasti simmetrici permanenti, si calcola con la formula:

$$X_s = \frac{x_s}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Per i guasti asimmetrici, sia subtransitorio che permanente, servono le sequenze inverse ed omopolari. Per il calcolo dell'impedenza alla sequenza inversa, con la reattanza subtransitoria in quadratura:

$$X''_q = \frac{x''_q}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

si applica la formula:

$$X_i = \frac{X'' + X''_q}{2}$$

Infine, si ricava la reattanza omopolare come:

$$R_0 = 0$$
$$X_0 = \frac{x_0}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

### Attenuazione della corrente di guasto per guasti simmetrici e vicini

Vedere Motori sincroni.

### Generatori asincroni

[Olivieri e Ravelli, Elettrotecnica II° vol., Edizioni CEDAM]

Come ogni altra macchina elettrica, anche il motore asincrono è reversibile, quindi può diventare un generatore di energia elettrica. Quando la macchina funziona a vuoto, essa assorbe energia per la magnetizzazione del campo rotante e per le perdite. Se si applica al rotore una coppia motrice si passa ad uno scorrimento negativo ed una conseguente produzione di energia.



Il programma Ampère simula il funzionamento del generatore asincrono tramite lo studio del diagramma circolare. Impostata la potenza attiva, viene ricavata la potenza reattiva corrispondente assorbita dalla rete, da cui si calcolano le correnti erogate. La potenza attiva sarà quindi erogata dalla macchina, mentre quella reattiva assorbita dalla rete. La generatrice asincrona può erogare solo correnti sfasate di un certo angolo in anticipo rispetto alla f.e.m. che genera: e questo sfasamento non può essere in alcun modo regolato, ma assume un valore suo proprio per ogni valore della corrente erogata.

I parametri caratteristici da richiedere sono:

- Potenza meccanica
- Rendimento N - nominale
- Rendimento 3/4 N
- Rendimento 2/4 N
- Fattore di potenza N - nominale
- Fattore di potenza 3/4 N
- Fattore di potenza 2/4 N
- P numero di coppie polari

Si individuano così tre punti appartenenti al diagramma circolare della macchina asincrona.

Altrimenti vengono richiesti i seguenti dati, sempre necessari per determinare il diagramma circolare:

- Potenza meccanica
- Rendimento N - nominale
- Fattore di potenza N - nominale
- Potenza assorbita a vuoto
- Fattore di potenza a vuoto
- P numero di coppie polari

I generatori asincroni trifasi contribuiscono al guasto transitorio per tutti i punti della rete dai quali sono "visti". Condizione necessaria per il calcolo del contributo al guasto è che il generatore sia alimentato da un'altra fonte, che gli fornisce la potenza reattiva necessaria al suo funzionamento.

I calcoli dei guasti seguono le stesse procedure utilizzate per i Motori asincroni.

### **Attenuazione della corrente di guasto per guasti simmetrici e vicini**

Vedere Motori asincroni.

### **Calcolo dei guasti**

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dell'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

### **Calcolo delle correnti massime di cortocircuito**

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase 'vicino' alla sorgente.
- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$ ;
- impedenza di guasto minima della rete, calcolata alla temperatura di 20°C.



La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove  $\Delta T$  è 50 o 70 °C e  $\alpha = 0.004$  a 20 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se  $f$  è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cN} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN}$$

$$X_{0cN} = 3 \cdot X_{dc}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cPE} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE}$$

$$X_{0cPE} = 3 \cdot X_{dc}$$

dove le resistenze  $R_{dcN}$  e  $R_{dcPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dc}$ .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$R_{0bN} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbN}$$

$$X_{0bN} = 3 \cdot X_{db}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0bPE} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE}$$

$$X_{0bPE} = X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db})$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dc} + R_{d-up}$$

$$X_d = X_{dc} + X_{d-up}$$

$$R_{0N} = R_{0cN} + R_{0N-up}$$

$$X_{0N} = X_{0cN} + X_{0N-up}$$

$$R_{0PE} = R_{0cPE} + R_{0PE-up}$$

$$X_{0PE} = X_{0cPE} + X_{0PE-up}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra a cavo*.



Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1N \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k \max}$ , fase neutro  $I_{k1N \max}$ , fase terra  $I_{k1PE \max}$  e bifase  $I_{k2 \max}$  espresse in kA:

$$I_{k \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}}$$

$$I_{k1N \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

$$I_{k2 \max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1N} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N \max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto,  $I_p$  può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente  $k = 1.8$  che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

#### Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione  $C_{min}$ , che può essere 0.95 se  $C_{max} = 1.05$ , oppure 0.90 se  $C_{max} = 1.10$  (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore  $C_{min}$  è pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
----------	-----------------------	---------------------



PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N \max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE \max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k1min}$  e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$

$$I_{k1N \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \max}}$$

$$I_{k1PE \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

### Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con  $Z_d$  la impedenza diretta della rete, con  $Z_i$  l'impedenza inversa, e con  $Z_0$  l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito,  $Z_0$  corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

### Guasti monofasi a terra linee MT

Calcolo correnti omopolari a seguito di guasto fase-terra in circuiti di media-alta tensione.

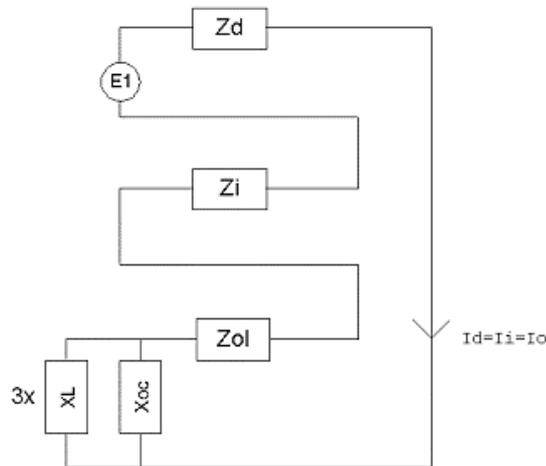
Il calcolo dei guasti a terra in reti di media e alta tensione coinvolge lo studio dell'effetto capacitivo della rete durante il regime di guasto.

Inoltre, le tecniche di determinazione delle linee guaste tramite relè varmetrici richiedono la conoscenza dei valori di corrente omopolare in funzione dei punti di guasto.

La nuova CEI 0-16 (e precedentemente la Enel DK5600), con l'introduzione del collegamento a terra del centro stella in media, richiede uno strumento per il dimensionamento della bobina di Petersen e il coordinamento delle protezioni degli utenti.

Per rispondere a tutte queste problematiche, Ampère Professional esegue il calcolo del regime di corrente omopolare a seguito di un guasto fase-terra.

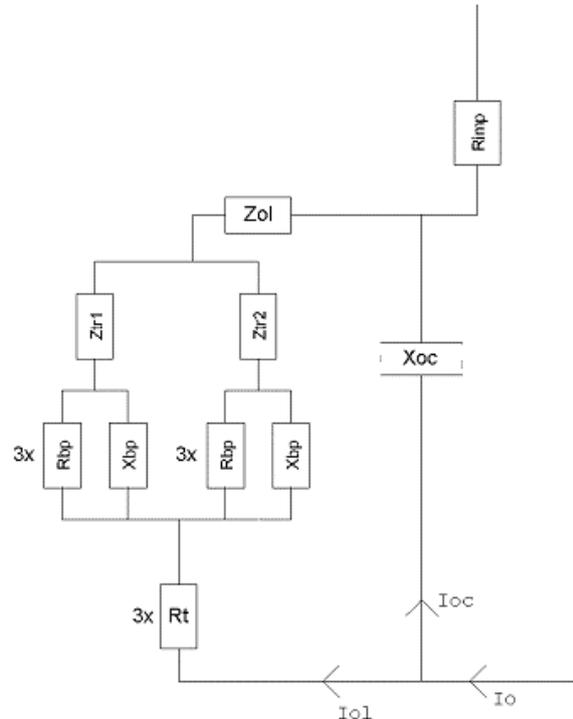
Il modello di calcolo delle correnti omopolari, seguendo la teoria delle sequenze dirette, inverse e omopolari, per un guasto fase-terra è il seguente:



Con  $Z_d$  e  $Z_i$  si intendono le impedenze alle sequenze diretta ed inversa.

Per il calcolo dell'impedenza omopolare occorre considerare più elementi (vedi figura in basso, esempio con due trasformatori in parallelo):

- $Z_{ol}$ : impedenza omopolare del tratto di linea dal punto di guasto fino al trasformatore a monte;
- $Z_{tr}$ : impedenza omopolare del trasformatore (vista a secondario);
- $Z_{bpet}$ : ( $R_{bp} + jX_{bp}$ ) impedenza bobina di Petersen, costituita da un resistore ed una induttanza in parallelo;
- $R_t$ : resistenza di terra punto di collegamento a terra del centro stella del trasformatore;
- $R_{imp}$ : resistenza per guasto a terra non franco;
- $X_{oc}$ : reattanza capacitiva di tutta la rete appartenente alla stessa zona dell'utenza guasta e a valle dello stesso trasformatore.



Nota: il valore di  $X_{oc}$  è praticamente lo stesso per qualsiasi punto di guasto. Riferimenti: Lezioni di Impianti elettrici di Antonio Paolucci (Dipartimento Energia Elettrica Università di Padova) e CEI 11-37.

Per calcolare con buona approssimazione la  $X_{oc}$ , si utilizzano le due formule:

$$I_g = \frac{3 \cdot E}{X_{oc}}$$

$$I_g = (0.003 \cdot L1 + 0.2 \cdot L2) \cdot V_{kV}$$



dove  $I_g$  è la corrente di guasto a terra calcolata considerando la sola reattanza capacitiva nella prima formula, mentre nella seconda è riportato il suo valore se si è a conoscenza delle lunghezze (in km) di rete aerea L1 ed in cavo L2 della rete in media.  $V_{kv}$  è il valore di tensione nominale concatenata espressa in kV.

Uguagliando le due formule, ed esplicitando per  $X_{oc}$  si ottiene:

$$X_{oc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^9}{(0.003 \cdot l_1 + 0.2 \cdot l_2)} \cdot \frac{f_0}{f}$$

con  $l_1$  e  $l_2$  espresse in metri,  $X_{oc}$  espressa in mohm,  $f_0 = 50$  Hz e  $f$  la frequenza di lavoro.

Calcolata la corrente di guasto omopolare  $I_o$ , secondo lo schema riportato nella figura precedente, rispetto a tutti i punti di guasto (valle delle utenze), si deve calcolare come essa si ripartisce nella rete e quanta viene vista da ogni protezione omopolare 67N distribuita nella rete.

Per prima cosa la  $I_o$  va ripartita in due correnti:  $I_{oc}$  per la  $X_{oc}$ , l'altra ( $I_{ol}$ ) per il centro stella del trasformatore attraverso la bobina di Petersen.

Poi, la  $I_{ol}$  viene suddivisa tra gli eventuali trasformatori in parallelo, proporzionalmente alla potenza.

La  $I_{oc}$ , essendo la corrente capacitiva che si richiude attraverso le capacità della rete, va suddivisa tra le utenze in cavo o aeree in media proporzionalmente alla capacità di ognuna (condensatori in parallelo).

Per ora non si tiene conto dei fattori di riduzione relativi a funi di guardia delle linee elettriche aeree e degli schermi metallici dei cavi sotterranei.

Tali fattori determinerebbero una riduzione della corrente  $I_{oc}$  e  $I_{ol}$  in quanto esisterebbe una terza componente nella  $I_o$  che si richiude attraverso questi elementi.

### Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza  $I_{km max}$ ;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{mag max}$ ).

### Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
  - $I_{ccmin}^3 I_{inters min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
  - $I_{ccmax}^3 I_{inters max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{ccmin}^3 I_{inters min}$ .



- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
- Icc max  $\leq$  I<sub>nters</sub> max.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

**Note:**

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti  $K^2S^2$  e la  $I_z$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

**Verifica di selettività**

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente  $I_a$  di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

**Protezione contro i contatti indiretti**

Secondo la norma 64-8 par. 413, un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione per proteggere contro i contatti indiretti i circuiti e i componenti elettrici, in modo che, in caso di guasto, non possa persistere una tensione di contatto pericolosa per una persona.

E' definita la tensione di contatto limite convenzionale a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata, oltre la quale esiste pericolo. Tuttavia, in alcune circostanze, è possibile superare tale valore purché la protezione intervenga entro 5 secondi o tempi definiti dalla norma, a seconda del sistema elettrico adottato.

**Sistemi TN**

Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione con conduttori di protezione che devono essere messi a terra in corrispondenza o in prossimità di ogni trasformatore o generatore di alimentazione.

La norma richiede che deve essere soddisfatta la condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$



dove:

$U_0$  è la tensione nominale verso terra;

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, ed in Ampère corrisponde alla variabile  $Zk1(ft)_{max}$ ;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il programma verifica che:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove  $I_{a.c.i.}$  è una variabile di Ampère (Corrente contatti indiretti  $I_a$ ) utilizzata per il confronto con i valori di sgancio delle protezioni.

$I_{a.c.i.}$  normalmente è pari alla corrente di guasto a terra  $Ik1(ft)_{min}$  calcolata dal programma.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove  $Z_E$  è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

$I_{a.c.i.}$  assume il valore di  $I_{50V}$  se quest'ultima è maggiore della  $Ik1(ft)_{min}$ , in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che porta le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Se richiesto dal progetto, è possibile imporre a ciascuna utenza il valore di  $I_{a.c.i.}$  a  $I_{50V}$  o  $I_{25V}$  e assicurare di non superare mai le tensioni di contatto limite.

Per i sistemi TN-C, il programma verifica la continuità del PEN e che non vi siano protezioni o sezionatori inseriti nel conduttore.

### Sistemi TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro di ogni trasformatore o di ogni generatore deve essere collegato a terra, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra  $R_E$ .

I dispositivi di protezione devono essere a corrente differenziale e deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_E \cdot I_{dn} \leq U_L$$

dove:

$R_E$  è la resistenza del dispersore dell'impianto di terra, al quale il programma aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile  $Z_E$ ;

$I_{dn}$  è la corrente nominale differenziale;

$U_L$  è la tensione limite convenzionale (normalmente 50 V).

Il programma verifica che:

$$I_{dn} \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_L}{Z_E}$$

Per completezza, quando il programma possiede tutti gli elementi per calcolare la corrente di circolazione di un guasto a terra, ossia la  $Ik1(ft)_{min}$ , allora  $I_{a.c.i.}$  è scelta tra la maggiore delle due correnti, similmente al sistema TN:



$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{U_L}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Ovviamente, per la normativa italiana, il dispositivo di protezione deve essere solo a corrente differenziale.

### Sistemi IT

Nei sistemi IT le parti attive devono essere isolate da terra oppure essere collegate a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato.

Le masse devono essere messe a terra, e nel caso di un singolo guasto a terra, deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove:

$R_E$  è la resistenza del dispersore, al quale il programma aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile  $Z_E$ ;

$I_d$  è la corrente del primo guasto a terra, che per il programma sarà pari alla corrente di guasto a terra  $I_{k1}(ft) \min$  nelle condizioni complessive di rete definite nel progetto.

Il programma verifica che:

$$V_T = Z_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove  $V_T$  è la tensione della massa a guasto, una variabile di Ampère che per i sistemi IT è associata al primo guasto a terra.

La norma richiede l'interruzione automatica dell'alimentazione per un secondo guasto su di un conduttore attivo differente, ovviamente appartenente alla stessa area elettrica a valle della fornitura o di un trasformatore.

Viene indicata la formula che deve essere rispettata, che in generale è la seguente:

$$2 \cdot Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

$U_0$  è la tensione nominale verso terra;

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il coefficiente 2 indica che il secondo guasto può manifestarsi in un circuito differente, ed in più la norma suggerisce di considerare il caso più severo, comprendendo anche i guasti sul neutro.

Il programma Ampère assolve a queste indicazioni risolvendo il seguente algoritmo:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \min_{s2} \frac{U_0}{(Z_{s1} + Z_{s2})}$$

dove:

$Z_{s1}$  è l'impedenza dell'anello di guasto della utenza in considerazione;

$Z_{s2}$  è l'impedenza dell'anello di guasto di una seconda utenza;

$I_{a.c.i.}$  è la minima corrente di guasto, calcolata permutando tutte le utenze  $s2$  appartenenti alla stessa area elettrica di  $s1$ .

Il valore  $\text{Max}(Z_{s1} + Z_{s2})$  è memorizzato nella variabile  $ZIT \max$  di Ampère.

$I_{a.c.i.}$  normalmente è pari alla corrente di guasto a terra  $I_{k(IT)} \min$  calcolata dal programma.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$



dove  $Z_E$  è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

la *c.i.* assume il valore di  $I_{50V}$  se quest'ultima è maggiore della  $Ik(IT)_{min}$ , in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che portano le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{ZIT_{max}}\right)$$

**Nota.** Il programma permette di applicare il punto 413.1.1.1 della CEI 64-8, e quindi validare a contatti indiretti una utenza che presenta, in caso di guasto, un valore di tensione inferiore alla tensione limite convenzionale.

In pratica, a differenza di quanto spiegato finora, le tarature delle protezioni possono essere superiori anche alla corrente  $I_{50V}$ .

### Riferimenti normativi

#### Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60909-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 68 di 172

- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

**Norme di riferimento per la Media tensione**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.
- IEC 61892-4 IIa Ed. 2019-04: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.



## **5. LE OPERE DI MITIGAZIONE E ATTIVITA' AGRONOMICHE**

L'impianto fotovoltaico produce energia elettrica sfruttando l'energia solare, pertanto non ha impatti sull'ambiente durante la fase di esercizio, se non la componente prettamente visiva di potenziale alterazione del paesaggio.

A tal proposito sono state proposte delle opere di mitigazione che migliorano la mimesi dell'impianto all'interno del contesto paesaggistico al fine di ridurne al massimo la vista.

Mentre per la fase di esercizio, le opere di mitigazione saranno legate alla produzione degli impatti del cantiere, che si intende comunque mitigare come di seguito descritto.

Nella fase di cantiere verranno prese tutte le misure idonee a contrastare gli impatti (rumore, produzione di polveri, ecc) attraverso l'imbibizione delle superfici sterrate e l'uso di macchinari dotati di idonei silenziatori e comunque in buona condizione di manutenzione.

Inoltre, sia per ridurre le emissioni di rumore che quelle di gas inquinanti e polveri, si provvederà a limitare la velocità dei mezzi in prossimità del cantiere e a spegnere il motore degli stessi non appena non sia necessaria la loro operatività.

La qualità dell'acqua non verrà modificata in quanto l'intervento non prevede l'utilizzo, né in fase di costruzione, né in fase di esercizio, di materiale inquinante o pericoloso. L'utilizzo di pali di ridotto diametro, infissi a poca profondità nel terreno permetterà di non interferire con i serbatoi idrici sotterranei o con i livelli di falda acquifera. Tale soluzione risulta essere quella di minor impatto ai fini dell'invarianza del terreno lasciando inalterata la distribuzione delle acque di falda presenti, nella fattispecie, a più di 1,5 metri di profondità.

Nell'area Trivignano Nord, essendo situata nei pressi del centro abitato, sono pervisti interventi progettuali quali:

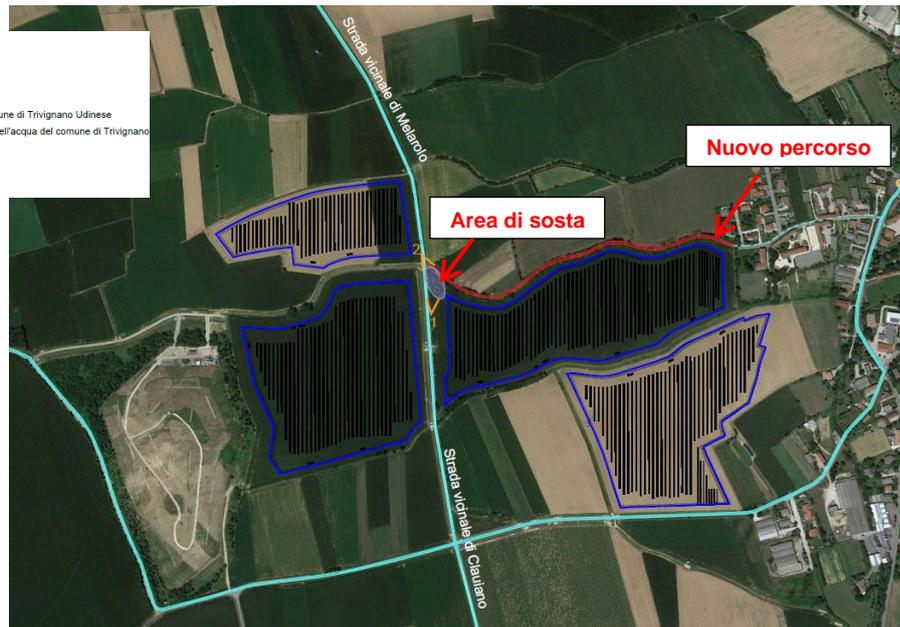
- Inserimenti di una nuova area di sosta e un nuovo percorso da valorizzare;
- Utilizzo di strutture mono pannello;
- Cabine con tetto a falda e texture coerenti al contesto di inserimento;
- Recinzione e cancello con pali in legno;
- Modifica sul perimetro delle mitigazioni al fine di migliorare la percezione paesaggistica nel suo insieme.

### **5.1 INSERIMENTO NUOVA AREA DI SOSTA E NUOVO PERCORSO CICLOPEDONALE**

Il progetto prevede l'inserimento di un nuovo percorso di collegamento alla casa dell'acqua di Trivignano Udinese all'interno del terreno di progetto e l'inserimento di un'area di sosta lungo il percorso culturale esistente. Come riportato all'interno delle tavole di progetto: *TAVag-04 - INQUADRAMENTO AREA DI SOSTA E PERCORSO CICLOPEDONALE-TRIVIGNANO NORD* e *TAVag-05 - AREA DI SOSTA -TRIVIGNANO NORD*.

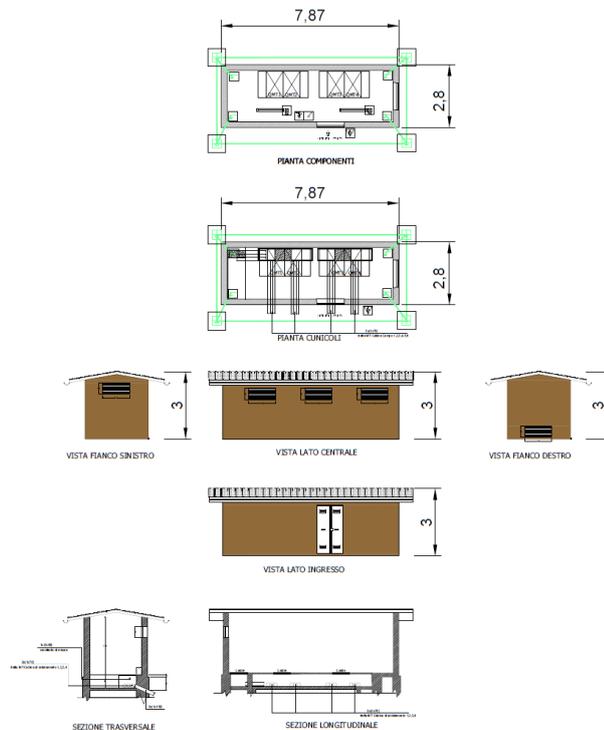


- Legenda
- Campi fotovoltaici in progetto
  - Principali frazioni del comune di Trivignano Udinese
  - Casa dell'acqua del comune di Trivignano Udinese
  - Percorso culturale che collega le principali frazioni del comune di Trivignano Udinese
  - Valorizzazione nuovo percorso di collegamento alla casa dell'acqua del comune di Trivignano Udinese all'interno del terreno oggetto di intervento
  - Proseguimento del nuovo percorso su strada comunale
  - Nuova area di sosta lungo il percorso culturale esistente



## 5.2 CABINE CON TETTO A FALDA

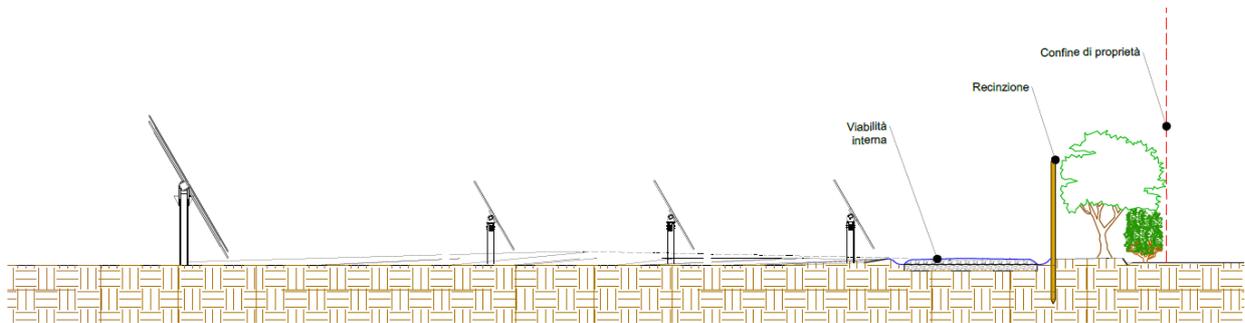
A seguito del recepimento delle osservazioni, sono state prodotte le versioni aggiornate delle cabine elettriche e locali di deposito prefabbricati al fine del miglior inserimento nel contesto paesaggistico rurale, con tetto a due falde e con texture coerenti al contesto di inserimento. Si riportano le cabine modificate:





### 5.3 TRACKER BASSI

Sono state individuate due zone dove sono state sostituite le strutture di sostegno a doppio pannello, con strutture mono-pannello in quanto risultano essere più basse, inoltre si è deciso di diradare e diminuire in altezza gli elementi di barriera vegetale in modo da rendere più morbido l'inserimento visivo.



Questa scelta è stata fatta per evitare l'effetto "barriera" dato dalle mitigazioni perimetrali che è tanto più evidente nelle posizioni angolari dei grandi campi fotovoltaici. Tale opzione rende più morbida la vista del campo fotovoltaico, inserendo mitigazioni più rade e lavorando sui dislivelli e quote perimetrali.

Si riportano le foto-simulazioni dello studio paesaggistico appena descritto e riferito alle zone evidenziate nella planimetria precedente:



*Foto 1 – Stato di Fatto*



*Foto 1 – Stato di Progetto senza mitigazioni*



*Foto 1 – Stato di Progetto con mitigazioni*



*Foto 4 – Stato di Fatto*



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 74 di 172



*Foto 4 – Stato di Progetto senza mitigazioni*



*Foto 4 – Stato di Progetto con mitigazioni*



#### 5.4 RECINZIONE E CANCELLO CON PALI IN LEGNO

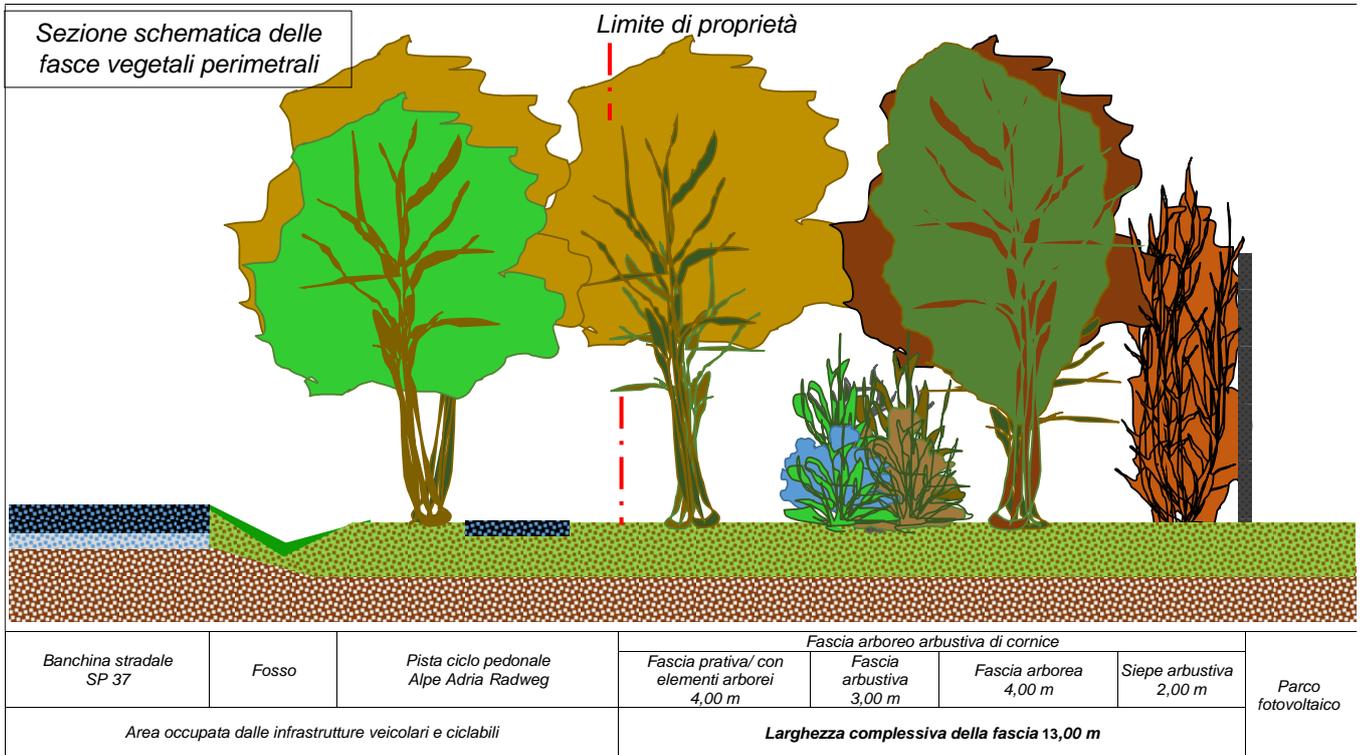


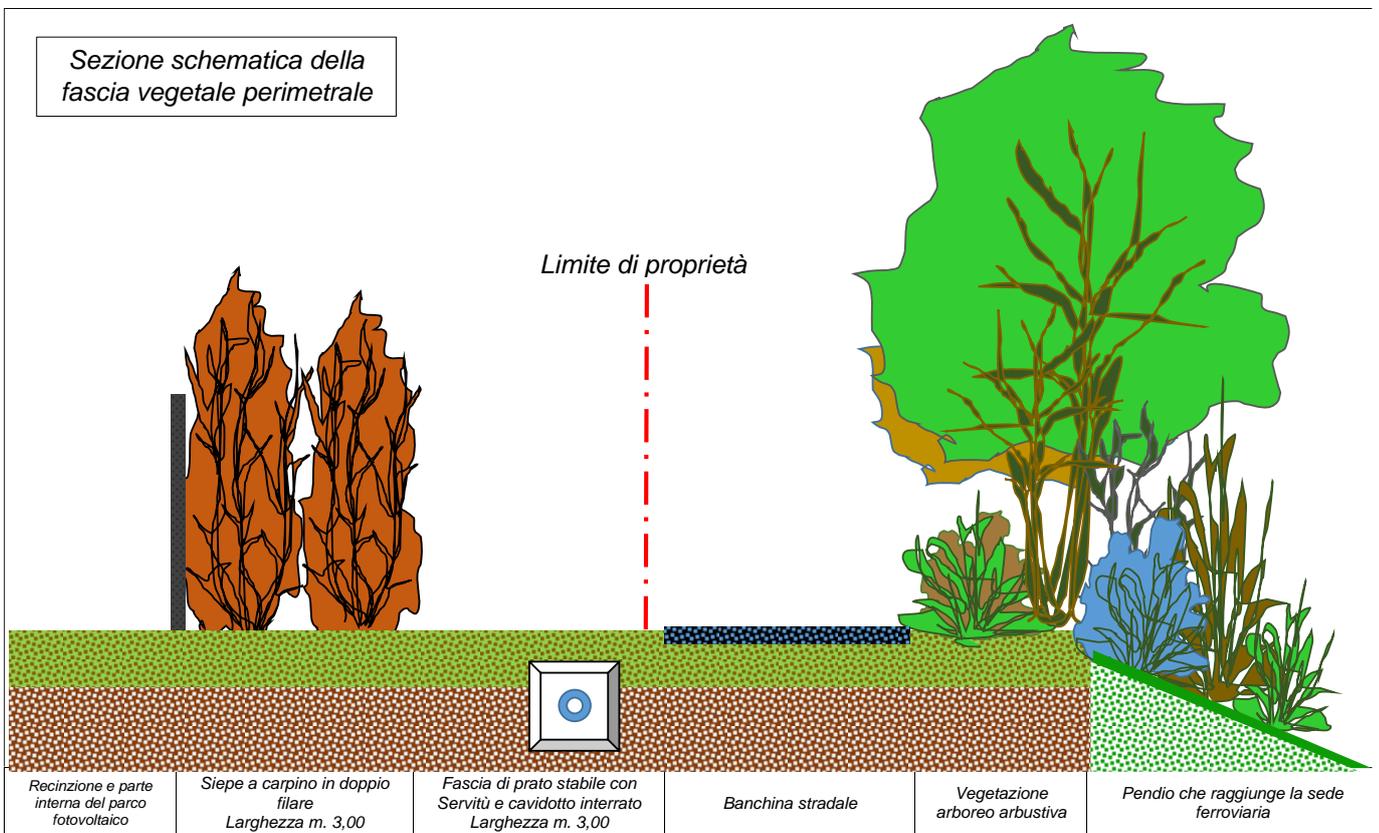
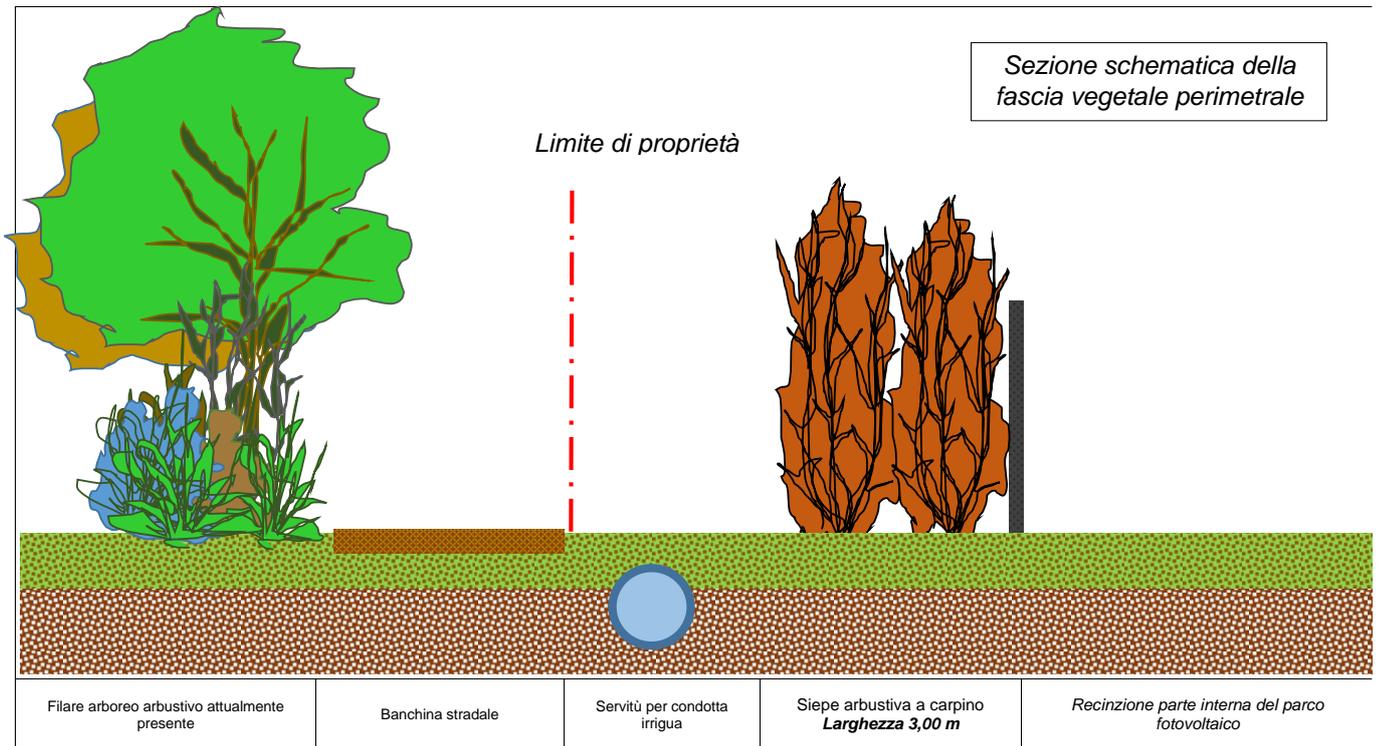
#### CANCELLO DI INGRESSO



#### 5.5 PROGETTO DEL VERDE

Nella **relazione agronomica** sono ampiamente illustrate le opere di mitigazione vegetali previste.



