



Istituto di Istruzione Superiore
Polo Tecnico Professionale di Lugo
Lugo - RA

Progetto di Realizzazione di un Modello di Impianto Industriale ad Impatto energetico "Zero"



Anno scolastico
2024-2025

Tutor di Progetto

- Prof.ssa Michela Borrelli
- Prof.ssa Genoveffa Marisa Bufano
- Prof. Ennio Riviello

Studenti

- Bance Abdoul Aziz
- Bungaja Elvis
- Foresta Lorenzo
- Moatamed Hassanin Karim
- Ndiaye Massylla
- Popa Francesco
- Rizzi Antonio
- Sina Arlind
- Sinani Orgito
- Tedeschi Joshua

Sommario

Introduzione	2
CAPITOLO 1: Il Quadro Europeo in materia di sostenibilità	5
1.1 Anni '90	6
1.2 Anni 2000	8
1.3 Anni 2010.....	14
CAPITOLO 2: Dalla base teorica all'attuazione pratica	21
2.1 La Luce Zenitale e i Tetti Trasparenti.....	21
2.2 Edifici in Paglia	24
2.3 Palestre a dinamo.....	27
2.4 Pale Eoliche Verticali.....	31
2.5 Tetti Verdi	33
2.6 Sensori e Trasduttori.....	38
2.7 Manutenzione predittiva	40
CAPITOLO 3: La Legislazione in materia di Lavoro e Diritti dei Lavoratori	48
3.1 Contratti collettivi nazionali e deroghe.....	49
3.2 Salute e sicurezza.....	49
3.3 Riflessioni sul benessere lavorativo.....	50
CAPITOLO 4: Modellino in scala	53
4.1 Galleria fotografica.....	53
CAPITOLO 5: Progetto illuminotecnico	55
5.1 Lista lampade Dialux	55
5.2: Rendering.....	56
CONCLUSIONI	61
SITOGRAFIA	64

Introduzione

Negli ultimi anni, la questione della sostenibilità ambientale è diventata un tema cruciale nel dibattito pubblico e nelle strategie di sviluppo industriale. L'industria, tradizionalmente considerata una delle principali fonti di inquinamento e consumo di risorse, ha ora l'opportunità di reinventarsi, adottando modelli operativi che non solo minimizzano l'impatto ambientale, ma contribuiscono attivamente alla salvaguardia del nostro pianeta. Questo progetto, oggetto di questa tesi, propone la realizzazione di un modello industriale innovativo che mira a ridurre al minimo l'impatto energetico, perseguendo un obiettivo ambizioso: l'impresa a impatto energetico "zero". L'intento è quello di dimostrare come le tecnologie avanzate e le fonti di energia rinnovabili possano permettere la creazione di un'industria in grado di autoprodurre la propria energia, riducendo significativamente le emissioni di CO₂ e ottimizzando l'uso delle risorse non rinnovabili.

In un contesto globale segnato dalla crescente preoccupazione per il cambiamento climatico e l'inquinamento, questo progetto rappresenta una proposta concreta per dimostrare che anche il settore industriale può contribuire attivamente alla sostenibilità, senza compromettere la sua competitività economica. Il progetto che verrà esplorato in questa tesi non riguarda solo un esperimento di progettazione architettonica, ma si inserisce all'interno di un ampio dibattito sui diritti umani, sulle condizioni di lavoro e sulla necessità di garantire un ambiente di lavoro sicuro, equo e inclusivo. Per affrontare le sfide ecologiche, infatti, è fondamentale che i nuovi modelli industriali siano anche in grado di rispondere alle necessità di giustizia sociale e di promuovere il rispetto dei diritti dei lavoratori.

Il cambiamento climatico e l'inquinamento rappresentano minacce globali che mettono a rischio la salute del nostro pianeta e delle future generazioni. Secondo le Nazioni Unite, la riduzione delle emissioni di gas serra è cruciale per limitare l'aumento della temperatura globale e preservare gli ecosistemi. In questo scenario, le industrie sono chiamate a svolgere un ruolo decisivo nel contenere il riscaldamento globale. La transizione verso modelli industriali sostenibili non è solo una risposta alle necessità ambientali, ma anche una risposta alle crescenti richieste dei consumatori e della società

civile per pratiche aziendali più etiche e responsabili. Il presente progetto, quindi, si inserisce in questo contesto globale, proponendo una soluzione concreta per una industria sostenibile, in grado di ridurre drasticamente il suo impatto ambientale.

La realizzazione di un modello industriale a impatto energetico “zero” non si limita a una sperimentazione di soluzioni tecnologiche, ma rappresenta una riflessione più ampia sulla responsabilità che le aziende devono assumersi nei confronti dell’ambiente e della società. Il progetto mira a integrare tecnologie come i pannelli solari, le turbine eoliche, i sistemi di raccolta delle acque piovane e l’utilizzo di materiali riciclati, al fine di ridurre le emissioni inquinanti e migliorare l’efficienza energetica. La sfida principale è quella di creare un modello industriale che possa soddisfare le esigenze di produzione senza compromettere le risorse per le generazioni future, contribuendo a una gestione responsabile delle risorse naturali.

Inoltre, il progetto si inserisce in una visione globale di apprendimento esperienziale. Gli studenti della classe 5C OE, dell’IIS Polo Tecnico Professionale di Lugo hanno infatti avuto l’opportunità di applicare le competenze tecniche acquisite durante il loro percorso di studi, affrontando problemi concreti legati alla progettazione, alla gestione delle risorse e alla sostenibilità. La realizzazione del modello industriale in scala non è solo un esperimento pratico, ma rappresenta anche un’opportunità per sviluppare competenze trasversali, come il lavoro di gruppo, la gestione del progetto e la comunicazione efficace, essenziali nel mondo professionale.

Il progetto si è articolato in diversi obiettivi chiave che hanno mirato a garantire una pianificazione e una realizzazione efficaci dello stabilimento industriale a basso impatto energetico. In primo luogo, si è inteso sviluppare un modello in scala che possa fungere da prototipo per un’industria sostenibile, capace di ridurre al minimo il consumo di risorse attraverso l’integrazione di tecnologie innovative sia sul piano elettrico che strutturale. L’adozione di soluzioni tecnologiche avanzate consente, infatti, di autoprodurre gran parte dell’energia necessaria per il funzionamento dello stabilimento, tramite fonti di energia rinnovabili come il solare e l’eolico, e tramite l’implementazione di sistemi di gestione dell’acqua.

Un altro obiettivo del progetto è quello di promuovere la sostenibilità anche sotto il profilo sociale e dei diritti del lavoro. L'industria del futuro deve garantire condizioni di lavoro sicure, eque retribuzioni e un ambiente che rispetti la diversità e l'inclusione. Pertanto, il progetto include l'adozione di modelli di lavoro equilibrati e la promozione di esperienze lavorative che favoriscano il benessere dei dipendenti, come il modello della settimana lavorativa di 4 giorni, già adottato in alcuni paesi.

Il progetto è stato sviluppato seguendo un approccio metodologico che ha previsto diverse fasi di pianificazione, progettazione e realizzazione. La prima fase ha visto l'utilizzo di software CAD per la progettazione dettagliata dello stabilimento e dei suoi componenti. Sono poi stati costruiti plastici architettonici per visualizzare concretamente l'idea progettuale, utilizzando materiali sostenibili e tecnologie di stampa 3D per la realizzazione di modelli complessi. Successivamente, nella fase di implementazione, si è proceduto con l'installazione dei sistemi energetici rinnovabili e con l'adozione di soluzioni per migliorare il comfort ambientale degli spazi, come l'ottimizzazione dell'illuminazione e della temperatura interna. La fase finale di test e verifica ha infine permesso di garantire che il modello rispetti gli standard di sostenibilità e funzionalità previsti.

Il progetto di un'industria a impatto energetico "zero" rappresenta non solo un'opportunità per affrontare le sfide ambientali e sociali del nostro tempo, ma anche una dimostrazione concreta che è possibile coniugare l'innovazione tecnologica con la sostenibilità. La creazione di un modello industriale sostenibile è un passo importante verso un futuro più responsabile, in cui le industria possano svolgere un ruolo attivo nella lotta contro l'inquinamento e nella promozione di pratiche etiche e responsabili. Con questo progetto, si intende dimostrare che è possibile coniugare profitto e responsabilità sociale, dimostrando che le imprese possono essere motori di cambiamento in grado di rispondere alle sfide ecologiche e sociali del nostro tempo.

