



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**  
Corso di Laurea triennale ingegneria gestionale

**L'UTILIZZO DI SISTEMI DI MODELLAZIONE 2D PER LA CREAZIONE DI  
RENDERING PER CAMPI FOTOVOLTAICI**

**THE USE OF 2D MODELING SYSTEMS FOR THE CREATION OF  
RENDERINGS FOR PHOTOVOLTAIC FIELDS**

Relatore: Chiar.ma  
Prof. **PAPETTI ALESSANDRA**

Tesi di Laurea di:  
**ROSSI VIRGINIA**

**A.A. 2023/2024**



*Abbiamo condiviso tutto: i fili della nostra vita sono talmente intrecciati che, fortunatamente, servirà tutto il resto della nostra vita per sbrogliarli. Non potrò mai sentirmi completamente sola, sapendo che sei sul mio stesso pianeta.*

*A Riccardo,  
esempio di perseveranza, forza e dedizione.*



## Indice

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPITOLO 1 - LE ENERGIE RINNOVABILI</b> .....	<b>7</b>
CAPITOLO 1.1 PREMessa.....	9
CAPITOLO 1.2 - L'ENERGIA EOLICA.....	10
CAPITOLO 1.3 - ENERGIA GEOTERMICA.....	13
CAPITOLO 1.4 - L'ENERGIA SOLARE.....	15
<b>CAPITOLO 2 -L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>18</b>
CAPITOLO 2.1 L'EVOLUZIONE STORICA DEL FOTOVOLTAICO NEL MONDO.....	18
CAPITOLO 2.2 ASPETTI TECNICI DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....	19
CAPITOLO 2.3 GLI IMPIANTI COLLEGATI A RETE ( <i>GRID CONNECTED</i> ).....	20
CAPITOLO 2.4 GLI IMPIANTI ISOLATI ( <i>STAND ALONE</i> ).....	21
<b>CAPITOLO 3 SISTEMI DI MODELLAZIONE 2D</b> .....	<b>23</b>
CAPITOLO 3.1 COS'È UN DISEGNO 2D?.....	25
CAPITOLO 3.2 AUTOCAD IN AMBITO INGEGNERISTICO.....	28
CAPITOLO 3.3 DIFFERENZE TRA AUTOCAD 2D E 3D.....	29
CAPITOLO 3.4 AUTOCAD LT.....	30
<b>CAPITOLO 4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER ALIMENTARE LA SEDE DI FERMO DI UNIVPM</b> .....	<b>32</b>
CAPITOLO 4.1 TAVOLA 1- PROGETTO.....	32
CAPITOLO 4.2 TAVOLA 2- PARTICOLARE DELL'INGRESSO.....	41
CAPITOLO 4.3 TAVOLA 3- INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	44
CAPITOLO 4.4 TAVOLE 4 E 5- DETTAGLI DELLE STRUTTURE DA 30 E 15 MODULI.....	46
<b>CONCLUSIONE</b> .....	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>53</b>



## Sommario

Durante i mesi di aprile, maggio e giugno 2024 ho avuto la possibilità di seguire un tirocinio nell'azienda Energie Nuove S.r.l. che mi ha permesso di accrescere le mie conoscenze in merito a parte del mio percorso formativo.

L'azienda, che si occupa di progettazione e costruzione di impianti fotovoltaici, mi ha accolta per il mio tirocinio formativo insegnandomi l'utilizzo di AutoCAD per la progettazione 2D del progetto di tesi che abbiamo deciso.

Abbiamo creato un impianto fotovoltaico che potesse coprire le esigenze energetiche della sede di Fermo dell'università politecnica delle Marche: dalla ricerca delle mappe catastali alla scelta dei pannelli più adatti fino alla progettazione dello stesso. Il percorso intrapreso si è quindi diviso in due parti principali:

- **Studio degli impianti fotovoltaici:** studio teorico delle caratteristiche di un impianto fotovoltaico e delle normative a cui è soggetto
- **Utilizzo di AutoCAD nella versione 2D:** progettazione di un impianto tramite l'utilizzo di sistemi di modellazione 2D e creazione di rendering

## Introduzione

L'energia è alla base di tutte le attività umane: pensando o muovendoci utilizziamo energia immagazzinata nel corpo; tutto ciò che ci circonda o che usiamo abitualmente hanno bisogno di energia per funzionare o ne hanno avuto bisogno per essere costruiti, l'energia riscalda le nostre abitazioni, ci permette gli spostamenti e così via.

Tant'è che l'uomo, nel corso della storia, ha appreso come utilizzarla nel modo più efficiente possibile e ciò ha permesso un benessere materiale maggiore: il progresso umano è andato di pari passo con le scoperte di nuovi fonti energetiche.

Tuttavia, questo modello di sviluppo ad intenso consumo di energia e materiali, sta mostrando nell'arco degli ultimi decenni i suoi effetti collaterali: siamo arrivati a una società che vive nella contraddizione tra i vantaggi che il progresso assicura e il degrado dell'ambiente, dato dallo sfruttamento delle risorse, che vengono utilizzare più velocemente di quanto vengano rinnovate.

Lo sviluppo economico e l'aumento considerevole dei consumi del secolo scorso ha sì portato benessere per larghi strati della popolazione, ma creato esagerate pressioni sull'ambiente.

Tali problemi, come il deterioramento delle risorse, perdita di biodiversità e l'inquinamento conseguenziale all'utilizzo di combustibili fossili o alla produzione di rifiuti, dimostrano che la situazione ambientale è un problema a livello planetario.

Si è iniziato a parlare del conflitto tra crescita economica e demografica e ambiente negli anni '70, ma solo il decennio successivo si cominciò a trovare un'idea: lo sviluppo sostenibile.

Nel 1987 questo concetto venne espresso e diffuso con il "Rapporto Brundtland" della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, che lo individuò come "lo sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i loro propri bisogni".

Il conseguimento di tale obiettivo nel settore energetico implica tre condizioni:

1. Per quanto riguarda le risorse rinnovabili, i tassi di consumo non devono superare i loro tassi di rigenerazione;
2. Per le risorse non rinnovabili i tassi di consumo non devono superare i tassi di sviluppo di fonti sostitutive rinnovabili;
3. Per l'inquinamento, i tassi di emissione degli agenti inquinanti non devono superare la capacità di assorbimento e rigenerazione da parte dell'ambiente.

È stato nel 1997, con la Conferenza di Kyoto che venne segnato il momento dell'acquisizione nella coscienza collettiva della non sostenibilità dei fattori climatici e ambientali dell'attuale modello di società e sviluppo.

Il Protocollo, infatti, impegna i paesi industrializzati e quelli di economia di transizione, come l'est Europa, a ridurre del 5,2% le emissioni di gas serra (erano responsabili del 70%) e indica le politiche e misure che dovranno adottare i singoli stati per raggiungere tale obiettivo:

- Promozione dell'efficienza energetica;
- Sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e delle tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni,
- Promozione dell'agricoltura sostenibile;
- Protezione ed espansione delle foreste per aumentare la capacità del pianeta di assorbire anidride carbonica;
- Misure fiscali idonee per disincentivare le emissioni di gas serra

Il recente aumento storico del prezzo del petrolio e i crescenti problemi legati ai cambiamenti climatici stanno spingendo l'attenzione verso le fonti energetiche rinnovabili. Fenomeni disastrosi come lo sfruttamento eccessivo delle risorse naturali, il riscaldamento globale, la scarsità di risorse idriche e la desertificazione stanno prospettando un futuro difficile per il pianeta e le generazioni future. Anche il settore produttivo, solitamente riluttante ad accettare le conclusioni scientifiche, riconosce ormai questa realtà.

Per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in modo rapido, è necessario passare alle energie rinnovabili, con particolare attenzione all'energia solare. Tuttavia, l'industria energetica, motivata dai suoi profitti, è stata riluttante a cambiare. La maggior parte delle fonti energetiche alternative disponibili oggi sono il risultato dell'innovazione finanziata dagli Stati.

Tutt'oggi vengono utilizzate tecnologie risalenti a più di un secolo fa per soddisfare i bisogni energetici, mentre gli altri settori industriali risultano del tutto reinventati. Visti gli immensi profitti, infatti, l'intera industria energetica si è mostrata contraria a qualsiasi cambiamento: le compagnie non avevano interesse ad investire in tecnologie alternative e le varie fonti energetiche alternative che abbiamo a disposizione sono il risultato di ricerche finanziate dagli stati.

Il sole tra tutte le fonti energetiche rinnovabili e sostenibili ha un rilievo maggiore, poiché si può affermare che sia l'origine di tutte le altre fonti di energia in modo diretto (conversione fotovoltaica, conversione termica, conversione termo-elettrica mediante pannelli a concentrazione) sia indiretto (energia eolica e biomasse).

L'obiettivo della tesi è quello di illustrare il progetto svolto durante il periodo di tirocinio: la creazione, tramite AutoCAD LT di un impianto fotovoltaico per alimentare la sede di Fermo di Univpm.

La tesi si svilupperà su quattro capitoli. Nel primo si tratterà di energie rinnovabili, la distinzione tra le principali utilizzate al mondo, concentrandoci sull'energia solare. Nel secondo studieremo la storia, la struttura e le caratteristiche degli impianti fotovoltaici. Nel terzo introdurremo l'analisi dei software CAx, soffermandoci sulle categorie CAD 2D. Infine, nel quarto, verrà illustrato il progetto di tirocinio che unisce tutte le informazioni precedenti, ossia un parco solare (fotovoltaico) modellato 2D.

## Capitolo 1 - Le energie rinnovabili

Per “energia rinnovabile” si intende ogni tipo di fonte energetica che si rigenera naturalmente nel tempo e non esauribile. Sono fondamentali per orientarci verso un sistema energetico che abbandoni i combustibili fossili, evitando così il surriscaldamento globale.

Sono anche definibili “energie pulite”, poiché salvaguardano la salute umana e ambientale.

Le fonti di energia rinnovabile più diffuse sono:

- Energia solare
- Energia eolica
- Energia geotermica

Tali fonti energetiche sono accomunate da due caratteristiche fondamentali, che rendono auspicabile un loro maggior utilizzo: rinnovano la loro disponibilità in tempi brevi e il loro impiego produce un inquinamento ambientale del tutto trascurabile.

Il loro contributo al bilancio energetico mondiale continua però a rimanere inferiore rispetto al potenziale tecnico disponibile.

Bisogna però sottolineare i progressi registrati negli ultimi anni: i costi stanno diminuendo e diverse fonti rinnovabili hanno raggiunto la redditività economica o ne sono vicine.

Però, nonostante i costi comparati per molte energie rinnovabili stiano diventando meno sfavorevoli, il loro utilizzo è ancora ostacolato da ingenti costi iniziali di investimento. Ciò deriva dal fatto che attualmente i prezzi dell’energia di fonti non rinnovabili non rifletta i costi effettivi. Inoltre, le tecnologie delle energie rinnovabili, come molte altre innovazioni, fatica a trovare investitori, a ottenere fiducia da governi e utilizzatori.

Perciò è diventata indispensabile una politica a favore delle rinnovabili: l’avanzamento tecnologico di per sé non può eliminare gli innumerevoli ostacoli non tecnici che impediscono la loro diffusione sui mercati energetici. In assenza di una strategia chiara e generale verrà ritardato il loro sviluppo.

Attualmente l’opzione più scelta è quella dei combustibili fossili (estrazione dell’idrogeno dal carbone, petrolio e gas naturale tramite il “reforming”); il problema da affrontare in tal caso è la separazione della CO<sub>2</sub> prodotta dal processo di estrazione.

Inoltre, le caratteristiche di questo gas influenzano pesantemente la scelta di opportuni sistemi che permettano di raggiungere facilità di stoccaggio e trasporto nel rispetto dei requisiti di sicurezza, tutela ambientale ed economicità di tali processi.

Nonostante le problematiche complesse coinvolte nelle varie fasi della filiera tecnologica dell'idrogeno, attualmente esso rappresenta la speranza più concreta per la creazione di un sistema energetico non incentrato sui combustibili fossili, ma sulle fonti di energia rinnovabile.

Per far verificare ciò è fondamentale che l'idrogeno si affermi quanto più presto possibile come carburante nel sistema dei trasporti.

Tuttavia, ci sono molteplici impedimenti che ostacolano l'inserimento dei veicoli a idrogeno sul mercato e che necessitano di un notevole sforzo per far sì che la tecnologia si affermi in maniera definitiva su larga scala e non si blocchi nella sua attuale fase di sperimentazione.

Una soluzione adeguata potrebbe essere quella di adattare l'intero sistema energetico alle varie esigenze necessarie per la transizione ad un'economia all'idrogeno. Spiegandolo in altri termini, è possibile pensare ad una società in cui le fonti rinnovabili, la generazione distribuita e le celle a combustibile siano implementate in modo sinergico per il benessere umano e ambientale.

## Capitolo 1.1 Premessa

La disponibilità di energia incide sul progresso economico e sociale di una nazione, ma la modalità nel quale viene resa disponibile influisce negativamente l'ecosistema e, di conseguenza, la qualità della vita.

Se le nazioni industrializzate proseguiranno a prelevare e a consumare le fonti fossili con questa velocità, il pericolo maggiore sarà quello di provocare danni definitivi per l'ambiente.

Le singole nazioni si sono quindi mosse negli ultimi decenni per elaborare soluzioni adeguate a unire progresso e salvaguardia ambientale, nella consapevolezza della portata planetaria del problema. Una soluzione sarebbe sicuramente l'utilizzo più esteso delle fonti rinnovabili di energia, così da garantire un impatto ambientale più modesto di quello prodotto da fonti fossili.

L'importanza delle fonti di energia rinnovabile sta nel fatto che possono sostituire quote rilevanti di fonti fossili, ma anche per il contributo a contenere i danni ambientali prodotti dai combustibili (fossili, ndr). Oltre a ciò, sicuramente bisogna considerare anche che le fonti rinnovabili possono essere decisive sia per motivi di sicurezza degli approvvigionamenti, sia per l'acuirsi delle emergenze ambientali.

Per questo è fondamentale iniziare, seppur in modo graduale, l'inserimento di tali fonti di energia nel sistema energetico mondiale.

In questo capitolo analizzeremo le fonti di energia rinnovabili, una ad una.

Come già anticipato, possiamo definire tali fonti come, almeno teoricamente, inesauribili, poiché il loro ciclo di produzione e riproduzione ha tempi molto simili a quelli di consumo dagli utenti.

Fanno parte delle fonti rinnovabili l'energia solare, da cui derivano quella idraulica, eolica, delle biomasse, delle onde e delle correnti marine e l'energia geotermica.

## Capitolo 1.2 - L'energia eolica

L'energia eolica è ricavata dal vento; infatti, l'energia cinetica appartenente alle particelle d'aria in movimento si converte in energia meccanica, utilizzata direttamente o sfruttata per generare elettricità.

### Storia

Non è possibile datare il primo utilizzo umano di tale energia.

Sin dall'antichità la forza del vento è stata utilizzata in svariate applicazioni: navigazione a vela, ventilazione dei cereali ed essiccazione di prodotti agricoli e ittici. In Europa i mulini a vento apparvero nel Medioevo: ebbero svariati usi, dalla macinazione dei materiali alla spremitura delle olive o il pompaggio d'acqua.

Negli Stati Uniti nacque l'esigenza di piccole turbine a vento intorno a metà del XIX secolo, durante la conquista del West.

Fu il danese Poul La Cour a costruire, sempre in quel periodo (1891), a costruire la prima turbina a vento per la produzione elettrica, contemporaneamente in America Charles Bush stava costruendo la prima centrale elettrica eolica, ma purtroppo l'industrializzazione del primo '900 costrinse la produzione a orientarsi su fonti più efficienti ed economiche, quali i combustibili fossili.

### Il vento

La risorsa naturale da cui nasce tale energia è il vento: può essere definito come movimento di masse d'aria che, con velocità proporzionale al gradiente di pressione, si spostano da zone ad alta pressione atmosferica a zone di bassa pressione. Il vento è dovuto al riscaldamento della superficie terrestre da parte del sole in modo non uniforme.