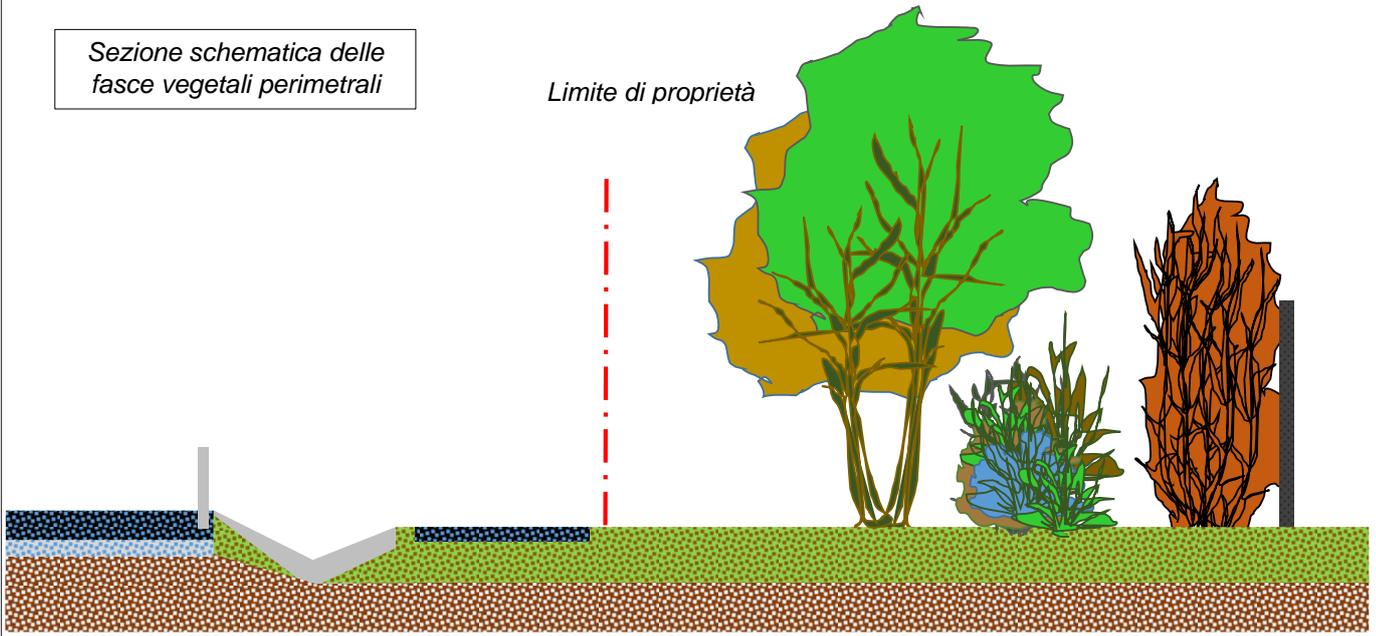




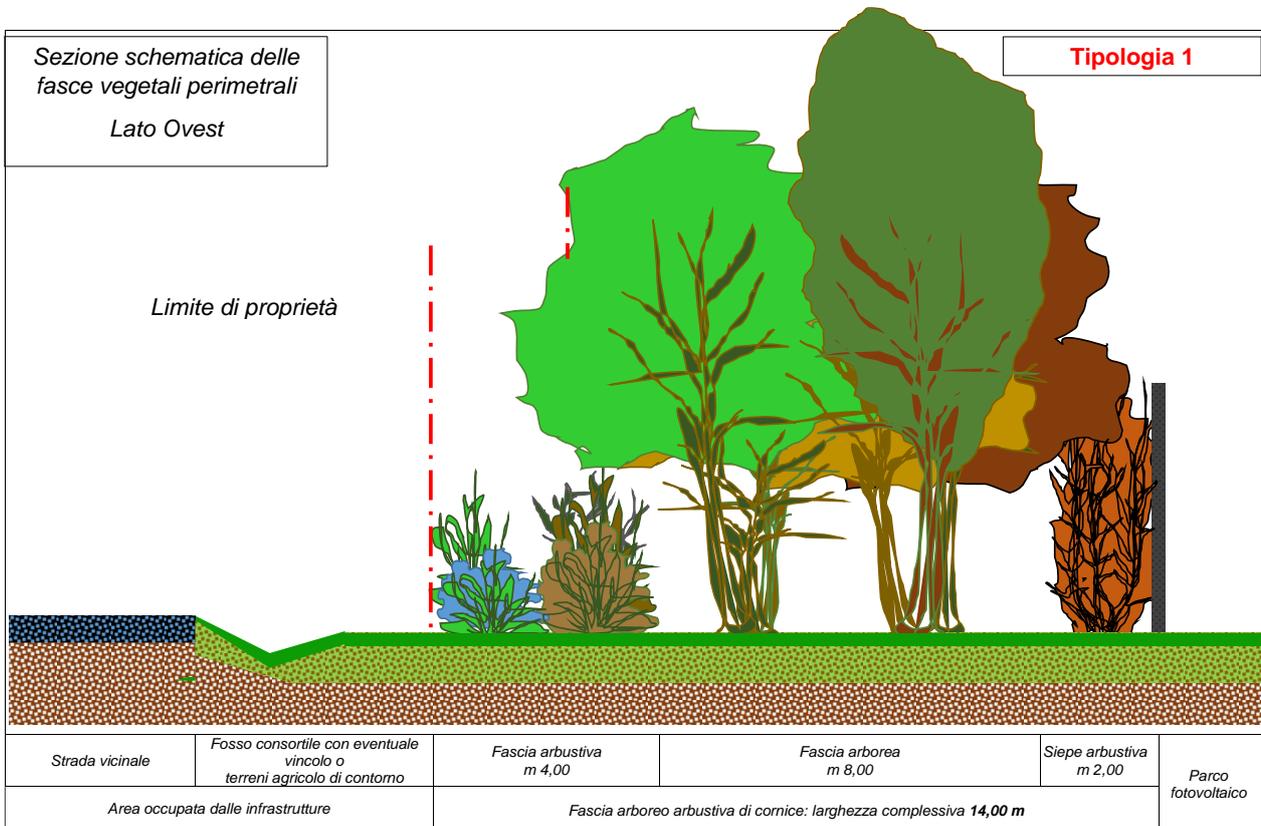
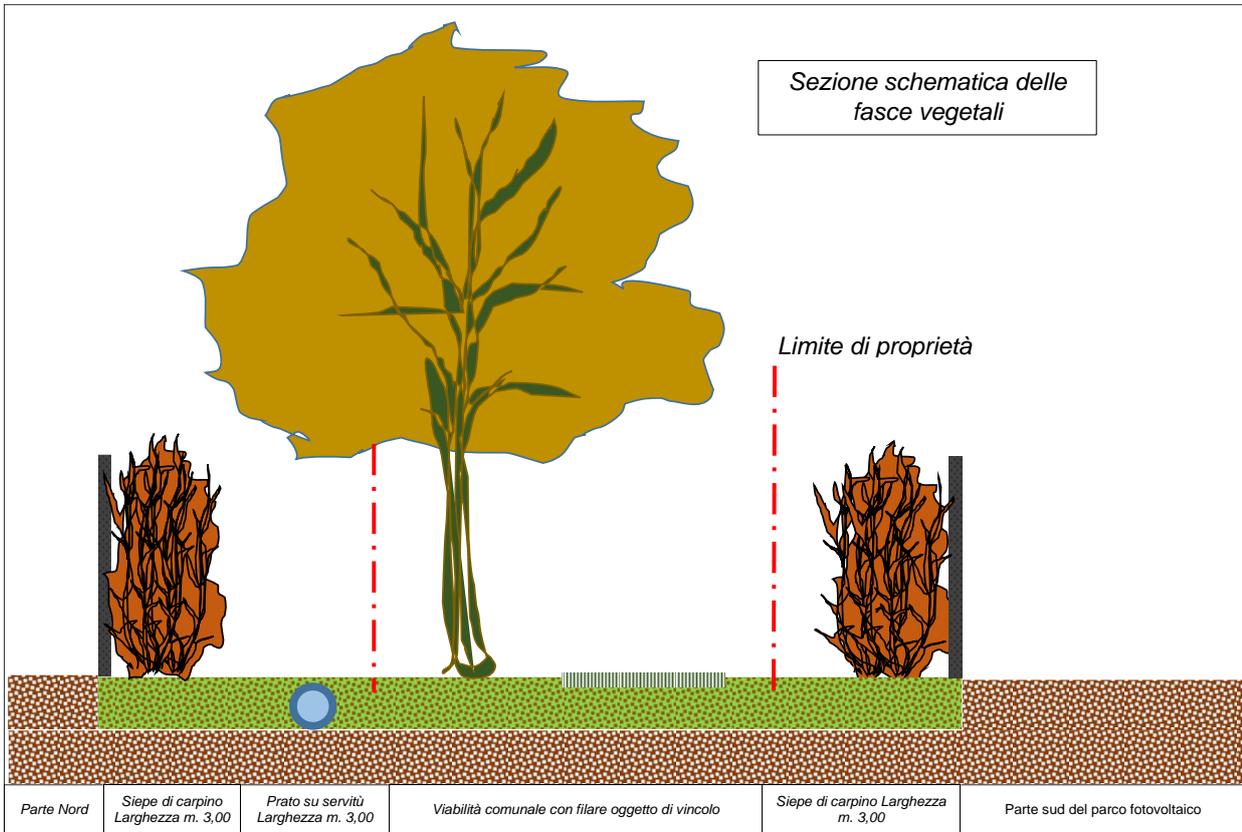
**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

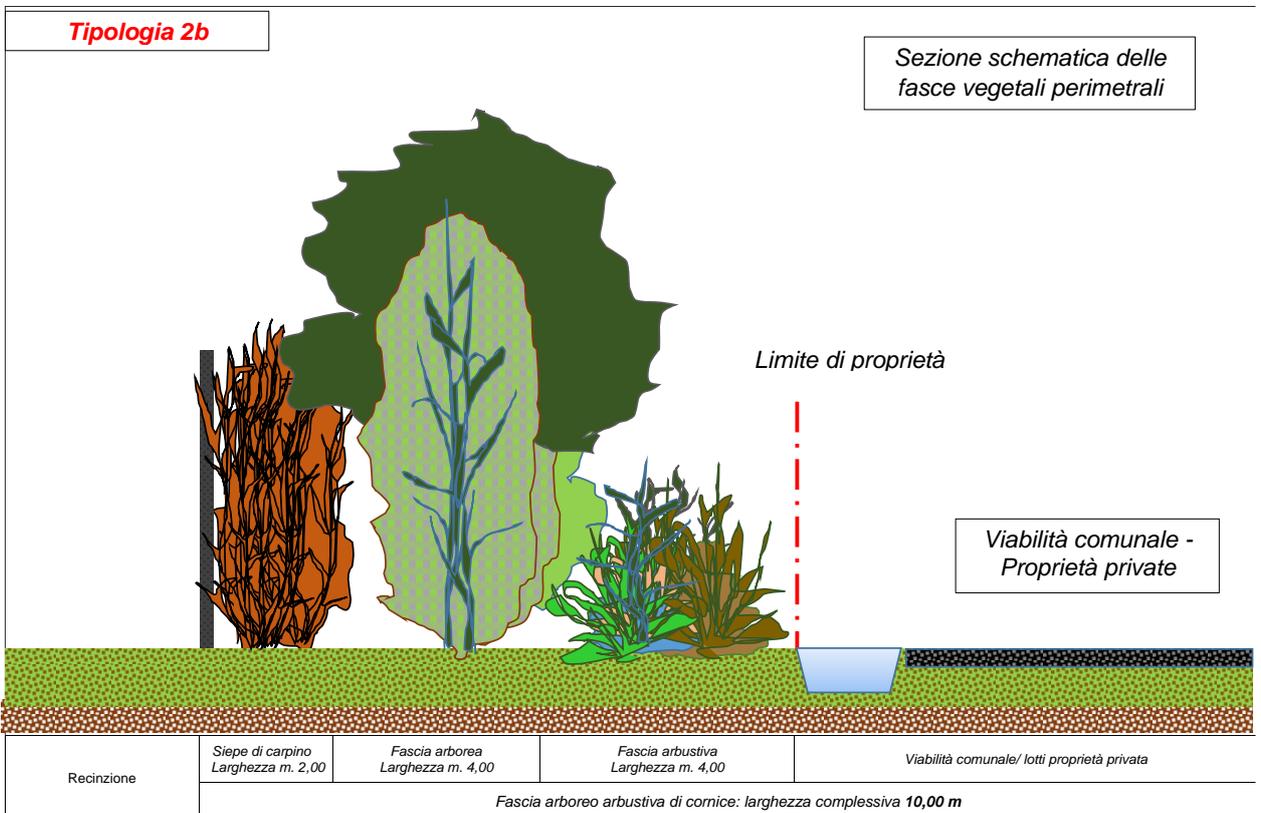
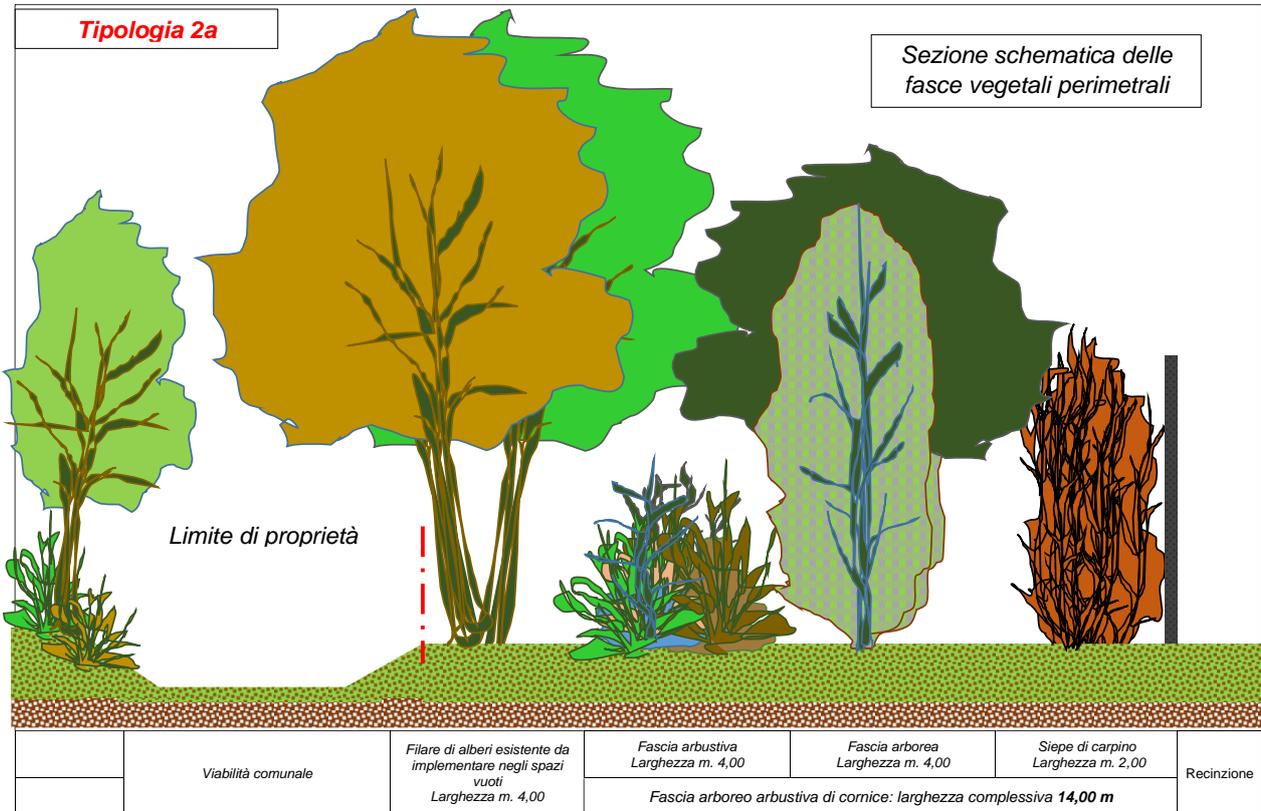
*Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali*

*Limite di proprietà*



Viabilità comunale	Canaletta	Viabilità comunale	Area prativa su servitù Larghezza m. 3,00	Fascia arborea Larghezza m. 4,00	Fascia arbustiva Larghezza m. 3,00	Siepe di carpino Larghezza m. 3,00
Fascia interessata dalla viabilità e dalla servitù consortile				Fascia arboreo arbustiva di cornice <b>Larghezza m. 10,00</b>		

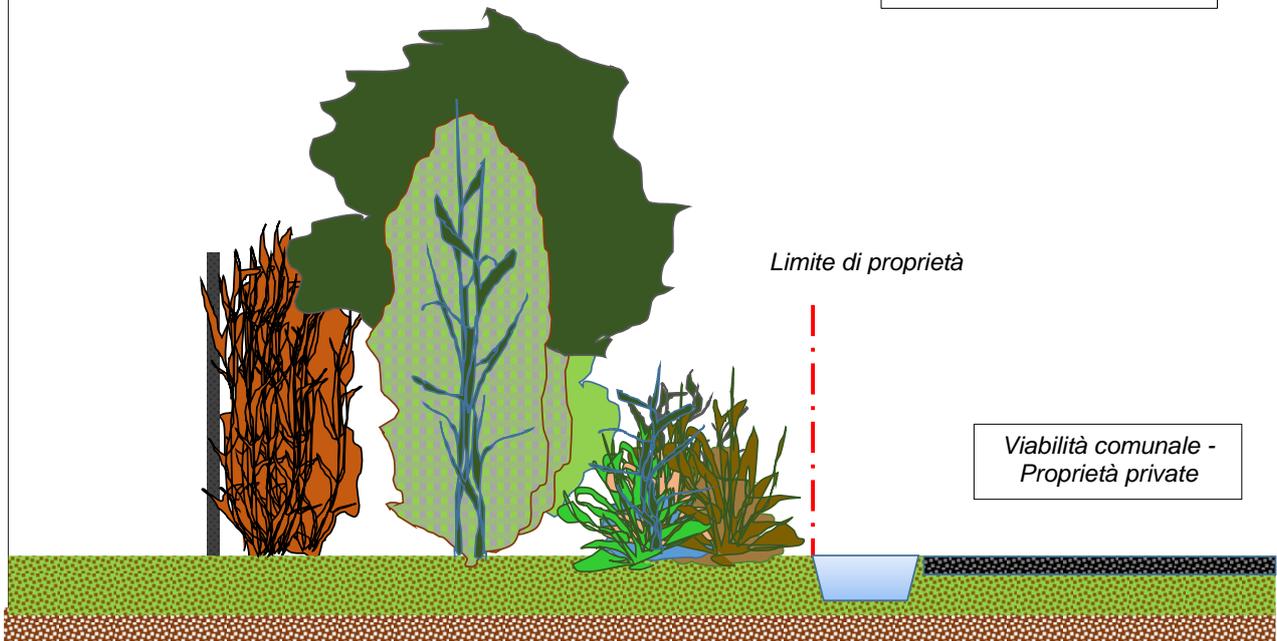






**Tipologia 2b**

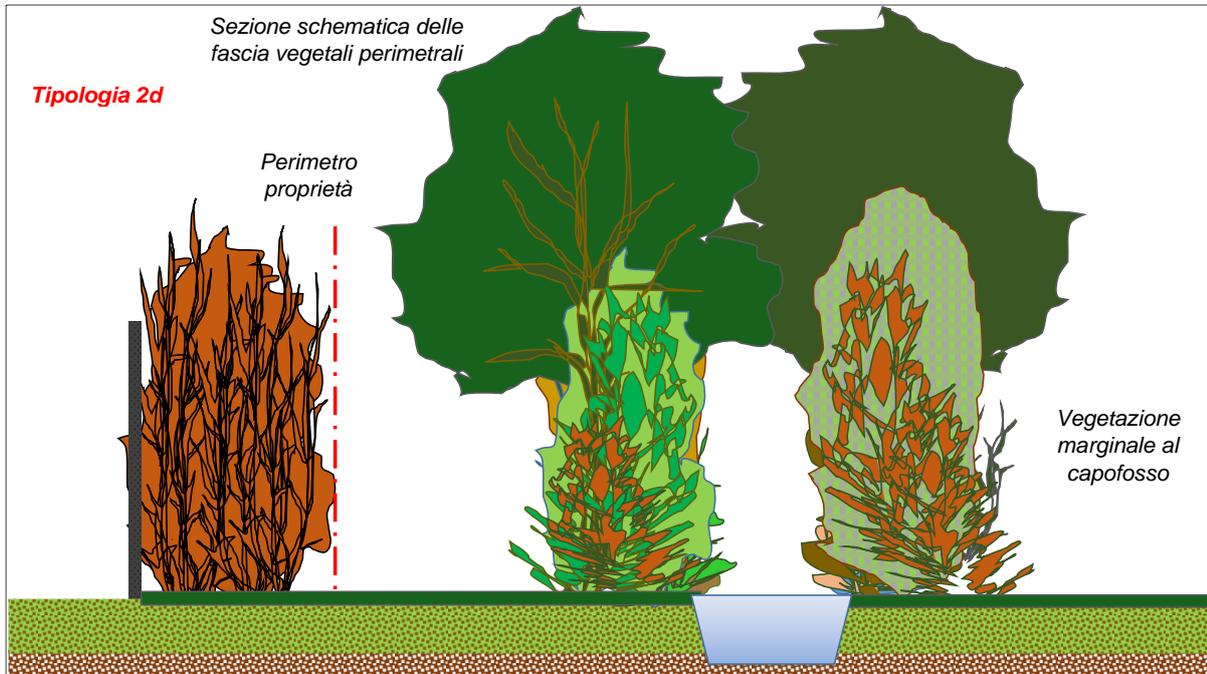
Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali



Recinzione	Siepe di carpino Larghezza m. 2,00	Fascia arborea Larghezza m. 4,00	Fascia arbustiva Larghezza m. 4,00	Viabilità comunale/ lotti proprietà privata
<i>Fascia arboreo arbustiva di cornice: larghezza complessiva 10,00 m</i>				

Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali

**Tipologia 2d**

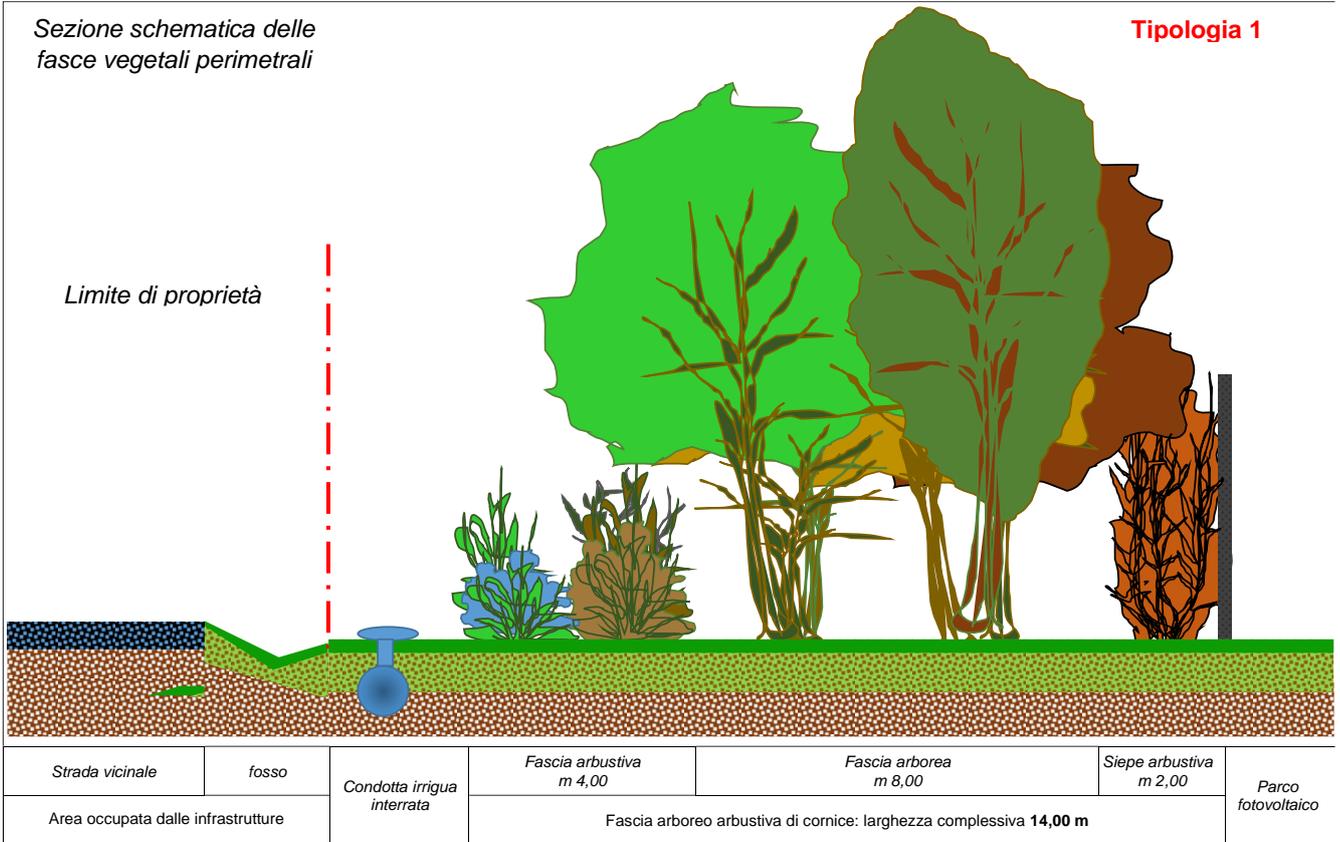


Recinzione	Siepe di carpino Larghezza m. 3,00	Vegetazione esistente	Capofosso	Vegetazione esistente
------------	---------------------------------------	-----------------------	-----------	-----------------------



Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali

**Tipologia 1**

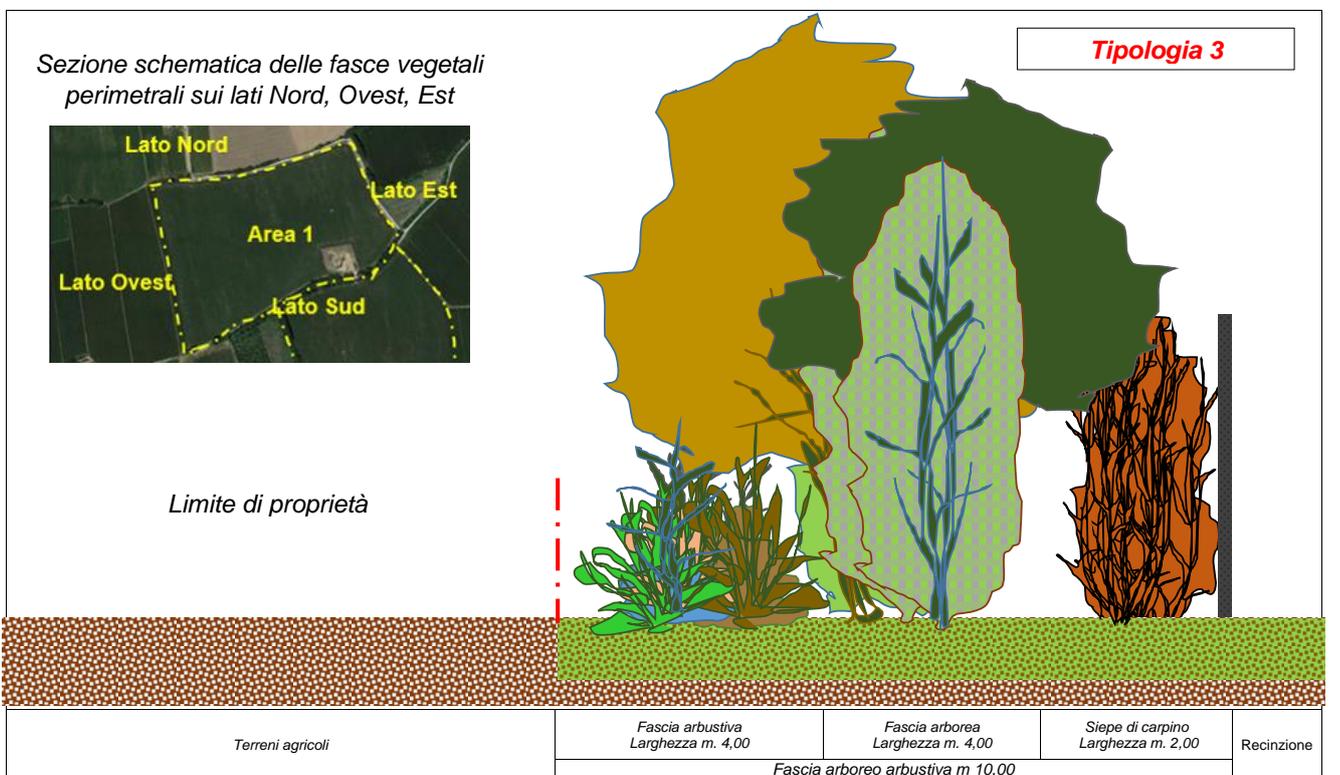


Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali sui lati Nord, Ovest, Est

**Tipologia 3**



Limite di proprietà



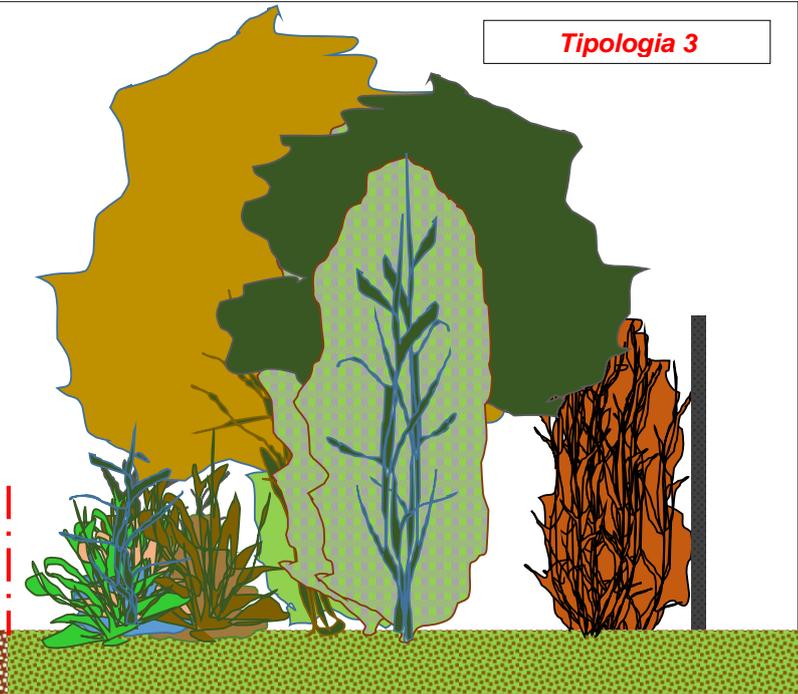


Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali sui lati Est, Sud e Ovest (parziale)



Limite di proprietà

**Tipologia 3**



Terreni agricoli	Fascia arbustiva Larghezza m. 4,00	Fascia arborea Larghezza m. 4,00	Siepe di carpino Larghezza m. 2,00	Recinzione
	Fascia arboreo arbustiva m 10,00			

### 5.6 L'ATTIVITÀ AGRONOMICA





Il progetto, come meglio descritto nella **relazione agronomica**, prevede l'insediamento di attività agronomica ed in particolare:

- Allevamento apistico in tutte e tre le aree. Sul layout dell'impianto sono indicate le posizioni delle installazioni. E' prevista la semina di essenze floreali per una porzione significativa dei campi fotovoltaici.
- Attività sperimentale di coltivazioni officinali nelle aree coinvolte dal limite dell'elettrodotta, quindi a Trivignano Sud e Pradamano.
- Rinaturalizzazione in generale delle superfici prative.