CAPITOLO 1: Il Quadro Europeo in materia di sostenibilità

La necessità di un'economia sostenibile e, al tempo stesso, responsabile dal punto di vista ambientale è emersa fin dagli inizi degli anni Settanta, quando la società tutta ha iniziato a comprendere che il modello di sviluppo tradizionale avrebbe portato, a lungo termine, al collasso dell'ecosistema terrestre. Da quel momento, il concetto di sostenibilità ha cominciato a essere ampiamente discusso e documentato.

Negli anni successivi, gli sforzi della comunità internazionale per la salvaguardia dell'ambiente, *in primis* l'Accordo di Parigi sul clima (2015)¹, hanno evidenziato in modo tangibile l'esistenza di limiti reali per il nostro pianeta. Con l'arrivo del 2020, anche il protocollo di Kyoto (adottato nel 1997 ed entrato in vigore nel 2005)² è giunto finalmente a scadenza e si è rivelato alquanto rilevante porsi nuovamente degli obiettivi coerenti con le nuove esigenze del pianeta. È sicuramente importante citare il suddetto protocollo in quanto, per la prima volta nella storia, un documento di tale portata stabiliva una riduzione delle emissioni che fosse giuridicamente vincolante per i paesi coinvolti.

È quindi, in questo panorama che si è andato ad inserire il *Green Deal* europeo³. Avviato dalla Commissione Europea nel dicembre del 2019, Il *Green Deal* viene inteso come un vero e proprio pacchetto di strategie, corredato di obiettivi e politiche, che mira alla transizione verde dell'Europa entro il 2050. Il suo traguardo intermedio, il cosiddetto "Pronti per il 55%"⁴, consiste, per l'appunto, nella riduzione delle emissioni dei gas effetto serra del 55% rispetto a quelle registrate negli anni '90 e da conseguire entro il 2030.

È evidente, quindi, come in Europa e nel resto del mondo, vedendo di volta in volta coinvolti diversi paesi firmatari, si stia parlando di tutela dell'ambiente in correlazione allo sviluppo economico e sostenibile delle nazioni coinvolte già da ormai diverso

¹ Consiglio Europeo, Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/paris-agreement/>

² Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Protocollo di Kyoto, <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/aspetti-general/protocollo-di-kyoto>.

³ Consiglio dell'Unione Europea, Green Deal Europeo, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>

⁴ Il Think Tank Italiano per il Clima, Fit for 55, <https://eccoclimate.org/it/fit-for-55/>.

tempo. Sembra doveroso pertanto, passare in rassegna alcuni degli accordi stipulati nei corsi di questi anni al fine di avere un quadro più chiaro e coerente entro cui il presente lavoro teorico e progettuale si va ad inserire per quanto concerne la realtà italiana e dell'Emilia Romagna.

1.1 Anni '90

Il cosiddetto "Summit della Terra" delle Nazioni Unite, tenutosi a Rio de Janeiro⁵, in Brasile, dal 3 al 24 giugno del 1992 ha rappresentato un punto di fondamentale importanza per quanto riguarda la collaborazione internazionale in materia di tutela e sostenibilità ambientale⁶: ben 172 paesi e organizzazioni non governative, infatti, vi hanno preso parte. La risoluzione n°44/228, che ne ha guidato i lavori, prese spunto dalle conclusioni del rapporto Brundtland, sancendo così la connessione imprescindibile tra ambiente e sviluppo: l'ambiente non è più visto come un vincolo al progresso economico, ma come una dimensione fondamentale da integrare in ogni processo di sviluppo. La risoluzione ribadì per la prima volta l'idea che il pianeta è uno e indivisibile, e che la questione ambientale riguarda tutta l'umanità, senza distinzione di confini geopolitici.

Uno dei documenti nati dalla Conferenza di Rio fu l'Agenda 21: un ampio programma d'azione per promuovere lo sviluppo sostenibile su scala globale. Sebbene non avesse vera e propria forza giuridica vincolante, l'Agenda 21 è stata considerata un "manuale operativo" fondamentale per guidare le politiche ambientali a livello locale, nazionale e globale. Suddivisa in quattro sezioni, incluse tematiche che riguardavano la gestione delle risorse naturali, la protezione della biodiversità, la lotta contro il cambiamento climatico, la deforestazione e il controllo dell'inquinamento. Inoltre, l'Agenda 21 riconobbe che la sostenibilità non riguarda solo l'ambiente, ma deve essere collegata anche a questioni economiche e sociali, quali la riduzione della povertà, la promozione della partecipazione democratica, l'accesso all'educazione e alla conoscenza scientifica,

⁵ Convenzione sui cambiamenti climatici, in: a cura di G. GARAGUSO e S. MARCHISIO, Rio 1992: Vertice per la Terra, Milano, Franco Angeli, 1993.

⁶ Anche chiamata Conferenza sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*).

e la cooperazione internazionale. Al tempo stesso, l' Agenda 21 si impegnò a garantire che ogni aspetto del progresso umano, dal sociale all'economico, fosse svolto in un'ottica di sostenibilità. La visione sottostante a tale progetto era quella che lo sviluppo sostenibile dovesse (e deve ancora) coniugare la crescita economica con il rispetto per l'ambiente e l'equità sociale. Il programma ebbe la lungimiranza di riconoscere la necessità di modificare i modelli di consumo e di produzione in modo che fossero meno dannosi per l'ambiente e che promuovessero l'adozione di politiche che rispettassero i diritti delle generazioni future.

Questa visione dell'Agenda, però, non era scissa da un approccio pratico e locale. Il programma richiedeva infatti che ogni paese implementasse le azioni contenute nel documento adattandole alle proprie specificità, esigenze e risorse. Vennero avanzate, quindi, soluzioni concrete che dovevano essere realizzate su base locale, attraverso politiche nazionali e azioni dirette sul territorio. Questo era sicuramente importante per i paesi in via di sviluppo, che non disponevano delle stesse risorse o capacità istituzionali per affrontare le sfide ambientali senza il supporto internazionale. L'idea centrale affermava, pertanto, che ogni paese avesse la responsabilità di avviare e promuovere la sostenibilità, partendo dai propri bisogni e dalla propria realtà, ma all'interno di un quadro globale di cooperazione.

Più avanti, nel 1994, è stato sancito invece il Protocollo di Montreal⁷ alla Convenzione di Vienna. Questo era un accordo internazionale fondamentale per la protezione dello strato di ozono, con l'obiettivo di ridurre e, gradualmente, eliminare l'uso di sostanze chimiche che danneggiano lo strato di ozono terrestre. È stato adottato il 16 settembre 1994 e, da allora, ha rappresentato uno degli accordi ambientali di maggior successo a livello mondiale.

Il Protocollo di Montreal si distinse per la sua portata globale e per l'approccio flessibile adottato per facilitarne l'attuazione. Con l'adesione di quasi tutti i paesi del mondo (197 in totale), l'accordo prevedeva misure differenziate in base al livello di sviluppo

⁷ Protocollo di Montreal relativo a sostanze che riducono lo strato di ozono — Dichiarazione della Comunità economica europea (GU L 297 del 31.10.1988, pag. 21).[https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/montreal-protocol-on-substances-that-deplete-the-ozone-layer.html#:~:text=Il%20protocollo%20di%20Montreal%20\(alla,sostanze%20chimiche%20che%20lo%20riducono.](https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/montreal-protocol-on-substances-that-deplete-the-ozone-layer.html#:~:text=Il%20protocollo%20di%20Montreal%20(alla,sostanze%20chimiche%20che%20lo%20riducono.)

economico dei singoli paesi. I paesi industrializzati erano tenuti a ridurre le emissioni di sostanze dannose per l'ozono più rapidamente, mentre i paesi in via di sviluppo ricevevano più tempo e supporto tecnico e finanziario per adattarsi agli impegni assunti.

Un altro aspetto centrale del Protocollo fu l'identificazione delle principali sostanze che danneggiavano, (e ancora danneggiano), lo strato di ozono, le quali vennero quindi regolate. Tra queste c'erano i CFC (clorofluorocarburi), utilizzati in refrigeranti, propellenti per aerosol e schiume isolanti, gli Halon, impiegati nei sistemi di estinzione incendi, e gli HCFC (idroclorefluorocarburi), usati come refrigeranti e solventi. Inoltre, altre sostanze come il metilcloroformio e il tetracloruro di carbonio furono incluse tra quelle da eliminare.

Il Protocollo prevedeva una progressiva eliminazione delle sostanze dannose in diverse fasi. I CFC dovevano essere eliminati entro il 1996 nei paesi sviluppati e nel 2010 nei paesi in via di sviluppo. Le normative relative agli HCFC erano stabilite con un piano di eliminazione graduale.