Per indicare la forza del vento si utilizza o la misura della sua velocità, ossia i nodi, o attraverso la scala pubblicata da Francis Beaufort, un ammiraglio inglese che visse nei primi anni dell'Ottocento. Tale scala ha indici da zero a dodici, crescente in base alla velocità del vento, dell'altezza delle onde marine e degli effetti.

Il modo più immediato per classificare il vento rimane misurare la sua velocità. Proprio per questo sono stati costruiti strumenti quali gli anemometri: il più semplice è quello "a coppe con contagiri", nel quale il vento soffia nelle coppe ponendole in rotazione attorno a un asse e un contatore misurerà il numero dei giri in un certo intervallo di tempo.

Anche la conformazione del terreno influenza la velocità misurata di vento: tale valore dipende anche dalle caratteristiche del suolo. Se un terreno presenta brusche variazioni di pendenza, boschi o edifici e montagne, il vento avrà più ostacoli che diminuiranno la sua velocità.

<b>Velocità del vento ad una altezza di 10 m su terreno piatto</b>					
<b>grado</b>	<b>velocità (km/h)</b>	<b>tipo di vento</b>	<b>velocità (nodi)</b>	<b>caratteri</b>	<b>velocità (m/s)</b>
0	0 - 1	calma	0 - 1	il fumo ascende verticalmente; il mare è uno specchio.	< 0.3
1	1 - 5	bava di vento	1 - 3	il vento devia il fumo; increspature dell'acqua.	0.3 - 1.5
2	6 - 11	brezza leggera	4 - 6	le foglie si muovono; onde piccole ma evidenti.	1.6 - 3.3
3	12 - 19	brezza	7 - 10	foglie e rametti costantemente agitati; piccole onde, creste che cominciano ad infrangersi.	3.4 - 5.4
4	20 - 28	brezza vivace	11 - 16	il vento solleva polvere, foglie secche, i rami sono agitati; piccole onde che diventano più lunghe.	5.5 - 7.9
5	29 - 38	brezza tesa	17 - 21	oscillano gli arbusti con foglie; si formano piccole onde nelle acque interne; onde moderate allungate.	8 - 10.7
6	39 - 49	vento fresco	22 - 27	grandi rami agitati, sibili tra i fili telegrafici; si formano marosi con creste di schiuma bianca, e spruzzi.	10.8 - 13.8
7	50 - 61	vento forte	28 - 33	interi alberi agitati, difficoltà a camminare contro vento; il mare è grosso, la schiuma comincia ad essere sfilacciata in scie.	13.9 - 17.1
8	62 - 74	burrasca moderata	34 - 40	rami spezzati, camminare contro vento è impossibile; marosi di altezza media e più allungati, dalle creste si distaccano turbini di spruzzi.	17.2 - 20.7
9	75 - 88	burrasca forte	41 - 47	camini e tegole asportati; grosse ondate, spesse scie di schiuma e spruzzi, sollevate dal vento, riducono la visibilità.	20.8 - 24.4
10	89 - 102	tempesta	48 - 55	rara in terraferma, alberi sradicati, gravi danni alle abitazioni; enormi ondate con lunghe creste a pennacchio.	24.5 - 28.4
11	103 - 117	fortunale	56 - 63	raro, gravissime devastazioni; onde enormi ed alte, che possono nascondere navi di media stazza; ridotta visibilità.	28.5 - 32.6
12	oltre 118	uragano	64 +	distruzione di edifici, manufatti, ecc.; in mare la schiuma e gli spruzzi riducono assai la visibilità.	32.7 +

figura 1.1 Scala Beaufort

## Impianti eolici

È stato dimostrato che solo il 59% della potenza posseduta dal vento è assorbibile dal rotore. Il vento può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica solo quando ha una velocità tra i 5,5 m/s e i 20 m/s (tra un grado 4 e un grado 8 della scala Beaufort).

L'energia eolica ha una bassa densità energetica per unità di area di superficie per territorio occupato, ciò implica la necessità di installare più macchine per lo sfruttamento della risorsa.

L'impianto eolico per eccellenza è la "wind-farm": un insieme di aerogeneratori posizionati in modo vario sul territorio, ma collegati ad un'unica linea che li raccorda o alla rete locale o quella nazionale, come fosse una centrale elettrica.

Per comprendere l'energia ricavabile, basti pensare che una wind-farm di 30 aerogeneratori da 300 kW, con venti a 25 km/h produce fino a 20 milioni di kWh l'anno, abbastanza da soddisfare le esigenze di 7000 famiglie.

Gli aerogeneratori sono disposti a una distanza di almeno cinque metri, per evitare interferenze reciproche.

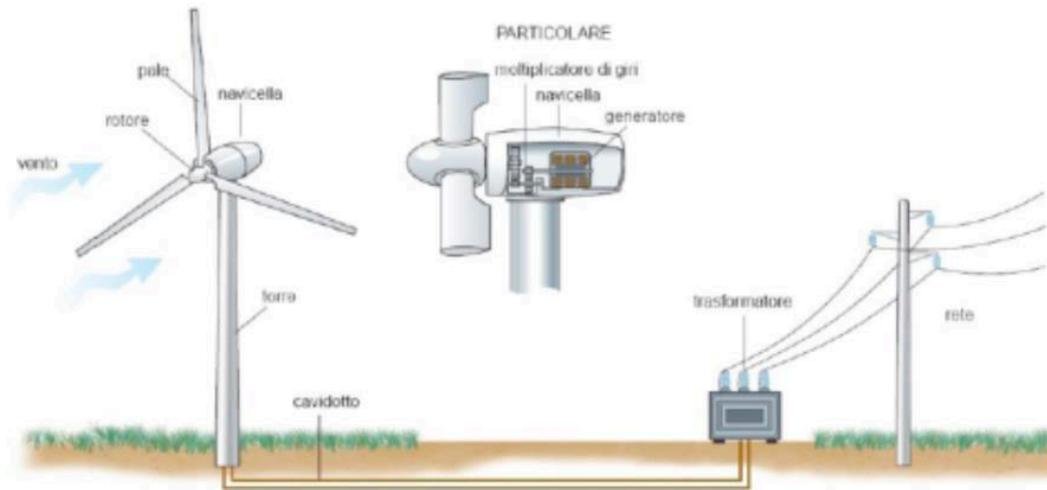


Figura 1.2 Esempio di impianto eolico

### Impatto ambientale

Come già anticipato l'energia eolica è una fonte rinnovabile e pulita.

I suoi unici effetti negativi sono:

- Occupazione del territorio: gli aerogeneratori (sistema di conversione per la produzione di energia elettrica) e opere a supporto, come strade o cabine elettriche, occupano solo il 2-3% del territorio utile per la costruzione dell'impianto. Nelle wind-farm però il terreno non utilizzato dalle macchine può essere sfruttato per agricoltura o pastorizia.
- Variazione del paesaggio: le wind-farm devono essere costruite in posizione esposte, come altipiani o coste, per rendere massima la resa elettrica. Il problema è infatti che gli aerogeneratori sono visibili in ogni contesto in cui sono inseriti. Il fattore estetico deve far parte delle precauzioni da prendere prima della costruzione dell'impianto. Oggi vengono scelte macchine disposte su una singola fila e colori neutri per le turbine.
- Inquinamento acustico: il rumore emesso dagli aerogeneratori è causato dall'attrito delle pale con l'aria e dai singoli componenti meccanici all'interno della navicella. Inclinando le pale e migliorando la loro conformazione si può smorzare questo rumore, perciò è, tra tutti, il problema più facilmente risolvibile e meno disturbante tra quelli elencati.
- Effetti su flora e fauna: un problema riscontrabile è l'impatto degli uccelli con il rotore delle macchine, ma rimane un numero estremamente più basso di quello conseguente ad altre attività quotidiane dell'uomo, ma si tiene in considerazione la rotta degli uccelli migratori.

## Capitolo 1.3 - Energia geotermica

Per energia geotermica si individua l'energia contenuta all'interno della Terra, intesa come calore.

### Storia

È sicuramente una delle fonti più antiche, l'acqua geotermica è stata utilizzata dalle popolazioni sin dall'alba della civiltà, partendo dall'uso termale.

Dai Greci agli Etruschi e i Romani l'acqua calda che sgorgava alla superficie veniva usata per la balneoterapia e per il riscaldamento degli ambienti.

Tuttavia, solo nei primi anni del XX secolo è stata sfruttata l'energia geotermica per generare elettricità. Il primo utilizzo risale al 1904 in Italia quando Piero Ginori Conti. Un principe pisano, accese cinque lampadine tramite una dinamo trascinata da un motore che usava vapore geotermico.

Solo un anno dopo venne costruita la prima centrale sperimentale da 20 kW, ma fu nel 1913 che ce ne fu una vera e propria, da 250 kW.

Oggi le risorse geotermiche sono utilizzate in più di 80 paesi e negli ultimi trent'anni si è verificato un enorme sviluppo a riguardo.

### Le centrali geotermiche

Al loro interno viene prodotta elettricità con l'energia del fluido geotermico che proviene dal sottosuolo. Il principio di funzionamento è simile alle centrali termoelettriche: vapore o acqua calda forniscono la forza che serve per far muovere le turbine collegate agli alternatori. La caldaia in questo caso consiste nelle viscere della Terra, dove viene prodotto il vapore.

L'acqua di scarico di queste centrali viene iniettata in profondità, tramite pozzi di reiniezione, mantenendo la pressione del serbatoio ed evitando l'inquinamento di falde o corsi d'acqua.

Tali impianti permettono le più ingenti potenze installate e quindi quantità maggiori di energie prodotte. Tutto ciò è dovuto alla regolarità di funzionamento: permette di avere elettricità ogni giorno, tutto il giorno.

La temperatura del fluido è fondamentale per la produzione di energia: più sarà alta, maggiore sarà l'efficienza: si va dai 100°C ai 300°C.

### Impatto ambientale

Ogni forma di produzione o trasformazione di energia ha conseguenze dirette o indirette sull'ambiente, per cui anche in questo caso avremo effetti collaterali, seppur questa sia tra le fonti di energia meno inquinanti:

- Emissioni di gas incondensabili: all'interno del fluido geotermico sono presenti dei gas incondensabili, che vengono sprigionati nell'atmosfera. La quantità e la

composizione di questi gas può variare notevolmente, ma in generale sono tutti composti da anidride carbonica, idrogeno solforato, metano e idrogeno. L'unica attenzione è quella di diluirli così da non rilasciarli in concentrazioni potenzialmente nocive.

- Reflui liquidi: il fluido geotermico, dopo essere stato usato, deve essere riportato nell'ambiente esterno. Alcune delle sostanze contenute nel fluido sono potenzialmente dannose per l'uomo e l'ambiente, per cui vengono reiniettati nel sottosuolo.
- Rumore: le emissioni sonore sono contenute e limitate a un certo intervallo di tempo: durante la fase di perforazione dei pozzi, durante l'apertura delle valvole di sfioro. Rimane anche qui un problema secondario in quanto sono presenti sistemi di silenziamento.
- Impatto estetico: il loro impatto è simile a quello di un semplice edificio. Le soluzioni attuali sono esteticamente convincenti.

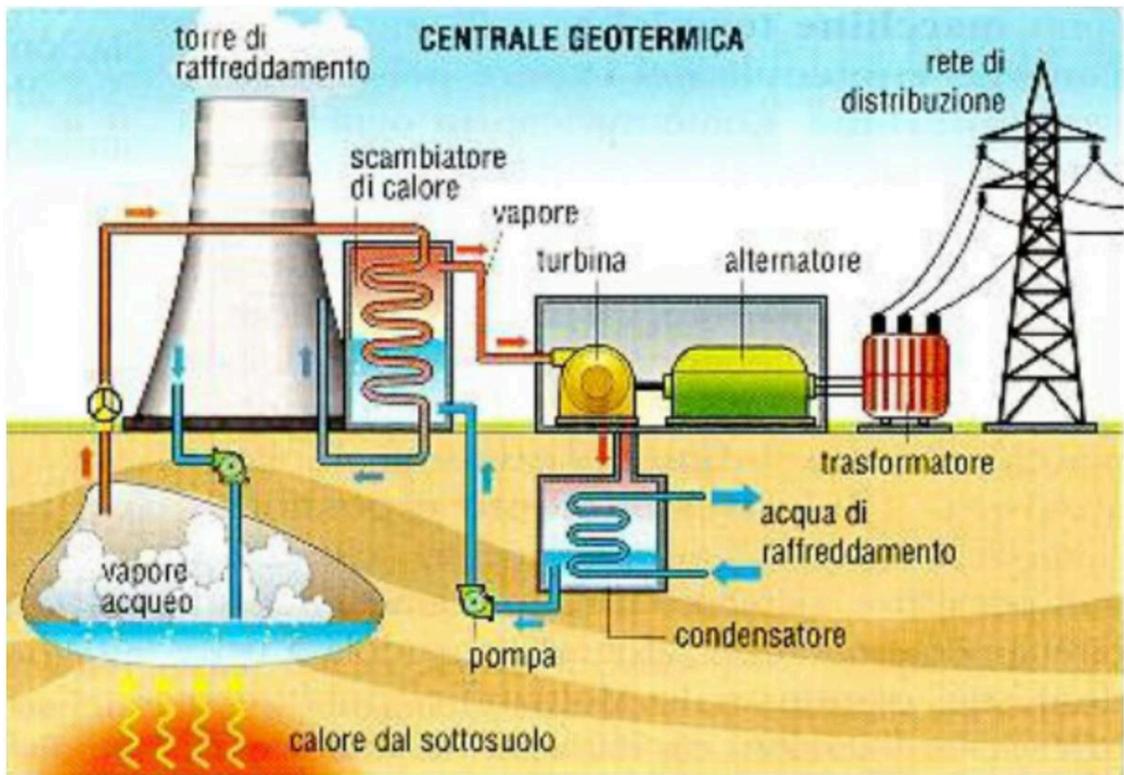


Figura 1.3 Funzionamento base di una centrale geotermica per la produzione di energia

## Capitolo 1.4 - L'energia solare

Tale energia indica l'energia raggiante sprigionata dal sole come conseguenza di reazioni nucleari e trasmessa alla Terra e nello spazio circostante come radiazione elettromagnetica.

L'energia solare è una delle fonti di energia rinnovabile più promettenti e diffuse al mondo. Essa sfrutta la radiazione solare, che è l'energia emessa dal sole sotto forma di luce e calore, per generare elettricità e riscaldare ambienti. Con l'aumento della consapevolezza ambientale e la necessità di ridurre le emissioni di gas serra, l'energia solare sta diventando sempre più centrale nelle strategie di transizione energetica a livello globale.

La radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre può essere:

- Radiazione diretta: colpisce direttamente una superficie con un unico e preciso angolo di incidenza;
- Radiazione indiretta: arriva indirettamente su una superficie, dopo averne colpito un'altra.
- Radiazione diffusa: incide secondo vari angoli e grazie a questa non sarà completamente oscurata anche una parte di superficie che non riceve radiazioni dirette.

### L'energia solare fotovoltaica

Alla base dell'energia fotovoltaica troviamo l'effetto fotovoltaico, un fenomeno fisico che consente la conversione della luce solare in energia elettrica secondo tre fasi principali:

- Assorbimento della luce: i fotoni della luce solare colpiscono il materiale semiconduttore e un certo numero di questi viene assorbito
- Eccitazione degli elettroni: l'energia assorbita dai fotoni è sufficiente per eccitare gli elettroni portandoli a un livello energetico superiore liberandoli dal loro stato di legame con gli atomi.
- Generazione di corrente: gli elettroni liberi possono muoversi attraverso il semiconduttore, creando corrente elettrica.

La tecnologia fotovoltaica permette di trasformare in modo diretto l'energia associata alla radiazione solare in elettricità. Viene sfruttato l'effetto fotovoltaico, basato sulle proprietà dei materiali semiconduttori trattati ed interfacciati. Tali materiali generano elettricità ogni qualvolta sono colpiti da radiazioni solari, senza l'aiuto di parti in movimento o combustibili.

La scoperta di tale effetto avviene nel 1839, grazie al fisico Edmond Becquerel che, durante alcuni esperimenti con celle elettrolitiche, vide il formarsi di una differenza di potenziale tra due elettrodi uguali di platino, uno illuminato e uno al buio.

Solo nel 1954 si ebbe la prima cella solare commerciale in silicio, realizzata nei laboratori Bell.