## 6. MOVIMENTAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Lo scopo del presente capitolo è quello di illustrare la procedura da adottare per la gestione delle terre e rocce prodotte dalle attività di scavo che riguardano la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, con Potenza nominale di 29,67072 + 14,38896 + 31,14384 MWp che si intende realizzare su terreno privato a destinazione seminativo e seminativo arborato. Il progetto prevede tre diverse aree situate nei comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese in provincia di Udine di cui è soggetto proponente la società Ellomay Solar Italy Eight S.r.l.

In considerazione del fatto che la normativa inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, sia a livello nazionale che locale, è in costante e dinamica evoluzione, l'approccio gestionale alle terre da scavo riportato nel presente documento potrà essere aggiornato e consolidato nelle successive fasi progettuali (Progetto esecutivo) e prima dell'inizio delle attività in sito ovvero in seguito alle prossime attività tecnico-amministrative previste dall'iter procedurale/autorizzativo (conferenze di servizio, tavoli tecnici con enti competenti).

### 6.1 DIMENSIONI E CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto fotovoltaico avente moduli in silicio monocristallino per una potenza di picco complessiva di circa 75,20352 MWp

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando:

- moduli in silicio monocristallino da 620 Wp:
  - n. 47.856 nell'area Pradamano
  - n. 23 208 nell'area Trivignano Sud
  - n. 50 232 nell'area Trivignano Nord
- inverter centralizzati:
  - n. 13 nell'area Pradamano;
  - n. 6 nell'area Trivignano Sud;
  - n. 12 nell'area Trivignano Nord;

Il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in tre distinte aree le quali a loro volta divise in:

- n. 13 sottocampi nell'area Pradamano
- n. 6 sottocampi nell'area Trivignano Sud
- n. 12 sottocampi nell'area Trivignano Nord

ciascuno dei quali dotati di cabine di trasformazione ed inverter. Per un totale di trentuno sottocampi.

I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8,25 m e nell'area Trivignano Nord sono presenti tracker monopannello da 24 pannelli, posti a interasse di 5,5 m nelle sono a Est dell'impianto.

Le tavole di progetto dei layout revisionate sono: *TAV10 - PLANIMETRIA DI PROGETTO PRADAMANO*, *TAV12 - PLANIMETRIA DI PROGETTO TRIVIGNANO SUD*, *TAV14 - PLANIMETRIA DI PROGETTO TRIVIGNANO NORD*.

I moduli fotovoltaici saranno posati a terra tramite idonee strutture in acciaio zincato con inseguimento mono-assiale, che permettono al contempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti e di ridurre l'impatto visivo degli stessi, avendo altezze inferiore, disposti in file parallele opportunamente distanziate onde evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco. L'impianto sarà di tipo GRID-CONNECTED (connesso alla rete elettrica per l'immissione dell'energia).

I trentuno sottocampi in cui è diviso l'impianto sono serviti ciascuno da inverter, trasformatori e cabine di trasformazione.

L'energia prodotta da ogni impianto sarà veicolata in uscita dalle cabine di consegna fino alla step-up in località Perseano, mediante un cavidotto MT interrato.

I cavidotti delle linee BT e MT corrono all'interno dell'impianto fotovoltaico.

Essi prevedono delle sezioni di scavo, per l'alloggiamento di tubazioni e cavi, di dimensioni differenti in funzione del numero delle linee/cavo da collocare al loro interno.

Si riportano i riferimenti delle tavole di progetto prodotte a corredo di questo documento:

- *TAVii-01 - TRIVIGNANO NORD (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;*
- *TAVii-02 - TRIVIGNANO NORD (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;*



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 86 di 172

- TAVii-03 - TRIVIGNANO NORD (C-D) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;
- TAVii-04 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;
- TAVii-05 - PRADAMANO (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;
- TAVii-06 - PRADAMANO (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI;
- TAVsi-01 - PRADAMANO PLANIMETRIA GENERALE SCAVI;
- TAVsi-02 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI;
- TAVsi-03 - TRIVIGNANO NORD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI;
- TAVsi-04 - CABLAGGIO TRA TRACKER;
- TAV20A - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 1;
- TAV20B - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 2;
- TAV20C - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 3;
- TAV20D - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 4.

L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, accesso carrabile, recinzione perimetrale, sistema di illuminazione e videosorveglianza.

Saranno costituiti da cancello a due ante in rete in acciaio zincato plastificata verde, largo 6 m su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde alta da 2,6 m, collegata a pali metallici alti 3 m, infissi direttamente nel suolo per una profondità di 60 cm.

Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia la recinzione sarà innalzata di 20 cm su tutto il perimetro.

La viabilità sarà perimetrale alle tre aree sarà larga da 2,5 a 11 m e sarà realizzata con uno spessore di 20 cm di "misto stradale" e 10 cm di ghiaia di pezzatura media e fine (materiale inerte di cava a diversa granulometria) da approvvigionare dalle cave di zona.

Si riportano in sintesi tutti gli interventi che prevedono movimenti terra e infissioni nel terreno, successivamente verranno trattati nel dettaglio:

Movimenti terra	
scavi	Aree di risulta e Viabilità
	Viabilità in quota
	Cabine Smistamento
	Cabine inverter
	Cabine inverter Vasca
	Fossi esterni
	Linee illuminazione
	Linee CC
	Linee MT
	riporto
Mitigazione con argine	
Linee illuminazione	
Linee CC	
Linee MT	

Infissioni
Pali Tracker
Pali illuminazione
Pali recinzione



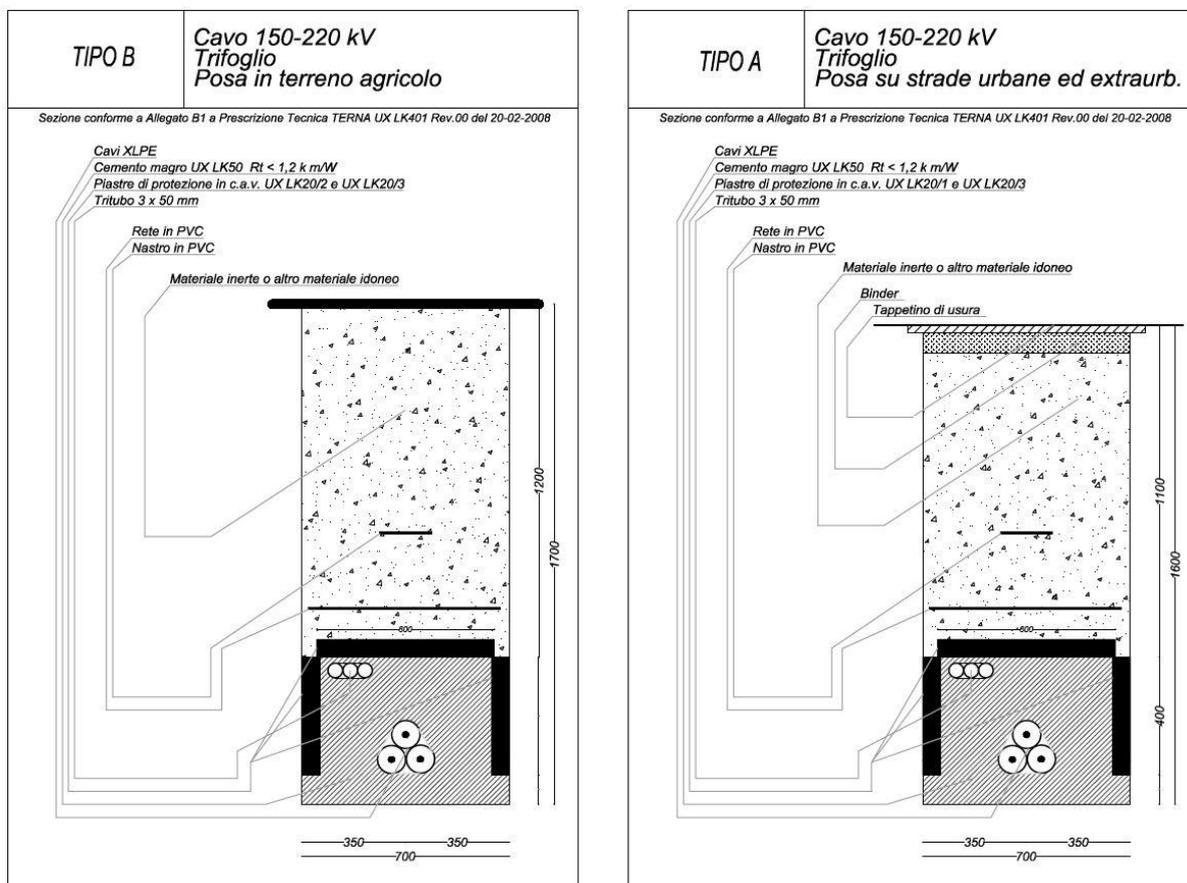
## 6.2 STIMA DEI VOLUMI DI SCAVO

In riferimento alle opere e alle attività previste dal progetto è possibile definire per ognuna di esse le caratteristiche geometriche e volumetriche volte alla definizione dei volumi totali di terreno che dovranno essere scavati.

### 6.2.1 realizzare esternamente all'impianto

Cavidotto AT- da

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee AT (Alta tensione) esterne all'impianto si prevedono scavi a sezione obbligata come rappresentati nella seguente figura:



**Figura 17 - TIPOLOGIE SEZIONI DI SCAVO LINEE AT ESTERNE ALL'IMPIANTO**

I materiali di risulta delle rotture stradali verranno gestiti mediante la Norma UNI EN 13108-8 che descrive il tipo di classificazione, i modi per smaltirlo correttamente e i controlli da effettuare per accertare eventuali impurità del fresato. Per conferire l'asfalto al gestore autorizzato allo smaltimento sarà necessario fornirgli le analisi sul rifiuto condotte ai sensi del DM 5/02/98 verranno consegnati all'apposito stabilimento di recupero e trasformazioni di materiale riciclato. Nel caso il conferimento ad un centro autorizzato è necessario:

- individuare un centro autorizzato al recupero o smaltimento terre e rocce da scavo (CER 170504);
- individuare l'eventuale deposito temporaneo presso cantiere di produzione (non deve superare i 3 mesi o i 20 mc);
- il trasporto deve essere effettuato da ditte iscritte all'Albo Gestori Ambientali o dell'impresa previa richiesta all'Albo per il trasporto in conto proprio;
- emettere Formulario di Identificazione per il trasporto.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 88 di 172

In sede progettuale o al più prima dell'Inizio Lavori il centro autorizzato prescelto deve essere comunicato all'Ente per le necessarie verifiche. Il recupero delle terre e rocce da scavo CER 17 05 04 "terra e rocce", qualora debbano essere considerate rifiuti e quindi non ricomprese nell'ambito dell'art.186 D.Lgs 152/06 e s.m.i.

Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
A0 - A1	67,0	1,05	1,7	119,6
A1 - A2	99,0	1,05	1,6	166,4
A2-A3	234,7	1,05	1,7	419,0
A3 -A4	260,8	1,05	1,7	465,5
A1 - A5	337,6	1,05	1,6	567,1
A6 - A7	719,8	1,05	1,6	1209,2
A7-A8	33,5	1,05	1,7	59,8
A9-A10	281,5	1,05	1,7	502,6
A10-A11	325,8	1,05	1,7	581,6
A11-A4	239,2	1,05	1,7	427,0
<b>TOTALE</b>	<b>2599,0</b>			<b>4517,8</b>

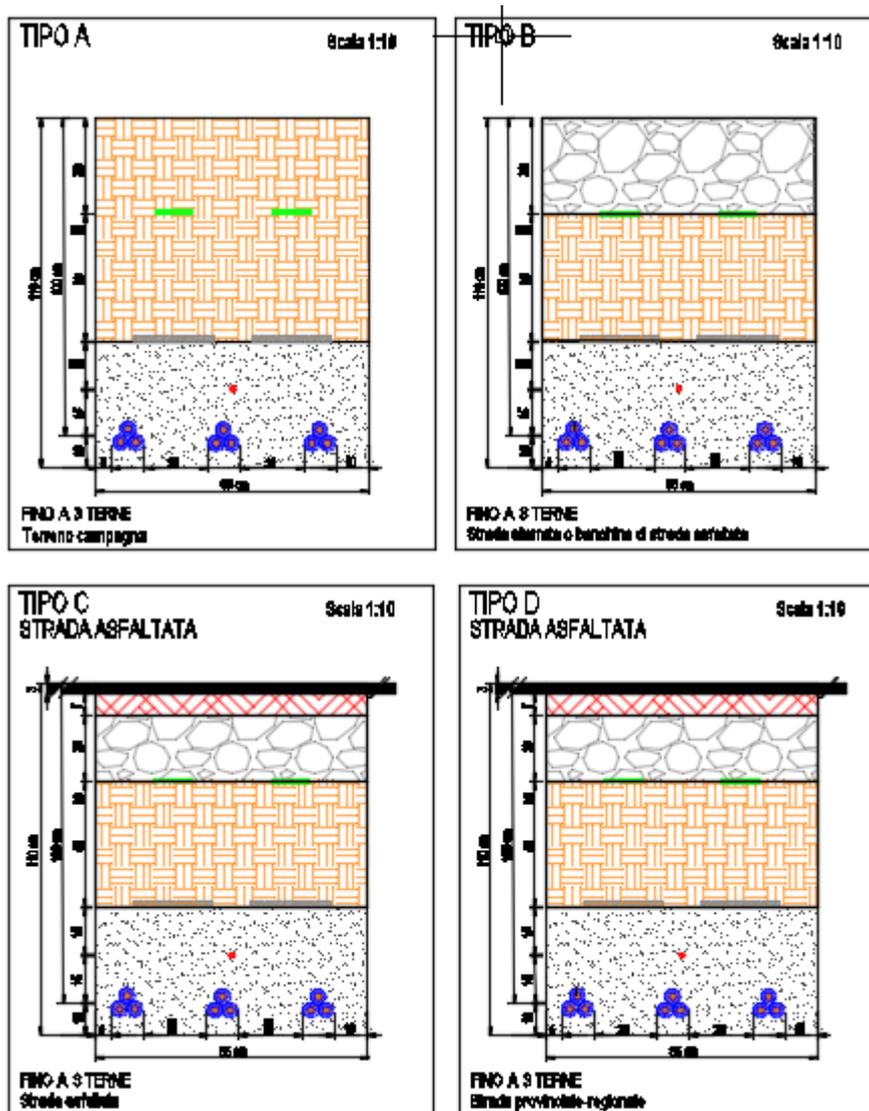
Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee AT esterne all'impianto è pari a **4.517,8 mc.**

6.2.2

realizzare esternamente all'impianto

Cavidotto MT- da

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee MT (media tensione) esterne all'impianto si prevedono scavi a sezione obbligata come rappresentati nella seguente figura:



**Figura 18 - TIPOLOGIE SEZIONI DI SCAVO LINEE MT ESTERNE ALL'IMPIANTO**

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare sono riportati nelle seguenti tabelle riportate all'interno delle tavole di progetto di collegamento (TAV20A - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 1; TAV20B - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 2; TAV20C - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 3):



**PRADAMANO**

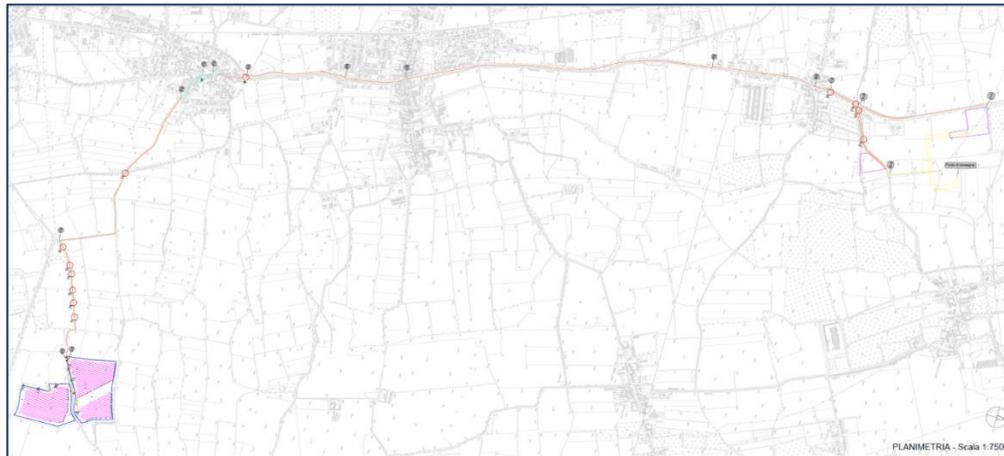


*Figura 19 - Planimetria generale linea di collegamento cavidotto con interferenze – Pradamano – ST*

AREA 1 - PRADAMANO	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	Collegamento ST tratto: S0-S1	705,69	0,85	1,1	659,8
	Collegamento ST tratto: S1-S2	1224,4	0,85	1,1	1144,8
	Collegamento ST tratto: S2-S3	191,58	0,85	1,1	179,1
	Collegamento ST tratto: S3-S4	530,51	0,85	1,1	496,0
	Collegamento ST tratto: S4-S5	532,22	0,85	1,1	497,6
	Collegamento ST tratto: S5-S6	456,07	0,85	1,1	426,4
	Collegamento ST tratto: S6-S7	335,13	0,85	1,1	313,3
	Collegamento ST tratto: S7-S8	596,08	0,85	1,1	557,3
	Collegamento ST tratto: S8-S9	156,6	0,85	1,1	146,4
	Collegamento ST tratto: S9-S10	2083,88	0,85	1,1	1948,4
	Collegamento ST tratto: S10-S11	531,02	0,85	1,1	496,5
	Collegamento ST tratto: S11-S12	49,98	0,85	1,1	46,7
	Collegamento ST tratto: S12-S13	989,71	0,85	1,1	925,4
	Collegamento ST tratto: S13-S14	52,68	0,85	1,1	49,3
	Collegamento ST tratto: S14-S15	283,62	0,85	1,1	265,2
	Collegamento ST tratto: S15-S16	686,12	0,85	1,1	641,5
Collegamento ST tratto: S16-S17	1451,24	0,85	1,1	1356,9	
Collegamento ST tratto: S17-ST	455,97	0,85	1,1	426,3	
<b>TOTALE</b>	<b>11312,5</b>			<b>10577,2</b>	



**TRIVIGNANO SUD**

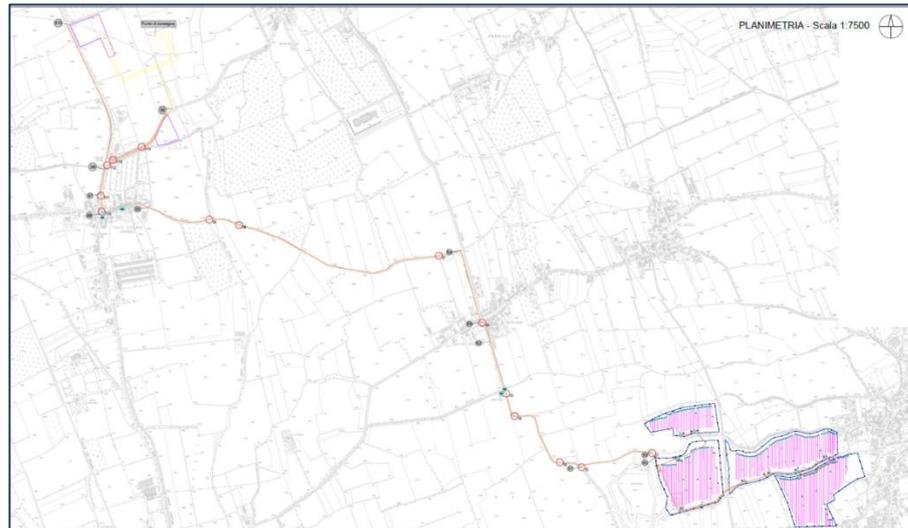


**Figura 20- Planimetria generale linea di collegamento cavidotto con interferenze – Trivignano Sud – ST**

AREA 2 - TRIVIGNANO SUD	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	Collegamento ST tratto: S0-S1	759,86	0,85	1,1	710,5
	Collegamento ST tratto: S1-S2	1298,8	0,85	1,1	1214,4
	Collegamento ST tratto: S2-S3	200,87	0,85	1,1	187,8
	Collegamento ST tratto: S3-S4	62,96	0,85	1,1	58,9
	Collegamento ST tratto: S4-S5	1179,46	0,85	1,1	1102,8
	Collegamento ST tratto: S5-S6	590,56	0,85	1,1	552,2
	Collegamento ST tratto: S6-S7	374,79	0,85	1,1	350,4
	Collegamento ST tratto: S7-S8	1877,74	0,85	1,1	1755,7
	Collegamento ST tratto: S8-S9	637,73	0,85	1,1	596,3
	Collegamento ST tratto: S9-S10	98,3	0,85	1,1	91,9
	Collegamento ST tratto: S10-S11	187,76	0,85	1,1	175,6
	Collegamento ST tratto: S11-S12	472,87	0,85	1,1	442,1
	Collegamento ST tratto: S11-S13	799,42	0,85	1,1	747,5
	<b>TOTALE</b>	<b>8541,12</b>			<b>7985,9</b>



**TRIVIGNANO NORD**



**Figura 21- Planimetria generale linea di collegamento cavidotto con interferenze – Trivignano Nord – ST**

AREA 3 - TRIVIGNANO NORD	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	Collegamento ST tratto: S0-S1	395,14	0,85	1,1	369,5
	Collegamento ST tratto: S1-S2	1083,63	0,85	1,1	1013,2
	Collegamento ST tratto: S2-S3	133,94	0,85	1,1	1013,2
	Collegamento ST tratto: S3-S4	408,64	0,85	1,1	382,1
	Collegamento ST tratto: S4-S5	1776,41	0,85	1,1	1660,9
	Collegamento ST tratto: S5-S6	265,91	0,85	1,1	248,6
	Collegamento ST tratto: S6-S7	98,3	0,85	1,1	267,6
	Collegamento ST tratto: S7-S8	187,76	0,85	1,1	267,6
	Collegamento ST tratto: S8-S9	465,87	0,85	1,1	267,6
	Collegamento ST tratto: S8-S10	791,42	0,85	1,1	267,6
	<b>TOTALE</b>	<b>4976,2</b>			<b>5390,6</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT esterne all'impianto è pari a **24829,82 mc.**

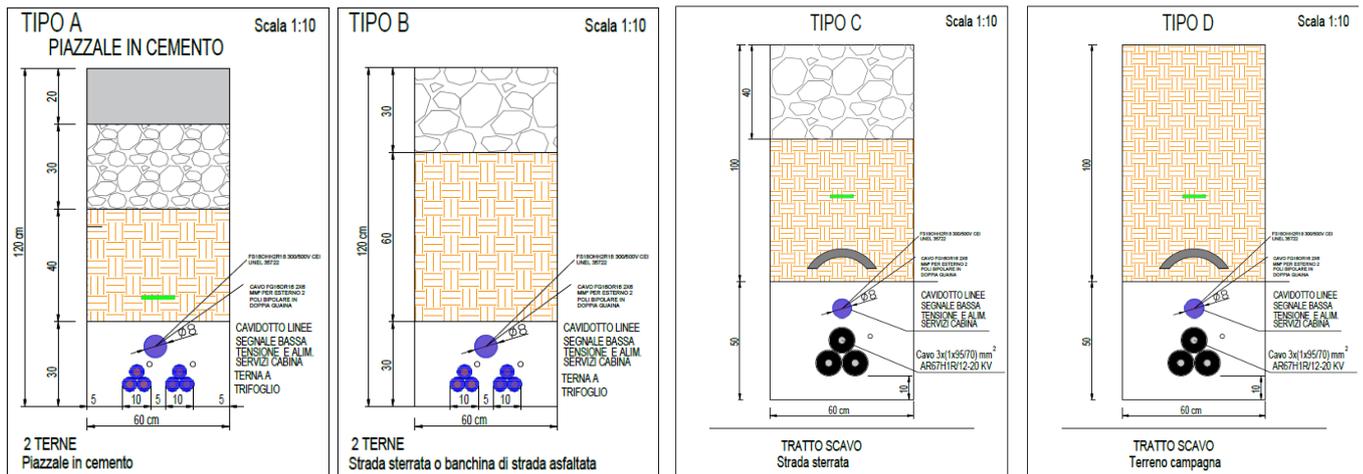


6.2.3

*Cavidotto MT – da*

*realizzare internamente all'impianto*

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee MT (media tensione) scavi a sezione obbligata come rappresentati nella seguente Figura 7:



**FIGURA 7 – TIPOLOGIE SEZIONI DI SCAVO LINEE MT**

Si rimanda alle tavole succitate (TAVsi-01 - PRADAMANO PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-02 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-03 - TRIVIGNANO NORD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI).

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare sono riportati nella seguente Tabella 4 sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in media tensione dell'area Pradamano

**Tabella 4 -Volumi scavi cavi MT Area Pradamano**

AREA 1 - PRADAMANO	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	SMT1 - SMT2	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT2 - SMT3	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT3 - SMT4	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT4 - SMT5	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT5 - SMT6	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT7 - SMT8	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT8 - SMT9	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT9 - SMT10	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT10 - SMT11	23,64	0,6	1,5	21,276
	SMT11 - SMT12	23,64	0,6	1,5	21,276
	SSC1 - SSC2	136,39	0,6	1,5	122,751
	SSC2 - SSC3	413,07	0,6	1,5	371,76111
	SSC3 - SSC4	68,05	0,6	1,5	61,245
<b>TOTALE</b>	<b>853,91</b>			<b>768,52</b>	

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Pradamano è pari a **768,52 mc**.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 95 di 172

Nella seguente Tabella 5 sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in media tensione dell'area Trivignano Sud:

**Tabella 5 - Volumi scavi cavi MT Area Trivignano Sud**

AREA 2 - TRIVIGNANO SUD	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	SMT1 - SMT2	70,89	0,6	1,5	63,8
	SMT2 - SMT3	187,50	0,6	1,5	168,8
	SSC1 - SMT4	112,62	0,6	1,5	101,4
	SMT4 - SMT5	110,39	0,6	1,5	99,3
	SMT5 - SMT6	79,26	0,6	1,5	71,3
	SMT1 - SSC2	27,28	0,6	1,5	24,5
	SSC2 - SSC3	7,86	0,6	1,5	7,1
	<b>TOTALE</b>	<b>595,79</b>			<b>536,2</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Trivignano Sud è pari a **536,2 mc**.

Nella seguente Tabella 6 sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in media tensione dell'area Trivignano Nord

**Tabella 6 - Volumi scavi cavi MT Area Trivignano Nord**

AREA 1 - TRIVIGNANO NORD	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	SMT1 - SMT2	59,9	0,6	1,5	53,9
	SMT2 - SMT3	244,6	0,6	1,5	220,1
	SMT3 - SMT4	276,2	0,6	1,5	248,6
	SMT4 - SMT5	110,1	0,6	1,5	99,1
	SMT5 - SMT6	268,8	0,6	1,5	241,9
	SMT7 - SMT8	148,4	0,6	1,5	133,6
	SMT8 - SMT9	170,5	0,6	1,5	153,4
	SMT9 - SMT10	53,0	0,6	1,5	47,7
	SMT10 - SMT11	110,9	0,6	1,5	99,8
	SMT11 - SMT12	86,6	0,6	1,5	77,9
	SSC1 - SSC2	91,4	0,6	1,5	82,3
	SSC2 - SSC3	781,5	0,6	1,5	703,3
	SSC3 - SSC4	55,8	0,6	1,5	50,2
	SSC1 - SMT3	4,0	0,6	1,5	3,6
	SSC2 - SMT7	18,0	0,6	1,5	16,2
<b>TOTALE</b>	<b>2479,7</b>			<b>2231,7</b>	

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Trivignano Nord è pari a **2232,7 mc**.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

6.2.4

*Cavidotto BT – da*

*realizzare internamente all'impianto*

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee BT (bassa tensione) si prevedono scavi a sezione obbligata 600x700 mm.