L'accordo promosse quindi l'adozione di tecnologie alternative più sicure per l'ambiente, come gli HFC (idrofluorocarburi), che non danneggiano l'ozono ma sono potenti gas serra. Per far fronte a questo nuovo problema, nel 2016 il Protocollo venne aggiornato con il cosiddetto Protocollo di Kigali, che estese gli impegni anche alla riduzione degli HFC, affrontando così anche gli impatti sul cambiamento climatico.

1.2 Anni 2000

Negli anni 2000 il discorso sull'ambiente e sullo sviluppo sostenibile si aprì con La Strategia di Lisbona⁸. Lanciata dall'Unione europea, l'obiettivo che ci si era posti era quello di trasformare l'UE in un'economia che si potesse dire davvero sostenibile.

L'UE, agli inizi del nuovo millennio, aveva infatti avviato un processo per favorire la transizione verso un'economia digitale basata sulla conoscenza, che fosse in grado di

⁸ Decaro Merina, DALLA STRATEGIA DI LISBONA A EUROPA 2020, Fondazione Adriano Olivetti, 2011, p. 35-40.

stimolare la crescita economica, migliorare la competitività e favorire l'occupazione. Questa trasformazione sarebbe poi stata possibile grazie all'introduzione di nuovi beni e servizi che avrebbero messo a disposizione risorse vitali per migliorare la qualità della vita e l'ambiente. Per sfruttare al massimo le potenzialità di questa opportunità, il Consiglio e la Commissione furono chiamati a elaborare un piano d'azione globale denominato *eEurope*, da presentare al Consiglio europeo. Il piano si sarebbe basato su un approccio di coordinamento aperto, che prevedeva un'analisi comparativa delle iniziative nazionali, combinata con l'iniziativa della Commissione *eEurope* e la sua comunicazione sulle strategie per l'occupazione nella società dell'informazione. Il piano d'azione *eEurope* doveva fissare obiettivi concreti e misurabili per raggiungere questi ambiziosi traguardi, con l'intento di garantire che l'Europa non solo mantenesse la sua competitività, ma fosse anche inclusiva e sostenibile nel passaggio a una società digitale.

Nel 2002, quindi la Strategia di Lisbona venne implementata grazie all'iniziativa dello "Spazio europeo della ricerca" (SER), destinata a stimolare gli investimenti in ricerca e sviluppo. La conoscenza, concepita come un "bene comune", viene considerata un elemento fondamentale e imprescindibile per lo sviluppo sostenibile. Con il Trattato di Lisbona del 2007, questo approccio si consolida, ponendo l'accento su valori quali ricerca, innovazione e libera circolazione delle conoscenze. Il mercato unico digitale viene identificato come una grande opportunità per l'UE, capace di aumentare il PIL del 4% (stime). In questo quadro, la conoscenza è considerata un bene comune sostenibile, essenziale per promuovere l'innovazione e la competitività.

Nel 2005 entra ufficialmente in vigore il Protocollo di Kyoto⁹, adottato nel 1997. Questo documento è stato uno dei primi e più significativi accordi internazionali incentrati sul cambiamento climatico. Esso stabiliva obblighi vincolanti per i paesi industrializzati e quelli con economie in transizione (come le ex repubbliche sovietiche) per quanto concerne la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 5,2% rispetto ai livelli del 1990, nel periodo compreso tra il 2008 e il 2012. L'accordo entrava a far parte della cosiddetta Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), firmata nel 1992 durante la Conferenza delle Nazioni Unite

⁹ ISPRA, Protocollo di Kyoto, <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/aspetti-general/protocollo-di-kyoto>.

sull'ambiente e lo sviluppo (Earth Summit) a Rio de Janeiro. L'obiettivo del Protocollo era stabilire un impegno concreto per limitare e ridurre le emissioni di gas serra, che sono le principali cause del riscaldamento globale e dei cambiamenti climatici.

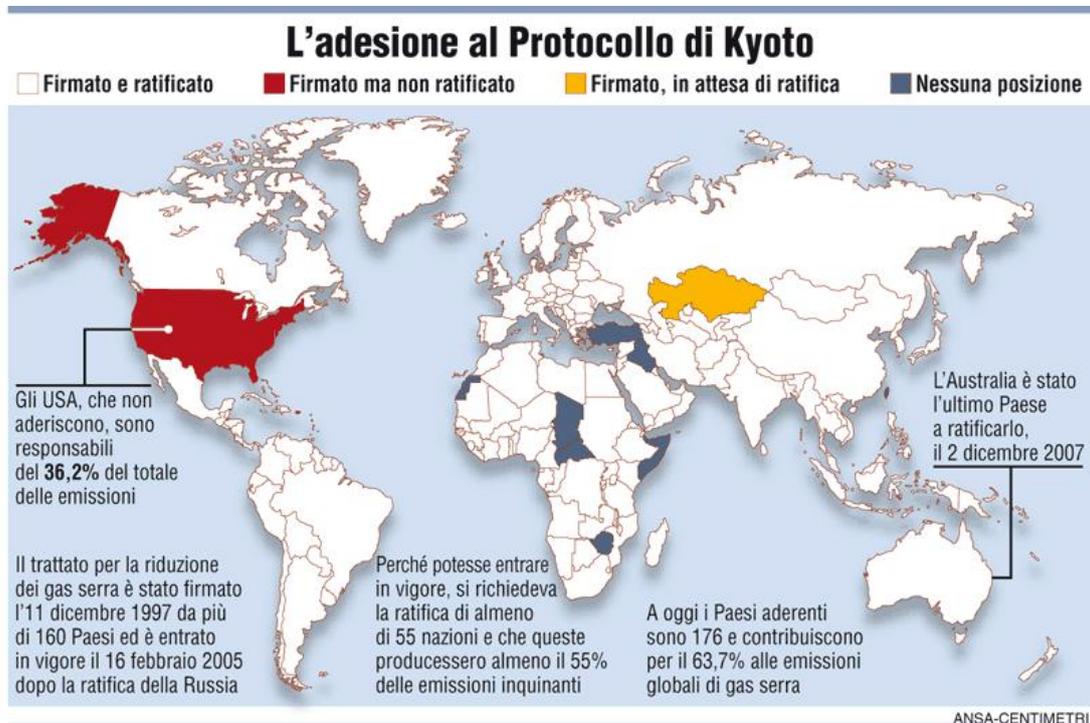


Figura 1. Adesione al Protocollo di Kyoto¹⁰

Il Protocollo di Kyoto costituì sicuramente un momento importante in quanto imponeva agli Stati firmatari di raggiungere gli obiettivi di riduzione attraverso vari strumenti e misure, tra cui:

1. Il mercato delle emissioni: un sistema che permetteva ai paesi che avevano ridotto le loro emissioni al di sotto dei limiti stabiliti di vendere i crediti di emissione in eccesso ad altri paesi che non erano riusciti a ridurre abbastanza le proprie emissioni. Questo meccanismo, chiamato "commercio delle quote di emissione", mirava a rendere economicamente vantaggiosa la riduzione delle emissioni;

¹⁰ Foto tratta dall'articolo online: <https://www.reteclima.it/protocollo-di-kyoto/>.

2. I meccanismi di sviluppo pulito (CDM): esso consentiva ai paesi industrializzati di investire in progetti che riducessero le emissioni di gas serra nei paesi in via di sviluppo, ottenendo crediti di emissione in cambio. Questi progetti includevano iniziative come l'installazione di tecnologie verdi, l'uso di energie rinnovabili e l'efficienza energetica;
3. Il Joint Implementation (JI): un meccanismo simile al CDM, ma che permetteva ai paesi sviluppati di investire in progetti di riduzione delle emissioni in altri paesi sviluppati, generando crediti di emissione.

Questa struttura mirava a rendere il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni più flessibile ed economicamente sostenibile, consentendo agli Stati di rispettare gli impegni presi in modo più efficiente. Tuttavia, il documento non includeva i paesi in via di sviluppo, che quindi non erano obbligati a ridurre le proprie emissioni dal momento che, pur essendo responsabili di una parte crescente delle emissioni globali, erano ancora in fase di sviluppo economico e industriale.