Visti gli ingenti costi iniziali, questa nuova tecnologia non ebbe un ampio raggio di utilizzo, ma solo in particolari casi (come l'alimentazione di satelliti artificiali).

Attualmente la ricerca è improntata sull'abbassamento dei costi di produzione e all'aumento dei rendimenti dei sistemi fotovoltaici.

Alla base del processo di trasformazione della radiazione solare vi è la cella fotovoltaica: fino ad oggi il materiale di cui è maggiormente composta è il silicio

cristallino. Possiamo semplificare la spiegazione della sua composizione definendo la cella un diodo di grande superficie.

Il silicio è il secondo elemento più diffuso in natura (dopo l'ossigeno) e ne esistono tre tipi in base al grado di purezza:

- silicio di grado elettronico: una parte di impurezze su cento milioni;
- silicio di grado solare: una parte di impurezze su 10 000;
- silicio metallurgico: una parte di impurezze su 100.

Ovviamente viene utilizzato il primo per la creazione di componenti elettronici, poiché deve essere un materiale estremamente puro e con struttura cristallina.

È un materiale estremamente costoso; per fortuna nelle celle solari è sufficiente un grado di purezza inferiore e quindi si riciclano gli scarti dell'industria elettronica.

L'insieme di più celle fotovoltaiche collegate tra loro forma un modulo fotovoltaico, componente elementare dei sistemi fotovoltaici.

Individuiamo due categorie di sistemi fotovoltaici: stand-alone e grid connected.

I primi sono utilizzati principalmente per elettrificare le utenze collocate in zone poco accessibili, difficilmente collegabili alla rete, mentre la seconda categoria può scambiare energia elettrica con la rete locale e nazionale. Questi ultimi possono dividersi in:

- centrali fotovoltaiche: composte da centinaia o migliaia di moduli di grandi dimensioni installati a terra su strutture di acciaio e cemento. Tali centrali sono molto costose e sono impianti sperimentali, costruiti da enti pubblici grazie a incentivi statali;
- sistemi integrati negli edifici: impianti collegati a terrazze, tetti o facciate di edifici che dimostrano che il fotovoltaico è assolutamente integrabile all'interno di ogni tipologia edilizia. Tra i loro vantaggi troviamo sicuramente la modularità della tecnologia, l'assenza totale di rumore, la semplicità di utilizzo e la ridotta esigenza di manutenzione.

Questa trattazione verrà approfondita nel capitolo dedicato agli impianti fotovoltaici.



Figura 1.4 schema di un impianto fotovoltaico integrato agli edifici.

Tra le applicazioni principali abbiamo appunto:

- gli impianti residenziali, trattati finora

- gli impianti commerciali e industriali: sistemi di grandi dimensioni, in cui i pannelli sono installati su tetti di fabbriche o terreno, riducendo significativamente i costi energetici, tali aziende spesso stipulano contratti per acquistare energia da impianti fotovoltaici.
- Impianti a terra: parchi fotovoltaici, grandi impianti installati su terreni agricoli o deserti, capaci di generare significative quantità di energia elettrica per l'immissione nella rete
- Sistemi integrati: edifici a energia zero, progettati per produrre tanta energia quanta ne consumano

Tra i vantaggi dei sistemi fotovoltaici vi è sicuramente l'estrema flessibilità d'impiego, l'assenza di rumore, la semplicità di utilizzo, l'impatto visivo ridotto, impatto ambientale praticamente nullo, oltre alla bassa manutenzione poiché i pannelli ne richiedono pochissima, avendo una vita utile di 25-30 anni. Infatti, tra le voci di costo di un sistema fotovoltaico sono i costi investimento, i costi di esercizio (manutenzione e personale). Sebbene negli ultimi due decenni il prezzo dei pannelli sia notevolmente diminuito, l'ostacolo principale alla diffusione dell'energia elettrica fotovoltaica è il costo.

Il costo varia in base alla tipologia di impianto, dimensione, luogo di installazione e requisiti.

Tra le sfide invece troviamo l'intermittenza di produzione, la produzione di energia è variabile e dipende dalle condizioni meteorologiche e dalla disponibilità di luce solare; i costi iniziali elevati sono sicuramente un fattore con un'importanza significativa, sebbene siano diminuiti i costi, l'investimento iniziale risulta ancora di costi ingenti. Si sta infatti studiando la possibilità di usare nuovi materiali che permettono maggiore efficienza e minori costi.

L'energia fotovoltaica rappresenta una soluzione cruciale nella lotta contro il cambiamento climatico e nell'evoluzione verso un futuro energetico sostenibile. Con continue innovazioni, supporto politico e crescente accettazione da parte del pubblico, il fotovoltaico avrà un ruolo sempre più centrale nel panorama energetico globale.



Figura 1.5 schema sintetico dei vantaggi e non del fotovoltaico

## Capitolo 2 -L'impianto fotovoltaico

### Capitolo 2.1 L'evoluzione storica del fotovoltaico nel mondo

Il primo aspetto da analizzare per comprendere appieno l'attuale necessità e volontà di sfruttare principalmente gli impianti fotovoltaici, come risposta sostenibile alle energie fossili, è di certo la storia della scoperta della fotoconducibilità dei vari materiali, a partire dalla scoperta del collegamento luce-energia risalente alla prima metà del 1800.

Edmond Becquerel è il fisico francese a cui si attribuisce la prima evidenza storica: nel 1839 osservo il formarsi di una differenza di potenziale ai capi di due elettrodi di platino, uno illuminato e l'altro no. I veri e propri studi sulla fotoconducibilità, però, risalgono al 1870 con Willoughby Smith con lo studio delle proprietà fisiche del selenio.

Sarà poi nel 1876 che due scienziati britannici, Adams e Day, osserveranno la conversione della luce solare in energia elettrica, grazie al selenio, senza dover riscaldare fluidi o far ruotare parti mobili interconnesse con una dinamo. Questa fu una scoperta senza precedenti, che cambiò drasticamente lo studio di questo settore. Tutto ciò permise già agli inizi del 1900 la creazione di piccole celle fotovoltaiche, sempre con l'utilizzo del selenio.

Questo materiale venne però abbandonato e sostituito con il silicio, dal rendimento fortemente maggiore, grazie all'errore del fisico Gerald Pearson: involontariamente costruì una cella solare a silicio molto più efficiente di quella al selenio.

La caratteristica fisica del silicio di convertire tantissima energia ha permesso di realizzare ottime celle fotovoltaiche e diffonderle rapidamente.

I risultati più rilevanti per la nascita e la diffusione degli impianti fotovoltaici sono sicuramente:

- **1921-** il premio Nobel per la fisica viene assegnato ad Albert Einstein per i suoi studi sull'effetto fotoelettrico, fenomeno alla base della generazione d'elettricità tramite celle fotovoltaiche;
- **1954-** viene creata la prima cella solare in silicio in grado di generare corrente elettrica misurabile dagli scienziati Gerald Pearson, Daryl Chapin e Calvin Fuller e l'anno seguente verrà creato il brevetto della prima cella solare fotovoltaica basata sul silicio;
- **1963-** si verificano le prime commercializzazioni dei moduli fotovoltaici. Tale mercato sarà alimentato dalla crisi petrolifera degli anni '70 che favorirà la diffusione dell'idea di sfruttare nuovi fonti di energia alternativa e rinnovabile;
- **1977-** la potenza mondiale fotovoltaica installata supera i 500KWp;
- **1979-** arriva il primo impianto fotovoltaico in Italia situato tra gli Appennini, la cui potenza è di 1KW;
- **1994-** la National Renewable Energy Laboratory (NREL) sviluppa in laboratorio una cella solare di solfuro di gallio ed indio e gallio e arsenico che raggiunge un rendimento del 30% (contro quello del 10% raggiunto dal solfuro di rame e solfuro di cadmio diffusi fino a quel momento);
- **1997-** l'Italia sottoscrive il Protocollo di Kyoto, il trattato internazionale che affronta il problema del surriscaldamento globale, che impegnerà tutti i Paesi sottoscrittori ad una riduzione quantitativa delle proprie emissioni di gas serra.

- **2017-** viene emanato un nuovo provvedimento per l'Italia che getterà le basi degli obiettivi fino al 2030, quali: competitività (riduzione del divario del prezzo dell'energia, allineandosi ai prezzi UE), sicurezza (autonomia, sicurezza di approvvigionamento e flessibilità del sistema e delle infrastrutture energetiche), ambiente (raggiungere gli obiettivi dati entro il 2030 per evitare che la temperatura terrestre aumenti di più di 2°C)



Figura 2.1: Potenza installata in Italia a fine 2019

## Capitolo 2.2 Aspetti tecnici degli impianti fotovoltaici

Gli impianti fotovoltaici sono impianti elettrici composti dall'unione di pannelli fotovoltaici che, tramite molteplici celle fotovoltaiche poste all'interno di uno stesso modulo, trasformano l'energia solare in energia elettrica mediante l'effetto elettrofisico denominato "fotovoltaico", il quale ha bisogno sia di componenti elettriche ed elettroniche che meccaniche e automatiche (per l'inseguimento solare).

Le celle fotovoltaiche che compongono i pannelli sono costituite da un materiale semiconduttore, solitamente silicio, che assorbe la luce solare e la converte in energia elettrica.

Quando il sole colpisce il pannello, eccita tramite fotoni gli elettroni liberi contenuti nel silicio delle celle fotovoltaiche, generando tensione e corrente continua (CC). Questa corrente, associata alla tensione della cella (il risultato di uno o più campi elettrici), determina la potenza che la cella solare può produrre. L'energia viene trasmessa attraverso cavi specifici a un dispositivo convertitore chiamato inverter.

Nei pannelli solari fotovoltaici si individuano la capacità di picco, che si riferisce al numero di kilowatt installati, e la capacità nominale che si riferisce alla capacità dell'inverter (il dispositivo elettrico che converte l'energia prodotta dal pannello per l'utilizzo da parte dei consumatori).

Difatti è la capacità nominale a definire i limiti del sistema (il volume di produzione non può superare quello che l'inverter può convertire). Tuttavia, i sistemi fotovoltaici installano sempre pannelli con capacità di picco superiore a quella nominale per garantire che venga utilizzato il 100% della capacità dell'inverter.

Gli impianti fotovoltaici si dividono principalmente in 2 famiglie:

- Sistemi “off-grid” o “stand-alone”, cioè non collegati ad alcuna rete di distribuzione, che quindi attingono all'energia elettrica generata direttamente in loco e la accumulano in batterie;
- Sistemi connessi alla rete, in quanto collegati alla rete di distribuzione esistente gestita da terzi e spesso anche al sistema elettrico privato a cui deve essere fornito il servizio;

sono da poco stati introdotti anche gli impianti **ibridi** che uniscono le caratteristiche principali delle due categorie precedenti: l'energia derivante dal campo fotovoltaico alimenta prima le utenze richieste immediatamente, lasciando l'energia rimasta nelle batterie di accumulo fino a completo caricamento.

## Capitolo 2.3 Gli impianti collegati a rete (*grid connected*)

Gli impianti connessi alla rete sono permanentemente connessi alla rete di distribuzione elettrica. In generale non comprendono sistemi di accumulo, quali gli accumulatori elettrochimici, quindi, in assenza di produzione fotovoltaica, la ricarica avverrà tramite la rete elettrica.

Se invece il fotovoltaico produce un surplus di energia attraverso l'assorbimento di carica, il surplus viene immesso in rete.

La produzione di energia elettrica “in loco” riduce i costi di trasporto sulla rete elettrica nazionale; inoltre, contribuisce a livellare i picchi durante le ore della giornata caratterizzate da un elevato assorbimento da parte degli utenti.

Per conteggiare tutti gli scambi tra l'impianto fotovoltaico e la rete vengono utilizzati due contatori unidirezionali, uno nel caso in cui l'energia venga venduta allo stesso prezzo di acquisto.

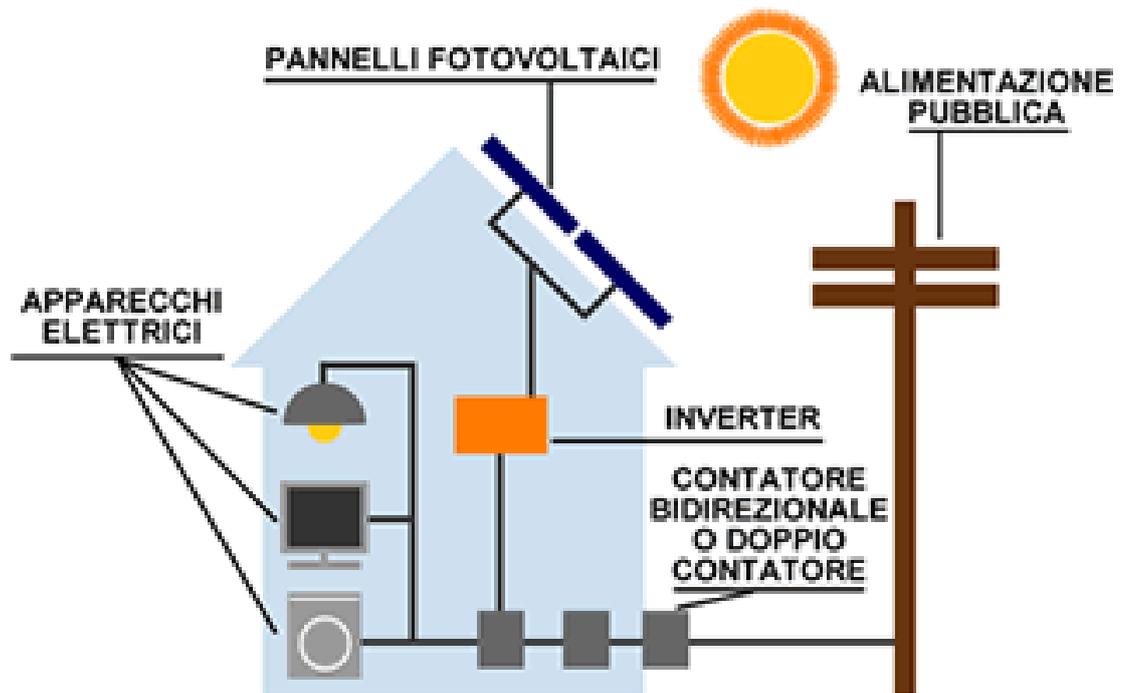


Figura 2.2 Schema semplificato di impianto collegato a rete

## Capitolo 2.4 Gli impianti isolati (*stand alone*)

I sistemi stand-alone non sono collegati alla rete elettrica; sono, quindi, necessari laddove la rete non arriva agli utenti, per sostituire o integrare dei gruppi elettrogeni. L'installazione di un sistema di accumulo è necessaria per garantire la continuità dell'alimentazione elettrica ai carichi anche in assenza di luce e nelle ore notturne. Inoltre, l'impianto fotovoltaico è sempre sovradimensionato, per consentire, durante le ore di sole, sia la carica elettrica che la ricarica degli accumulatori, utilizzabili poi di notte o con scarsa insolazione, garantendo così un certo margine di sicurezza. Come precedentemente detto, i sistemi isolati o stand-alone non si affidano alla presenza della rete elettrica e ad un irraggiamento solare sufficiente a garantire il funzionamento autonomo del sistema; per questo motivo un sistema isolato necessita di componenti per i quali non sarebbe garantita la continuità del servizio la presenza di un sistema di accumulo capace di immagazzinare l'energia per alimentare i carichi in assenza di luce è strettamente necessario.

Altro elemento fondamentale in un sistema isolato è il convertitore DC/AC, perché la corrente generata dal fotovoltaico è diretta mentre quella dei carichi assorbe una corrente alternata.

Per evitare interruzioni di corrente di carico, anche in caso di batterie scariche e assenza di guasti al sistema, generalmente installiamo un gruppo di dimensioni adeguate in grado di far fronte all'assorbimento delle utenze.

Per regolare gli scambi di energia tra gli attori dell'impianto si utilizza infine un regolatore di carica.