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Pradamano sono riportati nella seguente Tabella 7:

**Tabella 7 - Volume scavi cavi BT Area Pradamano**

AREA 1 - PRADAMANO	SOTTOCAMPO	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	1	76,5	0,6	0,6	27,54
		192,66	0,6	0,6	69,3576
	2	51	0,6	0,6	18,36
		208,36	0,6	0,6	75,0096
	3	153	0,6	0,6	55,08
		56,73	0,6	0,6	20,4228
		45,377	0,6	0,6	16,33572
	4	102	0,6	0,6	36,72
		32,5638	0,6	0,6	11,722968
	5	59,5	0,6	0,6	21,42
		7,178	0,6	0,6	2,58408
	6	42,5	0,6	0,6	15,3
16,82		0,6	0,6	6,0552	
7	93,5	0,6	0,6	33,66	
	51,5825	0,6	0,6	18,5697	
	45,9488	0,6	0,6	16,541568	
8	34	0,6	0,6	12,24	
	39,99	0,6	0,6	14,3964	
9	42,5	0,6	0,6	15,3	
	71,1199	0,6	0,6	25,603164	
10	51	0,6	0,6	18,36	
	99,8746	0,6	0,6	35,954856	
11	59,5	0,6	0,6	21,42	
	151,5838	0,6	0,6	54,570168	
12	144,5	0,6	0,6	52,02	
	200,544	0,6	0,6	72,19584	
<b>TOTALE</b>		<b>2129,83</b>			<b>766,74</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT nell'area Trivignano Sud è pari a **766,74 mc**.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

La lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Trivignano Sud sono riportati nella seguente Tabella 8:

**Tabella 8 - Volume scavi cavi BT Area Trivignano Sud**

AREA 2- TRIVIGNANO SUD	SOTTOCAMPO	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	1	93,5	0,6	0,6	33,7
		5,8	0,6	0,6	2,1
	2	102,0	0,6	0,6	36,7
		8,0	0,6	0,6	2,9
	3	136,0	0,6	0,6	49,0
		2,5	0,6	0,6	0,9
	4	212,5	0,6	0,6	76,5
		7,9	0,6	0,6	2,8
		77,2	0,6	0,6	27,8
55,5		0,6	0,6	20,0	
5	76,5	0,6	0,6	27,5	
	32,3	0,6	0,6	11,6	
6	68,0	0,6	0,6	24,5	
	88,4	0,6	0,6	31,8	
<b>TOTALE</b>	<b>966,1</b>			<b>347,8</b>	

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT nell'area Trivignano Sud è pari a **347,8 mc**

La lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Trivignano Nord sono riportati nella seguente Tabella 9:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**Tabella 9 - Volume scavi cavi BT Area Trivignano Nord**

AREA 3 - TRIVIGNANO NORD	SOTTOCAMPO	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	1	246,5	0,6	0,6	<b>88,74</b>
		10,71	<b>0,6</b>	0,6	<b>3,8556</b>
	2	144,5	0,6	0,6	<b>52,02</b>
		7,947	0,6	0,6	<b>2,86092</b>
	3	118,58	0,6	0,6	<b>42,6888</b>
		119	0,6	0,6	<b>42,84</b>
	4	2	<b>0,6</b>	0,6	<b>0,72</b>
		76,5	0,6	0,6	<b>27,54</b>
	5	18,1455	0,6	0,6	<b>6,53238</b>
		76,5	0,6	0,6	<b>27,54</b>
	6	21,8	0,6	0,6	<b>7,848</b>
		170	<b>0,6</b>	0,6	<b>61,2</b>
	7	10,4607	0,6	0,6	<b>3,765852</b>
		136	0,6	0,6	<b>48,96</b>
8	19,493	0,6	0,6	<b>7,01748</b>	
	144,5	0,6	0,6	<b>52,02</b>	
9	20,4026	0,6	0,6	<b>7,344936</b>	
	127,5	0,6	0,6	<b>45,9</b>	
	11,937	0,6	0,6	<b>4,29732</b>	
	38,493	0,6	0,6	<b>13,85748</b>	
10	2	0,6	0,6	<b>0,72</b>	
	32,2	0,6	0,6	<b>11,592</b>	
	85	0,6	0,6	<b>30,6</b>	
11	38,493	0,6	0,6	<b>13,85748</b>	
	16,0243	0,6	0,6	<b>5,768748</b>	
12	76,5	0,6	0,6	<b>27,54</b>	
	2	0,6	0,6	<b>0,72</b>	
12	127,5	0,6	0,6	<b>45,9</b>	
	2	0,6	0,6	<b>0,72</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>1902,69</b>			<b>684,97</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT è pari a **684,97 mc**

Nella seguente Tabella 10 riassuntiva sono riportati i volumi parziali e il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione dei cavidotti complessivi nelle tre diverse aree:

**Tabella 10 – Riassunto volumi scavi**

	Lunghezze BT	Volumi BT	Lunghezze MT	Scavi MT	Scavi MT esterni	Volumi MT esterni	Scavi AT esterni	Volumi AT esterni
Pradamano	2129,83	766,74	853,91	768,52	11312,50	10577,19	2598,99	4517,77



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 99 di 172

Trivignano Sud	966,07	347,78	595,79	536,22	8541,12	7985,95		
Trivignano Nord	1902,69	684,97	2479,70	2231,73	4976,20	5390,60		
<b>Totale</b>	<b>4998,58</b>	<b>1799,49</b>	<b>3929,40</b>	<b>3536,46</b>	<b>24829,82</b>	<b>23953,73</b>	<b>2598,99</b>	<b>4517,77</b>

*E' opportuno precisare che circa il 60% del terreno scavato per la realizzazione dei cavidotti esterni sarà riutilizzato per il riempimento dello scavo stesso; la restante parte sarà conferito a discarica autorizzata. Si tratta di circa 9.581,5 mc di materiale da conferire in discarica.*

*Gli altri movimenti terra interni ai layout di progetto saranno riutilizzati e non si prevede alcun conferimento in discarica.*

*La parte eccedente sarà sparsa uniformemente su tutta l'area del sito a disposizione, per uno spessore limitato a pochi centimetri, mantenendo la morfologia originale dei terreni.*



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 100 di  
172

6.2.5  
interni ai layout di progetto

Movimenti terra

In questo paragrafo di riportano le tabelle presenti all'interno delle tavole di progetto (TAVsi-01 - PRADAMANO PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-02 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI; TAVsi-03 - TRIVIGNANO NORD PLANIMETRIA GENERALE SCAVI).

All'interno delle tavole è possibile visionare gli interventi su planimetria di progetto.

Nello specifico si rimanda anche alle tavole di progetto che analizzano le sezioni di scavo e l'andamento naturale del terreno (TAVii-01 - TRIVIGNANO NORD (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-02 - TRIVIGNANO NORD (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-03 - TRIVIGNANO NORD (C-D) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-04 - TRIVIGNANO SUD PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-05 - PRADAMANO (A) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI; TAVii-06 - PRADAMANO (B) PLANIMETRIA E SEZIONI PROFONDITÀ SCAVI).

**Pradamano**

Bilancio movimenti terra		PRADAMANO					
		lunghezza (m)	larghezza (m)	profondità/altezza (m)	numero elementi	area (mq)	Volume (mc)
scavi	Aree di risulta e Viabilità	683,0	5,0	0,5	-	3415,0	1133,8
	Viabilità in quota	2494,1	3,0	0,2	-	5155,7	1496,5
	Cabine Smistamento	7,9	2,8	0,6	3,0	-	39,7
	Cabine inverter	10,7	2,5	0,3	12,0	-	95,5
	Cabine inverter Vasca	4,3	1,3	0,7	12,0	-	49,4
	Fossi esterni	-	-	-	-	-	-
	Linee illuminazione	3220	0,25	0,3	-	805,0	241,5
	Linee CC	2129,8414	0,6	0,6	-	1277,9	766,7
Linee MT	901,1879	0,6	1,5	-	540,7	811,07	
riporto	Innalzamento area allagata	-	-	-	-	6996,0	6996,0
	Mitigazione con argine	673,5	3,0	0,6	-	2050,7	966,4
	Linee illuminazione	3220,0	0,25	0,3	-	805,0	241,5
	Linee CC	2129,8414	0,6	0,3	-	1277,9	383,4
	Linee MT	901,2	0,6	1	-	540,7	424,7
<b>Totale scavi (mc)</b>							<b>4634,1</b>
<b>Volumi espansi 30% (mc)</b>							<b>6024,3</b>
<b>Volumi recuperati 10% (mc)</b>							<b>9913,1</b>
<b>bilancio terre (mc)</b>							<b>(*) -3888,8</b>

**(\*) Bilancio terre negativo.** Nel caso di Pradamano è necessario ricevere mc di terra in quanto all'interno dell'area B è necessario un rimodellamento del terreno a causa delle attuali pendenze del terreno. Tali terre verranno trasportate dal sito di Trivignano Nord che, come si vedrà successivamente, ha un'eccedenza di terre. Tali terre verranno sottoposte a studi per il trasporto da un lotto all'altro.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 101 di  
172

**Tabella Conteggio infissioni**

Elemento	n. pali	Tot. Pali	Profondità (m)
Pali Tracker 2x12	24	3	72
Pali Tracker 2x24	985	5	4925
<b>Pali Tracker</b>		<b>4997</b>	<b>3,0</b>
<b>Pali illuminazione</b>		<b>79</b>	<b>0,4</b>
<b>Pali recinzione</b>		<b>1622</b>	<b>0,6</b>

**Trivignano Sud**

Bilancio movimenti terra		Trivignano Sud					
		lunghezza (m)	larghezza (m)	profondità/altezza (m)	numero elementi	area (mq)	Volume (mc)
scavi	Aree di risulta e Viabilità	1360,988	5	0,5	-	6804,9	2259,2
	Viabilità in quota	996,263	3	0,2	-	2988,8	597,8
	Cabine Smistamento	7,87	2,8	0,6	1		13,2
	Cabine inverter	10,7	2,5	0,3	6,0	-	47,8
	Cabine inverter Vasca	4,3	1,3	0,7	6,0	-	24,7
	Fossi esterni	-	-	-	-		-
	Linee illuminazione	2396,4	0,3	0,3	-	599,1	179,7
	Linee CC	966,1	0,6	0,6	-	579,6	347,8
	Linee MT	595,8	0,6	1,5	-	357,5	536,2
riporto	Innalzamento Mitigazione 30 cm	1092,198	9,5	0,3	-	10375,9	2444,8
	Mitigazione con argine	1112,951	3	0,6	-	3338,9	1573,4
	Linee illuminazione	595,8	0,3	0,3	-	148,9	44,7
	Linee CC	1092,2	0,6	0,3	-	655,3	196,6
	Linee MT	1113,0	0,6	1,0	-	667,8	524,5
	<b>Totale scavi (mc)</b>						<b>4006,4</b>
<b>Volumi espansi 30% (mc)</b>						<b>5208,3</b>	
<b>Volumi recuperati 10% (mc)</b>						<b>5216,7</b>	
<b>bilancio terre (mc)</b>						<b>(*) -8,4</b>	

(\*) **Bilancio terre Negativo.** Da considerare bilanciato. Nel caso di Trivignano Sud non è necessario apporto di mc di terra.

**Tabella Conteggio infissioni**

Elemento	n. pali	Tot. Pali	Profondità (m)
Pali Tracker 2x12	55	3	165
Pali Tracker 2x24	456	5	2280
<b>Pali Tracker</b>		<b>2445</b>	<b>3,0</b>
<b>Pali illuminazione</b>		<b>60</b>	<b>0,4</b>
<b>Pali recinzione</b>		<b>1207</b>	<b>0,6</b>



### Trivignano Nord

Bilancio movimenti terra		Trivignano Nord					
		lunghezza (m)	larghezza (m)	profondità/altezza (m)	numero elementi	area (mq)	Volume (mc)
scavi	Aree di risulta e Viabilità	4030,7	5,0	0,5	-	19614,9	6690,9
	Viabilità in quota	1143,9	3,0	0,2	-	3431,7	686,3
	Cabine Smistamento	-	-	0,3	-	-	52,9
	Cabine inverter	10,7	2,5	0,3	12,0	-	95,5
	Cabine inverter Vasca	4,3	1,3	0,7	12,0	-	49,4
	Fossi esterni	223,8	5,0	1,5	-	1119,2	1175,2
	Linee illuminazione	5279,7	0,3	0,3	-	1319,9	396,0
	Linee CC	1902,7	0,6	0,6	-	1141,6	685,0
	Linee MT	2479,7	0,6	1,5	-	1487,8	2231,7
riporto	Innalzamento Mitigazione 30 cm	2262,2	10,0	0,3	-	-	5368,4
	Mitigazione con argine	1280,0	3,0	0,6	-	1530,5	3172,7
	Linee illuminazione	5279,7	0,3	0,3	-	1319,9	396,0
	Linee CC	1902,7	0,6	0,3	-	1141,6	342,5
	Linee MT	2479,7	0,6	1,0	-	1487,8	1487,8
<b>Totale scavi (mc)</b>		<b>12062,9</b>					
<b>Volumi espansi 30% (mc)</b>		<b>15681,8</b>					
<b>Volumi recuperati 10% (mc)</b>		<b>11844,1</b>					
<b>bilancio terre (mc)</b>		<b>(*) 3837,7</b>					

(\*) **Bilancio terre Positivo.** Nel caso di Trivignano Nord è necessario trasportare gli eccessi di mc di terra all'interno del lotto di Pradamano in quanto all'interno dell'area B del progetto di Pradamano è necessario un rimodellamento del terreno a causa delle attuali pendenze del terreno. Tali terre verranno sottoposte a studi per il trasporto da un lotto all'altro.

**Tabella Conteggio infissioni**

Elemento	n. pali	Tot. Pali	Profondità (m)
Pali Tracker 2x12	63	3	189
Pali Tracker 2x24	992	5	4960
Pali Tracker 2x12	46	3	138
<b>Pali Tracker</b>		<b>5287</b>	<b>3,0</b>
<b>Pali illuminazione</b>		<b>129</b>	<b>0,4</b>
<b>Pali recinzione</b>		<b>2639</b>	<b>0,6</b>

#### 6.2.6 Movimenti terra esterni ai layout di progetto

Per quanto riguarda l'alloggiamento dei cabinati esterni ai layout di impianto, vale a dire due cabine di smistamento ubicate nei pressi delle stazioni Terna in località Persereano si riportano le superfici e i volumi che interessano il piano preliminare di utilizzo di terre e rocce da scavo:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 103 di  
172

Calcolo Superfici e Volumi						
Cabina di di Smistamento						
Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Superficie (mq)	Numero Cabine	Superficie Totale (mq)	Altezza (m)	Volume (mc)
15	3	45	2	90	0,6	54,0

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione delle cabine è pari a **54,0 mc**.

### 6.3 MODALITÀ ESECUTIVE DEGLI SCAVI

Per la realizzazione degli scavi e sbancamenti superficiali saranno impiegati mezzi meccanici e se necessario si procederà con scavo a mano; i mezzi impiegati saranno escavatore tipo terna, bobcat e pala meccanica.

È prevista la realizzazione di cumuli temporanei del terreno scavato; quello derivato dagli scavi per la realizzazione dei cavidotti sarà temporaneamente posizionato su un lato degli stessi mentre per quello derivante dagli altri scavi saranno individuate apposite aree di accumulo temporaneo dove verrà allocato anche il terreno eccedente derivato dagli altri scavi.

### 6.4 CAVE DI PRESTITO

Il sottofondo di entrambi i tipi di viabilità, interna e perimetrale, sarà realizzato in battuto di inerti di cava misto ghiaia-sabbia approvvigionato presso le cave autorizzate ubicate nel territorio della provincia di Udine; il volume stimato del materiale inerte occorrente è pari a circa 12.909,62 m<sup>3</sup>.

	Viabilità interna (mc)	Viabilità esterna MT (mc)	Viabilità esterna AT (mc)
Pradamano	1786,05	2884,6875	
Trivignano sud	1174,82	2177,9856	363,86
Trivignano nord	3253,30	1268,931	
<b>Totale</b>	<b>6214,16</b>	<b>6331,60</b>	<b>363,86</b>

Per l'identificazione delle cave di inerti si è fatto riferimento a quelle censite nell'ambito del Piano Cave della Provincia di Udine, dove per ogni cava è indicata la specifica ubicazione ed il litotipo di materiale estratto/cavato.



## 7. ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E RICADUTE OCCUPAZIONALI

### 7.1 CRONOPROGRAMMA

La realizzazione dell'impianto in oggetto si prevede a decorrere dal 01/09/2023.

Per l'intervento si presume l'impiego di massimo 50 operai contemporaneamente, si stimano:

- n. 19.532 unità giorno per la fase di costruzione del campo fotovoltaico,
- n. 2.430 unità giorno per la fase di costruzione del cavidotto MT,
- n. 12.832 unità giorno per la fase di dismissione
- n. 6.276 unità giorno ogni anno per la fase di gestione ripartite per l'esecuzione delle attività di gestione e manutenzione evidenziate nelle tabelle di seguito riportate:

In funzione della pianificazione proposta la data di entrata in esercizio dell'impianto potrà avvenire nel caso più favorevole a decorrere dal 16/06/2025.

#### Cronoprogramma Costruzione impianto

Fase di costruzione					
Attività	Durata [gg]	Inizio	Fine	operai richiesti	Uomini giorno
Consegna aree all'EPC	0	01/09/2023	01/09/2023	0	0
Allestimento, messa in sicurezza ed eventuale pulizia del cantiere	15	01/09/2023	21/09/2023	42	630
Scotico terreno	14	22/09/2023	11/10/2023	28	392
Picchettamento terreno	11	12/10/2023	26/10/2023	28	308
Realizzazione viabilità e piazzole	30	27/10/2023	07/12/2023	21	630
Realizzazione recinzione	11	08/12/2023	27/12/2023	50	550
Sbancamenti e sistemazione piano di posa per cabine	13	08/12/2023	26/12/2023	14	182
Infissione pali/viti e montaggio delle strutture di supporto	98	08/12/2023	23/04/2024	50	4900
Realizzazione impianto di illuminazione	42	28/12/2023	23/02/2024	50	2100
Posizionamento cabine e realizzazione impianto di terra cabina	30	27/12/2023	06/02/2024	21	630
Realizzazione impianto antifurto	30	26/02/2024	05/04/2024	28	840
Realizzazione cavidotti, posa corrugati e pozzetti, reinterro	60	08/04/2024	28/06/2024	21	1260
Installazione quadri di campo e parallelo cc	30	01/07/2024	09/08/2024	28	840
Stringatura e cablaggi cc	43	12/08/2024	09/10/2024	50	2150
Montaggio dei moduli fotovoltaici	43	10/10/2024	09/12/2024	50	2150
Connessione cabine inverter e trasformazione preallestite	30	10/12/2024	20/01/2025	25	750
Allestimento cabina di consegna	5	21/01/2025	27/01/2025	14	70
Comunicazione fine lavori al gestore di rete ed all'Agenzia delle Dogane	3	28/01/2025	30/01/2025	0	0



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 105 di  
172

Fase di costruzione					
Attività	Durata [gg]	Inizio	Fine	operai richiesti	Uomini giorno
Cablaggi MT	25	28/01/2025	03/03/2025	42	1050
Realizzazione opere di rete	90	28/01/2025	02/06/2025	0	0
Smantellamento opere provvisorie di cantiere, rimozione rifiuti e pulizia aree	10	03/06/2025	16/06/2025	10	100
Ultimazione lavori	0	16/06/2025	16/06/2025	0	0
<b>633 g</b>					<b>19.532</b>
<b>Max operai in cantiere contemporanei</b>					<b>50</b>

Cronoprogramma cavidotto su strada

Nome attività	Giorni	Data di Inizio	Data di termine	Operai richiesti	Totale uomini giorno
SP37 -Strada Provinciale	9	08/12/2023	20/12/2023	6	54
Vi Sandro Petrini	22	21/12/2023	19/01/2024	6	132
Via Cussignacco	8	22/01/2024	31/01/2024	6	48
Via Guglielmo Marconi	8	01/02/2024	12/02/2024	6	48
SR56 - Via Nazionale	6	13/02/2024	20/02/2024	6	36
SR352 - Via Grado/Viale del Platani/ Via L. Gregorutti	76	21/02/2024	05/06/2024	6	456
Via Giuseppe Garibaldi	6	06/06/2024	13/06/2024	6	36
<b>Collegamento Pradamano</b>	<b>135</b>	<b>08/12/2023</b>	<b>13/06/2024</b>	<b>6</b>	<b>810</b>
Strada sterrata	19	08/12/2023	03/01/2024	6	114
Via Claudiano	12	04/01/2024	19/01/2024	6	72
SR352 - Via Grado	56	22/01/2024	08/04/2024	6	336
Via Giuseppe Garibaldi	6	09/04/2024	16/04/2024	6	36
<b>Collegamento Trivignano Sud</b>	<b>93</b>	<b>08/12/2023</b>	<b>16/04/2024</b>	<b>6</b>	<b>558</b>
Strada a Nord dell'impianto SN	5	24/01/2024	30/01/2024	6	30
Via Rio Slavio	14	31/01/2024	19/02/2024	6	84
Via Persereano	7	20/02/2024	28/02/2024	6	42
Via Merlana	28	29/02/2024	08/04/2024	6	168
SR352 - Via Grado	5	02/04/2024	08/04/2024	6	30
Via Giuseppe Garibaldi	6	09/04/2024	16/04/2024	6	36
<b>Collegamento Trivignano Nord</b>	<b>65</b>	<b>24/01/2024</b>	<b>23/04/2024</b>	<b>6</b>	<b>390</b>
<b>Realizzazione Cavidotto MT-AT</b>	<b>135</b>	<b>08/12/2023</b>	<b>13/06/2024</b>	<b>18</b>	<b>2430</b>

Il tratto finale dei collegamenti, superata l'interferenza su Via Grado, potrà essere fatto contemporaneamente con una sola squadra andando però a considerare il doppio del tempo per la realizzazione del cavidotto. Questo è possibile perché entrambe le linee saranno sulla medesima carreggiata.

Prima dell'inizio dei lavori verrà trasmessa a Friuli Venezia Giulia Strade S.p.A. formale richiesta di autorizzazione all'esecuzione degli scavi previsti per la posa dei cavi.

Si riportano i riferimenti alle tavole di progetto:

- TAV18 - COLLEGAMENTO ST – PRADAMANO;
- TAV19 - COLLEGAMENTO ST - TRIVIGNANO SUD;



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 106 di  
172

- TAV20 - COLLEGAMENTO ST- TRIVIGNANO NORD;
- TAV20A - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 1;
- TAV20B - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 2;
- TAV20C - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 3;
- TAV20D - COLLEGAMENTO ST – DETTAGLIO INTEREFERENZA 4.

Cronoprogramma Dismissione Impianto

Fase di dismissione					
Attività	Durata [gg]	Inizio	Fine	operai richiesti	Uomini giorno
Consegna lavori	1	01/09/1953	01/09/1953	0	0
Allestimento, messa in sicurezza ed eventuale pulizia del cantiere	20	02/09/1953	29/09/1953	42	840
Comunicazione fine attività agli Enti	3	02/09/1953	04/09/1953	28	84
Smantellamento opere di rete	20	02/09/1953	29/09/1953	28	560
Smantellamento cablaggio MT	30	02/09/1953	13/10/1953	21	630
Dismissione cabina di consegna	4	30/09/1953	03/10/1953	50	200
Disconnessione cabine inverter	30	30/09/1953	10/11/1953	14	420
Smontaggio dei moduli fotovoltaici	30	30/09/1953	10/11/1953	50	1500
Rimozione stringatura e cablaggi cc	30	09/10/1953	19/11/1953	50	1500
Rimozione quadri di campo e parallelo	20	23/10/1953	19/11/1953	21	420
Rimozione cavidotti, posa corrugati e pozzetti, reinterro	40	25/09/1953	19/11/1953	28	1120
Rimozione impianto antifurto	10	06/11/1953	19/11/1953	21	210
Rimozione cabine e impianto di terra cabina	6	30/09/1953	07/10/1953	28	168
Demolizione impianto illuminazione	15	06/11/1953	26/11/1953	50	750
Rimozione pali/viti e smontaggio delle strutture di supporto	45	20/10/1953	19/12/1953	50	2250
Smantellamento viabilità e piazzole	20	22/12/1953	16/01/1954	25	500
Rimozione recinzione	30	19/01/1954	27/02/1954	14	420
Sistemazione e ripristino terreno alla stato ante operam	40	02/03/1954	24/04/1954	0	0
Smantellamento opere provvisorie di cantiere, rimozione rifiuti e pulizia aree	30	27/04/1954	05/06/1954	42	1260
Ultimazione lavori	0	05/06/1954	05/06/1954	0	0
<b>424 g</b>					<b>12832</b>
<b>Max operai in cantiere contemporanei</b>					<b>50</b>



## 7.2 LA RICADUTA OCCUPAZIONALE

L'efficienza energetica è il nuovo eldorado dell'occupazione italiana visto che, da oggi al 2023, ogni 5 nuovi posti di lavoro creati dalle imprese attive in Italia 1 sarà generato da aziende ecosostenibili. Si tratta di un numero di nuovi posti di lavoro oltre il 50% in più di quelli generati dal digitale, che non riuscirà ad andare oltre 214mila nuovi occupati, e il 30% in più di quelli prodotti da tutte le imprese della filiera salute e benessere, che si attesterà a quota 324 mila assunzioni.

I dati, elaborati dal Sistema Informativo Exclesior, sono contenuti nel Focus Censis - Confcooperative "Smart & Green, l'economia che genera futuro" presentato a Roma nel 2019. La transizione verso un'economia pulita, argomenta lo studio, "sta determinando una modifica strutturale all'interno dell'occupazione nei paesi avanzati e in quelli emergenti". Il bisogno di competenze green e l'adozione di tecnologie nuove nel campo della sostenibilità "rappresentano alcune delle tante derive che stanno accompagnando la generale riconversione dei modi di produrre" e, di conseguenza, l'orientamento della crescita economica perseguita a livello globale.

Complessivamente nell'ultimo anno il numero delle imprese del settore energia è cresciuto di 700 unità ed in molte regioni, specialmente del centro-sud, le imprese energetiche sono più che raddoppiate.

Lo studio realizzato dall'Osservatorio Energia e Innovazione dell'IRES-CGIL "Lotta ai cambiamenti climatici, efficienza energetica e fonti rinnovabili: gli investimenti, le ricadute occupazionali e le nuove professionalità", commissionato dalla Filctem-Cgil, riprendendo alcuni contributi quantitativi sul tema, e proponendo alcune originali valutazioni statistiche ed econometriche dell'impatto della nuova politica energetica europea sulla crescita economica e sull'occupazione nel settore delle fonti di energia rinnovabile in Italia, fornisce un quadro sintetico di riferimento che possa essere d'aiuto nell'interpretazione e nella implementazione del "Pacchetto Clima Energia 20-20-20". Lo studio IRES-CGIL mostra un contributo netto all'incremento occupazionale diretto dal 2019 al 2020 di 9.000 unità solo nel Sud, che a livello nazionale dovrebbe raggiungere 12.000 unità nette permanenti. Considerando anche l'occupazione indiretta e quella temporanea si raggiungerebbero al 2020 le 60.500 unità circa.

occupazione	Employ RES	NEMESIS	ASTRA	Cnel Issi	GSE IEFE	Oss. Energia
Eolico	32 000	-	-	24 200	77 500	-
Fotovoltaico	35 000	-	-	69 700	47 500	-
Biomasse	41 000	-	-	-	100 000	-
Complessiva lorda	120 000				250 000	60 500
Complessiva netta(*)		97 500	67 500	75 700	-	-

**TABELLA 1. OCCUPAZIONE POTENZIALE (LORDA E NETTA) IN ITALIA AL 2020**

(\*) Per occupazione complessiva netta si intende il saldo della nuova occupazione al 2020 considerando non solo i guadagni ma anche le perdite stimate di posti di lavoro a seguito dell'applicazione del pacchetto 20-20-20. In termini di valore aggiunto si stima che l'industria italiana potrà realizzare un fatturato medio annuo compreso tra i 2,5 e i 5,5 miliardi di euro l'anno per i prossimi dieci anni. Tuttavia, per valori inferiori a 3,5/4 miliardi di euro l'anno, dall'analisi dei dati emerge che la dinamica della produttività non appare sufficiente a garantire l'autonomo e duraturo sviluppo del settore.

Il forte sviluppo delle energie rinnovabili comporterà una grande trasformazione delle reti elettriche di trasporto e distribuzione che dovranno offrire più elevati parametri di sicurezza, affidabilità ottimizzazione del servizio. La realizzazione di reti intelligenti - Smart-grid- comporterà in Italia investimenti stimati attorno a 1,5 mld di euro. Anche in questo caso le ricadute occupazionali attese potrebbero risultare molto consistenti.

## 7.3 ANALISI QUANTITATIVA

La realizzazione dell'impianto in oggetto si prevede a decorrere dal 01/09/2023.

Per l'intervento si presume l'impiego di massimo 50 operai contemporaneamente, si stimano:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 108 di  
172

- n. 19.532 unità giorno per la fase di costruzione del campo fotovoltaico,
- n. 2.430 unità giorno per la fase di costruzione del cavidotto MT,
- n. 12.832 unità giorno per la fase di dismissione
- n. 6.276 unità giorno ogni anno per la fase di gestione ripartite per l'esecuzione delle attività di gestione e manutenzione evidenziate nelle tabelle di seguito riportate:

In funzione della pianificazione proposta la data di entrata in esercizio dell'impianto potrà avvenire nel caso più favorevole a decorrere dal 16/06/2025.

IO

<b>Calcolo unità lavorative all'anno nella fase di gestione</b>		
	<b>quantità</b>	<b>u.m.</b>
<b>Attività di pulizia dei moduli</b>		
metri quadri da pulire	335.627	mq
numero pulizie/anno	1	n./anno
metri quadri puliti giornalmente per ogni operaio	800	mq/uomo
<b>uomini giorno pulizia</b>	<b>420</b>	<b>uomini giorno/anno</b>
<b>Attività di taglio dell'erba e manutenzione delle aree verdi</b>		
metri quadri da pulire	900.743	mq
numero pulizie/anno	4	n./anno
metri quadri manutenzionati giornalmente per ogni operaio	3000	mq/uomo
<b>uomini giorno pulizia</b>	<b>1.201</b>	<b>uomini giorno/anno</b>
<b>Attività di videosorveglianza e monitoraggio della produzione energetica</b>		
Ore/giorno dedicate al monitoraggio	24	h/giorno
numero di giorni/anno di videosorveglianza	365	g/anno
<b>uomini giorno videosorveglianza</b>	<b>1.095</b>	<b>uomini giorno/anno</b>
<b>Altre attività di manutenzione ordinaria</b>		
<b>Uomini giorno</b>	<b>1.500</b>	<b>uomini giorno/anno</b>
<b>Attività di manutenzione straordinaria</b>		
<b>Uomini giorno</b>	<b>2.060</b>	<b>uomini giorno/anno</b>
<b>Calcolo unità lavorative all'anno nella fase di gestione</b>		
<b>totale uomini giorno fase di gestione e manutenzione</b>	<b>6.276</b>	<b>uomini giorno/anno</b>

TABELLA 7.2. CALCOLO UNITÀ LAVORATIVE NELLA FASE DI GESTIONE



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 109 di  
172

In considerazione della vita utile stimata per l'impianto in 30 anni si ottengono complessivamente i valori riportati alla tabella seguente:

	Unità impiegate	Mesi solari
Fase di costruzione	21.962	21
Fase di gestione	188.266	320
Fase di dismissione	12.832	9
<b>totale</b>	<b>223.060</b>	<b>350</b>
<b>anni/uomo corrispondenti</b>	<b>7.435</b>	

**TABELLA 6. CALCOLO UNITÀ LAVORATIVE COMPLESSIVE**

I valori di occupazione generati risultano particolarmente interessanti e per una corretta interpretazione possono essere confrontati rispetto a quanto si otterrebbe in caso perdurasse una coltivazione agricola del fondo o all'occupazione generata da altre tecnologie di produzione di energia.

Nel primo scenario si è fatto riferimento alla produzione cerealicola che risulta quella per cui l'area oggetto di intervento risulta maggiormente vocata; nel secondo alla produzione di energia con centrali termoelettriche alimentate da carbone o da gas naturale. Il raffronto tra gli scenari delineati è riportato alle tabelle seguenti:

<b>Raffronto con attività agricola</b>		
Superficie coltivabile occupata dall'impianto	100,7	Ha
Uomini giorno impiegati annualmente per ettaro di produzione cerealicola	8,0	
Uomini/giorno generati complessivamente nei 30 anni di vita utile dell'impianto	24173,5	
<b>anni/uomo complessivamente impiegati dalla conduzione agricola</b>	<b>805,8</b>	
<b>anni/uomo complessivamente impiegati dall'impianto fotovoltaico</b>	<b>6275,5</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/agricoltura</b>	<b>6,8</b>	
<b>Raffronto con produzione di energia da fonti non rinnovabili</b>		
<b>Impianto fotovoltaico</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	7.435	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	3.729	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh dall'impianto fotovoltaico</b>	<b>199%</b>	
<b>Centrale Enel a Carbone Torre Valdaliga Nord (alimentazione a carbone) (1)</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	6275,5	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	300.000	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh</b>	<b>11%</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/termoelettrico a carbone</b>	<b>1712%</b>	
<b>Centrale Turbogas di Scandale (alimentazione a gas naturale) (2)</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	19714,3	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	150.000	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh</b>	<b>13%</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/termoelettrico a gas naturale</b>	<b>1434%</b>	

**TABELLA 4. CONFRONTO OCCUPAZIONALE CON ALTRE ATTIVITÀ**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 110 di  
172

- (1) per la centrale Enel di Torre Valdaliga Nord in Civitavecchia (RM) da 1980 MW si è fatto riferimento ai dati ufficiali Enel pubblicati sul sito internet della Presidenza del Consiglio dei Ministri [http://www.governo.it/Governolnforma/Dossier/centrale\\_enel/scheda.pdf](http://www.governo.it/Governolnforma/Dossier/centrale_enel/scheda.pdf) di cui si riporta uno stralcio:
- investimento per la conversione della centrale pari a quasi 2 miliardi di euro;
  - impiego medio in cantiere di personale durante la costruzione di 1.600 persone per complessive 15 milioni di ore lavorate;
  - fase di esercizio a pieno regime con l'impiego di circa 380 unità, per tutta la vita utile dell'impianto, e di altre 350 per la manutenzione da parte di imprese locali.

È stata inoltre assunta una vita utile della centrale pari a 30 anni e una quantità di personale impiegato per le operazioni di dismissione pari al 50% del personale impiegato per la costruzione.

- (2) Per la centrale Turbogas a ciclo combinato di Scandale (KR) da 814 MW si è fatto riferimento ai dati ufficiali pubblicati da E.On Italia proprietaria in compartecipazione con il gruppo A2A della società Ergosud – titolare dell'impianto. I dati sono pubblicati sul sito <http://www.eon-italia.com/cms/it/newsDetail.do?guid=2F0CC2FD-14B5-4E7C-AA89-4AE7CA11AA22> e prevedono:
- investimento per la costruzione della centrale pari a 450 milioni di euro;
  - fase di esercizio a pieno regime con l'impiego di circa 600 unità inclusi gli addetti per la manutenzione da parte di imprese locali.

È stata inoltre assunta una vita utile della centrale pari a 30 anni e una quantità di personale impiegato per le operazioni di costruzione pari a 1500 uomini/anno e dismissione pari a 500 uomini/anno sulla base della letteratura scientifica.

In conclusione si è dimostrato come la tipologia di impianto a progetto interesserà positivamente, dal punto di vista economico ed occupazionale, alcune imprese locali per la realizzazione delle opere e la futura dismissione.