E tuttavia questo documento non fu scevro da diverse controversie. Gli Stati Uniti, ad esempio, che erano il maggior emettitore di gas serra al mondo al momento della firma dell'accordo, si ritirarono ufficialmente nel 2001 sotto la presidenza di George W. Bush, citando i costi economici e l'esclusione dei paesi in via di sviluppo dagli impegni di riduzione. Inoltre, non tutti i paesi nel tempo hanno rispettato gli impegni presi, e la sua applicazione ha evidenziato delle lacune, specialmente in termini di coinvolgimento globale. Basti pensare alla crescita delle economie emergenti come Cina e India, le quali hanno incrementato notevolmente le loro emissioni, dal momento che non erano vincolate dai vincolanti obblighi di riduzione stipulati secondo il Protocollo.

Solo più tardi, nel 2015, a Parigi, si è arrivati all'Accordo di Parigi¹¹ che ha poi sostituito il Protocollo di Kyoto. A differenza del primo protocollo, il trattato di Parigi costituì un vero e proprio trattato internazionale che si poneva l'obiettivo di coinvolgere tutti i paesi, inclusi quelli in via di sviluppo, in impegni volontari di riduzione delle

¹¹ Consiglio dell'Unione Europea, Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, 2015, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/paris-agreement-climate/>.

emissioni, con l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a ben al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali.

Infine, nel panorama degli anni 2000 è sicuramente doveroso citare anche la Conferenza mondiale sullo sviluppo sostenibile a Johannesburg. Tenutasi nel 2002, il cosiddetto Summit di Johannesburg o WSSD (World Summit on Sustainable Development)¹², si tenne a Johannesburg, in Sudafrica, ed è stata una delle tappe cruciali nel processo globale di promozione dello sviluppo sostenibile. L'incontro ebbe luogo a dieci anni di distanza dalla Conferenza di Rio del 1992, che aveva segnato la nascita del concetto di sviluppo sostenibile con l'adozione della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e dell'Agenda 21.

L'obiettivo principale della Conferenza di Johannesburg era di rinnovare gli impegni globali verso lo sviluppo sostenibile, attraverso la combinazione di sviluppo economico, inclusione sociale e protezione dell'ambiente. Durante questo incontro, i paesi partecipanti discussero le sfide più urgenti legate al futuro del pianeta, quali la povertà, la disuguaglianza sociale, il degrado ambientale e la scarsità delle risorse naturali.

Uno degli esiti principali della conferenza è stato poi l'adozione del Piano d'Azione di Johannesburg¹³, un documento che ha delineato una serie di obiettivi, strategie e azioni per raggiungere gli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Il piano era costruito su dieci obiettivi chiave, che includevano azioni specifiche in vari settori critici, come:

1. Sostenibilità ambientale: la protezione e il miglioramento dell'ambiente attraverso la gestione sostenibile delle risorse naturali. Si pose, infatti, particolare enfasi sulla gestione dell'acqua, sulla protezione della biodiversità, sul miglioramento della qualità dell'aria e sulla gestione dei rifiuti;
2. Riduzione della povertà: il Piano riaffermò l'impegno a ridurre la povertà globale, con l'obiettivo di superare la povertà assoluta entro il 2015, in particolare attraverso l'accesso a servizi di base, come l'acqua potabile, l'energia e la salute;

¹² United Nations, Convenzione di Johannesburg, 2020, <https://www.certifico.com/ambiente/documenti-ambiente/9880-convenzione-di-johannesburg>

¹³ Dichiarazione di Johannesburg sullo Sviluppo Sostenibile, Vertice Mondiale sullo sviluppo sostenibile, Johannesburg 24 agosto – 4 settembre 2002, <https://www.certifico.com/component/attachments/download/16082>.

3. Accesso all'acqua potabile e al trattamento delle acque reflue: questo è stato sicuramente uno degli obiettivi più concreti, che aveva l'intento di aumentare l'accesso a acqua potabile sicura per milioni di persone, in particolare nei paesi in via di sviluppo;
4. Sostenibilità energetica: promuovere l'uso di fonti di energia rinnovabili e più pulite per ridurre l'impatto ambientale e migliorare l'accesso all'energia nelle regioni povere;
5. Salute e benessere: migliorare la salute e il benessere della popolazione globale, con un focus specifico sulla salute ambientale e sulla lotta contro le malattie legate all'ambiente, come la malaria, la tubercolosi e le malattie trasmesse dall'acqua;
6. Ecosistemi e biodiversità: proteggere gli ecosistemi vitali e le risorse naturali globali, inclusa la conservazione della biodiversità e la gestione delle foreste, degli oceani e degli habitat naturali, che sono essenziali per il benessere umano e la stabilità ecologica del pianeta.
7. Finanza e cooperazione internazionale: rafforzare gli impegni finanziari da parte dei paesi sviluppati verso i paesi in via di sviluppo, con l'intenzione di aumentare gli investimenti in sviluppo sostenibile, in particolare nel settore delle tecnologie ambientali e delle infrastrutture verdi;
8. Educazione e sensibilizzazione: educare le popolazioni sui temi della sostenibilità, promuovendo un cambiamento nei comportamenti e nelle pratiche quotidiane per ridurre l'impatto ambientale a livello individuale e collettivo;
9. Crescita economica sostenibile: promuovere una crescita economica che fosse inclusiva e sostenibile, che creasse opportunità per migliorare le condizioni di vita, ma che non compromettesse le risorse naturali per le generazioni future.
10. Rafforzamento delle istituzioni globali: migliorare la cooperazione internazionale e delle istituzioni globali per attuare le politiche di sviluppo sostenibile, con un forte impegno a rendere più efficaci gli strumenti di monitoraggio e rendicontazione degli impegni presi dai vari Stati.

Il Protocollo di Nagoya¹⁴, adottato nel 2010 durante la Conferenza delle Parti della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) a Nagoya, Giappone, è un accordo internazionale volto a regolamentare l'accesso alle risorse genetiche e la condivisione dei benefici derivanti dal loro utilizzo. L'obiettivo principale del protocollo è garantire che i Paesi che possiedono risorse genetiche, in particolare quelli in via di sviluppo, possano trarre vantaggio dall'uso di queste risorse, prevenendo fenomeni di biopirateria¹⁵, in cui le risorse vengono sfruttate senza alcun ritorno economico per le comunità locali.

Nel contesto globale, le risorse genetiche, che includono componenti genetici di piante, animali e microrganismi, sono alla base di molte innovazioni scientifiche e applicazioni industriali. Tuttavia, in passato, le risorse genetiche sono state sfruttate senza un giusto compenso per i Paesi che le detengono, causando squilibri economici. Il Protocollo di Nagoya stabilisce un sistema di accesso e condivisione dei benefici (*ABS, Access and Benefit Sharing*), che prevede che l'accesso alle risorse genetiche avvenga solo previo consenso informato, (*PIC, Prior Informed Consent*), da parte del Paese d'origine e che i benefici derivanti siano condivisi equamente, sia in termini economici che non, come la condivisione dei risultati della ricerca e lo sviluppo delle capacità locali.

Il protocollo si basa su tre principi fondamentali: l'accesso alle risorse genetiche, che deve essere autorizzato dal paese d'origine, la condivisione dei benefici derivanti dal loro uso, che deve essere equa e trasparente, e il rispetto delle leggi nazionali, con ogni paese che gestisce le proprie risorse secondo regolamenti conformi al protocollo stesso. Questo sistema, che promuove la trasparenza e la responsabilità, ha creato un quadro legale che favorisce una gestione più giusta e regolata delle risorse genetiche a livello internazionale.

¹⁴ Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, PROTOCOLLO DI NAGOYA alla Convenzione sulla diversità biologica relativa all'accesso alle risorse genetiche e alla giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dalla loro utilizzazione, 2014.

¹⁵ Il termine "biopirateria", coniato dalla fisica ed economista indiana Vandana Shiva, si riferisce alla appropriazione indebitata di risorse naturali (come animali, piante, e altre risorse ambientali) da parte di individui o entità, senza considerare i diritti delle comunità locali e con l'unico scopo di trarne vantaggi economici. (Definizione da Dizionario online Treccani).

Tuttavia, nonostante i progressi compiuti, l'attuazione del Protocollo di Nagoya presenta ancora diverse problematiche, come la complessità nella gestione delle risorse genetiche, la varietà di normative nazionali, che indubbiamente vanno a complicare un quadro normativo internazionale già di per sé complesso, e la difficoltà nel monitorare l'intero processo di accesso e condivisione dei benefici. Nello specifico, i paesi in via di sviluppo, che spesso possiedono la maggior parte delle risorse genetiche globali, devono affrontare difficoltà legate alla *governance* e alla capacità amministrativa per gestire efficacemente i benefici derivanti dall'uso delle risorse naturali.