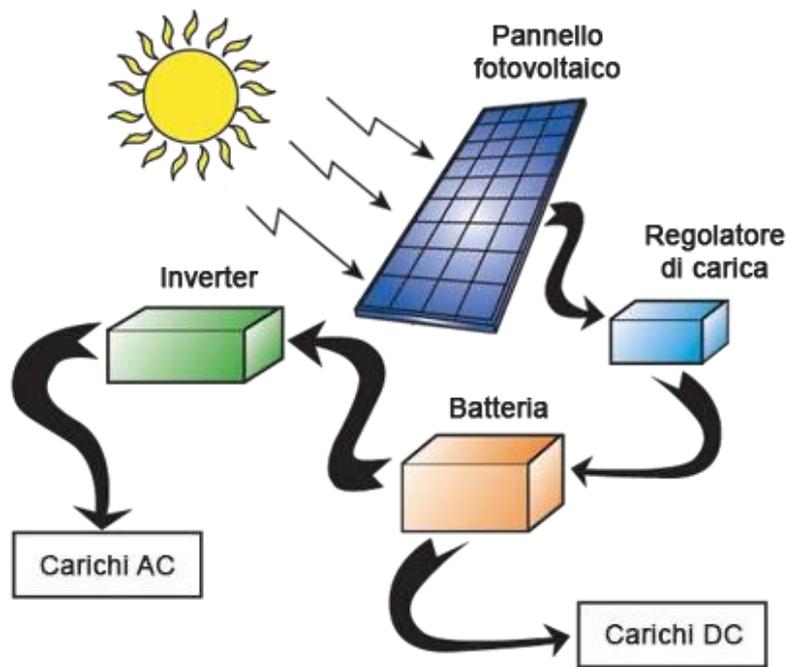


Figura 2.3 Schema semplificato di impianto isolato

## Capitolo 3 Sistemi di modellazione 2D

Per comprendere al meglio il programma AutoCAD LT, utilizzato nel progetto di tirocinio, bisogna introdurre la nozione di sistemi CAx.

La sigla CAx (Computer-Aided X) si riferisce a una serie di strumenti software utilizzati in ingegneria e progettazione per facilitare diversi aspetti del processo produttivo. La "X" può rappresentare varie attività, come:

- CAD: (Computer-Aided Design): progettazione assistita da computer.
- CAM: (Computer-Aided Manufacturing): produzione assistita da computer.
- CAE: (Computer-Aided Engineering): ingegneria assistita da computer.

Questi sistemi aiutano a migliorare l'efficienza, la precisione e la qualità dei progetti, consentendo la simulazione, l'analisi e l'automazione dei processi di produzione. Utilizzando software CAX, le aziende possono ridurre i tempi di sviluppo, minimizzare gli errori e ottimizzare le risorse.

I sistemi CAx rappresentano un insieme di tecnologie progettati per supportare le varie fasi del ciclo di vita di un prodotto, dalla concezione alla produzione, fino alla manutenzione.

Infatti, l'acronico CAx indica l'espressione inglese "Computer-aided-technologies", indicando un termine generico che indica l'uso di una qualsiasi tecnologia informatica per aiutare nelle fasi elencate precedentemente.

Gli strumenti avanzati CAx consentono di unire aspetti diversi della gestione del ciclo di vita di un prodotto (PLM), comprende infatti una vasta gamma di strumenti, sia quelli disponibili sul mercato sia quelli di proprietà della società di ingegneria o reparto di progettazione.

Fanno parte dei CAx:

### 1. CAD (Computer-Aided Design)

Il CAD è utilizzato per la progettazione grafica di oggetti, componenti e sistemi. Permette di creare disegni tecnici, modelli 2D e 3D.

Tra i vantaggi troviamo:

- Precisione nella progettazione.
- Facile modifica dei progetti.
- Possibilità di visualizzare il prodotto finale prima della produzione.
- Creazione automatica di documentazione tecnica.

### 2. CAM (Computer-Aided Manufacturing)

Il CAM è utilizzato per pianificare, gestire e controllare il processo di produzione. Traduce i modelli CAD in istruzioni per macchine utensili.

Vantaggi:

- Ottimizzazione dei percorsi di lavoro e riduzione dei tempi di produzione.
- Maggiore precisione nelle lavorazioni.
- Capacità di programmare macchine CNC (Controllo Numerico Computerizzato).
- Integrazione con il CAD per un flusso di lavoro continuo.

### 3. CAE (Computer-Aided Engineering)

Il CAE si occupa dell'analisi e della simulazione di prestazioni e comportamenti dei progetti. Include l'analisi strutturale, termica, fluidodinamica e altro.

Vantaggi:

- Identificazione precoce di potenziali problemi.
- Simulazione delle condizioni reali per testare il design.

- Riduzione dei costi e dei tempi di prototipazione.
- Supporto decisionale basato su dati analitici.

Una caratteristica fondamentale dei sistemi CAX è la loro integrazione. Ad esempio, i dati creati in un ambiente CAD possono essere utilizzati direttamente in un sistema CAM per la produzione, mentre le simulazioni fatte in un sistema CAE possono influenzare le modifiche nei progetti CAD. Questa sinergia porta a una maggiore efficienza e a una riduzione degli errori.

Come già anticipato, i sistemi CAX trovano applicazione in una vasta gamma di settori, tra cui:

- Automotive: progettazione di veicoli e componenti.
- Aerospaziale: simulazioni complesse per la sicurezza e l'affidabilità.
- Elettronica: progettazione di circuiti stampati e assemblaggi.
- Manifatturiero: ottimizzazione dei processi di produzione.

I sistemi CAX sono essenziali per le aziende moderne, poiché consentono di gestire in modo integrato il ciclo di vita del prodotto, migliorando l'efficienza e riducendo i costi. Con l'evoluzione delle tecnologie, come l'intelligenza artificiale e la stampa 3D, il ruolo dei sistemi CAX continua a crescere, portando innovazioni e nuove opportunità nel campo della progettazione e produzione.

Gli strumenti CAX comprendono un vasto numero di software e applicazioni progettati per supportare le diverse fasi della progettazione e della produzione.

Entrando più nello specifico, analizziamo le applicazioni maggiori di tali sistemi. Partiamo dalla progettazione dei prodotti: tali software permettono di modellare 3D, creando prototipi digitali per testare e visualizzare i pezzi prima della produzione. Il passaggio successivo è quello della simulazione e l'analisi, nel quale troviamo l'analisi strutturale, una valutazione della resistenza e della stabilità dei componenti, la simulazione termica, appunto per studiare il comportamento termico dei materiali; seguendo la linea di produzione arriviamo alla fabbricazione vera e propria, nel quale i software che stiamo analizzando permettono di migliorare l'efficienza produttiva (anche grazie al lavoro di co-engineering) e ridurre gli scarti. Il PLM viene gestito in maniera più efficiente grazie alla collaborazione interdisciplinare, facilitando la comunicazione tra team di progettazione (ingegneria e produzione), ma soprattutto per la facilità di gestione della documentazione e del tracciamento delle modifiche.

Le applicazioni dei sistemi CAX sono ampie e diversificate, coprendo quasi ogni aspetto della progettazione e produzione moderna. Questo li rende strumenti essenziali in molti settori, migliorando l'efficienza, la qualità e la collaborazione.

CAD, come anticipato, altro non è che la sigla di Computer-Aided Design/Drafting, ossia una famiglia di software grafici adatti a supportare attività di progettazione e disegno tecnico.

La storia del CAD va di pari passo con la storia dei computer: sono avvenute molte innovazioni nell'arco della loro vita.

Nel 1957, alla sua introduzione, il CAD era già considerato molto più innovativo ed evoluto dei computer che dovevano scaricarlo, motivo per cui i disegnatori continuarono a disegnare manualmente per i 30 anni successivi.

Nel 1970 si ebbero le prime applicazioni commerciali del CAD in aziende elettroniche, automobilistiche, navali e aerospaziali. Si utilizzavano computer mainframe e terminali grafici vettoriali. L'anno successivo viene creato ADAM, un CAD grafico interattivo adatto a funzionare su ogni macchina. L'80% dei programmi CAD è discendente di ADAM.

Negli anni '80 vennero sviluppati sistemi CAD per microcomputer: nasce IGES, che permette di trasferire i progetti 3D tra i programmi software CAD.

Nei sette anni successivi nascono programmi come CATIA, AutoCAD e pro/ENGINEER. Quest'ultimo riprende le idee del primo progetto: interattività, facilità di uso e velocità.

Il 3D viene introdotto dalla Autodesk nel 1994 con AutoCAD R13 e nei due anni successivi vennero rilasciati tutti gli altri sistemi di modellazione 3D che conosciamo tuttora.

La comparsa dei primi computer desktop a prezzi abbordabili nel 1981 ha permesso lo sviluppo e la diffusione del CAD/CAM. L'anno seguente venne fondato Autodesk e lanciato AutoCAD, da John Walker, diventando il software un leader del settore nei dieci anni successivi.

Attualmente il CAD viene applicato sia per modellazioni 2D che 3D, ma noi ci concentreremo nella prima categoria, in quanto è stata utilizzata nel progetto protagonista della tesi.

In conclusione, possiamo definire CAD un sottogruppo dei software CAX, il cui focus principale è la creazione di disegni tecnici 2D e 3D, sfruttato per la progettazione di parti/ settori ingegneristici e architettonici. La differenza sostanziale tra questi due acronimi, che non consente di usarli come sinonimi, è l'utilizzo in azienda dei due: il CAD viene utilizzato principalmente da design e ingegneri per creare e modificare progetti, mentre il CAX viene utilizzato da team interfunzionali, come progettazione, ingegneria, produzione e qualità, per una gestione integrata del ciclo di vita del prodotto.

In sintesi, il CAD è una componente fondamentale dei sistemi CAX, ma CAX offre un approccio più completo e integrato che copre l'intero ciclo di vita del prodotto. Mentre il CAD si concentra sulla progettazione, CAX si occupa anche della produzione, dell'analisi e della gestione dei dati di prodotto, rendendolo uno strumento essenziale per le aziende moderne.

## Capitolo 3.1 Cos'è un disegno 2D?

Per parlare del disegno 2D creato al computer, grazie ad appositi software, bisogna individuare il concetto di disegno tecnico.

Il disegno tecnico è una rappresentazione grafica di un oggetto, un sistema o un processo, utilizzato per comunicare informazioni dettagliate e precise in ambito ingegneristico, architettonico e manifatturiero. Si distingue dal disegno artistico per la sua funzionalità e la sua adesione a standard e norme specifiche.

Il disegno tecnico, al pari di altre forme di rappresentazione grafica, è una traduzione convenzionale della percezione reale delle cose. Ha lo scopo di prefigurare un oggetto da costruire, fornendo gli elementi e le cognizioni utili ad un processo realizzativo.

Il disegno tecnico serve quindi a comunicare, trasmettere idee e progetti tra ingegneri, tecnici e operai, ma anche a fornire una registrazione permanente del design di un prodotto o di un sistema.

Viene utilizzato quindi come guida per la costruzione, il montaggio e la produzione di componenti e sistemi.

Il disegno tecnico appartiene a categorie ben precise, in base all'obiettivo che ha:

- **Disegno di Progettazione:** Rappresenta le idee iniziali e i concetti di un progetto. Include schizzi e diagrammi preliminari.
- **Disegno Costruttivo:** Dettaglia le specifiche tecniche necessarie per la costruzione di un prodotto. Comprende misure, materiali e procedure di assemblaggio.
- **Disegno di Montaggio:** Indica come assemblare i vari componenti di un prodotto, mostrando le relazioni e le sequenze di montaggio.
- **Disegno Esecutivo:** Fornisce indicazioni dettagliate e specifiche per la realizzazione finale del progetto.

Esistono norme e standard ben precisi, a cui i disegni devono conformarsi. L'obiettivo di ciò è di consentire la comunicazione di informazioni relative a particolari o a complessivi della progettazione, del disegno tecnico ecc....

Le norme del disegno tecnico costituiscono le regole del linguaggio con cui comunicano i tecnici.

Tra gli organismi abbiamo:

- ISO (International Organization for Standardization): Stabilisce linee guida internazionali per il disegno tecnico, inclusi simboli e convenzioni.

- CEN (Comitato Europeo di Normazione), opera in ambito europeo, in accordo con l'ISO.

- UNI (Ente Nazionale italiano di Unificazione), organismo che presiede all'emanazione delle norme in Italia, sulla base delle raccomandazioni ISO.

Il disegno tecnico è uno strumento essenziale in numerosi settori, permettendo una comunicazione chiara e precisa delle idee progettuali. La sua evoluzione, grazie all'avvento delle tecnologie digitali, ha reso il processo di progettazione più efficiente e accessibile, mantenendo la sua importanza fondamentale nel mondo ingegneristico e produttivo.

La comunicazione tra cliente e produttore deve essere quanto più chiara possibile per evitare errori e incomprensioni a livello di produzione.

I disegni 2D sono ancora fondamentali per trasmettere informazioni essenziali su dimensioni, tolleranze e finiture dei pezzi.

Tra i vantaggi rispetto ai modelli 3D troviamo sicuramente la maggior facilità di creazione e talvolta maggior precisione in alcuni aspetti: i disegni 2D potrebbero fornire informazioni non così evidenti nel 3D.

Gli elementi principali di un disegno 2D sono:

- **Visualizzazioni:** i disegni 2D standard comprendono diverse viste, in ognuna delle quali si presenta una prospettiva diversa del pezzo. Troviamo viste frontali, superiori e laterali.
- **Dimensioni:** le tavole descrivono precisamente le dimensioni di ciascuna caratteristica sul pezzo (lunghezza, larghezza, diametro e raggio sono quelle che troviamo più frequentemente)
- **Le tolleranze:** sono tolleranze specificate sulle dimensioni, indicano la variazione accettabile durante i passaggi della produzione.
- **Note e simboli:** possono essere informazioni riguardo il materiale, i trattamenti o la finitura superficiale
- **Cartiglio:** all'interno del cartiglio vengono riportate informazioni quali titolo, numero del disegno, l'autore, la data e la cronologia delle revisioni.

<b>elemento</b>	<b>Descrizione</b>
Visualizzazioni	Vista frontale, dall'alto e laterale della parte
Dimensioni	Misure esatte di ogni caratteristica
Le tolleranze	Variazione accettabile nelle dimensioni
Note e simboli	Ulteriori dettagli su materiale, finiture, ecc.
Cartiglio	Informazioni sul disegno stesso

Tabella 3.1 Elementi chiave dei disegni 2D

I disegni 2D offrono un linguaggio universale, promettendo al produttore di comprendere con esattezza ciò che è richiesto, eliminando gli errori e le incomprensioni.

1. Comunicazione chiara dell'intento progettuale  
Un disegno 2D comunica al produttore l'intenzione del progettista e funge, quindi, da guida visiva che ritrae in maniera accurata il pezzo, evidenziandone caratteristiche e dimensioni. Tutto ciò permette che tutti gli operai coinvolti nel processo di produzione comprendano le i comandi da seguire.
2. Definizione delle dimensioni critiche e delle tolleranze  
Ogni parte ha dimensioni che devono essere assolutamente rispettate (vedremo nel progetto esempi come vincoli di distanza da fiumi e strade o distanza tra i pannelli).
3. Fornire informazioni su finiture e materiali
4. Il disegno 2D indica anche informazioni su materiali e finiture necessarie. Tutto ciò garantisce che il prodotto finito rispetti le proprietà e l'estetica corretti.  
Il vantaggio principale dell'utilizzo dei disegni 2D è che aiutano a migliorare la collaborazione tra i diversi gruppi (progettazione, produzione e controllo qualità). Il fatto che tutti i settori possano lavorare con un singolo documento permette di evitare malintesi e tutto ciò comporta una maggiore efficienza e produttività.  
Un altro pro della progettazione 2D è la possibilità di poter fornire stime dei costi più dettagliate. Avere una migliore comprensione dell'ambito di lavoro, l'impresa può pianificare in modo più efficace.  
Il disegno 2D offre ai fornitori o ai produttori la possibilità di poter proporre o tirare indietro dall'appalto, in quanto riescono a comprendere le esigenze e valutano la loro capacità di soddisfarle.

## Capitolo 3.2 AutoCAD in ambito ingegneristico

Il software AutoCAD è un programma utilizzato per la progettazione assistita da computer, ossia del CAD, sfruttato principalmente da professionisti quali ingegneri, architetti e progettisti per la progettazione 2D e 3D.