Si utilizzeranno operatori locali anche in fase di gestione per il monitoraggio e la manutenzione dell'impianto, nonché per la sorveglianza nel corso della sua vita utile.

Da un punto di vista socio economico l'intervento consente un incremento molto rilevante dell'occupazione rispetto al caso in cui il fondo agricolo rimanesse tale, non si è ritenuto indicativo il confronto con la destinazione a servizi comunali di altro tipo.

Inoltre, rispetto alle fonti convenzionali, le fonti rinnovabili hanno la caratteristica di impiegare molta più manodopera (in questo caso tra 2 e 3 volte in più) a parità di energia prodotta: questo aspetto rappresenta uno dei pilastri della "green economy", insieme alla tutela delle risorse naturali di energia ed alla mancata emissione in atmosfera di sostanze tossiche o climalteranti o radioattive.



## **8. PIANO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO – GESTIONE DEI RIFIUTI**

In merito al piano di dismissione e ripristino sono considerate tutte le norme relative all'operazione in oggetto, gli aspetti tecnici e le operazioni da svolgere, al fine di determinare il costo della dismissione e ripristino dello stato dei luoghi, di cui al decreto ministeriale dello Sviluppo economico del 10.09.2010 recante le "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" punto 113, e quindi la relativa cauzione a garanzia dell'esecuzione dei relativi interventi, mediante fideiussione bancaria o assicurativa.

Come verrà dettagliato nel corso della presente relazione, il valore complessivo da garantire è pari a 25.000 € per ogni MW installato. Di conseguenza la cifra esatta da tenere in considerazione, e quindi da garantire con fideiussione bancaria o assicurativa, è di circa 2.000.000 €.

Un impianto fotovoltaico oltre ad essere tra le più efficienti e pulite tecnologie per la generazione di energie permette anche, alla fine del suo ciclo di vita, di essere rimosso con estrema facilità, rapidità ed economicità. Rendendo, per la natura poco invasiva della tecnologia di supporto prevista, estremamente veloce il ripristino del sito così come era precedentemente all'installazione dell'impianto stesso. Nei paragrafi successivi verranno approfondite le caratteristiche e le metodologie di riciclo dei materiali e delle forniture impiegate.

### **8.1 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le principali normative cui riferirsi nel pianificare i lavori di dismissione e ripristino dei luoghi, sono essenzialmente le seguenti:

- Dlgs 152/2006: "Norme in materia ambientale";
- Dlgs 49/2014: "Attuazione della direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)";
- Dlgs 221/2015: "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali";
- GSE: "Istruzioni operative per la gestione e lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici incentivati".

In particolare il Dlgs n. 49 del 14 marzo 2014 definisce i RAEE: "le apparecchiature elettriche o elettroniche che sono rifiuti ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, inclusi tutti i componenti, sottoinsiemi e materiali di consumo che sono parte integrante del prodotto al momento in cui il detentore si disfi, abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsene". Per quanto riguarda moduli fotovoltaici dismessi, elettricamente o meccanicamente danneggiati, è chiaro che nel caso in cui il loro detentore desideri disfarsene, essi diventano ipso facto RAEE. Secondo il Dlgs 152/2006 i produttori e gli importatori dei moduli fotovoltaici sono i "produttori del rifiuto". Sono essi quindi a doversi occupare della corretta gestione del fine vita dei prodotti che immettono sul mercato. Per ottemperare a tali obblighi inoltre, secondo il Dlgs 221/2015 "collegato ambientale", i produttori del RAEE devono aderire ad un consorzio dotato di un'adeguata struttura operativa e TRUST autorizzato, in cui versare una quota finanziaria (eco contributo) come garanzia per il finanziamento dello smaltimento dei moduli a fine vita.

### **8.2 RICICLO DEI MATERIALI**

Per un impianto fotovoltaico le materie prime recuperate durante lo smaltimento dei moduli fotovoltaici diventeranno una risorsa. Il sistema di riciclo dei principali operatori del settore (tra cui ad esempio ECO-PV) consente di recuperare la gran parte delle materie prime originariamente utilizzate per produrre un modulo fotovoltaico, le strutture di sostegno di tali moduli, i cavi e le apparecchiature elettriche e le cabine.

In particolare, per i moduli fotovoltaici realizzati con celle in silicio cristallino si ha:



- 74% di vetro (rivestimento, copertura del modulo, vetro di altissima qualità);
- 10% di plastica (supporto del modulo, viene riciclata in vasi o altro);
- 10% di alluminio (della cornice);
- 6% di altri componenti (polvere di silicio derivante dalle celle fotovoltaiche, rame per le connessioni elettriche, argento, metalli rari, EVA, Tedlar, adesivo in silicone).

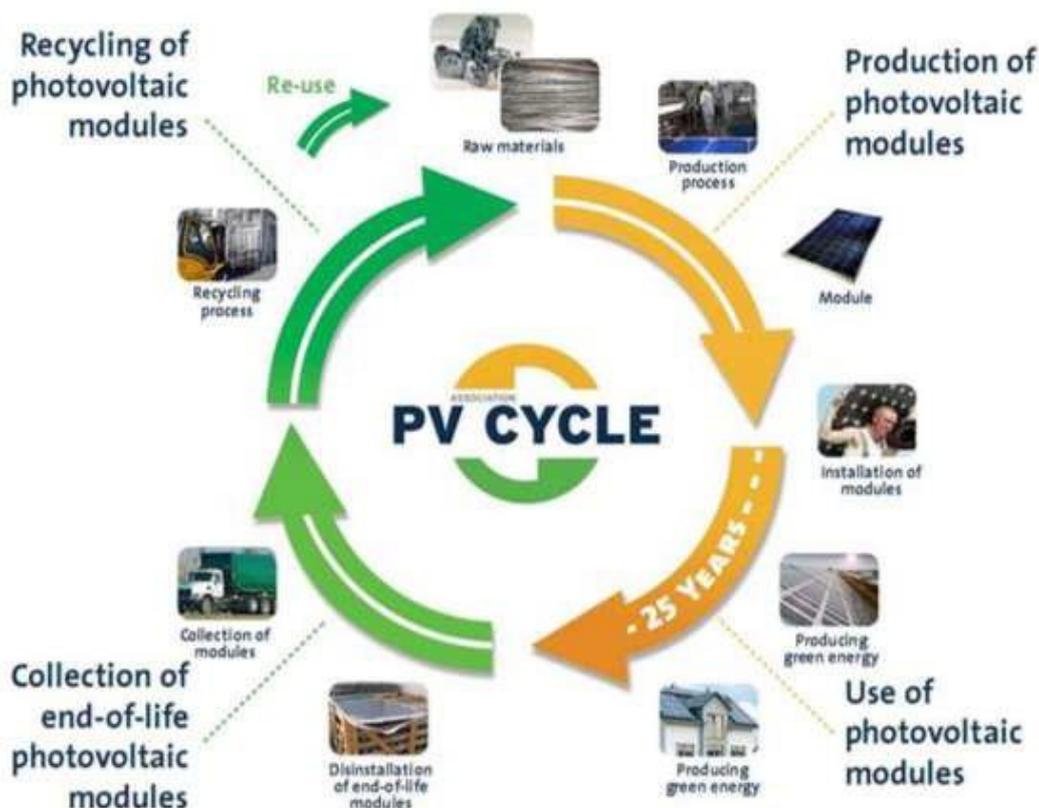
Il processo del riciclo di un modulo fotovoltaico a fine vita si articola su tre fasi essenziali:

1. rimozione di cornice e cavi di collegamento elettrico;
2. triturazione;
3. processi di separazione delle materie prime.

### 8.3 DISMISSIONE E RICICLO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici utilizzati, in silicio cristallino, a fine ciclo vita verranno ritirati e riciclati quasi integralmente. In particolare, in Germania è nato un consorzio nel 2007, il PV CYCLE, che raggruppa impianti per lo smaltimento dei pannelli, capaci di recuperare l'85% dei materiali. Questo permette alla tecnologia fotovoltaica di essere doppiamente ecologica.

Per lo smaltimento dei moduli fotovoltaici, una volta disinstallati sul campo dalle strutture di sostegno, che nel progetto in oggetto sono di tipologia standard, si deve provvedere al corretto trasporto ad apposito centro di smaltimento.



**FIGURA 22 - CICLO DI VITA DEI MODULI FOTOVOLTAICI IN SILICIO CRISTALLINO SECONDO IL PROGRAMMA "DOUBLE GREEN" DELL'ASSOCIAZIONE PV CYCLE**

In particolare, ai sensi dell'art. 193 del Dlgs n. 152 del 3 aprile 2006, un trasportatore autorizzato carica i moduli FV per il trasporto secondo la procedura di cui all'art 193 medesimo. I moduli devono essere accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare almeno i seguenti dati:

- a) nome ed indirizzo del produttore dei rifiuti e del detentore;
- b) origine, tipologia e quantità del rifiuto;



- c) impianto di destinazione;
- d) data e percorso dell'istadamento;
- e) nome ed indirizzo del destinatario.

Le copie del formulario devono essere conservate per cinque anni.

#### **8.4 RECUPERO DELLE MATERIE PRIME**

---

In questa fase del processo avviene il recupero delle materie prime che costituivano i moduli FV e saranno utili per la realizzazione di nuovi moduli fotovoltaici, come promosso dal Dlgs n. 49 del 14 marzo 2014. l'impianto di trattamento consegna al detentore dei moduli un certificato di avvenuto trattamento riportante la lista dei medesimi ordinata per numero di serie, marca e modello trattati e con l'indicazione precisa del FIR di riferimento.

#### **8.5 SPECIFICHE TECNICHE IMBALLAGGIO MODULI SU BANCALI**

---

I moduli dovranno essere disposti sul bancale con il vetro anteriore rivolto verso l'alto, inoltre dovranno essere adagiati con precisione, con spigoli adiacenti, in modo da poter scaricare il loro peso in modo uniforme sul bancale. Le dimensioni ottimali della base di appoggio di un bancale sono (lux la) 1100 – 1700 x 1000 mm ovvero in grado di far poggiare i moduli nella loro interezza al lato corto sulla base del bancale stesso. Il bancale deve essere di tipo robusto, strutturato per sopportare un peso fino a 900 kg. I moduli dovranno essere adeguatamente immobilizzati sui bancali tramite opportuna e salda reggiatura, come illustrato nella foto esempio.



**FIGURA 23 - IMBALLAGGIO DEI PANNELLI**

#### **8.6 DISMISSIONE E RICICLO DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO**

---

Le strutture previste, essendo installate senza utilizzare calcestruzzo, possono essere smontate e riciclate completamente; viene utilizzato solo acciaio zincato a caldo per i pali di fondazione ed alluminio per tutto il resto. L' alluminio ha anche un valore di rottura abbastanza alto quindi può essere venduto quando verrà smontato l'impianto.



**FIGURA 24 - STRUTTURE DI SOSTEGNO (TRACKER)**

L'acciaio non ha un valore di rottura alto ma comunque un costo ridotto di smaltimento. I pali possono essere tirati fuori dal terreno con delle macchine apposite (vedi come esempio fig.2) ed il terreno viene con rapidità e facilità ripristinato come prima dell'intervento. Non ci sono plinti di cemento che hanno un costo molto elevato per lo smaltimento.

I pali di fondazione vengono infissi nel terreno e saranno estratti con estrema facilità e rapidità grazie all'utilizzo di mezzi appositamente progettati.



**FIGURA 25 - IMMAGINI DI ESTRAZIONE DEI PALI**

## **8.7 DISMISSIONE E RICICLO DELLE FORNITURE ELETTRICHE**

Le apparecchiature elettriche, quadri di campo, inverter, trasformatori ecc., verranno prelevate e riciclate quasi completamente in apposito centro di recupero.

### *8.7.1.1 Dismissione e riciclo delle cabine elettriche*

I locali che alloggiavano inverter e trasformatori, nonché quello per la consegna all'ENEL, sono cabine elettriche prefabbricate monoblocco omologate che a fine ciclo possono essere prelevate e ricollocate in altro sito e sono



comunque recuperabili integralmente sia per quanto riguarda le cabine che per tutte le apparecchiature interne, inclusi i collegamenti MT e BT.



**FIGURA 26 - IMMAGINI DI UNA CABINA DI TRASFORMAZIONE**

#### **8.7.1.2**     *Dismissione e riciclo dei cablaggi*

L'intero cablaggio viene ritirato e riciclato completamente, rappresentando anche un rientro economico non trascurabile in fase di dismissione.



**FIGURA 27 - IMMAGINI DI CABLAGGI RACCOLTO PER IL RICICLO**



## 8.8 COMPUTO METRICO DELLA DISMISSIONE

**DR**

Per la dismissione di 1 MW di impianto fotovoltaico con le caratteristiche tecniche dell'impianto in oggetto, si calcola che la manodopera incida per circa il 60%. Si prevede una squadra di 5 elementi con un costo orario di 20€. Si riporta quindi nelle due tabelle successive la stima dei giorni uomo per ogni attività prevista e la stima dei costi totali per la dismissione ed il ripristino dei luoghi.

Attività	Descrizione	Giorni Uomo	Giorni Cantiere
A	Distacco connessioni elettriche e messa in sicurezza del cantiere.	5	1
B	Smontaggio moduli PV.	40	8
C	Smontaggio strutture di supporto.	25	5
D	Smontaggio forniture elettriche (inverter, trasformatori, quadri elettrici ecc) e asporto cabine prefabbricate.	5	1
E	Smontaggio cavi.	5	1
F	Ripristino del sito allo stato ante operam.	10	2
	<b>TOTALE</b>	<b>90</b>	<b>18</b>

**TABELLA 1 - DETTAGLI ATTIVITÀ MANODOPERA E STIMA DEI GIORNI DI CANTIERE NECESSARI PER OGNI MWp DI IMPIANTO.**

Attribuzione dei costi / MW	Costi (€)	Incidenza percentuale
Manodopera (per tutte le attività di cantiere)	14.400,00	60 % Circa
Spese tecniche	2.000,00	40% circa
Attrezzature e mezzi	3.000,00	
Smaltimenti	6.000,00	
<b>TOTALE</b>	<b>25.000,00</b>	<b>100%</b>

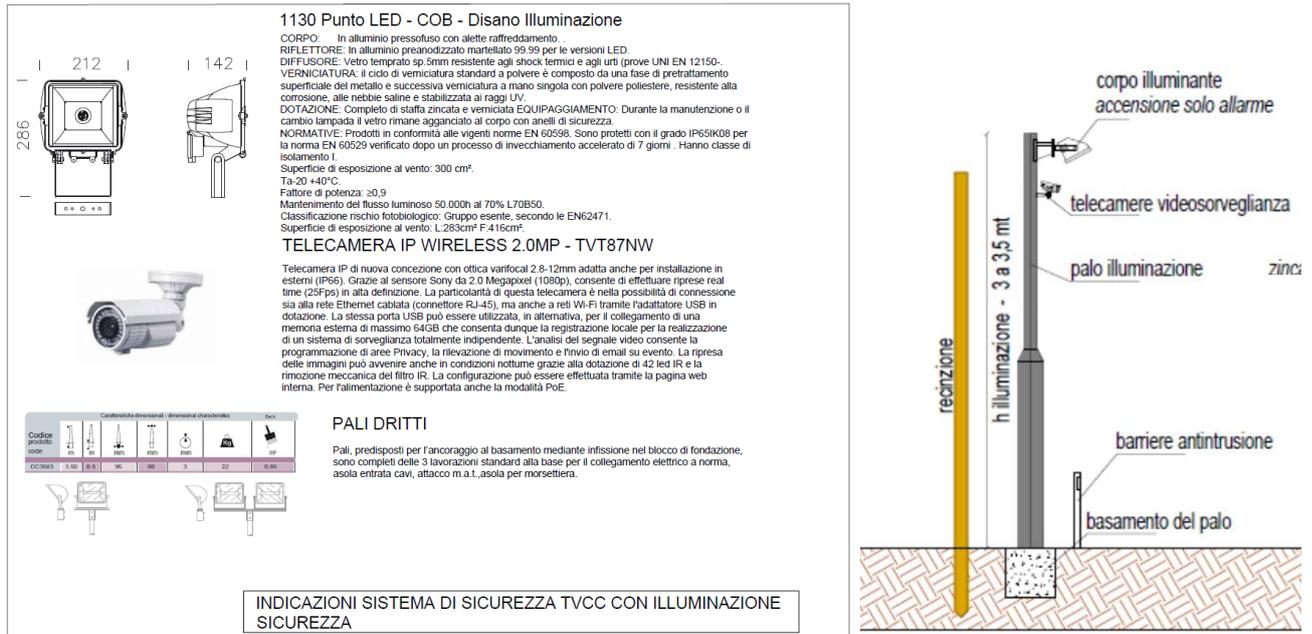
**TABELLA 2 - ATTRIBUZIONE COSTI PER OGNI MWp DI IMPIANTO.**

Considerando quindi la potenza totale installata MWp di potenza (80), il costo totale per lo smantellamento ed il ripristino dei luoghi per l'impianto in oggetto, è di circa: 2.000.000 € con un impegno di 7.200 giorni uomo.

## 9. ILLUMINAZIONE CAMPI FOTOVOLTAICI – IMPATTO NOTTURNO

Il sistema di illuminazione previsto è progettato in modo da consentire ove necessario l'attivazione di specifici settori. I pali di illuminazione previsti saranno posizionati lungo il perimetro dell'impianto e saranno dotati di telecamere a infrarossi che riducono al minimo l'utilizzo dell'illuminazione. L'illuminazione verrà attivata solo in caso di interventi di manutenzione straordinaria, per le attività agricolo-pastorali nel settore di interesse e in caso di eventuale intrusione.

Si riportano sotto (Figura 28) i componenti tipo che saranno utilizzati.



**Figura 28 – Componenti sistema di illuminazione**

È stato prodotto il fotorender atto a dimostrare che l'inquinamento luminoso non risulta essere un fattore impattante; la suddivisione dell'illuminazione sarà fatta a settori e tutti i proiettori saranno orientati verso i moduli fotovoltaici in modo da limitare le superfici illuminate soltanto a casi di necessità.



**Figura 29 - Simulazione visione notturna inquinamento luminoso accesso impianto**



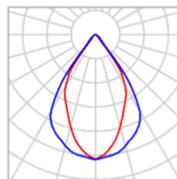
Si riporta inoltre il calcolo illuminotecnico del sistema di illuminazione perimetrale a LED dotato di telecamere di videosorveglianza.

I sistemi di sicurezza saranno installati in modo da salvaguardare la vita della fauna locale che potrebbe essere disturbata da un eccesso di illuminazione. L'illuminazione prevista sarà quella minima atta a consentire una visione efficace del perimetro attraverso le telecamere nei soli casi di attivazione del sistema antintrusione e attività straordinarie.

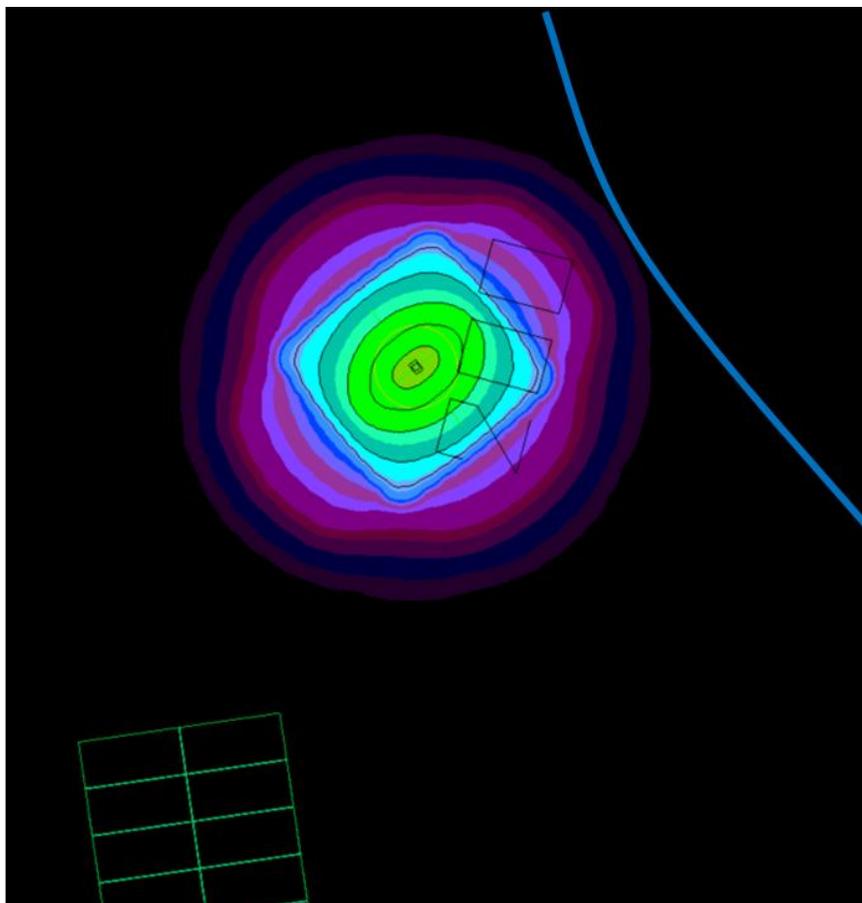
Viene in questa sede fornita una indicazione tipologica dell'impianto, prevedendo un distanziamento dei punti luce pari a circa 40 m.

Sulla base di questa indicazione è stato sviluppato il calcolo mediante il software Dialux per una striscia di 4 pali.

### Disposizione lampade



Produttore	Disano Illuminazione S.p.A	P	30.0 W
Articolo No.	413749-00	$\Phi_{Lampada}$	2660 lm
Nome articolo	1130 Punto LED - COB		
Dotazione	1x LEM18780_1130_30		





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



Proprietà	$\bar{E}$	$E_{min.}$	$E_{max}$
Superficie di calcolo 5 Illuminamento perpendicolare (adattivo) Altezza: 0.000 m	0.15 lx	0.00 lx	220 lx

Dall'analisi fatta emerge che il punto massimo di illuminazione avrebbe un valore pari a 220 lux.

Considerando che l'illuminazione si attiverà per i settori di interesse nei soli casi di intrusione e attività straordinarie e che le lampade saranno orientate esclusivamente verso il campo fotovoltaico, si ritiene che l'illuminazione non sia un elemento di disturbo alla fauna locale



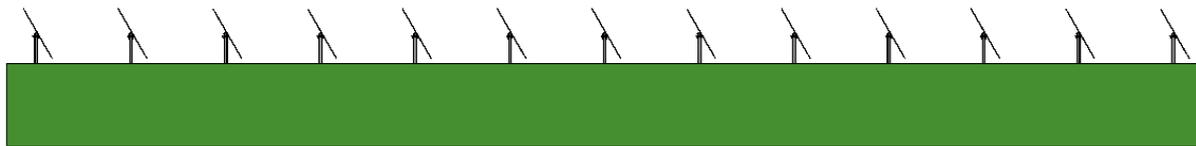


## 10. INTERFERENZA DEI MODULI CON L'IRRAGGIAMENTO SOLARE AL SUOLO

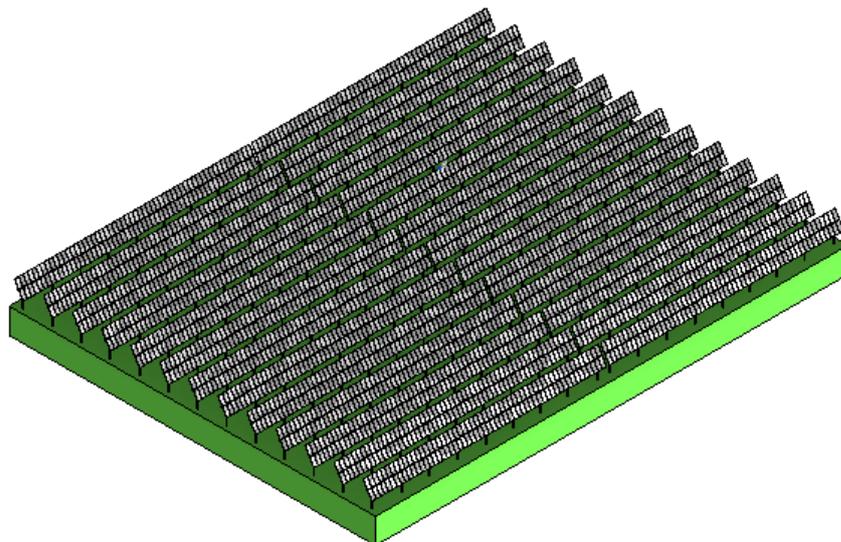
### *Radiazione solare sotto i tracker*

Su una porzione di impianto fotovoltaico composta da 2912 moduli che corrispondono a 7.961,6 mq di superficie rispetto ad un lotto di 13.000 mq di terreno (lotto di 100x130 m), è stata svolta l'analisi della luce solare annua con lo strumento di analisi di luce solare integrato in Revit nel plug-in di Insight. Questo strumento consente di prendere in considerazione le ombreggiature degli oggetti adiacenti.

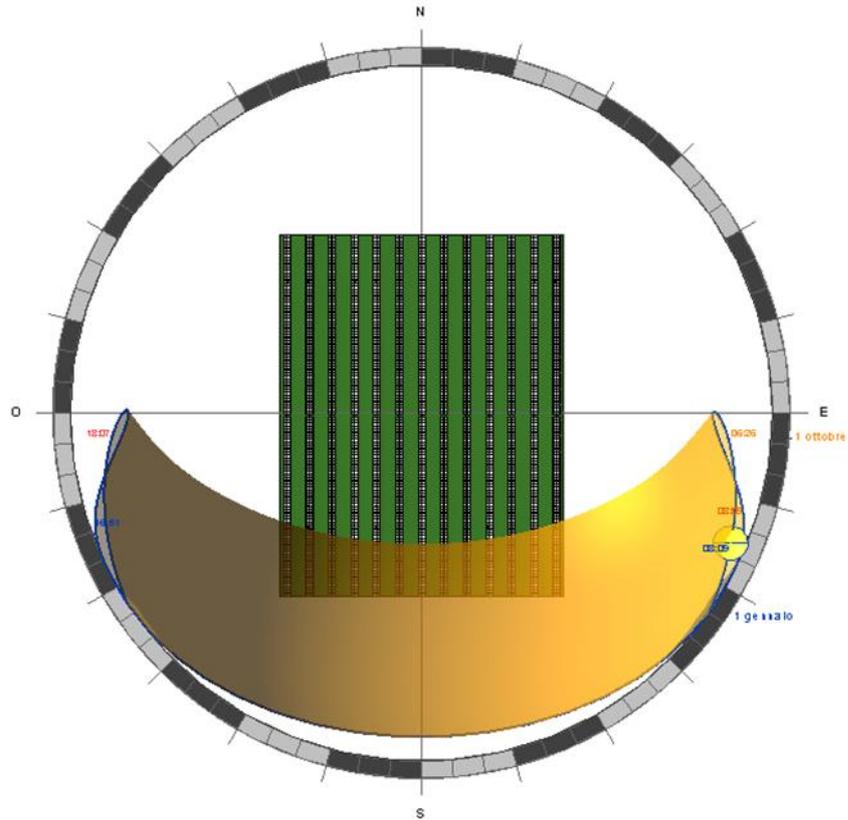
Il calcolo tiene conto dell'incidenza oraria nelle varie inclinazioni dei moduli fotovoltaici posizionati sui tracker, il range delle inclinazioni va da 30° a 150° rispetto l'asse verticale del tracker.



Sezione frontale nella prima inclinazione (30°)



Modello per analisi della luce solare annua



Percorso solare annuo

Il percorso solare annuo permette di valutare l'angolazione dei tracker per ogni ora del giorno. Dal grafico si nota che la permanenza del sole completa durante l'anno è alle 9 alle 16.

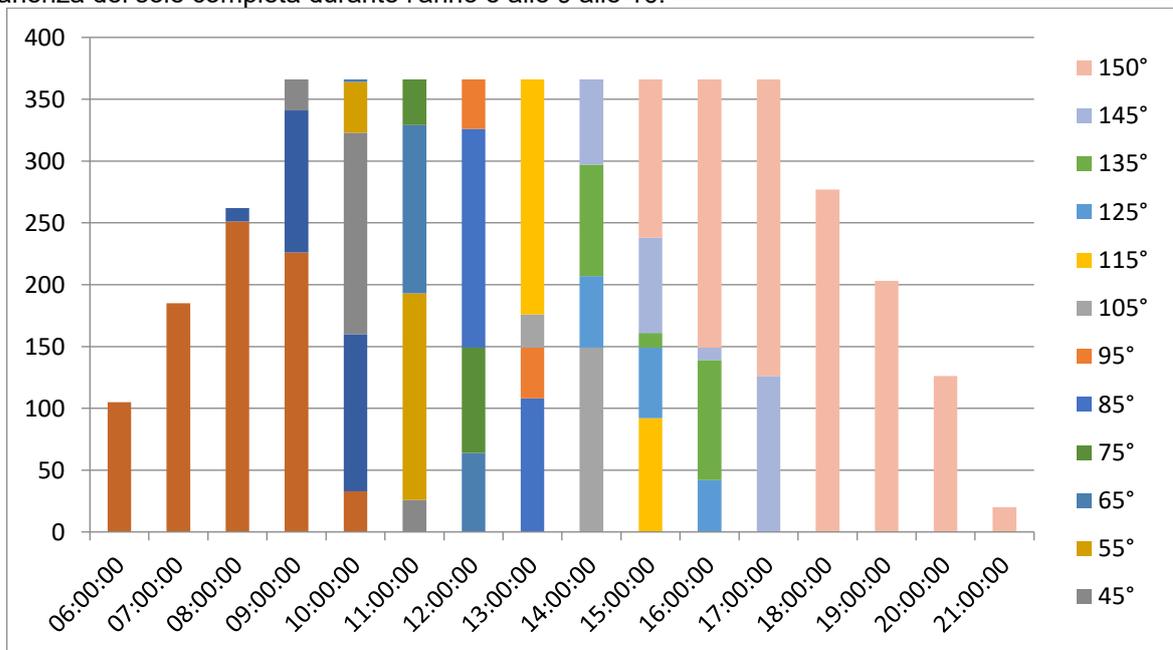


Figura 4 – Ore annuali in ogni inclinazione per ogni

Lo studio l'incidenza annuale si è svolto in quattordici diverse inclinazioni (30°, 35°, 45°, 55°, 65°, 75°, 85°, 95°, 105°, 115°, 125°, 135°, 145°, 150°) per ognuna di queste è stata calcolata la radiazione a terra.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 122 di  
172

Eseguito il calcolo della radiazione solare media ponderata che risulta 2.210.533,15 kWh/anno e considerata l'altezza dei tracker di 2,5 m si confronta con la radiazione solare annua della superficie senza i tracker pari a 2.232.474 kWh/anno.



**Dalla simulazione risulta una perdita dell'irraggiamento limitata al 1,0%**

La verifica è stata effettuata nelle seguenti condizioni, corrispondenti al sito di **Pradamano**:

	Irraggiamento orizzontale globale	Irraggiamento diffuso orizz.	Temperatura	Velocità del vento
	kWh/m <sup>2</sup> /mese	kWh/m <sup>2</sup> /mese	°C	m/s
Gennaio	44,6	22,1	4	2
Febbraio	65	31,4	5,4	2,5
Marzo	105,4	48,1	9,8	2,6
Aprile	122,5	68,1	13,8	2,5
Maggio	167,2	89,2	18,6	2,3
Giugno	178	83,1	22,7	2,19
Luglio	185,5	77,1	24,9	2,19
Agosto	160,8	72,2	24,6	2,21
Settembre	108,6	50,4	19,4	2,2
Ottobre	68,8	46	14,9	2,1
Novembre	40,7	23,5	9,7	2,1
Dicembre	32,9	18,8	5,1	2
<b>Anno</b>	<b>1280,0</b>	<b>630,0</b>	<b>14,4</b>	<b>2,2</b>



## 11. IMPATTO ACUSTICO

Il seguente paragrafo fa riferimento alla *DOC29\_01 - RELAZIONE TECNICA VERIFICA DI IMPATTO ACUSTICO AMBIENTALE PREVISIONALE* e *DOC29\_02 - RELAZIONE TECNICA VERIFICA DI IMPATTO ACUSTICO IN FASE DI CANTIERE* allegato a firma del *Dott. Ing. Domenico Lo Iudice*.

Il presente paragrafo ha lo scopo di verificare che:

- l'attività in epigrafe non è causa d'inquinamento acustico, in ottemperanza con il D.P.C.M. 01/03/91, la successiva Legge Quadro N 447 del 26/10/1995, il D.P.C.M. del 14/11/97, la L.R. 10 Agosto 2001 N° 13 e il D.G.R. 8 Marzo 2002 N° 7/8313.
- la futura attività in epigrafe non sarà causa d'inquinamento acustico, in ottemperanza con il D.P.C.M. 01/03/91, la successiva Legge Quadro N 447 del 26/10/1995, il D.P.C.M. del 14/11/97, la L.R. 10 Agosto 2001 N° 13, il D.G.R. 8 Marzo 2002 N° 7/8313 e il Decreto Legislativo 17/02/2017 n. 42.