Nonostante ciò, il Protocollo di Nagoya ha in ogni caso avuto un impatto significativo, sia a livello scientifico che industriale, incoraggiando la cooperazione internazionale nella ricerca scientifica e nelle biotecnologie e favorendo una gestione più sostenibile e giusta delle risorse genetiche. Grazie a questo protocollo, i Paesi ricchi di biodiversità possono sicuramente trarre un vantaggio economico dall'uso delle loro risorse, contribuendo a preservare la biodiversità globale. Questo documento va quindi ad inserirsi in un discorso più ampio e rappresenta un ulteriore passo importante verso la gestione equa e sostenibile delle risorse.

Nel 2012 si è vista un'ulteriore tappa nel discorso dell'impegno politico per lo sviluppo sostenibile, e cioè La Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile (UNCSD), meglio conosciuta come Rio+20. Questa viene ricordata soprattutto in virtù del fatto che si è tenuta a Rio de Janeiro, in Brasile, nel giugno del 2012, a 20 anni di distanza dal Vertice della Terra di Rio de Janeiro UNCED del 1992, rappresentando un momento cruciale nella storia delle politiche globali per lo sviluppo sostenibile.

Rio+20¹⁶ ha visto la partecipazione di rappresentanti di governi, organizzazioni internazionali, ONG, attori del settore privato e società civile, con l'obiettivo di discutere e avanzare soluzioni per affrontare le sfide globali più urgenti, come il cambiamento climatico, la povertà, la perdita di biodiversità e la scarsità delle risorse naturali. La conferenza si è concentrata su due principali aree tematiche: l'economia

¹⁶ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Conferenza Rio+20: una sfida importante, 2017, <https://www.mase.gov.it/pagina/conferenza-rio20-una-sfida-importante>.

verde nel contesto dello sviluppo sostenibile e la *governance* internazionale dello sviluppo sostenibile. Entrambi questi temi sono stati considerati fondamentali per garantire un futuro più equo e rispettoso dell'ambiente per le generazioni future.

Uno degli obiettivi centrali della conferenza era quello di tracciare una *roadmap* globale che potesse coniugare crescita economica, inclusività sociale e sostenibilità ambientale. Le discussioni hanno portato alla definizione di "Il futuro che vogliamo", un documento che ha fissato degli impegni per favorire l'adozione di politiche di sviluppo che rispettino i limiti ecologici del pianeta, e ha promosso la creazione di Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS), un nuovo quadro di riferimento che avrebbe successivamente dato vita all'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. Questi obiettivi sono pensati per indirizzare le politiche dei singoli paesi verso un modello economico più sostenibile e giusto, promuovendo la riduzione delle disuguaglianze e il miglioramento delle condizioni di vita in tutto il mondo.

Durante Rio+20 è stato anche discusso il ruolo fondamentale della società civile e del settore privato nel raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. L'idea di un partenariato globale tra attori statali e non statali è stata una delle principali innovazioni della conferenza, che ha riconosciuto l'importanza della collaborazione a livello mondiale per affrontare questioni complesse come la gestione delle risorse naturali e la lotta alla povertà. Inoltre, sono stati sottolineati i progressi in alcune aree, come la creazione di strumenti finanziari per sostenere l'economia verde e gli investimenti in tecnologie ecocompatibili, pur con la consapevolezza che molti dei temi sollevati nelle conferenze precedenti erano ancora lontani dall'essere risolti.

Uno dei meriti della Conferenza Rio+20 è, pertanto, sicuramente da ricondurre al fatto di aver delineato una visione condivisa di sviluppo sostenibile la quale ha gettato le basi per le successive iniziative internazionali, come gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile e l'Accordo di Parigi sul Clima. Seppur con limiti nelle sue decisioni concrete, la conferenza ha segnato un passo importante nel rafforzare l'impegno globale per un mondo più giusto, equo e rispettoso dell'ambiente.

1.3 Dal 2020

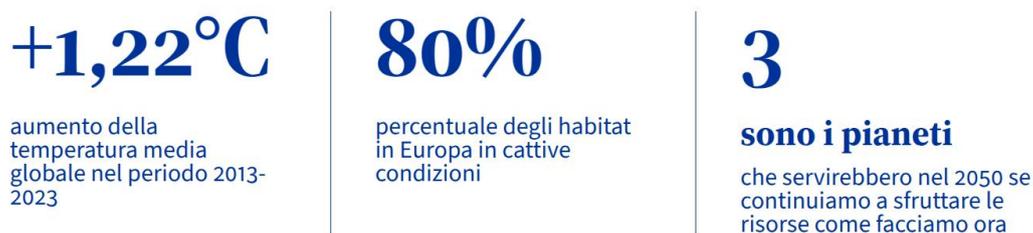


Figura 2, Alcuni dati¹⁷.

Il *Green Deal* Europeo (*European Green Deal*) è una delle iniziative più ambiziose e mai adottate dall'Unione Europea per affrontare le sfide ambientali e climatiche del nostro tempo. Presentato dalla Commissione Europea nel dicembre del 2019, questo piano strategico ha l'obiettivo di rendere l'Europa il primo continente a impatto climatico "netto zero" entro il 2050. Il *Green Deal* si propone di ridurre drasticamente le emissioni di gas serra, promuovere l'uso di energie rinnovabili e incoraggiare l'adozione di modelli di sviluppo sostenibile che rispettino l'ambiente. La sua attuazione implica pertanto un cambiamento radicale in numerosi settori dell'economia europea, tra cui l'energia, l'agricoltura, i trasporti e l'industria. Il suo obiettivo finale è quello di costruire un'economia verde, resiliente e socialmente equa, capace di garantire uno sviluppo che non comprometta le risorse per le generazioni future.

Uno degli obiettivi principali del Green Deal Europeo è sicuramente la decarbonizzazione dell'Europa, con la riduzione delle emissioni di gas serra e la promozione dell'uso di fonti energetiche rinnovabili. La Commissione Europea ha fissato come obiettivo quello di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, ovvero un bilanciamento tra le emissioni di gas serra e quelle rimosse dall'atmosfera. Per ottenere tale risultato, il piano prevede un drastico ridimensionamento dell'utilizzo di combustibili fossili, a favore di energie pulite come il solare, l'eolico, l'idroelettrico e

¹⁷ Foto tratta da Consiglio Europeo, Green Deal europeo, 2020, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/#goals>.

altre fonti rinnovabili. Questo richiederà ingenti investimenti in nuove tecnologie e infrastrutture, nonché un radicale ripensamento del settore energetico europeo. Inoltre, il *Green Deal* punta a promuovere una economia circolare, incentivando il riciclo, il riutilizzo dei materiali e la riduzione dei rifiuti, in modo da ridurre il consumo di risorse naturali e migliorare l'efficienza nell'utilizzo delle risorse stesse.

La strategia dell'UE si concentra anche sulla creazione di un sistema agricolo e alimentare più sostenibile attraverso il *Farm to Fork Strategy*¹⁸, che si propone di garantire pratiche agricole più ecologiche e una gestione responsabile delle risorse naturali. La tutela della biodiversità e la protezione degli ecosistemi sono altre priorità del *Green Deal*, che mira a ridurre l'impatto negativo delle attività umane sugli habitat naturali, promuovendo l'adozione di pratiche che proteggano la fauna e la flora, e creando aree naturali protette. In questo contesto, il Piano per la Natura 2030 è uno degli strumenti principali per raggiungere gli obiettivi di conservazione delle specie e degli ecosistemi vulnerabili.

Un altro settore cruciale del *Green Deal* riguarda la mobilità sostenibile. L'UE intende incentivare il passaggio a veicoli a basse emissioni di carbonio, in particolare promuovendo la mobilità elettrica e l'uso dei mezzi di trasporto pubblici e condivisi. Questo implica, oltre al supporto per la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie, la costruzione di una rete adeguata di infrastrutture per veicoli elettrici, nonché la promozione di politiche che riducano l'impatto ambientale dei trasporti su strada. L'obiettivo è quello di incentivare l'uso di soluzioni di mobilità alternative che riducano l'inquinamento atmosferico e acustico nelle città e nei centri urbani.