Estremamente popolare e diffusa è la versione 2D di AutoCAD grazie a diversi fattori: primo tra tutti sicuramente la precisione; infatti, AutoCAD permette di realizzare disegno con un'elevata precisione, in quanto offre la possibilità di inserire misure esatte. Tale caratteristica è fondamentale nel settore ingegneristico, dove ipotetici errori di calcolo, anche minimi, potrebbero avere gravi conseguenze.

Non bisogna poi trascurare l'efficienza di tale software: rispetto ai disegni manuali, quelli realizzati con AutoCAD richiedono meno tempo e, ogni qualvolta si volessero apportare delle modifiche, sarebbe possibile senza dover disegnare tutto una seconda volta.

Ovviamente non è presente solo AutoCAD nell'industria della progettazione, ma, essendo compatibile con molti altri software utilizzati nel settore, permette una facile condivisione e collaborazione tra professionisti.

AutoCAD è utilizzato in tutti i settori dell'ingegneria: dalla meccanica, alla civile, all'elettrica, grazie alle sue svariate funzioni, tra le ragioni di tale diffusione troviamo sicuramente:

- **Progettazione e pianificazione:** AutoCAD 2D viene usato dagli ingegneri per creare piani dettagliati e schemi di progetti più complessi, come i sistemi meccanici, elettrici e idraulici oltre alla pianificazione di infrastrutture civili.
- **Documentazione:** AutoCAD risulta necessario per la creazione di documentazione tecnica accurata, aspetto critico di ogni progetto ingegneristico. Tutto ciò include viste in pianta, sezioni e alzati, nonché specifiche tecniche e liste di materiali.
- **Analisi e simulazione:** poiché AutoCAD non offre la possibilità di simulare 3D, può essere utilizzato per eseguire analisi di base e simulazioni, come, ad esempio, calcoli strutturali o flussi di traffico.

AutoCAD 2D è, in sintesi, uno strumento fondamentale nell'ambito ingegneristico grazie a caratteristiche quali: precisione, efficienza, compatibilità e versatilità. Il software persevera nello svolgere un ruolo essenziale nel processo di progettazione e produzione in varie industrie.

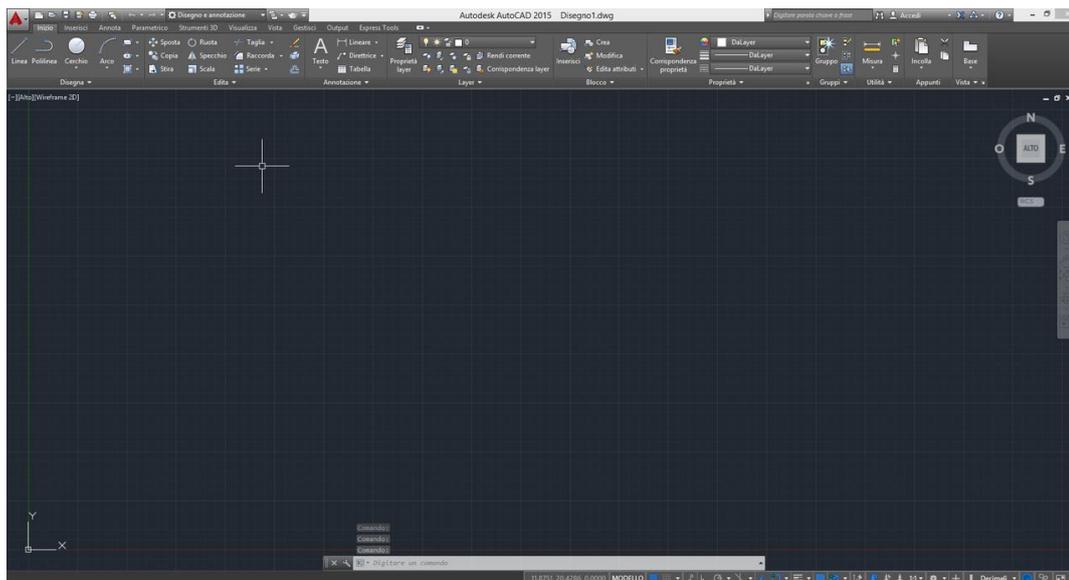


Figura 3.2 schermata di AutoCAD per la modellazione

## Capitolo 3.3 differenze tra AutoCAD 2D e 3D

Il progetto che mi è stato proposto come lavoro di tirocinio riguardava esclusivamente l'uso di AutoCAD LT, quindi 2D, in quanto l'azienda Energie Nuove S.r.l. ha deciso di specializzarsi in questo ambito, lasciando i rendering 3D a uno studio esterno.

Come detto precedentemente, il disegno 3D e quello 2D differiscono molto.

La prima differenza la troviamo nelle dimensioni che si considerano nei disegni: nel 2D abbiamo lunghezza e altezza della superficie piana; quindi, le immagini sono piatte e non hanno profondità, nel 3D si aggiunge tale dimensione (la profondità), creando delle forme che possono essere visualizzate da diverse angolazioni.

La rappresentazione varia tra i due tipi di modelli: se il 2D utilizza forme geometriche, linee e colori su un piano, il 3D usa modelli volumetrici che possono essere manipolati e visualizzati in modo realista.

Per questo motivo il 2D viene sfruttato principalmente per illustrazioni, grafica e disegni tecnici, mentre il 3D è utile per visualizzare oggetti e ambienti, soprattutto nell'ambito dell'architettura, dei videogiochi e animazione.

Le tecniche di creazione variano tra i due tipi di disegno: il 2D può essere realizzato sia a mano (disegni e schizzi) che in maniera digitale (illustrazioni, grafica vettoriale), mentre il 3D necessita di software di modellazione e renderizzazione e può includere animazione e simulazioni fisiche.

L'interattività sarà maggiore nel disegno 3D: prendendo ad esempio i videogiochi i giocatori possono muoversi in ambienti tridimensionali, mentre nel 2D le interazioni rimarranno bidimensionali.

Una differenza sostanziale si ritrova nel prezzo di acquisto: i sistemi 2D (AutoCAD LT, Revit LT) costano tra i €500 e i €1000 annui, mentre quelli di modellazione 3D (AutoCAD, Netfabb, Civil 3D, BIM Collaborate) i prezzi variano tra €2361, per AutoCAD fino a €6204 per Alias.

In sintesi: il disegno 2D si presenta più diretto e semplice, mentre il 3D risulta maggiormente complesso e dà più possibilità di rappresentazione realistica.

## Capitolo 3.4 AutoCAD LT

Prima di entrare nel dettaglio con la versione LT, bisogna trattare del software AutoCAD.

AutoCAD è uno dei software di progettazione assistita da computer (CAD) più utilizzati al mondo, sviluppato da Autodesk. È ampiamente impiegato in vari settori, come ingegneria, architettura, design industriale e progettazione meccanica.

Permette di progettare sia 2D che 3D, consentendo di creare sia disegni bidimensionali che modelli tridimensionali, offrendo strumenti avanzati per entrambe le modalità. Ha un'interfaccia estremamente intuitiva, l'interfaccia utente è progettata per essere accessibile, con barre degli strumenti personalizzabili e comandi rapidi per facilitare il flusso di lavoro. AutoCAD offre strumenti per la misurazione e l'allineamento precisi, consentendo di creare disegni dettagliati e accurati, gli utenti possono inoltre riutilizzare le componenti di disegno e riferimento esterni per ottimizzare il processo di progettazione.

Come anticipato, AutoCAD è disponibile in diverse versioni, tra cui AutoCAD LT (una versione semplificata per progettazione 2D) e versioni specializzate per settori come architettura, ingegneria e progettazione elettrica; offre modelli di licenza basati su abbonamento, consentendo agli utenti di accedere alle ultime funzionalità e aggiornamenti.

Possiamo definire AutoCAD come uno strumento potente e versatile per la progettazione e la documentazione tecnica. La sua combinazione di funzionalità avanzate, interfaccia intuitiva e ampia applicazione nei settori ingegneristici e architettonici lo rende un pilastro fondamentale nel mondo del CAD.

Come anticipato nel paragrafo precedente il mio progetto di tirocinio è stato sviluppato con AutoCAD LT, un software che crea progetti 2D con altissima precisione, pur essendo una versione semplificata di AutoCAD.

Viene sfruttato principalmente da ingegneri, architetti e professionisti del settore edilizio per creare progetti, documenti e disegni con geometria 2D precise.

Le caratteristiche principali di AutoCAD LT sono:

- **Interfaccia utente:** presenta un'interfaccia intuitiva e personalizzabile, con strumenti semplici da usare per creare e modificare i disegni;
- **Strumenti di disegno:** include un'ampia gamma di strumenti per il disegno, quali linee, cerchi, polilinee e dimensionamento, permettendo di ottenere disegni tecnici dettagliati;
- **Compatibilità:** è compatibile con i file DWG, il formato standard per il disegno CAD, permettendo di salvare i file in modo rapido.
- **Stampa e layout:** consente di configurare layout di stampa e creare disegni, facilitando la preparazione per la stampa.
- **Annotazioni:** offre strumenti per aggiungere note, testi e dimensioni, permettendo una vista più completa e chiara del risultato finale
- **Limitazioni rispetto ad AutoCAD:** AutoCAD non supporta la modellazione 3D, la personalizzazione per via script o l'automazione, tutto ciò lo rende meno idoneo per progetti che richiedono funzionalità 3D avanzate

- Utilizzo: è sfruttato soprattutto in ambiti come ingegneria, architettura e design per la sua efficienza nel creare disegni tecnici e piante  
Possiamo quindi affermare che AutoCAD LT è una soluzione pratica ed economica per chi ha necessità di strumenti di disegno 2D senza le funzionalità avanzate di AutoCAD completo.

## Capitolo 4 Descrizione del progetto: impianto fotovoltaico per alimentare la sede di Fermo di UNIVPM

L'idea del disegno, argomento del mio progetto di tirocinio, nasce dalla volontà di unire due argomenti per me estremamente interessanti: le energie rinnovabili e i software di modellazione 2D e 3D.

Per motivi di tempo e coerenza al tema del tirocinio non abbiamo seguito tutti i passaggi necessari alla realizzazione di un impianto, che si possono riassumere in:

1. Acquisizione di un terreno con contratto preliminare;
2. Analisi vincolistica del terreno tramite carte comunali/regionali e piani regolatori,
3. Sviluppo del layout con i programmi Formaps e AutoCAD LT, in base alle caratteristiche e dimensioni del terreno e alla possibilità di investimento del compratore si valuta in questa fase la potenza del parco solare;
4. Richiesta del preventivo al gestore di rete e valutazione della soluzione tecnica, costo del preventivo e durata dei lavori.
5. Qualora venisse accettato il preventivo si passa alla fase di progetto definitivo di layout, con l'aggiunta quindi delle cabine, dell'elettrodotto e la scelta delle strutture);
6. Emissione pratiche autorizzative dell'impianto
7. Progetto esecutivo di layout: presentazione del layout con tutti i dettagli da presentare all'investitore;
8. Cantierizzazione, allaccio e manutenzione.

Nel mio progetto di tirocinio si dà maggior importanza alla parte di layout e disegno tecnico, per cui i passaggi 2, 3, 5 e 7 sono gli unici che verranno analizzati in questo capitolo.

Il progetto termina con la consegna di cinque tavole, ognuna rappresentante dettagli e viste differenti dell'impianto realizzato e ogni paragrafo rappresenterà lo studio di ogni tavola.

### Capitolo 4.1 Tavola 1- progetto

Essendo questo progetto improntato sullo studio della parte modellistica, non ci soffermeremo sulle procedure iniziali riguardanti le varie fasi autorizzative o attività preliminari, come la verifica di assenza di ordigni bellici.

Per la scelta dell'ubicazione dell'impianto bisogna innanzitutto controllare le mappe catastali e scegliere il terreno che meglio rappresenti le necessità dell'investitore: nel nostro caso serviva un terreno vicino alla sede da alimentare e con una buona esposizione (essendo Fermo prettamente collinare).

Per farlo si deve accedere al sito di forMaps e selezionare la città nel quale costruire l'impianto, nel nostro caso Fermo, ottenendo così una mappa dettagliata di terreni e costruzioni.

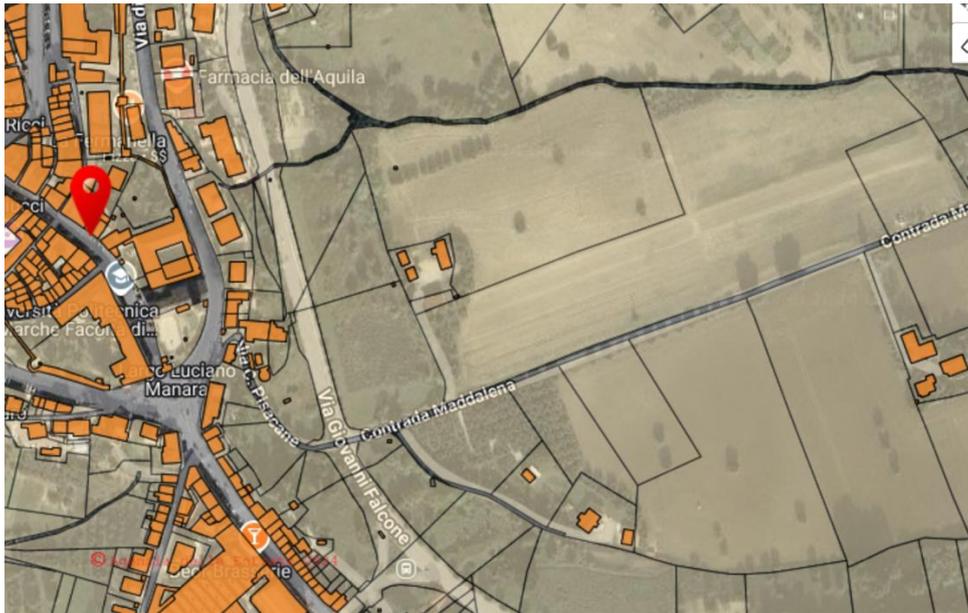


Figura 4.1 Mappa catastale del sito dell'impianto, presa da forMaps

Abbiamo quindi deciso il terreno su cui avremmo lavorato considerando fattori come: dimensioni ragionevoli per la costruzione del sito, esposizione (che dovrebbe essere verso sud, sud-est e sud-ovest), distanza moderata dalla sede dell'università e pochi vincoli da applicare.

Nella prima tavola va, infatti, inserita la planimetria generale catastale ante operam, nella quale si delimita il confine del terreno scelto (linea arancione). Analizzando il disegno si trovano anche due circonferenze interne: ogni catasto è numerato e nella planimetria priva di lavori bisogna sottolineare il codice, nel nostro caso il 905 e il 63.

La scelta di “acquistare” due terreni deriva dalla geometria dei terreni stessi, per avere una forma quanto più ottimale per il posizionamento dei moduli fotovoltaici: per via delle distanze che ogni modulo deve avere con l'altro, fattore che analizzeremo in seguito, il 63 o il 905 non rispecchiavano le nostre esigenze.



**PLANIMETRIA GENERALE CATASTALE ANTE OPERAM**  
**SCALA: 1:1000**

Iniziando subito dal secondo passaggio (primo nel nostro caso) bisogna iniziare l'analisi vincolistica del terreno: sorgenti d'acqua, strade, edifici o boschi nelle vicinanze, passaggio di cavi di alta/ media tensione.

Bisogna infatti scegliere il terreno che presenti meno situazioni soggette a vincoli possibile, anche solo la presenza di molti alberi o altre costruzioni potrebbero limitare la quantità di sole assorbibile dai pannelli.