Il presente capitolo sull'impatto acustico considera l'impatto acustico previsionale e l'impatto acustico in fase di cantiere.

### 11.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ E DELLE SORGENTI SONORE

#### 11.1.1 Fase di esercizio

Le uniche fonti di rumore a regime sono le ventole di raffreddamento delle cabine inverter e di trasformazione. Tali cabine sono molto distanti dai confini nel nostro progetto e quindi dall'esterno anche con impianti di raffreddamento in funzione, non è udibile alcun rumore. Di notte l'impianto è non funzionante e quindi l'impatto acustico è nullo.

E' prevista l'installazione di inverter centralizzati in container contenenti anche le cabine di trasformazione. Sono previste Cabine SINACON PV - MARCA Siemens con inverter a 2180 kW e a 2090 kW e Cabine tipo Sineng 50kW.

Di seguito lo schema dell'impianto e la scheda tecnica delle cabine di trasformazione con evidenziato il livello sonoro emesso e la posizione delle cabine nel lotto. Dato che la cabina più vicina al confine è quella del secondo lotto prenderemo quella come sorgente.







### **Aumento traffico veicolare**

Il traffico presente sulla viabilità circostante è medio alto e il contributo apportato dall'attività sarà nullo rispetto alla situazione attuale, di conseguenza si considereranno invariati i livelli rispetto alla situazione presente.

**Livello Ambientale esterno = 67.80 dB(A)**

#### *11.1.1.1 Ubicazione delle attività e zone limitrofe*

L'attività, oggetto della relazione, sarà in funzione esclusivamente di giorno, non prevede la permanenza antropica se non per manutenzioni ordinarie e straordinarie.

La verifica dovrà quindi garantire il rispetto dei limiti fissati esclusivamente per il periodo diurno (06.00- 22.00)

L'ubicazione dell'attività è evidenziata nelle immagini seguenti, relativamente ai tre siti di progetto.

#### **Pradamano**

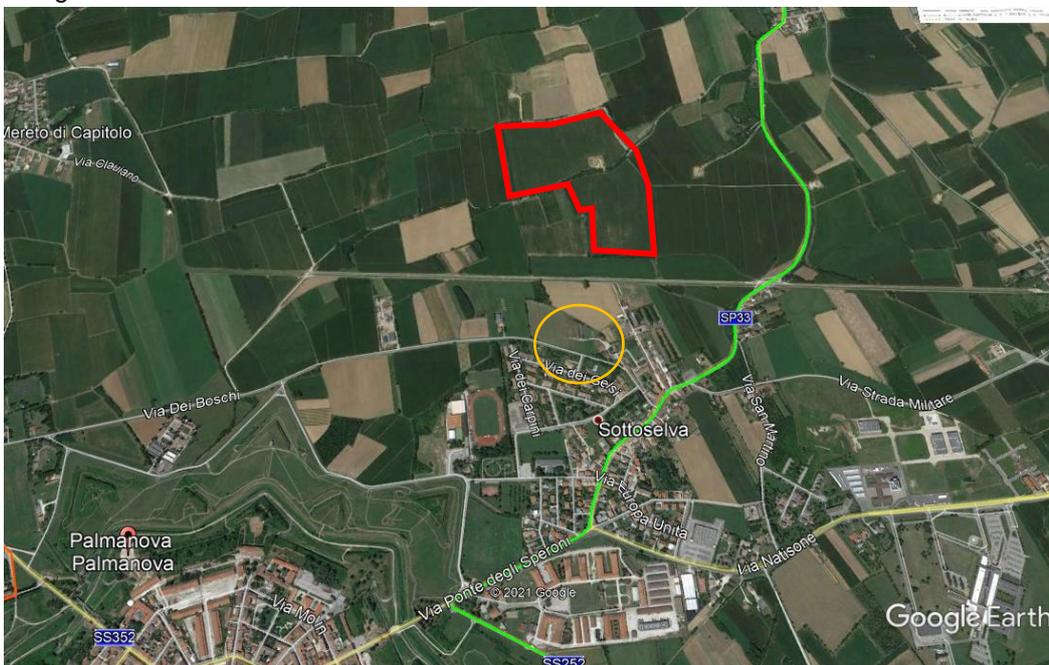




Trivignano Nord



Trivignano Sud

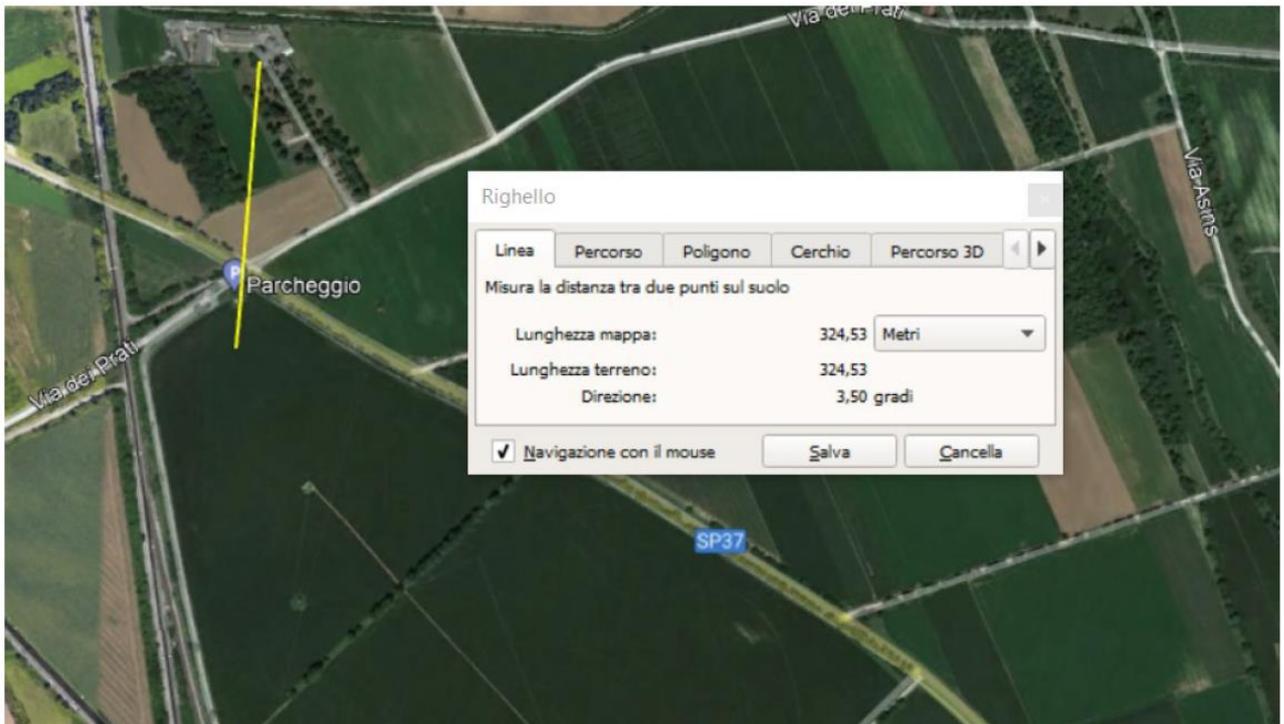




### 11.1.1.2 Individuazione dei ricettori sensibili

Durante il sopralluogo dell'area oggetto di verifica, si è potuto constatare che non esistono ricettori prospicienti alle aree considerate. Di seguito la distanza tra ricettori e prima cabina inverter. Presso tali edifici sarà verificato il rispetto dei limiti normati secondo il criterio assoluto e differenziale.

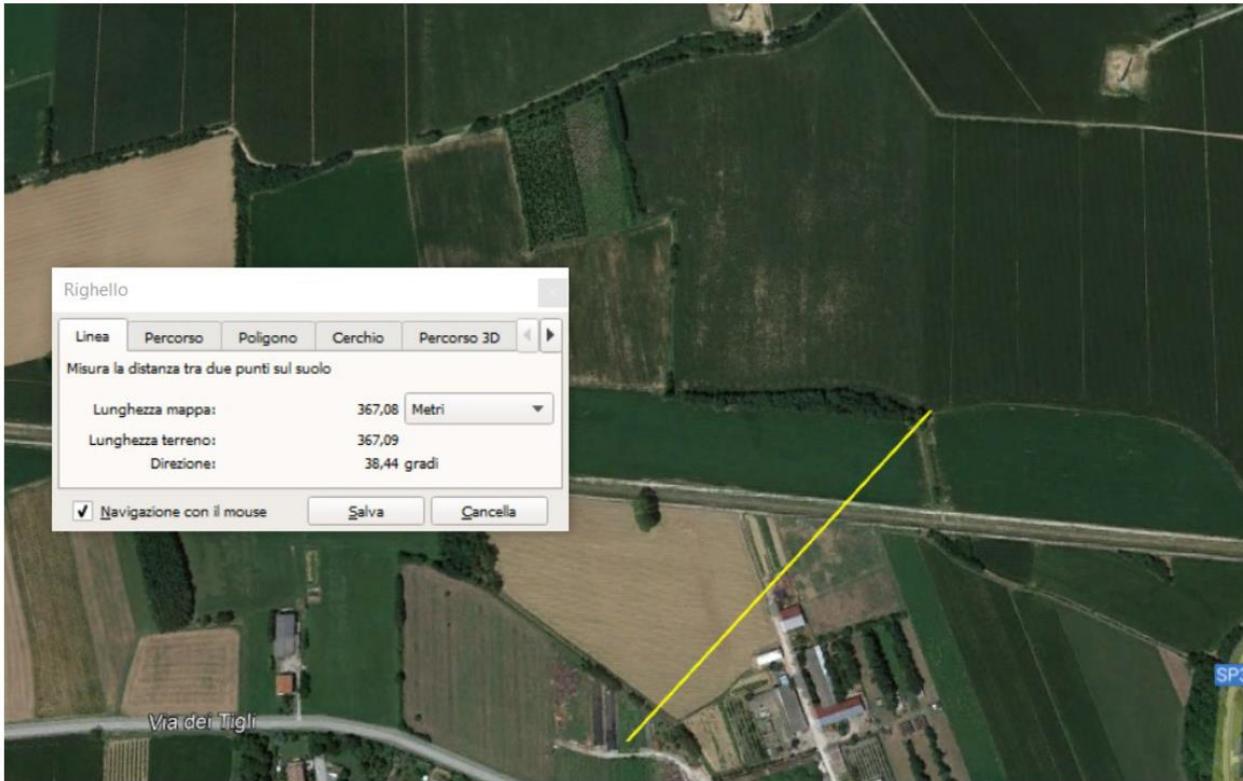
**Pradamano: 324,53 m**



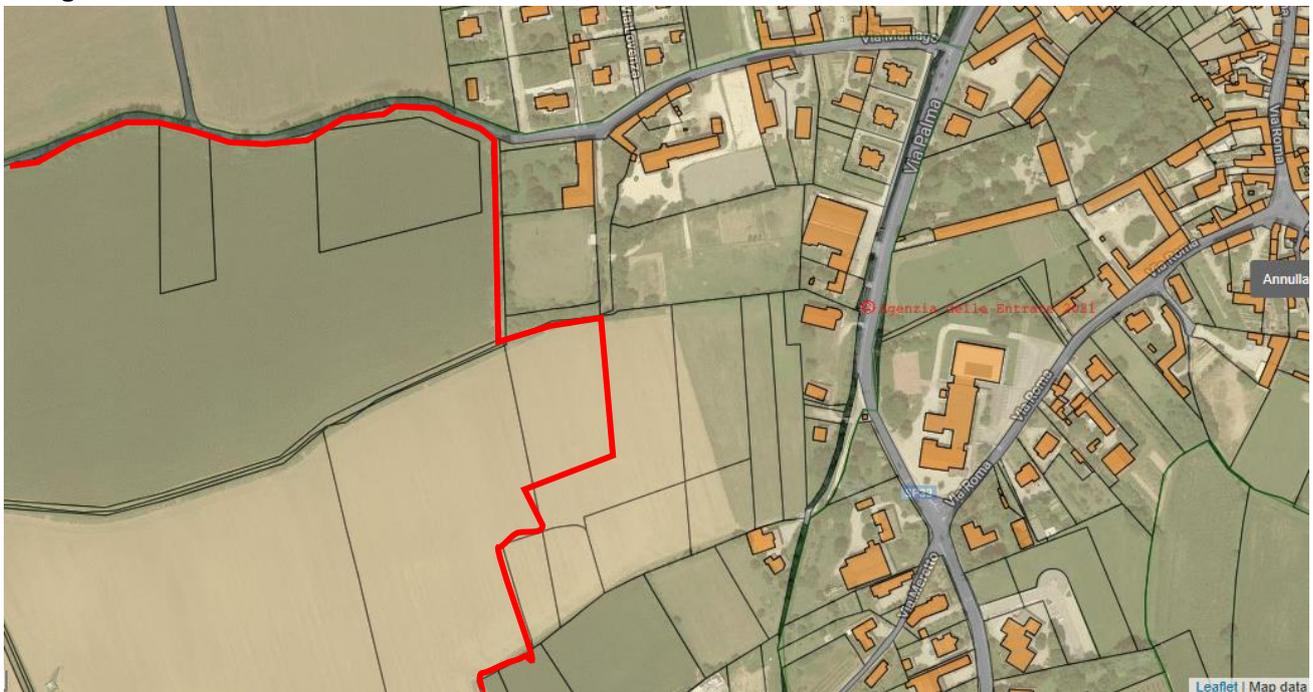


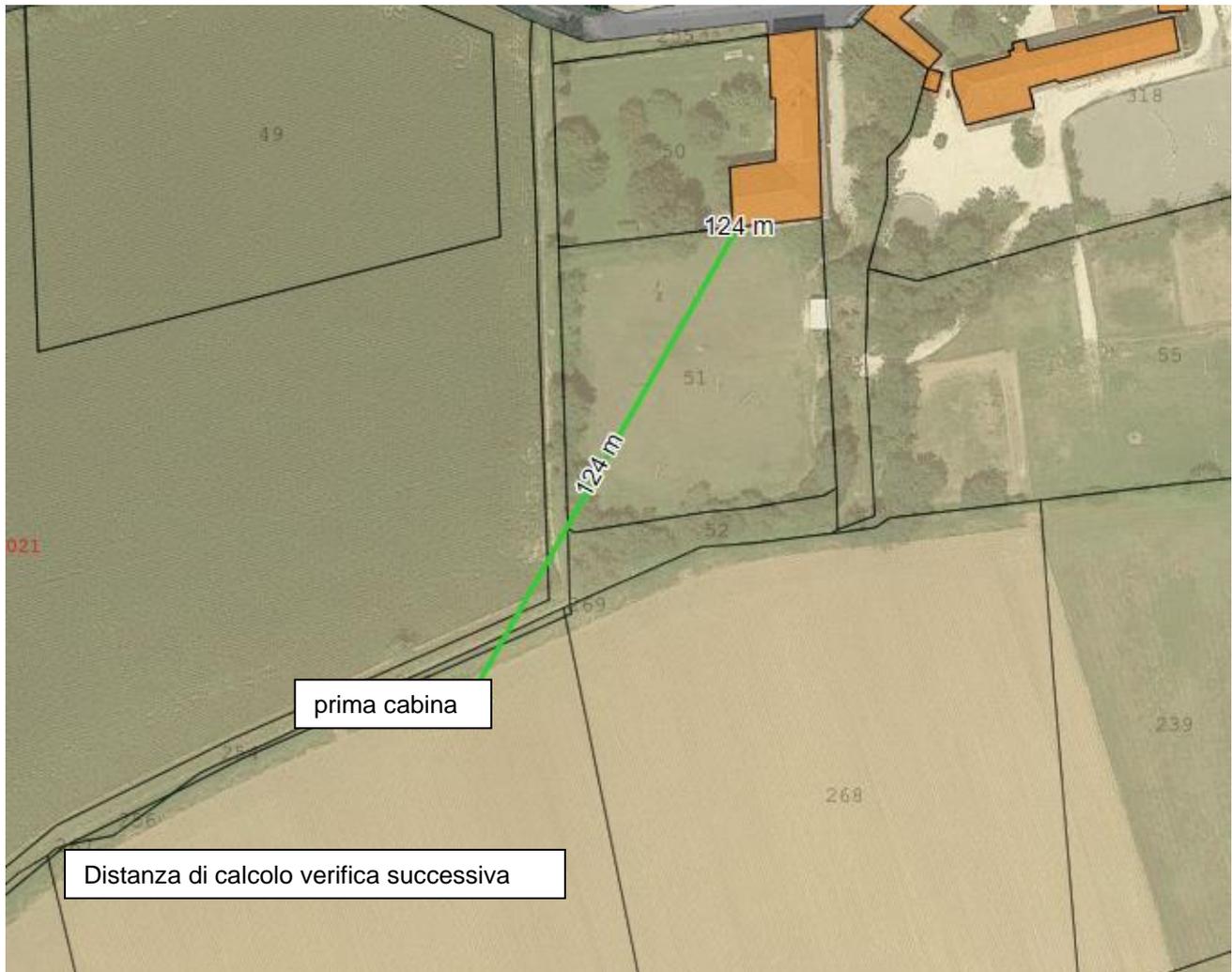
**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**Trivignano Sud: 367 m**



**Trivignano Nord: 124 m**



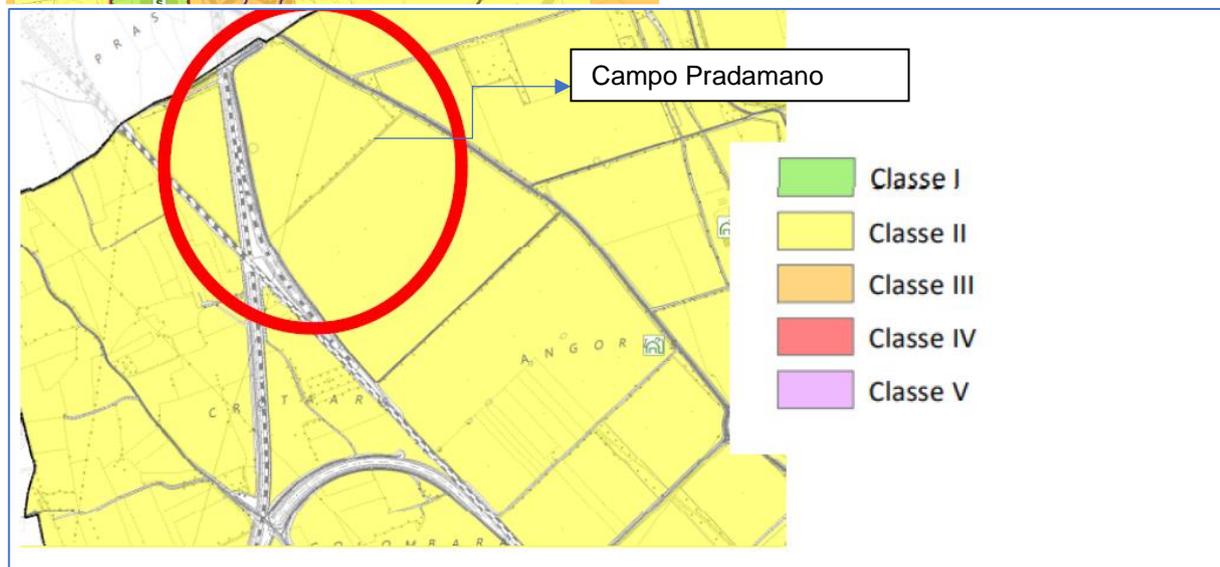
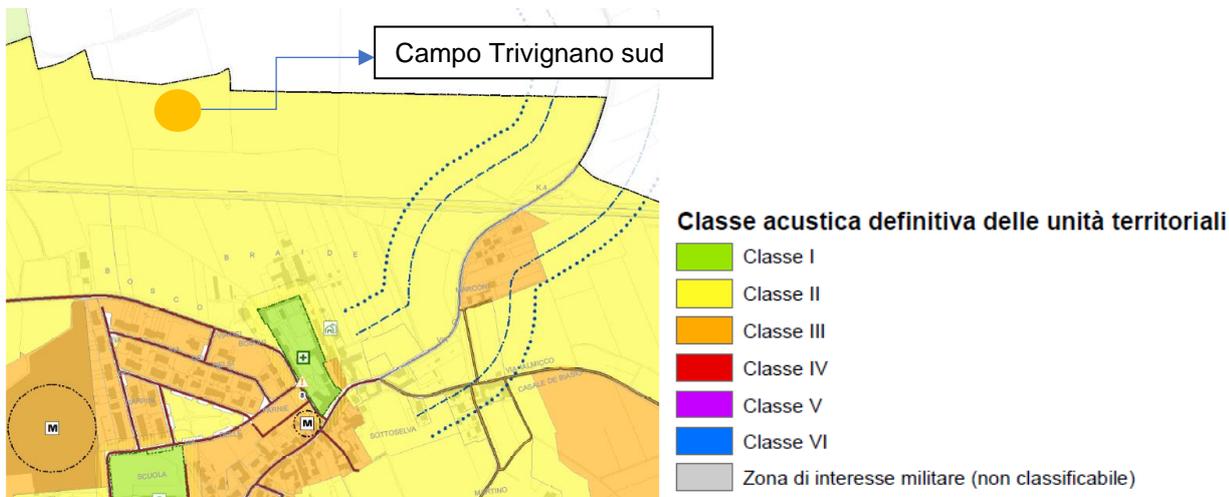


A Trivignano Nord la cabina MT10 risulta essere a 124 m dalla prima abitazione.

#### 11.1.1.3 Zone di appartenenza e limiti di emissione

Dalle ricerche effettuate non emerge l'adozione di una zonizzazione acustica per i comuni di Pradamano, per il quale è stata reperita comunque una campagna di misurazioni strumentali, e Trivignano, mentre per Palmanova esiste un piano approvato.

Di seguito gli stralci della zonizzazione acustica.



Classe di destinazione d'uso del Territorio	Periodo Diurno (6-22)	Periodo Notturno (22-6)
Classe I - Aree particolarmente protette	50	40
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	55	45
<b>Classe III - Aree di tipo misto</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

L'attività è stata inserita in zona III, mentre il ricettore in classe II. I limiti massimi di immissione da rispettare saranno quindi di **55 dB**.

Per quanto riguarda il criterio differenziale i limiti da rispettare saranno di **5 dB** in periodo diurno e **3 dB** in periodo notturno.

Per quanto riguarda il criterio assoluto la verifica verrà effettuata considerando la classe II per tutte e tre le aree, dato che le aree sono assimilabili e presentano le stesse caratteristiche



#### 11.1.1.4 Indagine fonometrica

La misura è stata effettuata seguendo le indicazioni esposte nei Decreti prima citati, e sono coincidenti con quanto esposto nella Legge quadro sull'inquinamento acustico n° 447 del 26/10/95 e il DPCM 16/03/98 sulle tecniche di rilievo dell'inquinamento acustico.

Le misure sono state eseguite in condizioni meteorologiche buone ed in assenza di fenomeni perturbativi o precipitazioni atmosferiche, verificando, durante le fasi di rilievo, la mancanza di fenomeni esterni di disturbo.

Lo strumento è stato calibrato prima e dopo i rilievi, verificando che lo scarto tra le due misure risultasse inferiore a 0.5 dB di differenza.

Per effettuare i rilievi ci si è posti ad un metro di distanza dalle eventuali superfici riflettenti, e a circa 1.5 metri da terra.

I rilievi fonometrici sono stati effettuati in esterno rilevando così i livelli residuali e ambientali caratteristici dell'area, per effettuare le misure ci si è recati sul posto tra le 10.00 e le 14.00.

Per valutare il valore del livello residuale ci si riferirà a delle misure effettuate in un contesto simile a quello oggetto di verifica.

Di seguito i risultati delle misure fonometriche:

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Pradamano= 50.6 dB(A)**  
**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Sud= 40.2 dB(A)**  
**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Nord= 64.0 dB(A)**

## 11.2 VERIFICA DEL POTENZIALE DISTURBO NEGLI AMBIENTI AL RICETTORE

Nel presente paragrafo viene riportata la verifica dei livelli assoluti di immissione, dei livelli residuale ed il calcolo dei livelli incrementali presso i ricettori sensibili. I livelli sonori riportati nelle schede sono stati arrotondati a 0.5 come stabilito nel DPCM 16/03/98.

Dato che il DPCM prevede la verifica, per i livelli di inquinamento, con i soli valori di LEQ, in futuro ci si riferirà solo a questi ultimi.

#### 11.2.1.1 Calcolo del livello ambientale

Per ottenere il livello incrementale al ricettore è necessario sottrarre al livello ambientale, calcolato in precedenza, il termine  $10 \lg n \pi r^2$  che prende la denominazione di attenuazione per divergenza d'onda  $A_{div}$ , ed esprime il fatto che l'energia sonora si distribuisce su di un fronte d'onda avente superficie che aumenta con la distanza. Nell'immagine di Trivignano Nord si evince la distanza tra la prima cabina e il ricettore con una linea verde. Si può semplificare la formula in:

$$L_p = L_w - 20 \lg r$$

Come visto nei capitoli precedenti gli incrementi del livello ambientali immessi dai locali sotto esame verso l'ambiente esterno sono decisamente al di sotto dei limiti previsti dalla legge). Quindi riteniamo soddisfatto il criterio assoluto.

Per quanto riguarda il rispetto del criterio differenziale, si riporta di seguito la verifica del criterio.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 132 di  
172

**Trivignano Nord**

LIVELLO ESTERNO	67,8	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	67,8	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>25,9</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	25,9	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>40,4</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
40,36	40,20	0,16	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	25,93
L2 (dB)	0
Liv 1	376207,8581
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>25,93</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

Livello immissione diurno	
Emis spalmato (dB)	25,93
Residuale diurno	29
<b>Valore di Immissione (dB)</b>	<b>30,74</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>55,00</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 133 di  
172

**Trivignano Sud**

LIVELLO ESTERNO	67,2	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	64,0	dB (A)

Distanza del ricettore	365,0	m
Livello ambientale	67,2	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>16,0</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	16,0	dB (A)
Livello residuale al ricettore	64,0	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>64,0</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
64,0	64,0	0,0	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	16,55
L2 (dB)	0
Liv 1	43419,5686
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>16,55</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 134 di  
172

**Pradamano**

LIVELLO ESTERNO	67,8	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	50,6	dB (A)

Distanza del ricettore	320,0	m
Livello ambientale	67,8	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>16,0</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	17,7	dB (A)
Livello residuale al ricettore	50,6	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>50,6</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
50,60	50,60	0,0	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	17,70
L2 (dB)	0
Liv 1	56489,96119
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>17,70</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

Livello immissione diurno	
Emis spalmato (dB)	17,70
Residuale diurno	50,6
<b>Valore di Immissione (dB)</b>	<b>50,60</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>55,00</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**

A fronte della verifica previsionale effettuata si ritiene che l'attività oggetto di relazione nei comuni di Pradamano, Trivignano nord e Trivignano sud (Palmanova) garantirà il rispetto dei limiti massimi d'immissione sonora nell'ambiente.



### 11.3 LA FASE DI CANTIERE ALL'INTERNO DEI CAMPI FOTOVOLTAICI E PER GLI SCAVI LINEE ELETTRICHE

L'attività, oggetto della relazione, si sviluppa su tre comuni per quanto riguarda la costruzione dei campi fotovoltaici. L'energia prodotta dagli impianti sarà veicolata tramite un cavidotto in MT interrato della lunghezza:

- Area 1 - Pradamano - ST pari a circa 12 km;
- Area 2 – Trivignano Sud - ST pari a circa 7,1 km;
- Area 3 – Trivignano Nord - ST pari a circa 5 km

percorrendo la strada provinciale in una sottostazione AT di Terna da 220 kV situata in località Persereano.

Gli orari del lavoro in cantiere saranno dalle 6.30 alle 18.00 dal lunedì al venerdì.

La verifica dovrà quindi garantire il rispetto dei limiti fissati per il periodo diurno (06.00- 22.00)

#### **Descrizione attività e sorgenti sonore**

Le sorgenti sonore presenti durante l'intera attività sono costituite dalla combinazione di alcune attività base di seguito elencate combinate nella maniera più sfavorevole per i singoli recettori.

L'orario di lavoro si articolerà su turni di otto ore con intervallo 08:00-12:00 e 13:00-17:00,

Poi ci si focalizzerà sulle fasi:

- “Infissioni Pali/viti” in quanto si utilizzeranno dei macchinari solo per questa parte.
- Predisposizione delle strade e scavi linee elettriche.

(fonte: Istituto Nazionale Svizzero Assicurazione Infortuni)

#### **MACCHINARI Leq (dBA)**

- Seghe circolari 90 + 95
- Pompe per calcestruzzi 90 + 95
- Vibratori ad immersione 80 + 85
- Escavatori idraulici 90 + 95
- betoniera a banchiere 70 + 75
- Rulli vibranti 90 + 95
- Fresatrici portatili 100 + 105
- Trapani elettrici a percussione 90 + 95
- Autocarro 78 + 85
- Pala meccanica gommata 85 + 90
- Pala meccanica cingolata 90 + 100
- Gruppo elettrogeno 85 + 90

#### **MACCHINARI Leq (dBA)**

- Battipalo a motore diesel 95 + 100
- Battipalo a caduta libera 85 + 90
- Trivellatrici per pali 85 + 90

Di seguito i livelli ambientali calcolati in base al piano di cantiere:

**L.A. cantiere = 80.0 dB(A)**

**L.A. Fase di predisposizione delle strade: circa 100 dB(A) x 3 mezzi d'opera per 5 h/giorno per 30 giorni**

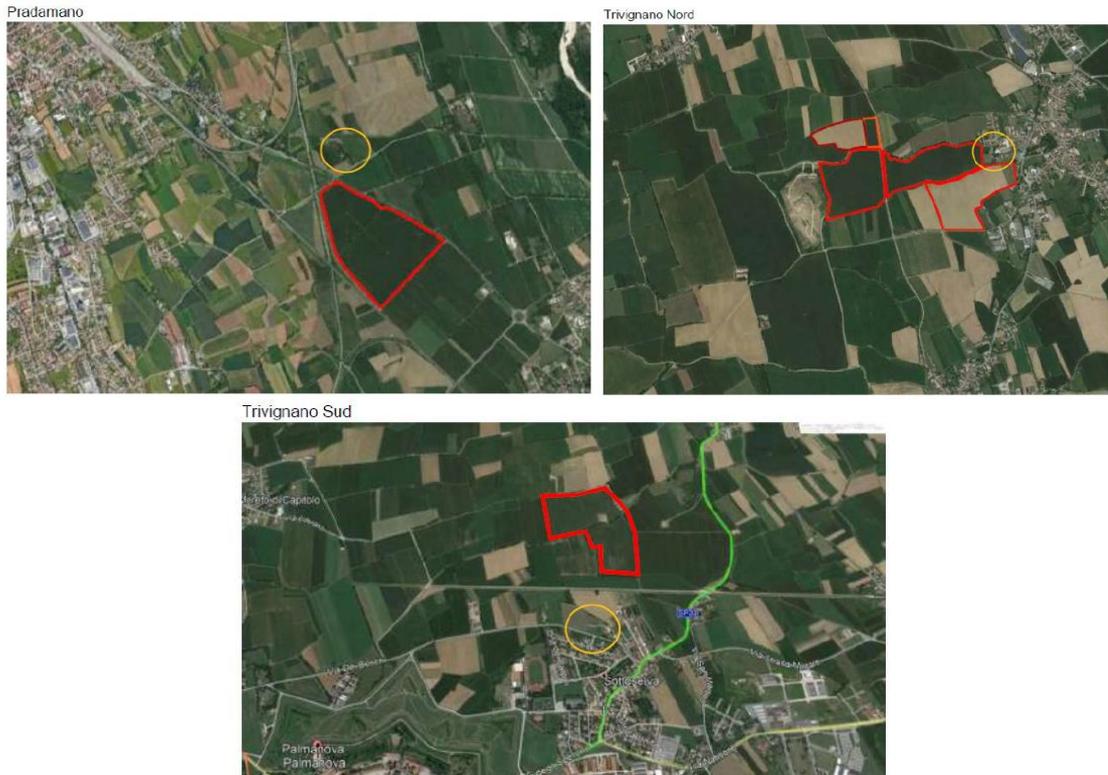
**L.A. Fase battitura pali: circa 90 dB(A) per una macchina operatrice per sito per 71 giorni**

**L.A. Fase scavi linee elettriche: circa 100 dB(A) x 3 mezzi d'opera per 2 h/giorno per 103 giorni**

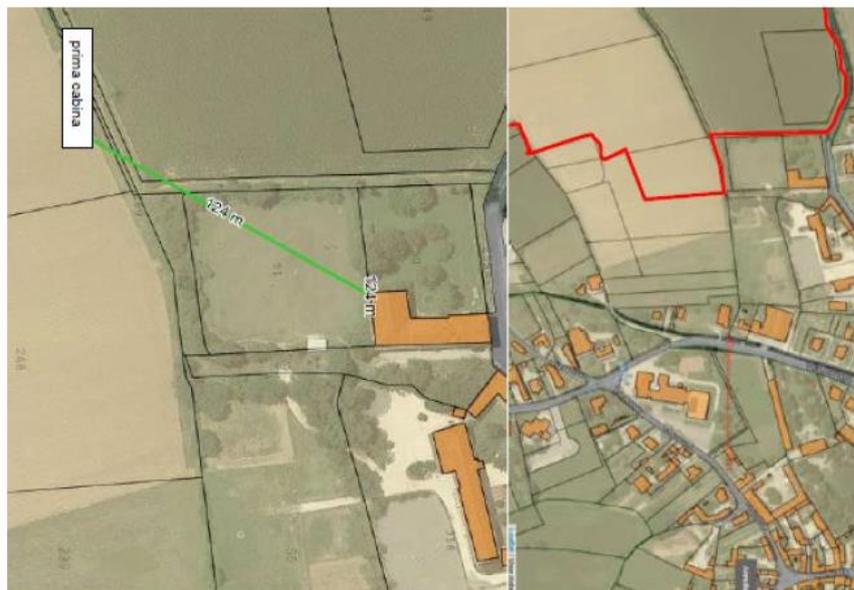
L'ubicazione dell'attività è evidenziata nelle immagini seguenti e i ricettori all'interno dei cerchi gialli.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



Durante il sopralluogo dell'area oggetto di verifica, si è potuto constatare che non esistono ricettori prospicienti alle aree considerate. I ricettori più vicini sono quelli di Trivignano nord In cui la distanza tra ricettore e cabina inverter è di 124m come evidenziato dalle seguenti immagini. Presso tali edifici sarà verificato il rispetto dei limiti normati secondo il criterio assoluto e differenziale.