E tuttavia la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio comporta sfide significative, soprattutto per le aree e i settori più dipendenti dai combustibili fossili, come quelli industriali e minerari. La ristrutturazione di questi settori richiede

¹⁸ Considerata come “a il primo vero tentativo di politica agroalimentare integrata”, da Le Strategie Farm to Fork 2020-30 e Biodiversità 2030 Un'analisi della Coalizione CambiamoAgricoltura, https://www.camera.it/application/xmanager/projects/leg18/attachments/upload_file_doc_acquisiti/pdfs/00/004/033/Documento_CambiamoAgricoltura.pdf.

non solo ingenti investimenti, ma anche una gestione attenta delle ripercussioni sociali ed economiche. A tal fine, l'Unione Europea ha istituito il Fondo per la Transizione Giusta, con l'obiettivo di sostenere le regioni e i lavoratori che rischiano di essere maggiormente penalizzati dalla trasformazione. Inoltre, la realizzazione del *Green Deal* comporta la necessità di una cooperazione stretta tra i vari Stati membri dell'UE, ciascuno dei quali ha caratteristiche economiche e politiche differenti. La questione principale sarà proprio quella di trovare soluzioni che bilancino gli obiettivi di sostenibilità con la necessità di promuovere crescita economica e coesione sociale in tutti i Paesi membri.

È soprattutto, alla luce di quanto visto finora, che si va ad inserire un interesse verso l'azione internazionale in materia di crisi climatica e non si può non citare la stipula dei diversi accordi multilaterali ambientali¹⁹ (o *Multilateral Environmental Agreements - MEAs*), che l'Unione Europea ha ratificato e che coprono diverse aree cruciali per la sostenibilità globale, come la protezione dell'aria, la lotta ai cambiamenti climatici, la conservazione della biodiversità e la gestione delle risorse naturali. Questi accordi, negoziati a livello globale, regionale e sub-regionale, mirano a coordinare gli sforzi per affrontare problemi ambientali che non conoscono confini nazionali, come l'inquinamento atmosferico o la gestione delle acque transfrontaliere.

Nel quadro della sua politica ambientale, l'UE ha elaborato l'Ottavo Programma d'Azione Ambientale (8° EAP²⁰), che si allinea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi sul clima e con l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. L'8° EAP si propone l'ambizioso obiettivo di garantire che, entro il 2050, la società europea viva in armonia con i limiti planetari, in una cosiddetta economia del benessere, in cui la crescita sia rigenerativa e l'impatto ambientale sia ridotto al minimo. In questo contesto, l'UE non solo adotta misure interne per garantire la sostenibilità delle sue politiche, ma si impegna anche a favorire la transizione verso un futuro più verde e inclusivo a livello globale. Questo approccio prevede l'adozione di regole climatiche e ambientali

¹⁹ Commissione europea, *Multilateral Environmental Agreements (MEAs)*, 2022

https://environment.ec.europa.eu/international-cooperation/multilateral-environmental-agreements-meas_en.

²⁰ Commissione Europea, *Environment action programme to 2030, The 8th Environment Action Programme (EAP) will guide European environmental policy until the end of the decade*, 2022, https://environment.ec.europa.eu/strategy/environment-action-programme-2030_en.

ambiziose da parte di paesi terzi, promuovendo la sostenibilità aziendale e la *governance* ambientale internazionale, e rafforzando la cooperazione con altri governi e organizzazioni internazionali. Inoltre, l'UE si pone come esempio nel promuovere la protezione ambientale e il cambiamento climatico in tutte le sedi internazionali, cercando di influenzare positivamente le politiche globali per il bene comune del pianeta.

Questa panoramica, pur non essendo esaustiva, fornisce comunque un quadro generale e sufficientemente chiaro degli interventi politici in materia di sviluppo sostenibile. Tali interventi, che vengono elaborati a livello dell'Unione Europea, sono poi recepiti nel contesto italiano, insieme agli altri Stati membri. È fondamentale sottolineare questa dinamica, poiché ci consente di avere una visione coerente e orientata, che costituisce un punto di riferimento sia per la pianificazione delle politiche che per il raggiungimento degli obiettivi in materia di sostenibilità, nel rispetto di standard comuni e condivisi a livello europeo.

CAPITOLO 2: Dalla base teorica all'attuazione pratica

2.1 La Luce Zenitale e i Tetti Trasparenti

Con luce zenitale si intende quella luce naturale che viene dall'alto²¹. L'esposizione alla luce solare è da sempre riconosciuta come fondamentale per il benessere psicofisico degli individui, influenzando positivamente non solo l'umore, ma anche il corretto funzionamento dei ritmi circadiani e la salute in generale. Tuttavia, a causa di stili di vita moderni, oggi si trascorre gran parte del proprio tempo all'interno di spazi chiusi come abitazioni, uffici, scuole e centri commerciali, limitando significativamente l'esposizione alla luce naturale. Questo cambiamento ha avuto effetti deleteri sulla salute mentale e fisica, con un aumento delle patologie legate alla mancanza di luce naturale e di aria sana. La vita sempre più sedentaria, tipica dei nostri giorni, comporta quindi una ridotta esposizione alla luce naturale. Le persone trascorrono molte ore al giorno all'interno di ambienti chiusi, dove non solo manca la luce del sole, ma anche l'interazione con la natura, che è essenziale per il nostro equilibrio psicofisico. Le carenze di luce naturale interferiscono con i cicli naturali di veglia e sonno, contribuendo all'insorgere di disturbi come l'insonnia, la depressione stagionale e altre problematiche legate alla sfera emotiva.

Alla luce di questi problemi, diventa fondamentale ripensare il design degli edifici, specialmente quelli residenziali, in modo da garantire un'adeguata illuminazione naturale durante l'arco della giornata. Non basta più progettare abitazioni che siano solo funzionali; è necessario che gli spazi interni siano progettati con un'attenzione particolare alla luce solare, che è un elemento che non può essere replicato artificialmente in modo soddisfacente. Infatti, a differenza della luce artificiale, la luce naturale cambia continuamente in base all'orientamento dell'edificio, alla stagione e all'ora del giorno. Questi cambiamenti, se ben sfruttati, possono contribuire notevolmente al benessere degli abitanti.

La luce naturale, dopotutto, è più intensa di quella artificiale, soprattutto quando proviene dall'alto. Una finestra sul tetto, ad esempio, consente di ottenere una maggiore

²¹ Anaci Italia Servizi, La Luce Zenitale: cos'è e come si ottiene, <https://www.anacitaliaservizi.com/altro/luce-zenitale-cose-e-come-si-ottiene/#:~:text=Con%20luce%20zenitale%20si%20intende,che%20riceva%20luce%20dall'esterno.>

illuminazione rispetto a una finestra tradizionale posta sulla facciata, perché la luce zenitale non viene filtrata da altri oggetti e arriva direttamente dal cielo.

L'utilizzo della luce zenitale, insieme a quello dei tetti trasparenti, viene perciò considerato un'innovazione, sempre più utilizzata, nel campo dell'architettura contemporanea. Questi concetti, che vedono la combinazione dell'uso della luce naturale con tecnologie avanzate, hanno il potenziale di rivoluzionare la progettazione degli spazi interni, offrendo vantaggi estetici, funzionali e ambientali.

La luce zenitale, che entra negli ambienti attraverso aperture nel tetto come lucernari o finestrate trasparenti, è una delle forme di illuminazione naturale più efficaci. Tale luce infatti proviene direttamente dall'alto e crea un'illuminazione uniforme e diffusa, riducendo la necessità di ricorrere all'illuminazione artificiale durante il giorno. Grazie a questa tecnica, gli spazi risultano più luminosi, meno contrastati e quindi più confortevoli per chi li abita o li utilizza.

Al fine di sfruttare al meglio i vantaggi della luce zenitale, si accompagnano ad essa i cosiddetti tetti trasparenti, realizzati con materiali come vetro, policarbonato o altre soluzioni moderne. Questi materiali non solo consentono un flusso abbondante di luce naturale negli ambienti, ma, se progettati correttamente, possono migliorare anche l'isolamento termico degli edifici. Infatti, i tetti trasparenti possono sfruttare il calore del sole per riscaldare in modo naturale gli spazi interni durante i mesi freddi, riducendo la necessità di ricorrere a sistemi di riscaldamento artificiali e contribuendo così a una maggiore efficienza energetica. Questo approccio, unito alla possibilità di godere della vista del cielo e di una connessione diretta con l'ambiente esterno, porta gli spazi abitativi a un nuovo livello di comfort e di armonia con la natura.