Nel nostro caso abbiamo tre diversi vincoli:

1. Distanza obbligatoria dalle fonti d'acqua, nella parte superiore del terreno passa un canale d'acqua, per motivi di sicurezza l'impianto deve distare almeno 25 metri (vincolo azzurro)
2. Distanza obbligatoria dai cavi di medio-tensione, nel mezzo del campo scelto passano i cavi della medio-tensione, per cui dovremo lasciare un margine da ambo i lati, sia per motivi di sicurezza, sia per permettere agli operai di poter lavorare e attraversare il parco solare con i macchinari necessari. Abbiamo lasciato un margine di 6.5 metri per lato, 13m in totale quindi (vincolo blu)
3. Distanza obbligatoria dalla strada, in questo caso la motivazione è prettamente estetica, per evitare di rovinare il paesaggio; infatti, abbiamo deciso di lasciare i 10 metri canonici e inserendo all'interno del vincolo una siepe continua per tutto il lato inferiore del terreno, dove vi è l'ingresso, nel quale abbiamo installato un cancello (vincolo nero)



Figura 4.2 dettaglio della prima tavola. Planimetria generale catastale post operam

In questa tavola sono presenti tutte le informazioni fondamentali per la visione globale del progetto, sia per la visione post operam della planimetria (e quindi completa di tutti i dettagli) sia per i dettagli che vengono aggiunti quali: sezione dell'impianto fotovoltaico, il particolare del cancello e della recinzione e un esempio della siepe perimetrale.

Come già anticipato, la siepe può sembrare un dettaglio secondario, ma è fondamentale nell'ottica del vincolo estetico. Nel capitolo dedicato al fotovoltaico si è illustrato come l'estetica non venga eccessivamente alterata da questo tipo di impianti, ma nel momento in cui si tratta di parchi solari vicini ad abitazioni bisogna avere più accortezze. Nel nostro caso nella "nicchia" di terreno vi è un'abitazione privata, per cui la possibilità di creare disagio ai residenti va ovviata con la collocazione di una siepe perimetrale.



### Esempio siepe perimetrale

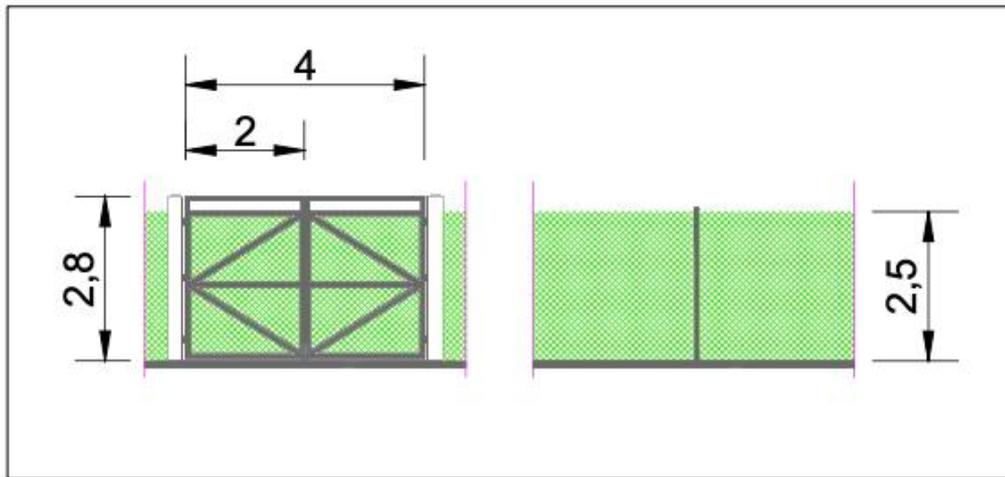
Figura 4.3 dettaglio della tav. 1. Siepe perimetrale

Collegato alla siepe vi è il particolare del cancello e della recinzione.

La recinzione non ha bisogno di particolari spiegazioni, mentre il cancello ha delle caratteristiche funzionali da non sottovalutare: le dimensioni in particolare.

Vedremo nel dettaglio raffigurato nella tavola le misure precise, ossia 2,8 m x 4m, rispettivamente altezza e larghezza. Il cancello deve avere dimensioni idonee al passaggio dei mezzi necessari agli operai per opere di manutenzione o di costruzione.

Approfondiremo nella seconda tavola il dettaglio dell'ingresso, ma, per motivi tecnici, in questa tavola devono essere raffigurate tutte le informazioni necessarie per poter capire il progetto dell'impianto nel suo insieme.



Particolare cancello e recinzione

Figura 4.4 dettaglio tav.1. dettaglio cancello e recinzione.

L'ultima parte del disegno tecnico rappresentato in questa tavola è la sezione dell'impianto fotovoltaico. Anche in questo caso, essendo la tavola rappresentativa del progetto in modo generico, non entreremo nel dettaglio, ma da qui possiamo individuare dei tecnicismi dell'impianto: viene evidenziato nuovamente il vincolo di distanza dalla strada, di almeno 10 metri, noi abbiamo aggiunto due metri ulteriori per la siepe, l'ampiezza dei moduli fotovoltaici e la distanza tra i singoli moduli (la misura viene presa da asse ad asse e deve essere di almeno 9 metri nel caso dei nostri pannelli mobili), oltre che l'ampiezza di movimento (in questo caso rotatorio) del pannello.

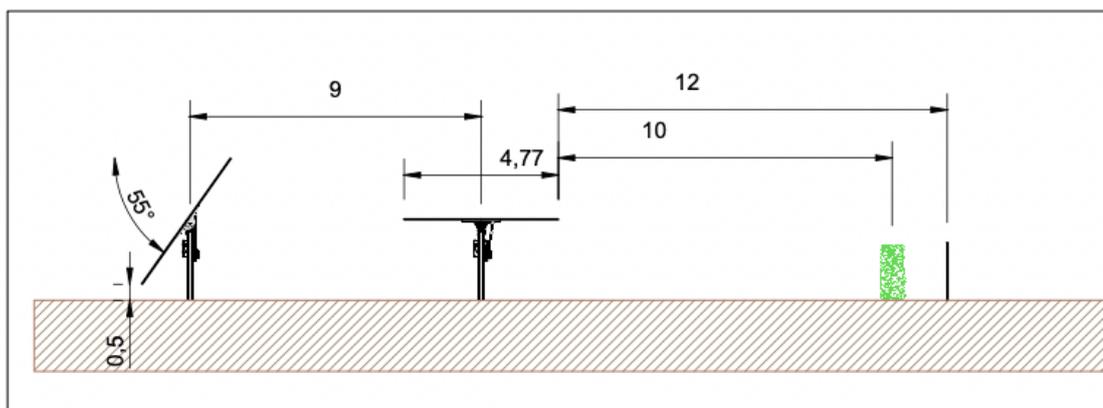


Figura 4.5 dettaglio tav.1. sezione tipo impianto fotovoltaico, non in scala.

Un'ultima informazione che ricaviamo dalla tavola è quella riguardante la classificazione dei pannelli fotovoltaici.

Proprio sopra la legenda dobbiamo esplicitare la potenza nominale dell'impianto, il numero di moduli fotovoltaici e il modello e la marca dei moduli: nel nostro caso abbiamo utilizzato 3304 moduli Longi LR/-72HGD-610M, con una potenza di 2015,44 kWp.

Queste informazioni normalmente sono fondamentali per poter presentare un preventivo e stimare la durata dei lavori e il costo di manutenzione.

POTENZA NOMINALE	2.015,44 kWp
NUMERO MODULI FOTOVOLTAICI	3304
MODELLO E MARCA MODULI FOTOVOLTAICI	Longi LR7-72HGD-610M

Figura 4.6 dettaglio tav.1

Elemento fondamentale per ogni disegno tecnico è il cartiglio: all'interno di esso sono riportate tutte le informazioni che permettono di identificare la tavola.

Il cartiglio è un elemento fondamentale nei disegni tecnici. Si tratta di una cornice rettangolare o un'area situata solitamente nell'angolo inferiore di un disegno, che contiene informazioni importanti relative al progetto.

Il cartiglio è generalmente progettato in modo standardizzato, con dimensioni e proporzioni che possono variare in base alle norme specifiche (come ISO o ANSI).

Viene posizionato nell'angolo inferiore destro o sinistro del disegno, ma può anche essere visto in altre aree del foglio, a seconda delle esigenze e delle convenzioni.

Le informazioni che vengono inserite sono generalmente:

- Nome del progetto: identifica il progetto o l'oggetto rappresentato;
- Numero del disegno: un identificatore unica per il disegno, utile per la catalogazione e il rintracciamento;
- Data di creazione: la data in cui il disegno è stato realizzato o revisionato;
- Autore: nome della persona o del team responsabile per il disegno;
- Revisione: informazioni sulle revisioni del disegno, compresi aggiornamenti e modifiche;
- Scala: la scala utilizzata nel disegno, che indica il rapporto tra le dimensioni reali e quelle rappresentate;
- Materiali: Specifiche sui materiali utilizzati, se rilevanti per il progetto.
- Riferimenti normativi: norme e standard di riferimento utilizzati nella realizzazione del disegno.

Il cartiglio è così importante per il disegno perché fornisce un'organizzazione chiara delle informazioni, rendendo più rapido per gli utenti la comprensione del contenuto del disegno. Inoltre, facilita l'identificazione e la tracciabilità dei documenti, rendendo più semplice il recupero e la revisione del disegno, oltre a essere un punto di riferimento per la comunicazione tra i vari operatori o reparti, garantendo che tutte le parti siano allineate. Il fatto che abbia il nome del disegnatore indica chiaramente chi ha creato e visionato il disegno, permettendo di assegnare le responsabilità a chi di dovere.

In conclusione, il cartiglio è un elemento cruciale nel disegno tecnico, poiché fornisce informazioni essenziali per la comprensione e l'utilizzo del progetto. La sua standardizzazione e la chiarezza delle informazioni che contiene sono fondamentali per la comunicazione e la collaborazione all'interno dei team di progettazione e produzione.

<b>PROVINCIA DI FERMO COMUNE DI FERMO</b>						
<u>TITOLO:</u> <b>Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra della potenza nominale di 2.015,44 kWp, denominato FERMO UNIVPM sito nel Comune di FERMO</b> <small>COORDINATE: 43°19'32.63"N - 13° 43'37.29"E</small>						
<b>PROGETTO PRELIMINARE</b>	<u>OGGETTO:</u>  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Planimetria generale</div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">IL PROGETTISTA</div> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; margin-top: 10px;">ROSSI VIRGINIA</div>		
	<u>COMMITTENTE:</u>  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVPM</b>  <b>Via Brunforte, 47</b>  <b>63900 Fermo (FM)</b> </div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">LA DITTA INCARICATA</div> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; margin-top: 10px;"><b>ENERGIE NUOVE SRL</b></div> <div style="font-size: 0.8em; margin-top: 5px;">           Sede Legale : 00153 Roma, Via Portuense 95/C            Sede Operativa :            61037 Mondafra' PU, Via Valcesana 214            Tel. +39 0721 96 93 03-Fax +39 0721 95 82 97            info@energiesuove.it - www.energiesuove.it         </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>		
				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Tav N</div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 30px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px;"></div> </div>		
			DATA: 03/2024			
N.	DATE	MODIFICA	FIRMA	DISEGNATO	VISTO	APPROVATO

Figura 4.7 tav.1 Particolare del cartiglio

Come anticipato nel corso del paragrafo questa tavola è fondamentale per poter comprendere nell'insieme tutto il progetto da presentare: ha al suo interno ogni informazione necessaria per poter valutare ogni dettaglio dell'impianto.

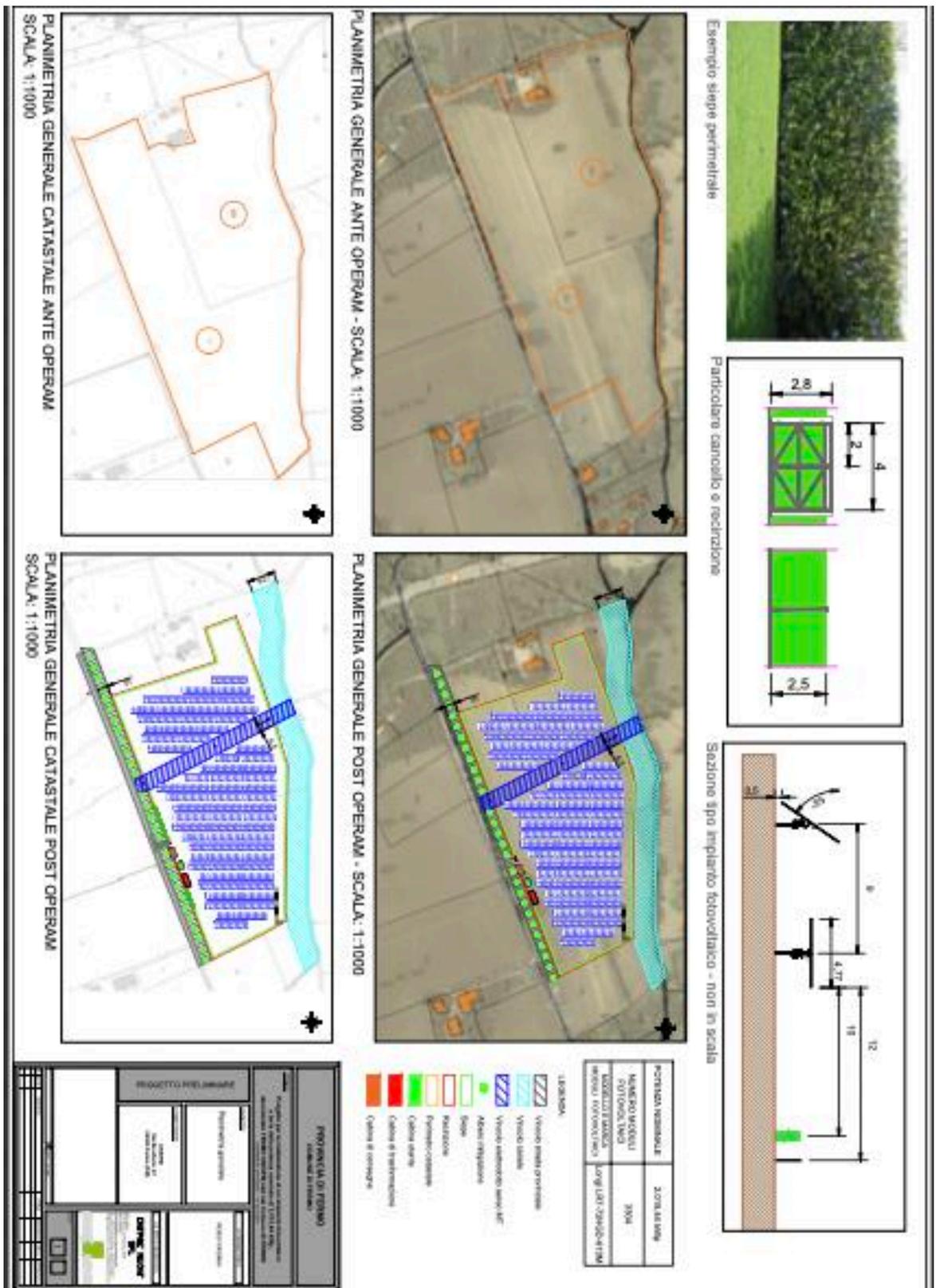


Figura 4.8. tavola 1. Progetto completo

## Capitolo 4.2 Tavola 2- Particolare dell'ingresso

Come anticipato, l'ingresso ha una gran rilevanza per lo studio dell'impianto: dalla possibilità di essere attraversato dai mezzi di costruzione o manutenzione, al collegamento delle cabine, che devono essere poste nelle vicinanze dello stesso. La prima immagine, presa da Google Earth, mostra il punto scelto come ingresso, poiché già naturalmente privo di vegetazione e quindi con meno necessità di lavori.



Figura 4.9 dettaglio della tav.2 Particolare ingresso impianto.

Nella seconda immagine della tavola vediamo un dettaglio del disegno preso da AutoCAD LT nel quale sono raffigurati tutti i particolari legati a questo punto dell'impianto: del cancello vengono ricordate le misure, così come quelle del vincolo stradale e delle pavimentazioni e dimensioni delle cabine.

Le cabine sono elementi da porre necessariamente vicine alla recinzione, in particolare quella di consegna, nel nostro caso quella arancione.

Per cabina di consegna si intende la cabina che ha il compito di gestire e ottimizzare la distribuzione dell'energia elettrica prodotta dai pannelli solari verso la rete elettrica o verso i consumatori, è infatti l'unica delle tre cabine che ha l'apertura verso l'esterno, così che gli enti di gestione di rete possano accedervi per fare le analisi necessarie.

Queste cabine sono, infatti, situate tipicamente nei punti di interfaccia tra l'impianto e la rete di distribuzione, e possono servire anche come centro di raccolta per l'energia proveniente da più fonti.