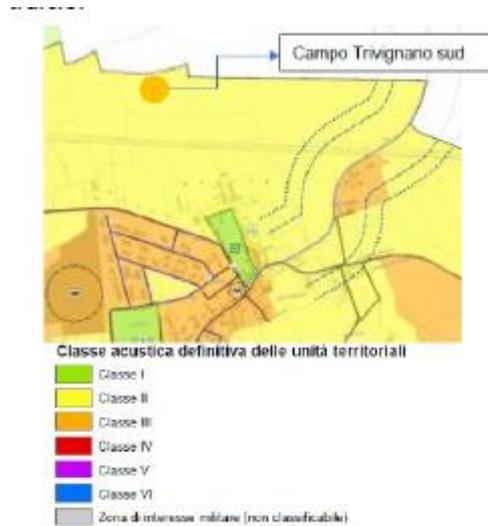


Dalle ricerche effettuate non emerge l'adozione di una zonizzazione acustica per i comuni di Pradamano e Trivignano, mentre per Palmanova esiste un piano approvato. Di seguito uno stralcio:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 137 di  
172



L'attività è stata inserita in zona III, mentre il ricettore in classe II. I limiti massimi di immissione da rispettare saranno quindi di **55 dB**.

Per quanto riguarda il criterio differenziale i limiti da rispettare saranno di **5 dB** in periodo diurno e **3 dB** in periodo notturno.

Per quanto riguarda il criterio assoluto la verifica verrà effettuata considerando la classe II per tutte e tre le aree, dato che le aree sono assimilabili e presentano le stesse caratteristiche.

Per la raccolta e la gestione dei dati si sono utilizzati i seguenti strumenti:

- Analizzatore statistico/ fonometro integratore SVAN959 della ditta Svantek
- calibratore Aclan mod. CAL01

In seguito sono riportati i punti di misura sui tre lotti



Predamano



Trivignano nord



Trivignano sud

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Pradamano= 50.6 dB(A)**

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Nord= 40.2 dB(A)**

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Sud= 64.0 dB(A)**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 138 di  
172

**Trivignano Nord**

LIVELLO ESTERNO	67,8	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	67,8	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>25,9</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	25,9	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>40,4</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
40,36	40,20	0,16	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	25,93
L2 (dB)	0
Liv 1	376207,8581
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>25,93</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

Livello immissione diurno	
Emis spalmato (dB)	25,93
Residuale diurno	29
<b>Valore di Immissione (dB)</b>	<b>30,74</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>55,00</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 139 di  
172

**Trivignano Sud**

LIVELLO ESTERNO	67,2	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	64,0	dB (A)

Distanza del ricettore	365,0	m
Livello ambientale	67,2	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>16,0</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	16,0	dB (A)
Livello residuale al ricettore	64,0	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>64,0</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
64,0	64,0	0,0	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	16,55
L2 (dB)	0
Liv 1	43419,5686
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>16,55</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 140 di  
172

• **CANTIERE**

LIVELLO ESTERNO	80,0	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	80,0	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>38,1</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	38,1	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>52,3</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
42,30	40,2	2,1	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

• **PALIFICAZIONE**

LIVELLO ESTERNO	90,0	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	90,0	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>48,1</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	48,1	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>58,8</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
48,78	40,2	8,58	5.0 dB(A)	<b>NON SODDISFATTO</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 141 di  
172

• **SCAVI LINEE ELETTRICHE**

LIVELLO ESTERNO	100,0	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	100,0	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>58,1</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	58,1	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>58,2</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
58,2	40,2	18,0	5.0 dB(A)	<b>NON SODDISFATTO</b>

A fronte della verifica previsionale effettuata si ritiene che l'attività oggetto di relazione nei comuni di Trivignano Udinese, Palmanova e Pradamano garantirà il rispetto dei limiti massimi d'immissione sonora nell'ambiente durante tutte le attività di cantiere. Per quanto riguarda le fasi della palificazione e degli scavi delle linee elettriche,

Si dovrà interfacciarsi con i singoli comuni, con le modalità indicate nel regolamento comunale, per poter svolgere le operazioni nel rispetto delle norme vigenti.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**ALLEGATO 1 – PVSYST PRADAMANO**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVsyst per il Campo di Pradamano



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
22/11/22 15:40  
with v7.2.21

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Pradamano Italy	<b>Situation</b> Latitude 46.04 °N Longitude 13.28 °E Altitude 88 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Pradamano PVGIS-SARAH2 - 2020		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1	<b>Unlimited Trackers with backtracking</b>		
<b>PV Field Orientation</b> <b>Orientation</b> Tracking horizontal axis	<b>Tracking algorithm</b> Astronomic calculation Backtracking activated	<b>Near Shadings</b> No Shadings	
<b>System information</b> <b>PV Array</b>	<b>Inverters</b>		
Nb. of modules 47856 units	Nb. of units 12.3 units		
Pnom total 29.67 MWp	Pnom total 25.73 MWac		
	Pnom ratio 1.153		
<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)			

**Results summary**

Produced Energy 46.04 GWh/year	Specific production 1552 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 84.16 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	8
Loss diagram	9
Special graphs	10
Aging Tool	11





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
06/10/22 16:09  
with v7.2.19

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>Array #2 - Sub-array #2</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2303 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.13
I mpp	2275 A		
<b>Array #3 - Sub-array #3</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2303 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.13
I mpp	2275 A		
<b>Array #4 - Sub-array #4</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2303 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.13
I mpp	2275 A		
<b>Array #5 - Sub-array #5</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2303 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.13
I mpp	2275 A		
<b>Array #6 - Sub-array #6</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2303 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.13
I mpp	2275 A		
<b>Array #7 - Sub-array #7</b>			
Number of PV modules	4008 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2485 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	167 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2317 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.14
I mpp	2288 A		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
06/10/22 16:09  
with v7.2.19

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Suntech	Manufacturer	Siemens
Model	STP620S-C78/Nmh+	Model	Sinacon PV2090
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	620 Wp	Unit Nom. Power	2090 kWac
Number of PV modules	19920 units	Number of inverters	5 units
Nominal (STC)	12.35 MWp	Total power	10450 kWac
<b>Array #8 - Sub-array #8</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2090 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	838-1500 V
Pmpp	2303 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	1013 V		
I mpp	2275 A		
<b>Array #9 - Sub-array #9</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2090 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	838-1500 V
Pmpp	2303 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	1013 V		
I mpp	2275 A		
<b>Array #10 - Sub-array #10</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2090 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	838-1500 V
Pmpp	2303 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	1013 V		
I mpp	2275 A		
<b>Array #11 - Sub-array #11</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2090 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	838-1500 V
Pmpp	2303 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	1013 V		
I mpp	2275 A		
<b>Array #12 - Sub-array #12</b>			
Number of PV modules	3984 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2470 kWp	Total power	2090 kWac
Modules	166 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	838-1500 V
Pmpp	2303 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	1013 V		
I mpp	2275 A		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
22/11/22 15:40  
with v7.2.21

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>Array #13 - Sub-array #13</b>			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Suntech	Manufacturer	Sineng
Model	STP620S-C78/Nmh+	Model	SP-50K-L 3 MPPT
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	620 Wp	Unit Nom. Power	50.0 kWac
Number of PV modules	24 units	Number of inverters	1 * MPPT 33% 0.3 unit
Nominal (STC)	14.88 kWp	Total power	16.7 kWac
Modules	4 Strings x 6 In series	Operating voltage	200-1000 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Max. power (=>25°C)	55.0 kWac
Pmpp	13.88 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	0.89
U mpp	253 V		
I mpp	55 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	29671 kWp	Total power	25727 kWac
Total	47856 modules	Nb. of inverters	13 units
Module area	132470 m <sup>2</sup>		0.7 unused
		Pnom ratio	1.15

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>				
Module temperature according to irradiance		Loss Fraction	-1.3 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP			
Uc (const)	10.0 W/m <sup>2</sup> K							
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Strings Mismatch loss</b>		<b>Module average degradation</b>						
Loss Fraction	0.1 %	Year no	1					
		Loss factor	0.4 %/year					
		<b>Mismatch due to degradation</b>						
		Imp RMS dispersion	0.4 %/year					
		Vmp RMS dispersion	0.4 %/year					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

**DC wiring losses**

Global wiring resistance	0.60 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #1 - PV Array</b>		<b>Array #2 - Sub-array #2</b>	
Global array res.	7.2 mΩ	Global array res.	7.2 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.5 % at STC
<b>Array #3 - Sub-array #3</b>		<b>Array #4 - Sub-array #4</b>	
Global array res.	7.2 mΩ	Global array res.	7.2 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.5 % at STC
<b>Array #5 - Sub-array #5</b>		<b>Array #6 - Sub-array #6</b>	
Global array res.	7.2 mΩ	Global array res.	7.2 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.5 % at STC



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
06/10/22 16:09  
with v7.2.19

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**DC wiring losses**

<b>DC wiring losses</b>			
<b>Array #7 - Sub-array #7</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #9 - Sub-array #9</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #11 - Sub-array #11</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #13 - Sub-array #13</b>			
Global array res.	75 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #8 - Sub-array #8</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #10 - Sub-array #10</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		
<b>Array #12 - Sub-array #12</b>			
Global array res.	7.2 mΩ		
Loss Fraction	1.5 % at STC		



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO

Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
22/11/22 15:40  
with v7.2.21

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

### Main results

**System Production**

Produced Energy 46.04 GWh/year

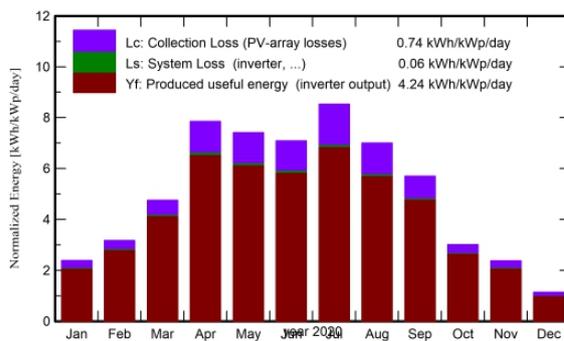
Specific production

1552 kWh/kWp/year

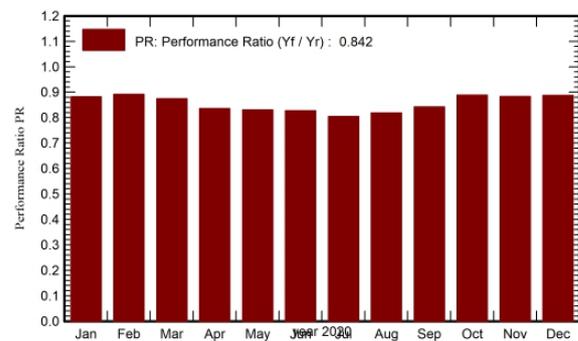
Performance Ratio PR

84.16 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Jan. 20	55.4	19.63	3.55	73.8	66.9	1.956	1.931	0.882
Feb. 20	71.4	26.51	6.07	92.0	86.5	2.466	2.434	0.892
Mar. 20	116.5	46.08	7.93	147.4	140.9	3.876	3.825	0.875
Apr. 20	183.5	52.67	12.88	235.7	228.8	5.923	5.844	0.836
May 20	186.9	71.76	16.40	229.7	222.2	5.739	5.662	0.831
June 20	176.5	76.75	19.27	212.7	205.3	5.292	5.222	0.827
July 20	211.7	67.13	22.47	264.6	257.1	6.402	6.318	0.805
Aug. 20	174.7	65.88	23.53	217.0	210.2	5.343	5.273	0.819
Sep. 20	134.5	51.54	18.89	171.1	164.6	4.331	4.275	0.842
Oct. 20	76.8	40.75	12.58	93.4	87.6	2.493	2.461	0.888
Nov. 20	55.3	24.25	7.67	71.2	65.2	1.892	1.867	0.883
Dec. 20	29.3	16.41	4.79	35.4	31.6	0.945	0.931	0.887
<b>Year</b>	<b>1472.5</b>	<b>559.37</b>	<b>13.02</b>	<b>1844.0</b>	<b>1766.9</b>	<b>46.659</b>	<b>46.044</b>	<b>0.842</b>

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



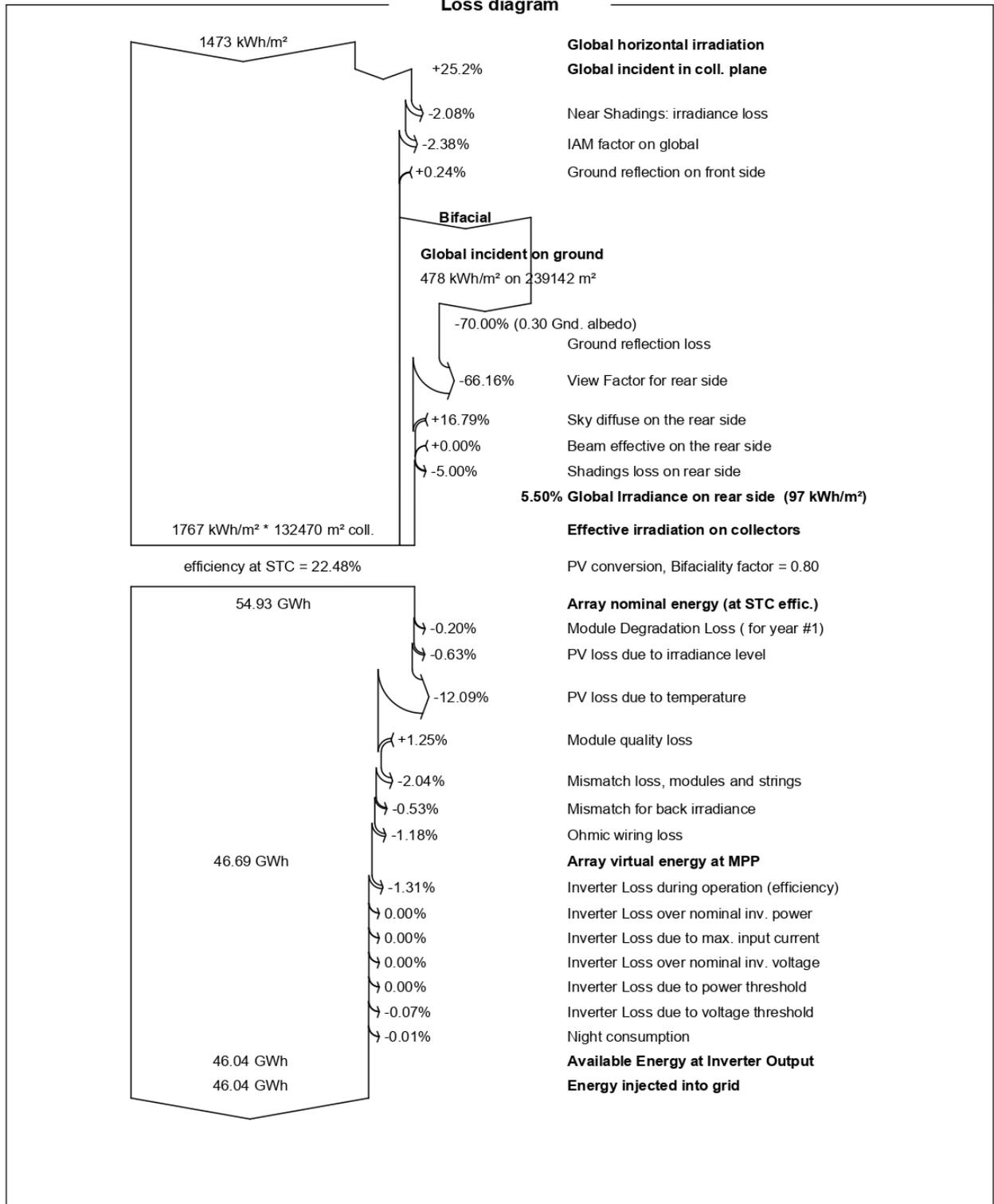
**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**  
 VCO, Simulation date:  
 22/11/22 15:40  
 with v7.2.21

Project: Pradamano  
 Variant: 620 Wp, Trackers  
 Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Loss diagram**





**PVsyst V7.2.21**  
VC0, Simulation date:  
22/11/22 15:40  
with v7.2.21

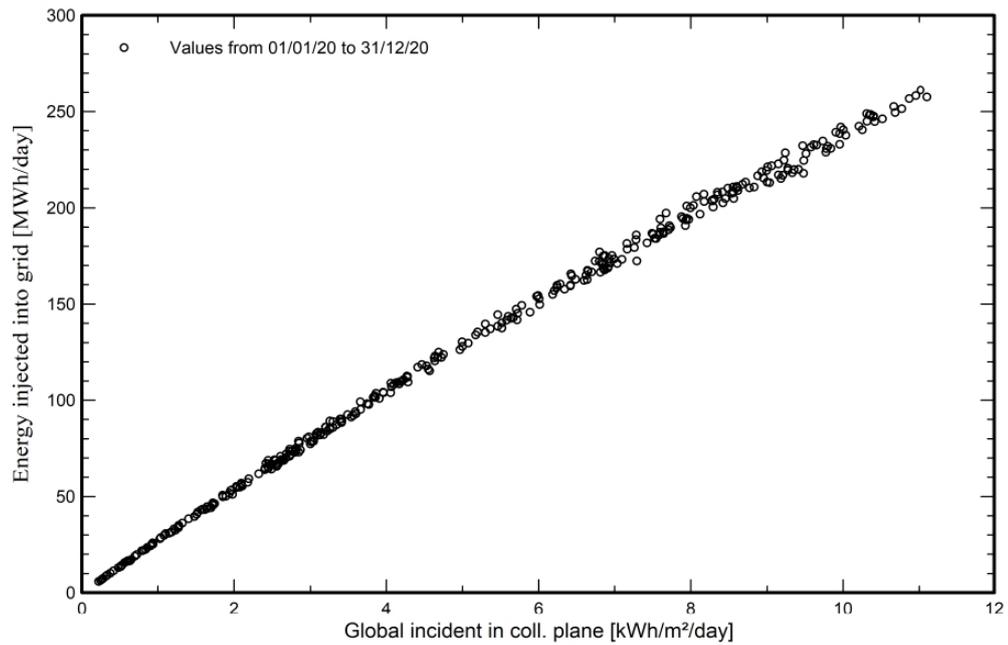
Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

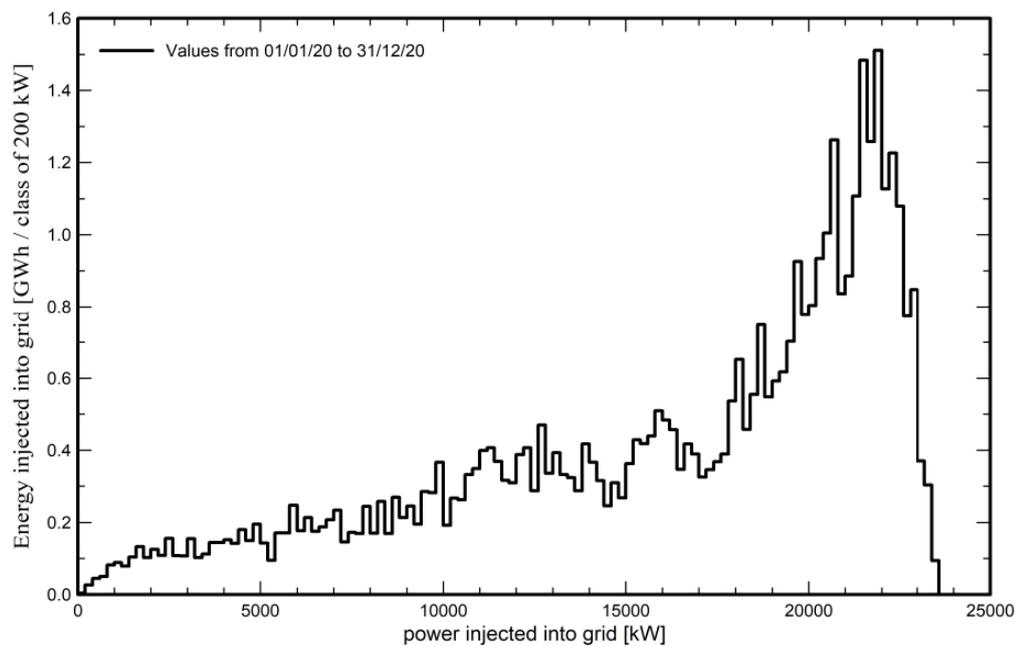
Studio Ing. Valz Gris (Italy)

### Special graphs

#### Daily Input/Output diagram



#### System Output Power Distribution





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
 22/11/22 15:40  
 with v7.2.21

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

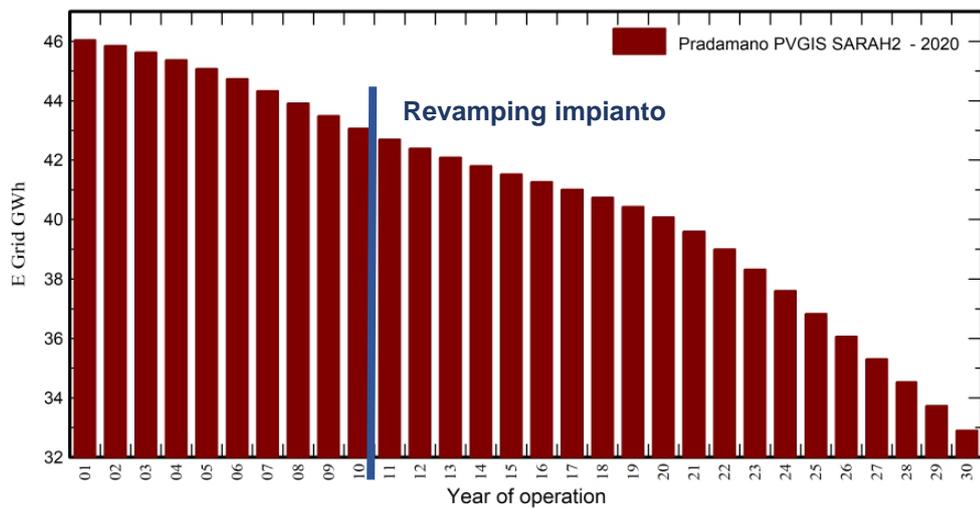
**Meteo used in the simulation**

**#1 Pradamano PVGIS SARA2**

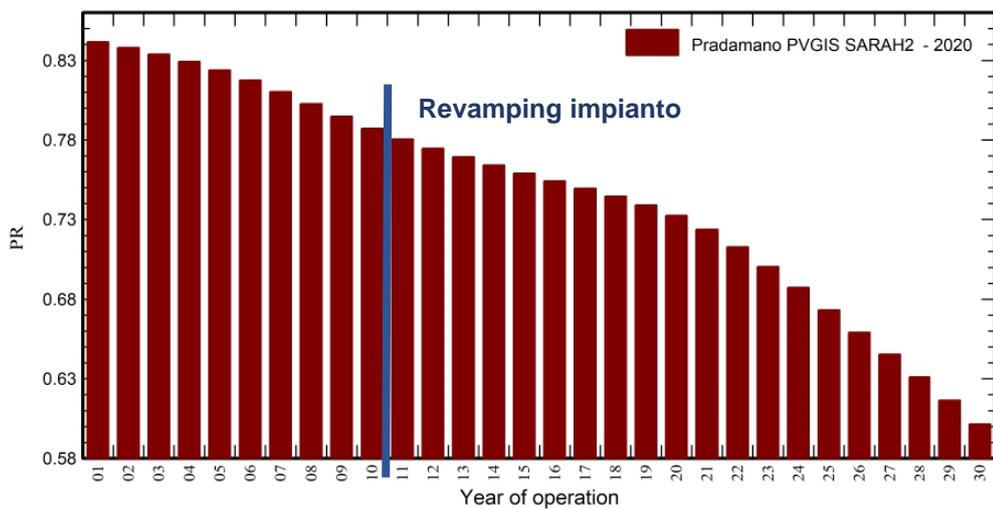
Years 2020

Years simulated 1-30

**Energy injected into grid**



**Performance Ratio**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
22/11/22 15:40  
with v7.2.21

Project: Pradamano

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Pradamano PVGIS SARA2**

Years 2020

Years simulated 1-30

**Pradamano PVGIS SARA2**

Year	E Grid	PR	PR loss
	GWh		%
1	46.04	0.842	0%
2	45.85	0.838	-0.4%
3	45.63	0.834	-0.9%
4	45.37	0.829	-1.5%
5	45.08	0.824	-2.1%
6	44.73	0.818	-2.9%
7	44.33	0.81	-3.7%
8	43.91	0.803	-4.6%
9	43.49	0.795	-5.5%
10	43.07	0.787	-6.5%
11	42.70	0.78	<b>Revamping impianto</b>
12	42.39	0.775	
13	42.09	0.769	
14	41.81	0.764	
15	41.53	0.759	
16	41.27	0.754	
17	41.01	0.75	
18	40.74	0.745	
19	40.43	0.739	
20	40.08	0.732	
21	39.60	0.724	
22	39.00	0.713	
23	38.33	0.701	
24	37.60	0.687	
25	36.83	0.673	
26	36.07	0.659	
27	35.31	0.645	
28	34.53	0.631	
29	33.73	0.617	
30	32.90	0.601	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 153 di  
172

**ALLEGATO 2 – PVSYST TRIVIGNANO SUD**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVSyst per il Campo di Trivignano sud



**PVSyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Project summary**

<p><b>Geographical Site</b>  <b>Sottoselva</b>          Italy</p> <p><b>Meteo data</b>          Sottoselva          PVGIS-SARAH2 - 2020</p>	<p><b>Situation</b>          Latitude 45.92 °N          Longitude 13.32 °E          Altitude 31 m          Time zone UTC+1</p>	<p><b>Project settings</b>          Albedo 0.20</p>
---	--	---

**System summary**

<p><b>Grid-Connected System</b>          Simulation for year no 1</p> <p><b>PV Field Orientation</b>  <b>Orientation</b>          Tracking horizontal axis</p> <p><b>System information</b>  <b>PV Array</b>          Nb. of modules 23208 units          Pnom total 14.39 MWp</p> <p><b>User's needs</b>          Unlimited load (grid)</p>	<p><b>Unlimited Trackers with backtracking</b></p> <p><b>Tracking algorithm</b>          Astronomic calculation          Backtracking activated</p>	<p><b>Near Shadings</b>          No Shadings</p> <p><b>Inverters</b>          Nb. of units 6 units          Pnom total 13.08 MWac          Pnom ratio 1.100</p>
--	---	---

**Results summary**

Produced Energy	22.65 GWh/year	Specific production	1574 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	83.90 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	6
Loss diagram	7
Special graphs	8
Aging Tool	9





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>Array #2 - Sub-array #2</b>			
Number of PV modules	3864 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2396 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	161 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2234 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.10
I mpp	2206 A		
<b>Array #3 - Sub-array #3</b>			
Number of PV modules	3864 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2396 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	161 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2234 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.10
I mpp	2206 A		
<b>Array #4 - Sub-array #4</b>			
Number of PV modules	3864 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2396 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	161 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2234 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.10
I mpp	2206 A		
<b>Array #5 - Sub-array #5</b>			
Number of PV modules	3864 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2396 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	161 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2234 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.10
I mpp	2206 A		
<b>Array #6 - Sub-array #6</b>			
Number of PV modules	3888 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2411 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	162 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2248 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.11
I mpp	2220 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	14389 kWp	Total power	13080 kWac
Total	23208 modules	Number of inverters	6 units
Module area	64242 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.10



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Array losses**

**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance  
 U<sub>c</sub> (const) 10.0 W/m<sup>2</sup>K  
 U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Module mismatch losses**

Loss Fraction 2.0 % at MPP

**IAM loss factor**

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

**DC wiring losses**

Global array res. 7.5 mΩ  
 Global wiring resistance 1.2 mΩ  
 Loss Fraction 1.5 % at STC

**Strings Mismatch loss**

Loss Fraction 0.1 %

**Module Quality Loss**

Loss Fraction -1.3 %

**Module average degradation**

Year no 1  
 Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
 Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

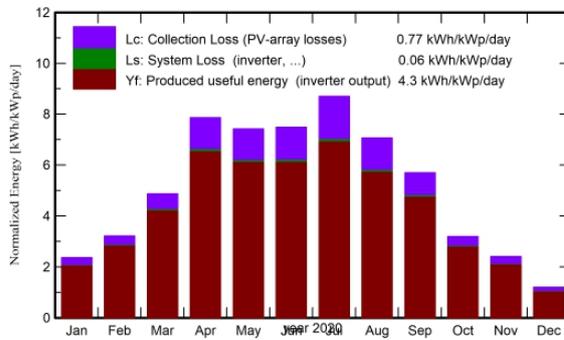
**Main results**

**System Production**

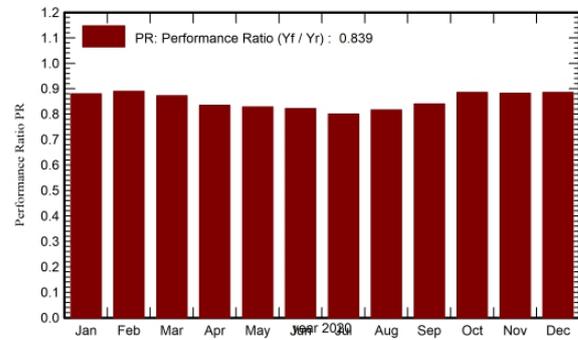
Produced Energy 22.65 GWh/year

Specific production 1574 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR 83.90 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Jan. 20	54.8	19.70	4.63	73.3	66.4	0.940	0.928	0.880
Feb. 20	72.0	26.41	6.96	93.3	87.9	1.211	1.195	0.890
Mar. 20	119.1	45.15	8.59	150.9	144.4	1.919	1.894	0.873
Apr. 20	183.8	52.35	13.29	236.0	229.1	2.872	2.835	0.835
May 20	187.6	71.46	16.91	230.1	222.7	2.780	2.744	0.829
June 20	186.2	74.46	19.88	224.6	217.2	2.691	2.656	0.822
July 20	214.5	66.19	23.05	269.7	262.1	3.146	3.106	0.800
Aug. 20	175.8	65.09	24.20	219.1	212.3	2.605	2.572	0.816
Sep. 20	134.5	50.75	19.74	171.0	164.5	2.094	2.068	0.841
Oct. 20	81.3	41.10	13.45	99.0	93.1	1.277	1.261	0.885
Nov. 20	56.1	23.97	8.77	72.2	66.1	0.928	0.916	0.882
Dec. 20	30.6	17.13	6.04	37.3	33.3	0.482	0.475	0.886
<b>Year</b>	<b>1496.4</b>	<b>553.77</b>	<b>13.81</b>	<b>1876.2</b>	<b>1799.0</b>	<b>22.945</b>	<b>22.650</b>	<b>0.839</b>