Quando si parla di luce naturale attraverso lucernari e tetti trasparenti bisogna, tuttavia, tenere conto di alcune considerazioni. Una delle problematiche principali riguarda il controllo del calore e della luce, in particolare durante i periodi estivi, quando l'eccessiva esposizione solare può causare surriscaldamenti indesiderati e fastidiosi riflessi. Per risolvere queste problematiche, è necessario adottare soluzioni adeguate che possano gestire l'illuminazione e il calore in modo efficiente. Tra le soluzioni più diffuse vi sono i filtri UV, che schermano i raggi ultravioletti dannosi senza

compromettere la trasparenza dei materiali, proteggendo gli spazi interni e preservando l'integrità dei materiali e degli arredi. Questi filtri, in grado di schermare anche l'infrarosso, limitano l'ingresso di calore e prevengono danni a lungo termine causati dai raggi solari.



Figura 3 Tetti Trasparenti²² Blocco UV Vetro

Oltre ai filtri UV, è possibile implementare sistemi di ombreggiatura esterni o interni, come tende, frangisole o persiane, che permettono di modulare l'intensità della luce in base all'ora del giorno e alle condizioni atmosferiche. Questi sistemi di protezione solare contribuiscono a ridurre l'abbagliamento e il calore in eccesso, mantenendo il comfort visivo degli occupanti. Inoltre, l'uso di materiali fotovoltaici trasparenti per la realizzazione di tetti consente non solo di ottenere luce naturale, ma anche di generare energia elettrica, trasformando il tetto in una fonte di energia rinnovabile e sostenibile.

Sistemi intelligenti di gestione della luce, che possono monitorare la posizione del sole e regolare automaticamente l'intensità della luce naturale o il livello di riscaldamento, sono sempre più integrati negli edifici moderni. Essi permettono una gestione ottimizzata dell'energia, contribuendo a ridurre i consumi e ad aumentare l'efficienza energetica dell'edificio. Grazie a queste tecnologie avanzate, gli edifici possono essere progettati in modo più sostenibile, riducendo l'impatto ambientale e migliorando la qualità della vita al loro interno.

Nel nostro modellino, pensiamo di utilizzare la luce zenitale e i tetti trasparenti per massimizzare l'ingresso di luce naturale, creando ambienti ben illuminati e piacevoli. Le finestre per tetti, posizionate strategicamente, non solo favoriscono un'illuminazione

²² Foto tratta da Blocco UV Vetro, <https://customglassmfg.net/it/uv-blocking-glass/>.

ottimale, ma promuovono anche un'efficace ventilazione naturale grazie all'effetto camino. L'aria calda che sale verso l'alto sarà sostituita da aria fresca, migliorando il comfort termico. Integrando queste soluzioni, puntiamo a rendere l'edificio più sostenibile ed energeticamente efficiente, riducendo la necessità di illuminazione artificiale e migliorando la qualità dell'ambiente.

2.2 Edifici in Paglia



Figura 4 Edifici in Paglia²³

Gli edifici in paglia rappresentano una tipologia di costruzione che fa uso delle balle di paglia come materiale primario per le pareti e l'isolamento termico. Questa pratica edilizia, che ha radici profonde in diverse culture, è stata recentemente riscoperta grazie alla crescente sensibilità nei confronti della sostenibilità ambientale e della necessità di ridurre l'impatto ecologico delle costruzioni.

²³ Foto tratta da Ingenio, Costruire Edifici con la Paglia, 2022, <https://www.ingenio-web.it/articoli/costruire-edifici-con-la-paglia/>.

La paglia, infatti, è un materiale naturale, facilmente reperibile, rinnovabile e biodegradabile, il che la rende una scelta ecologica particolarmente vantaggiosa, soprattutto se paragonata ad altri materiali tradizionali come il cemento e il mattone, che hanno un impatto ambientale decisamente più elevato²⁴.

La costruzione di edifici in paglia affonda le sue radici in diverse tradizioni costruttive. In Europa, per esempio, la paglia veniva utilizzata dai contadini come materiale economico per costruire abitazioni modeste, ma anche facilmente reperibili, in grado di rispondere a esigenze abitative primarie. Negli Stati Uniti, in particolare nel Nebraska, la tecnica di costruzione con la paglia è stata utilizzata fin dall'Ottocento, dove venivano impilate balle di paglia legate tra loro per formare pareti portanti, sopra le quali venivano poi posati i tetti. Con il progresso della costruzione di strade e ferrovie, però, i materiali convenzionali come il mattone e il cemento hanno preso il sopravvento, facendo cadere nell'oblio le costruzioni in paglia. Solo a partire dagli anni '80, grazie a studi e ricerche condotte da architetti e costruttori, la tecnica è stata riscoperta e adattata alle esigenze moderne.



Figura 5 The Burke House, ad Alliance, è la più vecchia casa in paglia esistente in Nebraska.

Tra i principali vantaggi delle case in paglia vi è il loro eccellente isolamento termico. Le balle di paglia, se correttamente posizionate e trattate, offrono una resistenza termica

²⁴ Case in Paglia, Breve Storia delle Case in Paglia, <https://www.caseinpaglia.it/storia-case-paglia-2/>.

che permette di mantenere gli ambienti freschi in estate e caldi in inverno, riducendo sensibilmente la necessità di riscaldamento e raffreddamento artificiale. Questo traduce in un risparmio energetico significativo e in minori costi di gestione dell'abitazione. Inoltre, la paglia, essendo un materiale naturale e facilmente reperibile, ha un impatto ambientale molto ridotto. La sua produzione non richiede processi industriali complessi, a differenza di cemento e mattoni, contribuendo così a ridurre l'impronta di carbonio dell'edificio.

Tuttavia, ci sono anche alcuni svantaggi da considerare quando si sceglie la paglia come materiale per la costruzione. Uno dei più comuni è la percezione che gli edifici in paglia siano poco resistenti o addirittura vulnerabili agli incendi. Questo timore è infondato, poiché, se costruiti e trattati adeguatamente, gli edifici in paglia possono essere molto resistenti e sicuri. È fondamentale utilizzare materiali di alta qualità e seguire le normative edilizie locali per garantire la sicurezza dell'abitazione. In particolare, la protezione contro l'umidità e le infestazioni di insetti è un aspetto cruciale per mantenere l'integrità della struttura nel tempo.

Le tecniche costruttive per gli edifici in paglia possono variare, ma il metodo più diffuso è quello delle balle di paglia impilate. Le balle, che possono essere intere o tagliate a seconda delle necessità, vengono impilate e legate insieme per formare le pareti. Queste strutture possono essere successivamente rivestite con materiali come intonaco di argilla, calce o gesso, che proteggono la paglia dagli agenti atmosferici e ne migliorano l'estetica. Un altro metodo utilizzato prevede la costruzione a telaio, in cui la paglia viene utilizzata come materiale di riempimento tra i montanti in legno. Entrambi i sistemi offrono vantaggi in termini di efficienza energetica e sostenibilità, ma richiedono una progettazione accurata e la scelta di materiali adeguati per garantire la durabilità dell'edificio.

Un altro aspetto fondamentale riguarda la manutenzione degli edifici in paglia. Sebbene la paglia sia resistente e durevole, è necessario prestare attenzione alla protezione contro l'umidità, che potrebbe compromettere la qualità del materiale. È importante che le pareti di paglia siano correttamente protette dalla pioggia e che vengano previsti sistemi di drenaggio adeguati per evitare che l'acqua penetri nel materiale. Inoltre, le case in

paglia devono essere monitorate per eventuali infestazioni di insetti che potrebbero danneggiare le strutture. Tuttavia, se trattati correttamente, gli edifici in paglia possono durare molti decenni senza particolari problemi.

Per coloro che desiderano costruire una casa in paglia, è importante considerare alcuni aspetti pratici. La scelta del sito è cruciale, poiché è necessario garantire che il terreno sia stabile e che ci siano buone condizioni di drenaggio per evitare danni causati dall'umidità. È anche fondamentale informarsi sulle normative edilizie locali, che potrebbero prevedere restrizioni o requisiti particolari per l'utilizzo di questo tipo di materiale. È consigliabile coinvolgere professionisti con esperienza nella costruzione di case in paglia, per assicurarsi che il progetto venga realizzato in modo sicuro e conforme alle normative.

Nel nostro modellino, intendiamo applicare il concetto delle case in paglia come soluzione abitativa ecologica, enfatizzando i vantaggi in termini di sostenibilità e efficienza energetica. Abbiamo utilizzato, infatti, la paglia come materiale principale per le pareti, sfruttando le sue proprietà isolanti per garantire comfort termico, sia in estate che in inverno.