La cabina di consegna è spesso considerata un punto di interconnessione tra l'impianto di generazione e la rete di distribuzione. Essa gestisce l'immissione dell'energia nella rete e può anche distribuire l'energia a diversi utenti o linee.

Le cabine di consegna possono contenere trasformatori, ma includono anche apparecchiature per la misurazione, il monitoraggio e la distribuzione dell'energia, nonché dispositivi per garantire la qualità dell'energia.

La cabina verde è invece la cabina utente, destinata all'uso finale necessaria per la distribuzione dell'energia agli utenti: serve a distribuire l'energia elettrica fornita dalla rete o dall'impianto fotovoltaico ai consumatori finali, come edifici residenziali, commerciali o industriali. Sono, inoltre, dotate di dispositivi per monitorare e controllare la qualità dell'energia elettrica distribuita, garantendo che rispetti le specifiche richieste dagli utenti.

Questi tipi di cabine includono sistemi di protezione per i circuiti e per gli utenti finali (come interruttori e fusibili) per prevenire danni a dispositivi e apparecchiature. Possono essere integrate con sistemi di accumulo (batterie) e altre fonti energetiche rinnovabili, permettendo una gestione più flessibile e intelligente dell'energia.

L'ultima cabina è quella rossa, non visibile dal dettaglio della tavola, ma posizionata accanto a quella verde, che coincide con la cabina di trasformazione, progettata principalmente per trasformare la tensione elettrica. Essa converte l'energia elettrica prodotta da un impianto (come quello fotovoltaico) da bassa tensione a tensione alta, rendendola adatta per l'immissione nella rete elettrica.

Tale cabina include trasformatori, interruttori, dispositivi di protezione e misurazione dell'energia. La sua funzione principale è quella di gestire la tensione e la sicurezza elettrica.

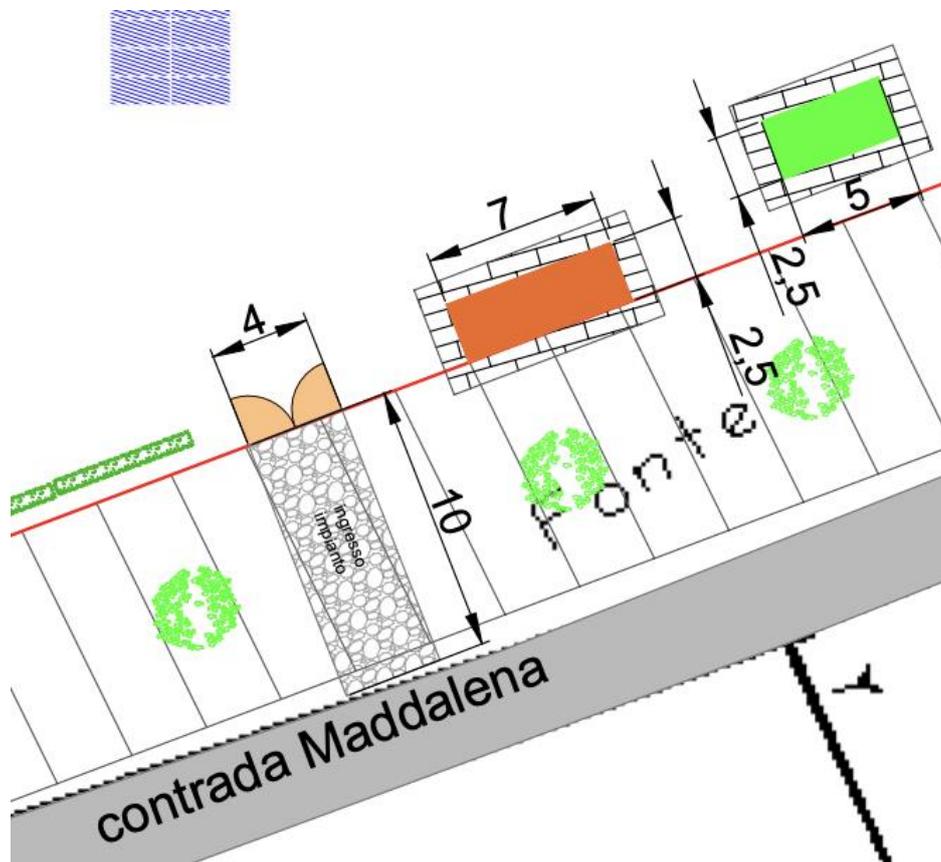


Figura 4.10 tav.2 Particolare dell'ingresso dell'impianto, in scala 1:250

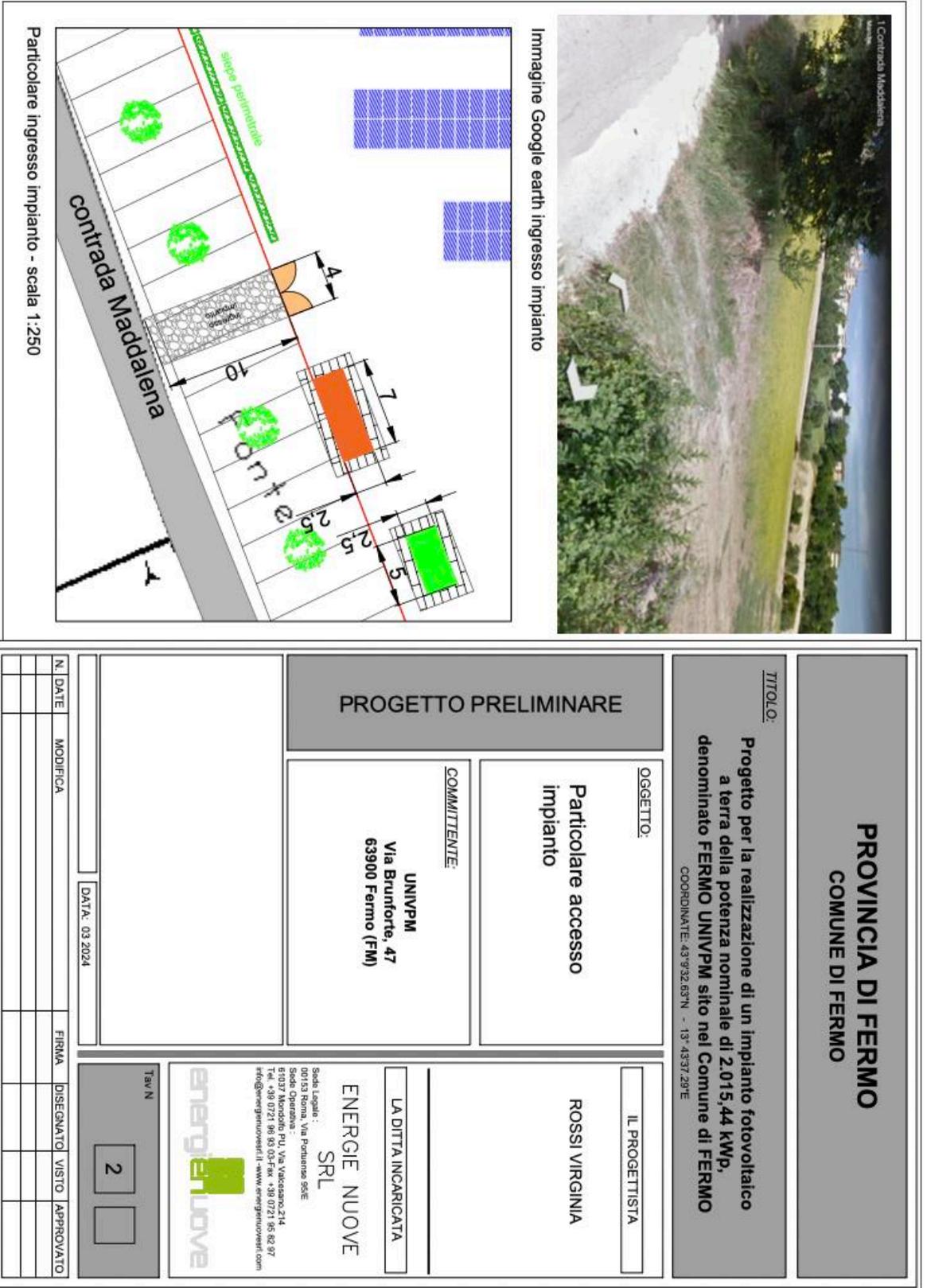


Figura 4.11 Tavola 2, particolare dell'ingresso dell'impianto.

## Capitolo 4.3 Tavola 3- Inquadramento territoriale

Nella terza tavola è raffigurato quello che viene definito “inquadramento territoriale”, ossia una vista aerea del percorso preciso da dover fare, in macchina, per raggiungere l’impianto dalla sede a cui è destinata l’energia, o viceversa.

Nel nostro caso abbiamo collegato il terreno dell’impianto con la sede di Fermo di Univpm, situata in Via Brunforte.

In questa tavola bisogna ricordare il perimetro preciso del terreno, l’elettrodotto di connessione impianto-rete (situato nei pressi dell’ingresso, per comodità lavorative e di manutenzione), il perimetro della sede Univpm e il tragitto che collega i due punti.

Un elemento non ancora citato è l’elettrodotto di connessione impianto- rete, altro non è che un sistema di conduttori elettrici che collega un impianto di generazione di energia (come un impianto fotovoltaico, eolico o altre fonti rinnovabili) alla rete elettrica pubblica. Questa connessione è fondamentale per consentire l'immissione dell'energia prodotta dall'impianto nella rete, nonché per garantire la stabilità e la sicurezza del sistema elettrico.

Le funzioni principali sono proprio:

- **Trasmissione dell’energia:** Facilita la trasmissione dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla rete, consentendo così che l'energia generata venga sfruttata da consumatori finali.
- **Integrazione nella rete:** consente agli impianti di generazione distribuita di immettere energia nella rete elettrica, favorendo una maggiore diversificazione delle fonti energetiche e alla transizione verso un sistema energetico più sostenibile.
- **Stabilità del sistema:** facilita la stabilità della rete elettrica, bilanciando la produzione e il consumo di energia. Un’adeguata connessione è fondamentale per la gestione dei flussi energetici

La progettazione degli elettrodotti deve seguire normative e standard specifici per garantire la sicurezza, l'efficienza e la protezione contro eventi come sovratensioni e cortocircuiti.

Gli elettrodotti hanno dispositivi di protezione per prevenire danni causati da sovraccarichi o guasti, assicurando così la sicurezza sia dell’impianto che della rete. L’elettrodotto di connessione impianto-rete è, quindi, un elemento chiave per l'integrazione degli impianti di generazione di energia rinnovabile nella rete elettrica. La sua progettazione e realizzazione adeguate sono necessarie per garantire una fornitura di energia elettrica sostenibile, efficiente e sicura.



## Capitolo 4.4 Tavole 4 e 5- Dettagli delle strutture da 30 e 15 moduli

Nelle ultime due tavole vengono rappresentate le strutture utilizzate per l'impianto fotovoltaico: abbiamo deciso di sfruttare due combinazioni di moduli, una da 30 e una da 15.

La scelta di usare dimensioni differenti viene dalla necessità di sfruttare al meglio lo spazio ottenuto, seguendo le normative di distanza necessarie per la sicurezza (9 metri tra i due assi paralleli delle strutture).

Le due tavole sono pressoché identiche: mostrano le viste frontali, superiori e le sezioni dei pannelli, con le misure specifiche di inclinazione e distanza.

Da queste tavole, ma anche dalla prima analizzata, si nota la particolarità dei pannelli installati: sono tracker, pannelli inclinabili.

I pannelli fotovoltaici possono essere di due categorie: fissi o a inseguimento solare (tracker).

Questi ultimi hanno sistemi di regolazione automatica dell'orientamento dei singoli moduli, consentendo di massimizzare la produzione di energia elettrica da un impianto fotovoltaico. Grazie a tale sistema, i pannelli riescono a seguire il movimento del sole e regolare l'inclinazione in modo da sfruttare al massimo la luce solare disponibile. Tale tecnologia consente di aumentare notevolmente la produttività dell'impianto, così da valorizzare l'investimento fatto e aumentare la produttività almeno del 20-25% rispetto alle strutture fisse.

Il loro funzionamento deriva da dei sensori che rilevano la posizione del sole nel cielo e attiva un motore interno per orientare il pannello solare.

Sul mercato al momento esistono diversi tipi di tracker: monofacciali e bifacciali, monoassiali o biassali, in base al numero di assi con cui seguono il movimento del sole.

I monofacciali hanno celle fotovoltaiche su una sola facciata, ossia quella superiore, ciò comporta una minore capacità di raccolta di luce solare rispetto ai bifacciali.

Questi, infatti, sono dei tracker in grado di assorbire la luce solare sia diretta che riflessa dal terreno o da superfici vicine. Tale sistema permette di aumentare la produzione energetica fino al 30% in più rispetto ai monofacciali ed è particolarmente efficiente in zone con terreni bianchi o superfici in grado di riflettere la luce, come ad esempio il mare o la neve.

Per quanto riguarda i monoassiali invece si individuano sistemi in grado di orientarsi lungo un solo asse, solitamente quello orientato verso il sole, così da massimizzare l'energia prodotta dai pannelli. Questi tracker possono ruotare i pannelli lungo una sola direzione, normalmente da est a ovest o da sud a nord, così da seguire il percorso del sole durante il giorno.

Al contrario, i biassali, riescono ad orientare i pannelli su due assi, sia un piano verticale che uno orizzontale, così da seguire il sole sia sull'asse est-ovest, sia su quella nord-sud. Con questo funzionamento i pannelli solare sono sempre orientati verso il sole e massimizzare la produzione di energia.

Sono ottime soluzioni in zone ad elevate latitudini, dove il sole non è sempre a est o ad ovest, ma si muove anche nell'asse nord-sud.

Nel nostro caso sono stati utilizzati sistemi ad inseguimento monofacciali e monoassiali.



Figura 4.13 Esempio di Tracker monoassiali e monofacciali

La domanda dei tracker negli ultimi anni è aumentata notevolmente, nonostante abbiano un costo in media più elevato del 10% rispetto alle strutture fisse. Questo perché i vantaggi, in termini di produzione di energia elettrica, sono sicuramente maggiori. L'utilizzo di un tracker fotovoltaico può aumentare la sostenibilità di tutto l'impianto, poiché riduce la necessità di sfruttare altre fonti di energia per compensare l'eventuale produzione insufficiente di energia solare.

Riguardo le differenze tra tracker monoassiali e biassiali, possiamo affermare che quest'ultimi hanno un costo maggiore rispetto ai primi. Differenza causata dalla complessità del sistema e del maggior numero di motori utilizzati per ruotare i pannelli su due assi. Inoltre, i tracker biassiali necessitano di maggiori spazi rispetto ai tracker monoassiali, in quanto i pannelli solari hanno bisogno di più spazio per ruotare su due assi.

Le nostre strutture hanno rotazione  $\pm 60^\circ$  ed un azimut di  $0^\circ$  sud. L'altezza massima dei moduli fotovoltaici è di circa 2,5m dal livello del suolo e quella minima di 0,5m alla massima inclinazione.

Le file delle strutture saranno disposte con interasse pari a circa 4,5m in modo tale da non subire rilevanti perdite di produzione dovute al reciproco ombreggiamento. Questo interasse è stato calcolato seguendo la norma CEI 82-25.

Le strutture avranno profilati in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno con battipalo. In base all'esito della relazione geologica e delle prove geotecniche svolte in sito sarà calcolata in modo ottimale la profondità a cui andranno conficcati i pali della struttura.

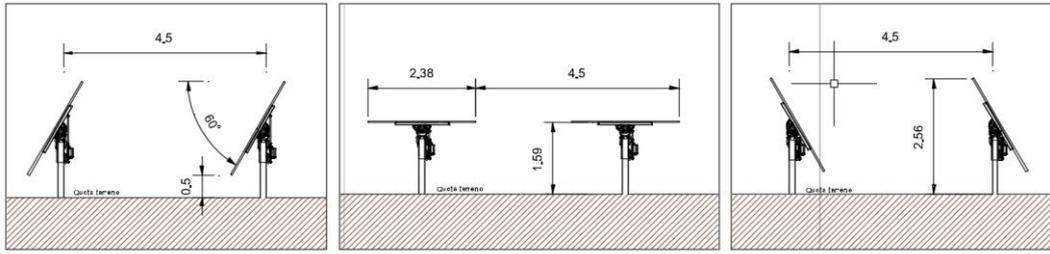


Figura 4.14 Tav.5 Vista strutture inclinate a 60°ovest, piane e 60° est; scala 1:30.