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

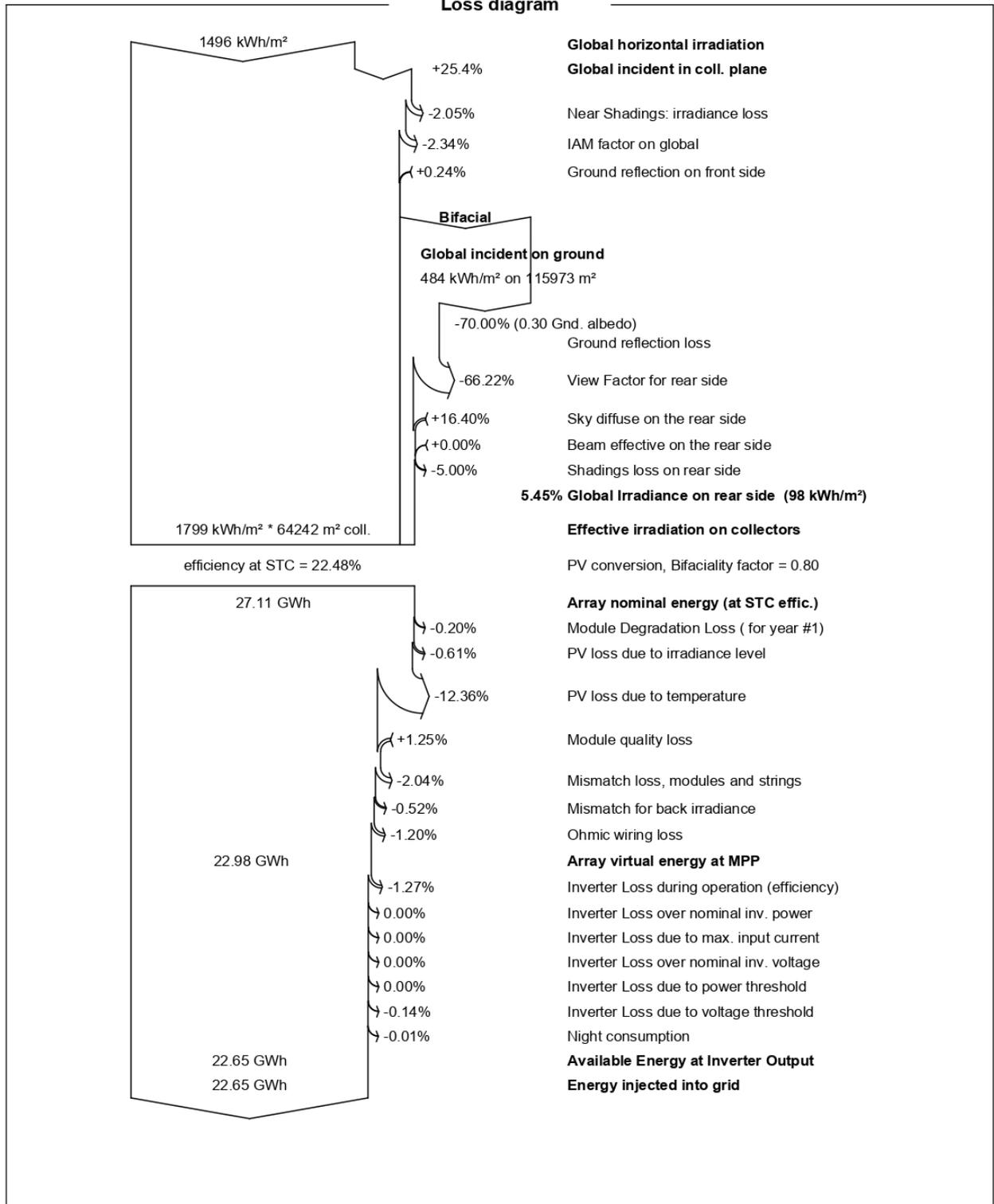
VC0, Simulation date:  
 17/11/22 16:43  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Loss diagram**





**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

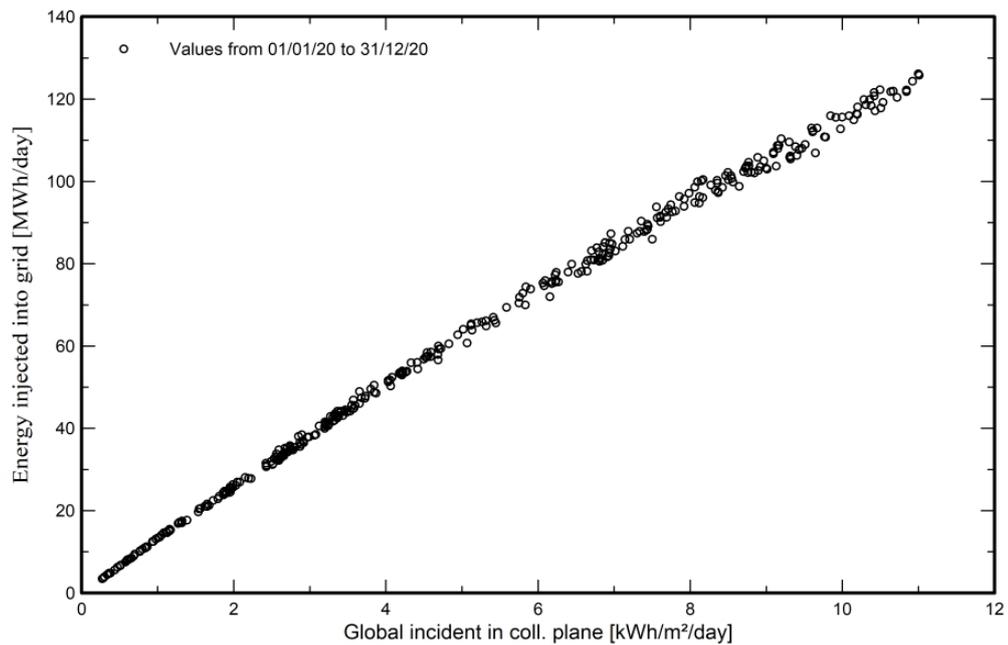
Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

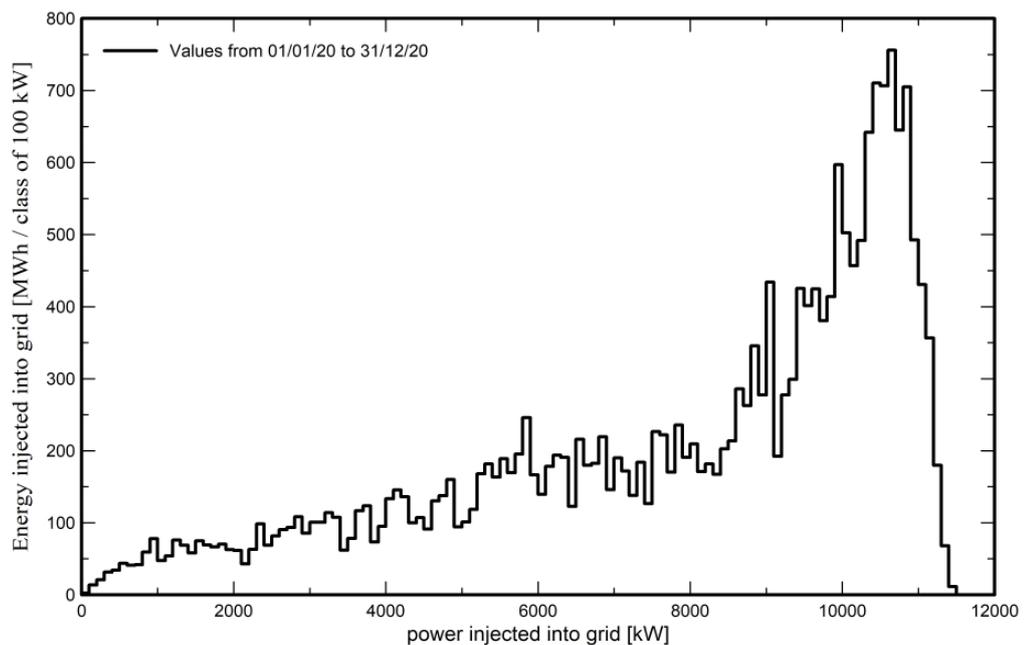
Studio Ing. Valz Gris (Italy)

### Special graphs

#### Daily Input/Output diagram



#### System Output Power Distribution





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

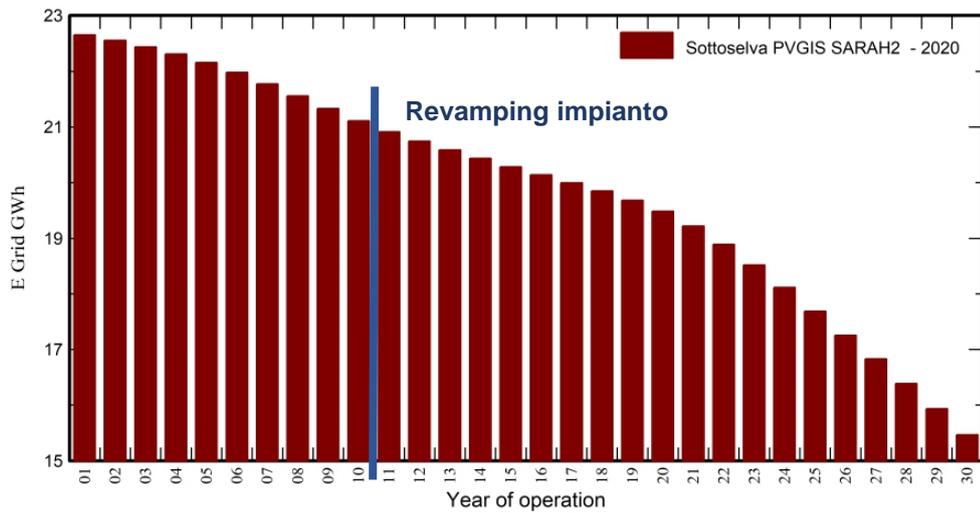
**Meteo used in the simulation**

**#1 Sottoselva PVGIS SARA2**

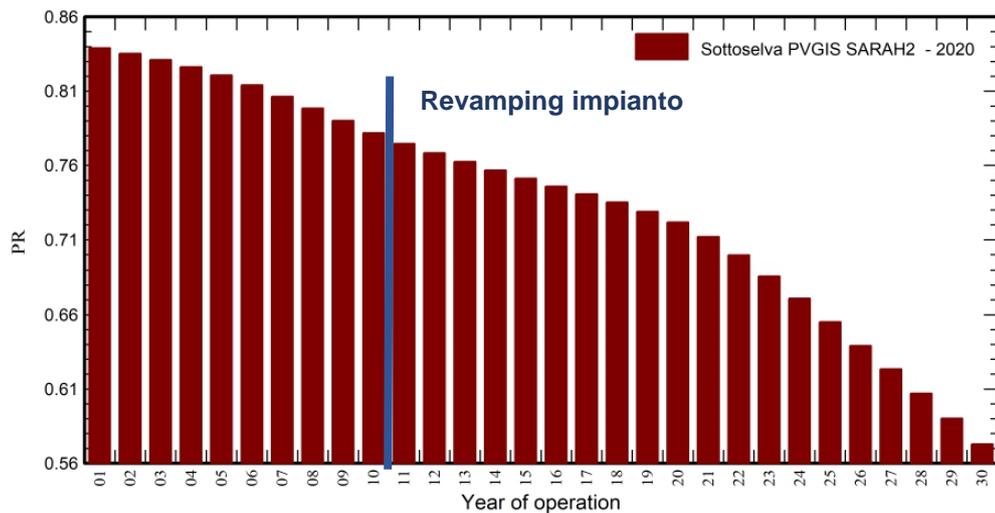
Years 2020

Years simulated 1-30

**Energy injected into grid**



**Performance Ratio**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 16:43  
with v7.2.21

Project: Trivignano Sud

Variant: 620 Wp, Trackers

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Sottoselva PVGIS SARA H2**

Years 2020

Years simulated 1-30

**Sottoselva PVGIS SARA H2**

Year	E Grid GWh	PR	PR loss %
1	22.65	0.839	0%
2	22.55	0.835	-0.4%
3	22.44	0.831	-0.9%
4	22.31	0.826	-1.5%
5	22.16	0.821	-2.2%
6	21.98	0.814	-3%
7	21.77	0.806	-3.9%
8	21.55	0.798	-4.8%
9	21.33	0.79	-5.8%
10	21.11	0.782	-6.8%
11	20.91	0.775	-7.7%
12	20.75	0.768	-8.4%
13	20.59	0.763	-9.1%
14	20.43	0.757	-9.8%
15	20.28	0.751	-10.5%
16	20.14	0.746	-11.1%
17	20.00	0.741	-11.7%
18	19.85	0.735	-12.4%
19	19.68	0.729	-13.1%
20	19.48	0.722	-14%
21	19.22	0.712	-15.1%
22	18.89	0.7	-16.6%
23	18.52	0.686	-18.2%
24	18.11	0.671	-20%
25	17.68	0.655	-21.9%
26	17.25	0.639	-23.8%
27	16.83	0.623	-25.7%
28	16.39	0.607	-27.6%
29	15.93	0.59	-29.7%
30	15.47	0.573	-31.7%

**Revamping impianto**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 162 di  
172

**ALLEGATO 3 – PVSYST TRIVIGNANO NORD**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVsyst per il Campo di Trivignano nord



**PVsyst V7.2.21**  
 VCO, Simulation date:  
 17/11/22 18:01  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
 Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> <b>Trivignano Udinese</b> Italy	<b>Situation</b> Latitude 45.94 °N Longitude 13.33 °E Altitude 38 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Trivignano Udinese PVGIS-SARAH2 - 2020		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1	<b>Unlimited Trackers with backtracking</b>		
<b>PV Field Orientation</b> <b>Orientation</b> Tracking horizontal axis	<b>Tracking algorithm</b> Astronomic calculation Backtracking activated	<b>Near Shadings</b> No Shadings	
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 50232 units Pnom total 31.14 MWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 12 units Pnom total 26.16 MWac Pnom ratio 1.191		
<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)			

**Results summary**

Produced Energy	49.02 GWh/year	Specific production	1574 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	83.89 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	7
Loss diagram	8
Special graphs	9
Aging Tool	10



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 163 di  
172



**PVsyst V7.2.21**  
 VCO, Simulation date:  
 17/11/22 18:01  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
 Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>Unlimited Trackers with backtracking</b>	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Tracking algorithm</b>	
Orientation Tracking horizontal axis		Astronomic calculation Backtracking activated	
		<b>Backtracking array</b>	
		Nb. of trackers                    10 units Unlimited trackers	
		<b>Sizes</b>	
		Tracker Spacing                    8.25 m Collector width                    4.53 m Ground Cov. Ratio (GCR)       54.9 % Left inactive band                0.02 m Right inactive band               0.02 m Phi min / max.                    +/- 60.0 °	
		<b>Backtracking strategy</b>	
		Phi limits                            +/- 56.3 ° Backtracking pitch                8.25 m Backtracking width                4.53 m	
<b>Models used</b>		<b>Near Shadings</b>	
Transposition                    Perez Diffuse                            Imported DHI Circumsolar                    separate		No Shadings	
<b>Horizon</b>		<b>User's needs</b>	
Free Horizon		Unlimited load (grid)	
<b>Bifacial system</b>		<b>Bifacial model definitions</b>	
Model                                2D Calculation unlimited trackers		Ground albedo                    0.30 Bifaciality factor                80 % Rear shading factor              5.0 % Rear mismatch loss              10.0 % Shed transparent fraction       0.0 %	
<b>Bifacial model geometry</b>			
Tracker Spacing                    8.25 m Tracker width                      4.57 m GCR                                    55.4 % Axis height above ground       2.10 m			

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer                    Suntech		Manufacturer                    Siemens	
Model                                STP620S-C78/Nmh+ (Custom parameters definition)		Model                                Sinacon PV2180 (Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power                620 Wp		Unit Nom. Power                2180 kWac	
Number of PV modules        50232 units		Number of inverters            12 units	
Nominal (STC)                    31.14 MWp		Total power                      26160 kWac	
<b>Array #1 - PV Array</b>			
Number of PV modules        4176 units		Number of inverters            1 unit	
Nominal (STC)                    2589 kWp		Total power                      2180 kWac	
Modules                            174 Strings x 24 In series			
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage              875-1500 V	
Pmpp                                2414 kWp		Pnom ratio (DC:AC)            1.19	
U mpp                                1013 V			
I mpp                                2384 A			



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 18:01  
with v7.2.21

Project: Trivignano Nord

Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>Array #2 - Sub-array #2</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		
<b>Array #3 - Sub-array #3</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		
<b>Array #4 - Sub-array #4</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		
<b>Array #5 - Sub-array #5</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		
<b>Array #6 - Sub-array #6</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		
<b>Array #7 - Sub-array #7</b>			
Number of PV modules	4176 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2589 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	174 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>			
Pmpp	2414 kWp	Operating voltage	875-1500 V
U mpp	1013 V	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
I mpp	2384 A		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 18:01  
with v7.2.21

Project: Trivignano Nord

Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**PV Array Characteristics**

<b>Array #8 - Sub-array #8</b>			
Number of PV modules	4200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2604 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	175 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	875-1500 V
Pmpp	2428 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
U mpp	1013 V		
I mpp	2398 A		
<b>Array #9 - Sub-array #9</b>			
Number of PV modules	4200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2604 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	175 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	875-1500 V
Pmpp	2428 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
U mpp	1013 V		
I mpp	2398 A		
<b>Array #10 - Sub-array #10</b>			
Number of PV modules	4200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2604 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	175 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	875-1500 V
Pmpp	2428 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
U mpp	1013 V		
I mpp	2398 A		
<b>Array #11 - Sub-array #11</b>			
Number of PV modules	4200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2604 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	175 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	875-1500 V
Pmpp	2428 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
U mpp	1013 V		
I mpp	2398 A		
<b>Array #12 - Sub-array #12</b>			
Number of PV modules	4200 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	2604 kWp	Total power	2180 kWac
Modules	175 Strings x 24 In series		
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	875-1500 V
Pmpp	2428 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.19
U mpp	1013 V		
I mpp	2398 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	31144 kWp	Total power	26160 kWac
Total	50232 modules	Number of inverters	12 units
Module area	139047 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.19



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**

VC0, Simulation date:  
17/11/22 18:01  
with v7.2.21

Project: Trivignano Nord

Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Array losses**

**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance  
 U<sub>c</sub> (const) 10.0 W/m<sup>2</sup>K  
 U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Module mismatch losses**

Loss Fraction 2.0 % at MPP

**IAM loss factor**

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

**DC wiring losses**

Global array res. 6.9 mΩ  
 Global wiring resistance 0.57 mΩ  
 Loss Fraction 1.5 % at STC

**Strings Mismatch loss**

Loss Fraction 0.1 %

**Module Quality Loss**

Loss Fraction -1.3 %

**Module average degradation**

Year no 1  
 Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
 Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO

Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.21**  
VC0, Simulation date:  
17/11/22 18:01  
with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

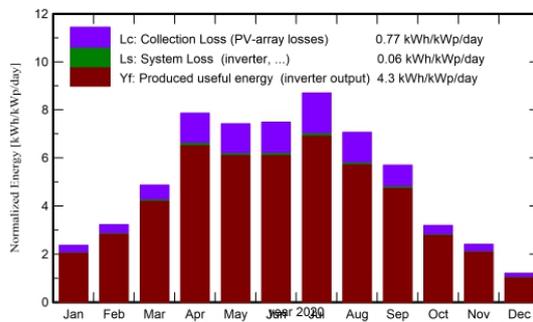
### Main results

#### System Production

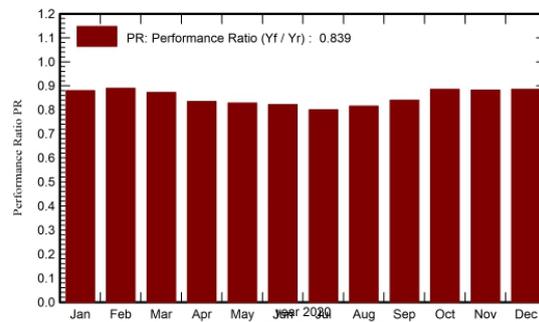
Produced Energy 49.02 GWh/year

Specific production 1574 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR 83.89 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
Jan. 20	54.8	19.70	4.63	73.3	66.4	2.034	2.008	0.880
Feb. 20	72.0	26.41	6.96	93.4	87.9	2.620	2.587	0.890
Mar. 20	119.1	45.15	8.59	150.9	144.4	4.154	4.100	0.872
Apr. 20	183.8	52.35	13.29	236.0	229.1	6.216	6.135	0.835
May 20	187.6	71.46	16.91	230.1	222.7	6.017	5.938	0.829
June 20	186.2	74.46	19.88	224.6	217.2	5.825	5.749	0.822
July 20	214.5	66.19	23.05	269.7	262.1	6.809	6.721	0.800
Aug. 20	175.8	65.09	24.20	219.1	212.3	5.639	5.567	0.816
Sep. 20	134.5	50.75	19.74	171.0	164.5	4.533	4.475	0.840
Oct. 20	81.3	41.10	13.45	99.0	93.1	2.764	2.729	0.885
Nov. 20	56.1	23.97	8.77	72.2	66.1	2.009	1.983	0.882
Dec. 20	30.6	17.13	6.04	37.3	33.3	1.044	1.029	0.886
Year	1496.4	553.77	13.81	1876.3	1799.1	49.664	49.019	0.839

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

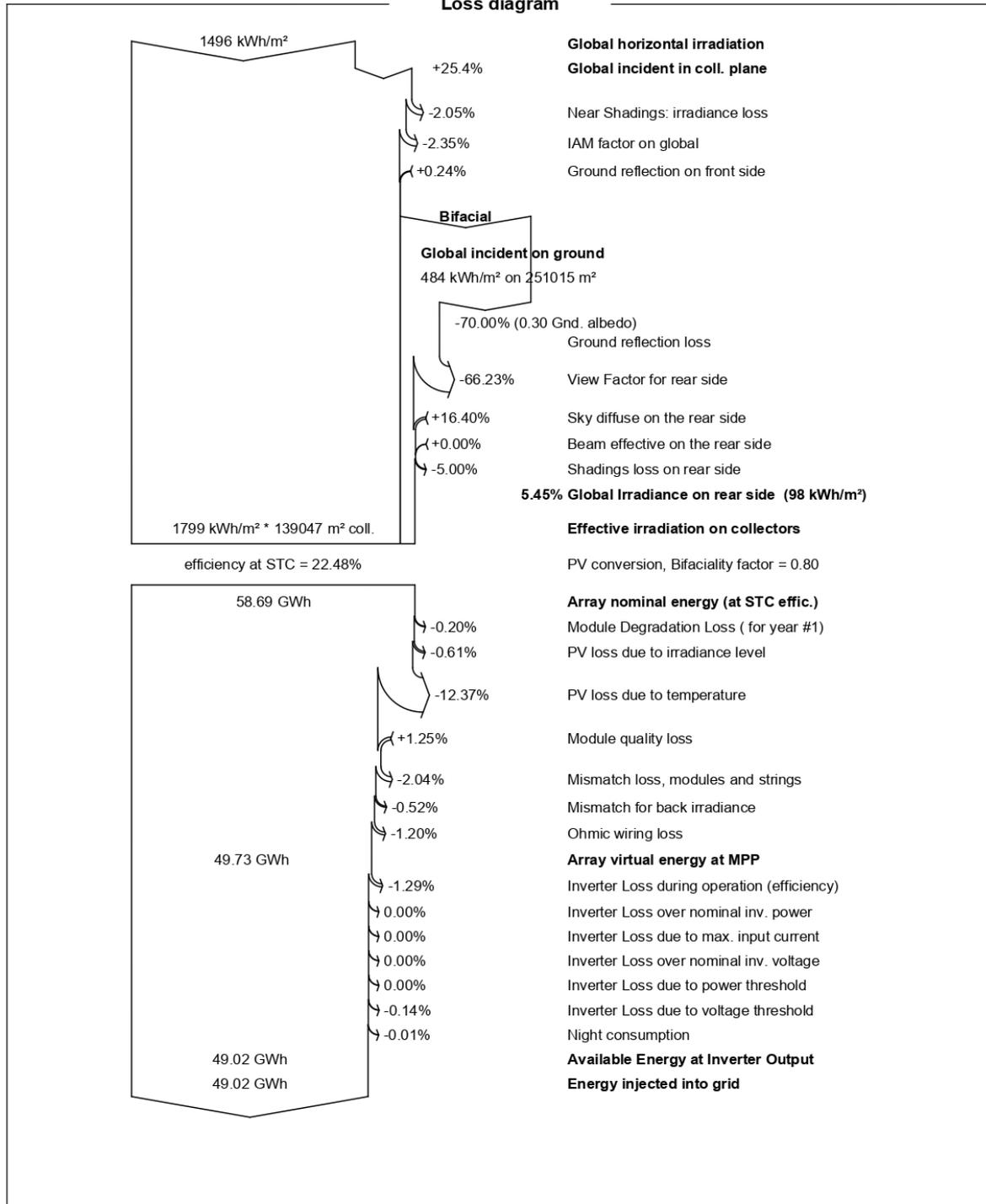


**PVsyst V7.2.21**  
 VCO, Simulation date:  
 17/11/22 18:01  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
 Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Loss diagram**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



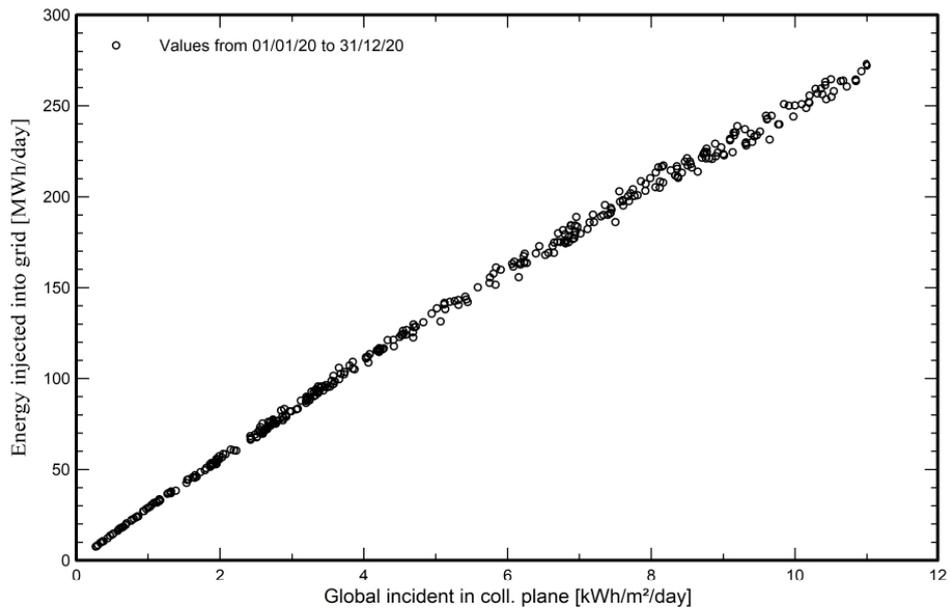
**PVsyst V7.2.21**  
VC0, Simulation date:  
17/11/22 18:01  
with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
Variant: New simulation variant

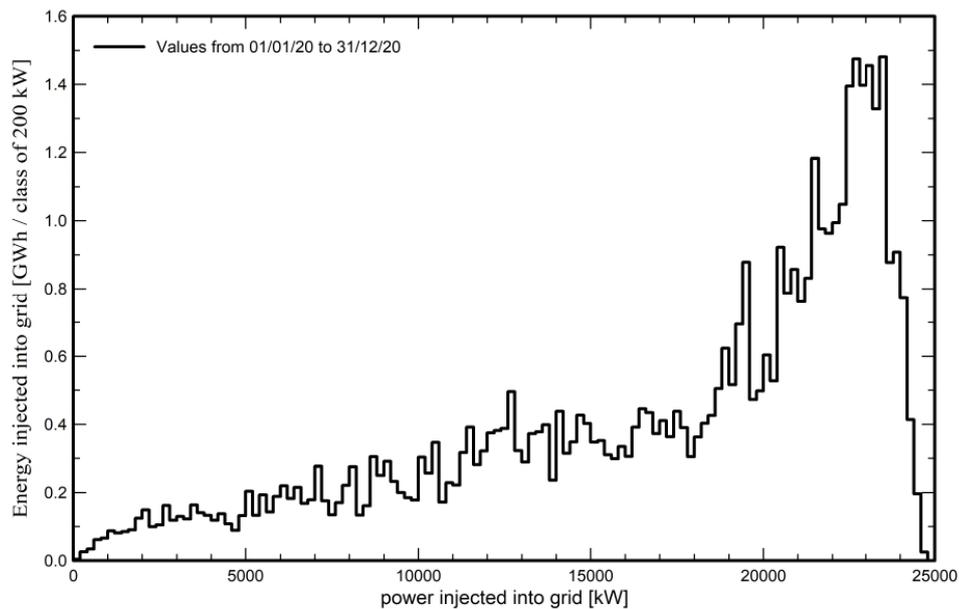
Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Special graphs**

**Daily Input/Output diagram**



**System Output Power Distribution**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**  
 VC0, Simulation date:  
 17/11/22 18:01  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
 Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

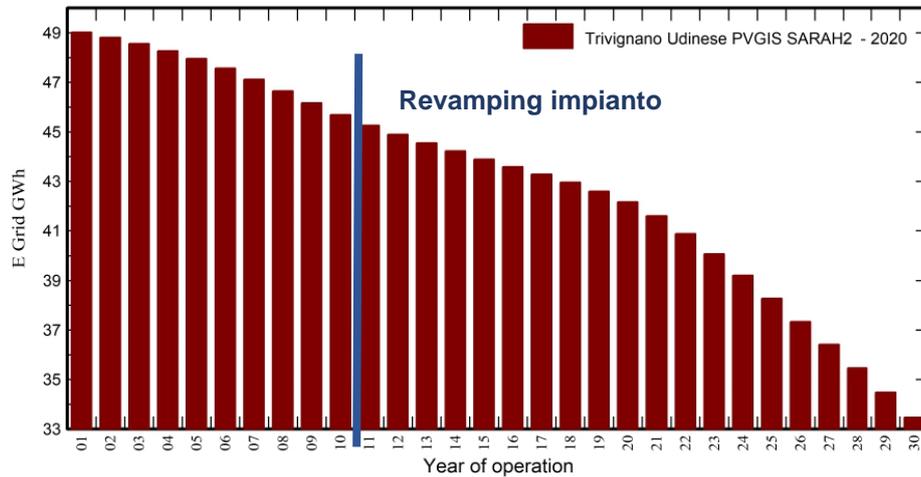
**Aging Parameters**

Time span of simulation	30 years		
<b>Module average degradation</b>		<b>Mismatch due to degradation</b>	
Loss factor	0.4 %/year	Imp RMS dispersion	0.4 %/year
		Vmp RMS dispersion	0.4 %/year

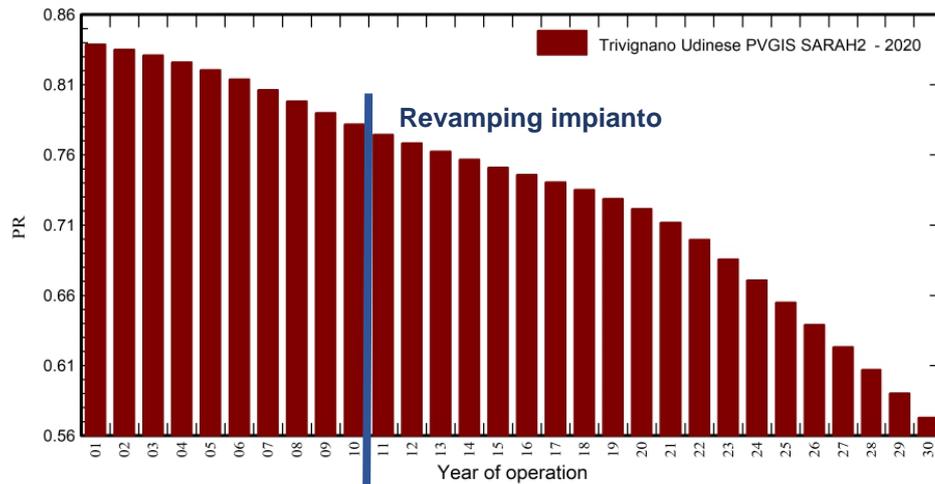
**Meteo used in the simulation**

**#1 Trivignano Udinese PVGIS SARA2**  
 Years 2020  
 Years simulated 1-30

**Energy injected into grid**



**Performance Ratio**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**Da 29,67072+14,38896+31,14384 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.21**  
 VCO, Simulation date:  
 17/11/22 18:01  
 with v7.2.21

Project: Trivignano Nord  
 Variant: New simulation variant

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Trivignano Udinese PVGIS SARA2**

Years 2020

Years simulated 1-30

**Trivignano Udinese PVGIS SARA2**

Year	E Grid	PR	PR loss
	GWh		%
1	49.02	0.839	0%
2	48.81	0.835	-0.4%
3	48.56	0.831	-0.9%
4	48.27	0.826	-1.5%
5	47.95	0.821	-2.2%
6	47.56	0.814	-3%
7	47.12	0.806	-3.9%
8	46.65	0.798	-4.9%
9	46.16	0.79	-5.8%
10	45.68	0.782	-6.8%
11	45.26	0.775	-7.7%
12	44.90	0.768	-8.4%
13	44.55	0.762	-9.1%
14	44.22	0.757	-9.8%
15	43.89	0.751	-10.5%
16	43.58	0.746	-11.1%
17	43.28	0.741	-11.7%
18	42.95	0.735	-12.4%
19	42.59	0.729	-13.1%
20	42.16	0.722	-14%
21	41.60	0.712	-15.2%
22	40.88	0.7	-16.6%
23	40.07	0.686	-18.3%
24	39.20	0.671	-20%
25	38.27	0.655	-21.9%
26	37.34	0.639	-23.8%
27	36.42	0.623	-25.7%
28	35.47	0.607	-27.6%
29	34.49	0.59	-29.6%
30	33.47	0.573	-31.7%

**Revamping impianto**