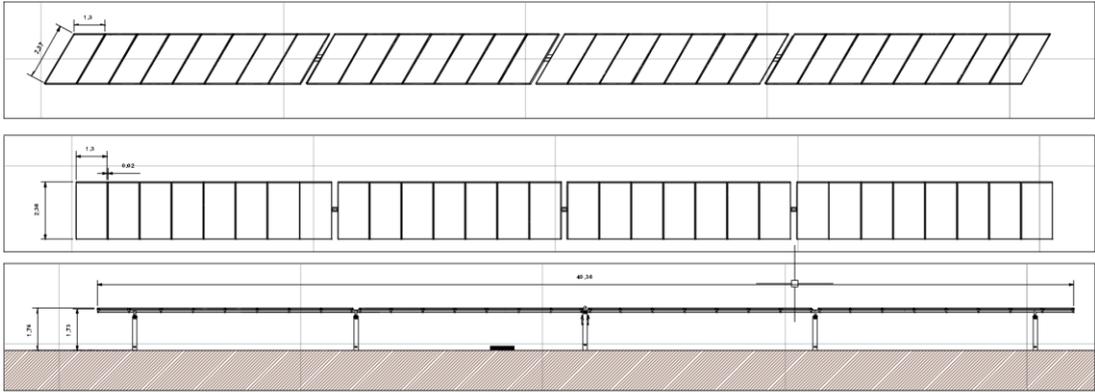
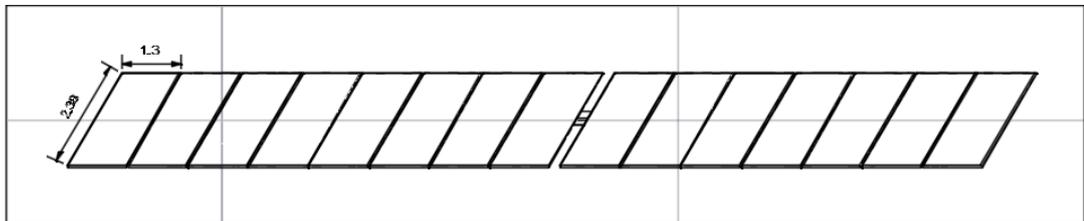
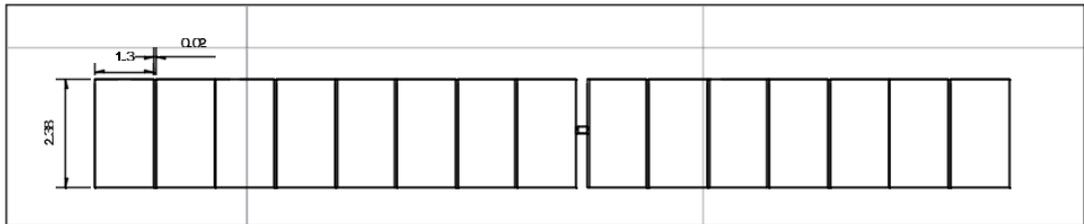


Figura 4.15 Tav.4 Vista assonometrica e in pianta struttura da 30; scala 1:30



Vista assonometrica- scala 1:30



Vista in pianta- scala 1:30

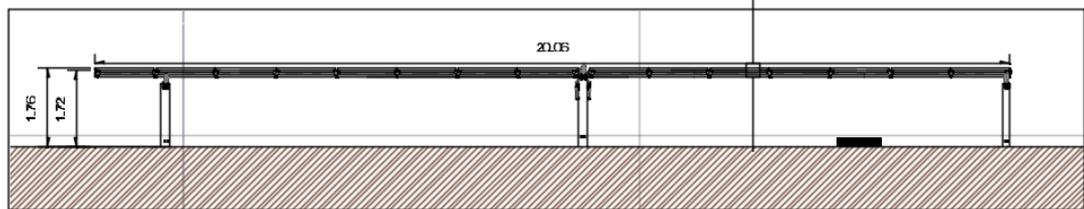


Figura 4.16 Tav. 5 Vista assonometrica e in pianta struttura da 15; scala 1:30

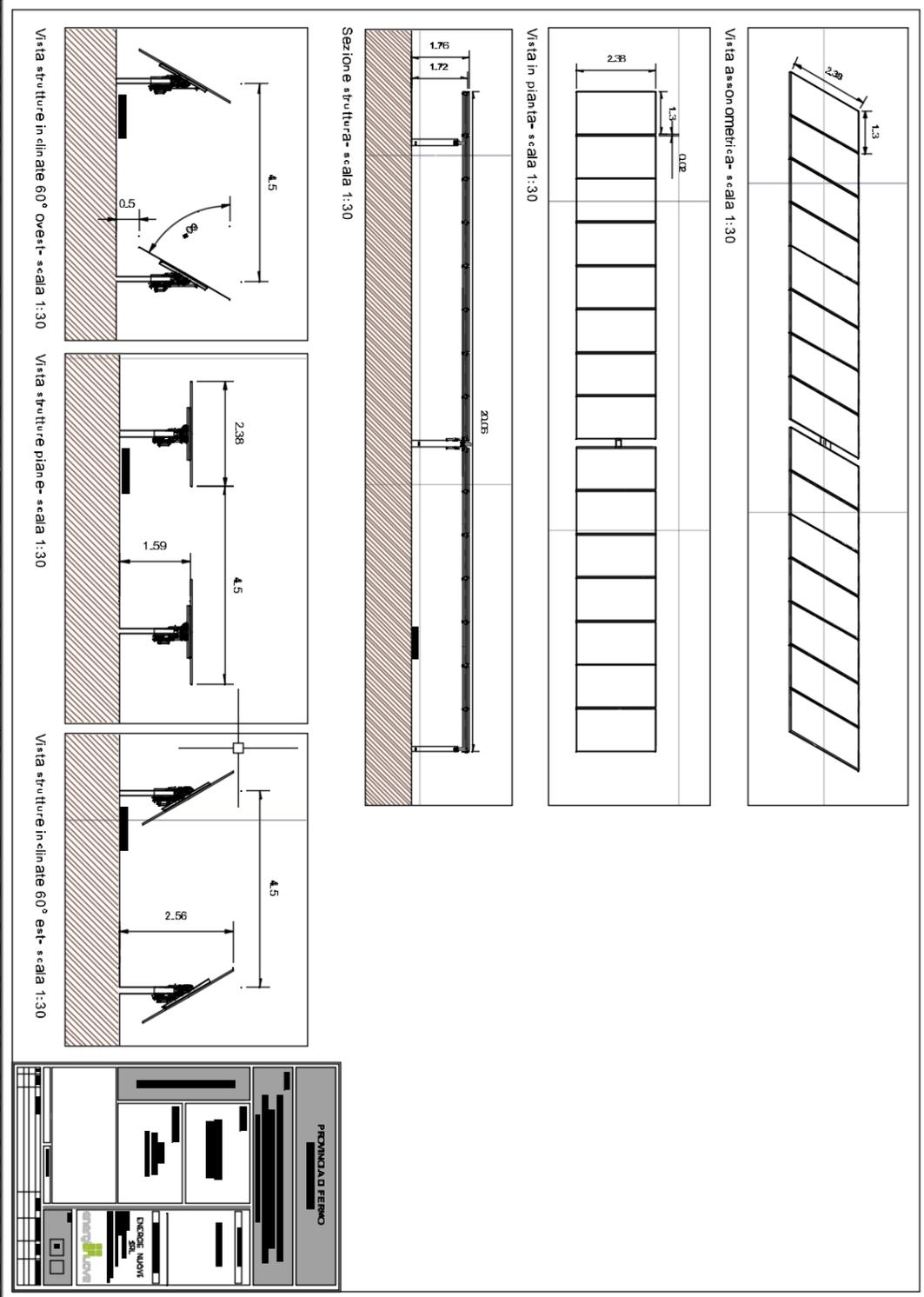


Figura 4.17 tav.5 Dettaglio struttura

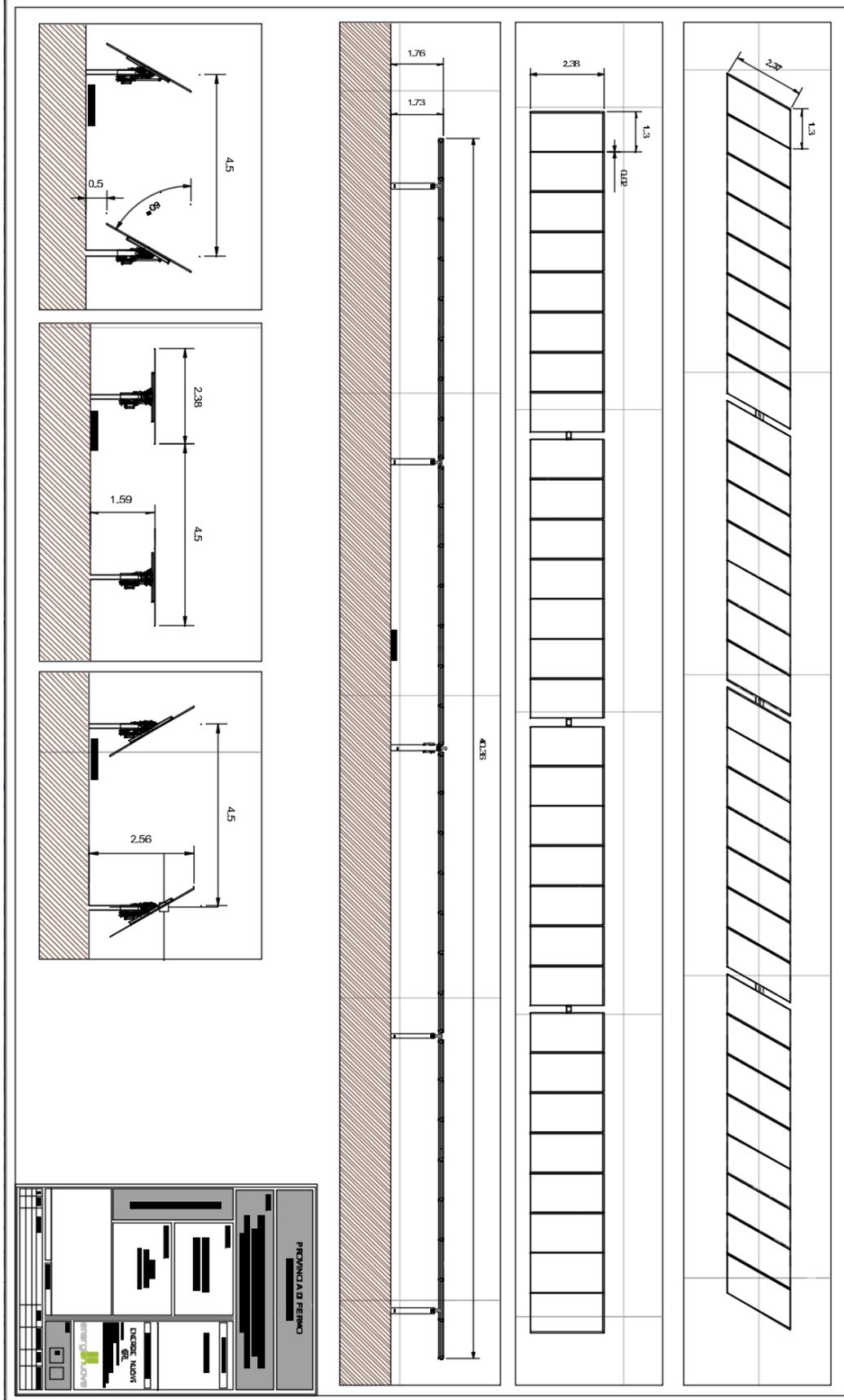


Figura 4.18 Tav.4 Dettaglio struttura

## Conclusione

I vantaggi legati all'energia fotovoltaica sono svariati, molti di più degli svantaggi: dai benefici ambientali a quelli economici, dall'incremento del comfort all'aumento dell'efficienza energetica dell'abitazione.

Dunque, i vantaggi principali sono:

- risparmio sui costi energetici: gli impianti fotovoltaici consentono di avanzare verso l'indipendenza dalla rete nazionale, diminuendo così i costi delle bollette energetiche;
- facile reperibilità di pannelli fotovoltaici di qualità;
- creazione di energia pulita: la possibilità di creare elettricità pulita e sostenibile offre benefici ambientali, favorendo la preservazione dell'ecosistema senza causare inquinamento;
- emissioni nulle: l'energia solare non emette rumori e non sprigiona sostanze pericolose;
- recupero ambientale: il fotovoltaico non necessita obbligatoriamente di aree dedicate; si possono riutilizzare superfici e spazi inutilizzati (tetti, facciate di edifici o terreni agricoli)
- aumento dell'autonomia energetica: installando il fotovoltaico è possibile incrementare la propria indipendenza energetica per dipendere sempre meno dalla fornitura esterna e dall'energia elettrica derivata da fonti fossili;
- maggiore efficienza energetica: con il fotovoltaico si migliora la classe energetica dell'immobile: l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabile è uno dei requisiti fondamentali per accedere a una categoria energetica superiore;
- valorizzazione dell'immobile: un immobile che presenta dei pannelli fotovoltaici acquisisce un valore commerciale automaticamente superiore, ottimizzando il proprio investimento immobiliare;
- accesso agli incentivi e alle agevolazioni fiscali: l'installazione del fotovoltaico implica la possibilità di beneficiare di incentivi e agevolazioni statali.
- Affidabilità e durata: gli impianti fotovoltaici permettono una manutenzione facile e poco onerosa; la vita utile dei moduli è stimata sui 25 anni. È la tecnologia con costi di manutenzione minori (rinnovabili e non) in quanto tecnologia fissa nella maggior parte dei casi;

Bisogna però considerare anche gli svantaggi dell'energia fotovoltaica, seppur limitati:

- produzione di energia non continua e omogenea: l'elaborazione di energia non è continua e omogenea. Durante la notte o in giornate piovose, il sistema può riscontrare difficoltà nella produzione di energia elettrica, rendendo talvolta necessario attingere dalla rete;
- adempimenti burocratici: l'installazione di un impianto fotovoltaico richiede una serie di soddisfacimenti burocratici, soprattutto per sfruttare le agevolazioni fiscali come il conto termico;
- ampie aree per l'installazione: per ottimizzare l'efficienza, è necessario il collegamento in serie di un elevato numero di celle fotovoltaiche, implicando l'installazione di numerosi pannelli e l'occupazione di spazi significativi.

In ogni caso, la quantità di energia generabile dipende dall'irraggiamento solare ricevuto e dalle dimensioni dell'impianto. È pertanto necessario orientare le celle fotovoltaiche verso il punto che massimizza l'irraggiamento solare, uniformando gli angoli di inclinazione per favorire l'esposizione a sud. A tale scopo, si preferiscono terreni piani capaci di assorbire su aree più estese la luce solare.

## Bibliografia

Siti consultati:

- [https://amslaurea.unibo.it/929/1/Anfossi\\_Matteo\\_Tesi.pdf](https://amslaurea.unibo.it/929/1/Anfossi_Matteo_Tesi.pdf)
- <https://www.esg360.it/sustainability-management/impianti-fotovoltaici-cosa-sono-e-che-vantaggi-forniscono/>
- <https://webthesis.biblio.polito.it/16357/1/tesi.pdf>
- <https://www.cadenas.de/it/news/id-60-anni-di-cad-la-sua-storia-dal-1957>
- <https://proleantech.com/it/the-indispensable-role-of-2d-drawings/>
- <https://www.unioneingegneri.com/autocad-2d-importanza-e-utilizzi/>
- <https://www.click-academy.it/quali-sono-le-differenze-tra-cad-2d-e-cad-3d/>
- <https://www.autodesk.com/it/products/autocad-lt/overview?term=1-YEAR&tab=subscription#:~:text=AutoCAD%20LT%20è%20un%20software,e%20la%20creazione%20di%20tabelle.>
- <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili>

Materiale cartaceo fornito in azienda