2.3 Palestre a dinamo

Il progetto della palestra a dinamo nasce con l'intento di coniugare l'attività fisica e la produzione di energia elettrica in modo innovativo e sostenibile. L'obiettivo principale è quello di autoprodurre l'energia necessaria per l'azienda utilizzando il movimento fisico dei dipendenti, trasformando così una fonte di energia altrimenti sprecata in una risorsa. In particolare, si intende sfruttare il tempo trascorso dai lavoratori nella palestra aziendale, permettendo loro di impegnarsi in attività ricreative che, al contempo, contribuiscono alla generazione di energia pulita.

Il principio di funzionamento delle attrezzature in una palestra a dinamo si basa sulla tecnologia della dinamo²⁵, un dispositivo che converte l'energia meccanica in energia

²⁵ Treccani, Dinamo, <https://www.treccani.it/enciclopedia/dinamo/>.

elettrica. La dinamo rappresenta una delle scoperte fondamentali nel campo dell'elettromagnetismo e della produzione di elettricità. A partire dal 1831, con gli studi pionieristici di Michael Faraday e Joseph Henry, il concetto di induzione elettromagnetica ha permesso lo sviluppo della dinamo, che ha rivoluzionato il settore dell'elettricità.

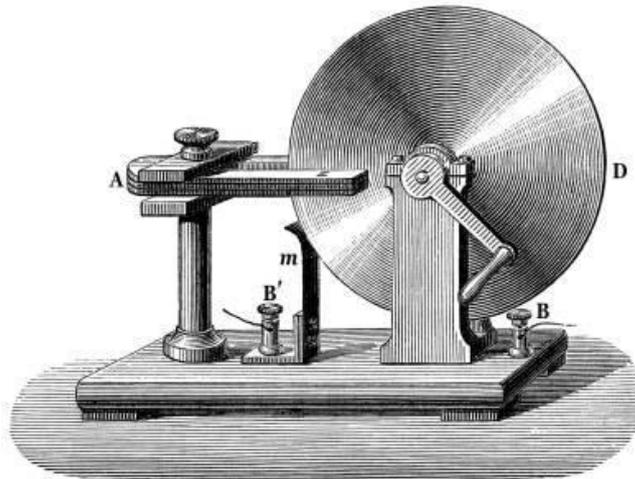


Figura 6 Prima dinamo a disco a disco realizzata da M. Faraday tra il 1831 e il 1832²⁶

La prima dinamo, ideata da Antonio Pacinotti nel 1860, ha segnato una svolta importante, consentendo una produzione elettrica più economica ed efficiente rispetto ai precedenti metodi. La dinamo funziona grazie alla rotazione di un conduttore all'interno di un campo magnetico, generando così una corrente elettrica continua. Il principio della dinamo è stato successivamente applicato in vari contesti, tra cui quelli di piccola potenza come quelli che si trovano oggi nelle palestre a dinamo, dove l'energia prodotta è destinata all'alimentazione di dispositivi elettrici.

Nel contesto della nostra palestra a dinamo, il movimento fisico dei dipendenti viene utilizzato per generare energia elettrica. Le attrezzature sono progettate per trasformare lo sforzo fisico in energia pulita, che viene poi immagazzinata in batterie o direttamente utilizzata per alimentare altre apparecchiature aziendali. La palestra diventa quindi non solo un luogo di benessere, ma anche una fonte di energia rinnovabile. Le attrezzature scelte per questo scopo comprendono cyclette, manubri, tapis roulant e leg press, tutte

²⁶ Foto tratta da <https://it.wikipedia.org/wiki/Dinamo>.

immagazzinata in batterie per essere utilizzata in un secondo momento. Il collegamento tra gli attrezzi e il sistema elettrico è progettato per garantire che l'energia venga immagazzinata e distribuita in modo sicuro e senza dispersioni. Questo sistema permette di ottimizzare la produzione di energia, riducendo la dipendenza da fonti esterne.

Le attrezzature e il sistema elettrico sono collegati a un quadro di distribuzione che regola il flusso dell'elettricità verso le batterie di accumulo o direttamente verso i dispositivi aziendali che necessitano di alimentazione. La gestione intelligente dell'energia consente di garantire un'autosufficienza energetica parziale, riducendo i costi aziendali e contribuendo alla sostenibilità ambientale.

Per quanto concerne invece la manutenzione delle attrezzature della palestra, questo è un aspetto fondamentale per garantire il funzionamento ottimale e la durabilità del sistema. Ogni attrezzatura deve essere soggetta a ispezioni regolari per assicurarsi che il sistema di dinamo funzioni correttamente e che non vi siano malfunzionamenti o perdite di energia. La manutenzione deve essere eseguita da personale qualificato, in grado di monitorare l'efficienza delle macchine e intervenire prontamente in caso di necessità.

Inoltre, per assicurare che le attrezzature continuino a produrre energia in modo efficiente, è necessario implementare un piano di manutenzione predittiva. Grazie all'utilizzo di sensori avanzati e di software di monitoraggio, è possibile raccogliere dati sul funzionamento delle attrezzature e identificare tempestivamente eventuali malfunzionamenti prima che possano compromettere l'efficienza energetica. Questo approccio consente di ridurre i costi di riparazione e prolungare la vita utile delle macchine.

2.4 Pale Eoliche Verticali

Le pale eoliche verticali, o turbine eoliche ad asse verticale (VAWT, *Vertical Axis Wind Turbines*), rappresentano una delle più interessanti innovazioni nel campo delle energie rinnovabili. A differenza delle tradizionali turbine ad asse orizzontale, che sono comunemente utilizzate nelle centrali eoliche, queste turbine hanno un design che prevede il rotore disposto verticalmente rispetto al suolo. Questo permette di catturare l'energia eolica da qualsiasi direzione senza la necessità di un sistema di orientamento, rendendo le pale eoliche verticali particolarmente adatte per ambienti urbani o altre aree dove le condizioni di vento possano variare frequentemente²⁸.

Le turbine eoliche verticali si suddividono principalmente in due categorie: Darrieus e Savonius. Entrambe presentano caratteristiche distinte che le rendono adatte a diverse condizioni operative e necessità specifiche.

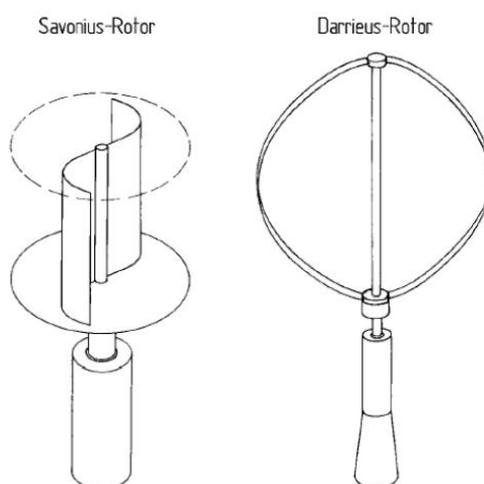


Figura 8 Pale eoliche Verticali²⁹

1) Pale Eoliche Darrieus: Il design di queste turbine è curvilineo e ricorda una sorta di "ala d'uccello" capovolta. La loro struttura è progettata per funzionare in modo più efficiente in presenza di venti ad alta velocità. Questo tipo di turbina è noto per la sua capacità di generare energia in modo continuo, ma la sua costruzione è più complessa

²⁸ Acea energia, Pale eoliche, <https://www.acea.it/guide/pale-eoliche-domestiche>.

²⁹ Foto tratta da Chiappalone Alessandro, Studio di una Turbina Eolica Innovativa ad Asse Verticale, Università degli studi di Genova-Scuola Politecnica, 2016.

rispetto ad altri modelli. Le pale di Darrieus sono particolarmente efficaci quando il vento è costante e potente, ma tendono ad avere difficoltà in condizioni di vento debole o variabile.

2) Pale Eoliche Savonius: A differenza delle Darrieus, le pale Savonius sono progettate in modo più semplice e hanno una forma che ricorda due mezzi cilindri o una "S". Queste turbine sono più adatte per ambienti con venti leggeri o variabili. Sono più facili da costruire e richiedono una manutenzione meno costosa rispetto ad altri tipi di turbine. Sebbene possiedano un'efficienza inferiore rispetto alle Darrieus, le pale Savonius sono un'opzione interessante per applicazioni a bassa potenza o in aree dove il vento non è costantemente forte.

Le pale eoliche verticali presentano una serie di caratteristiche che le rendono una soluzione interessante in vari contesti, sia urbani che rurali:

- **Compattezza e Flessibilità di Installazione:** le turbine verticali sono generalmente più compatte rispetto alle turbine orizzontali. Ciò significa che possono essere installate in spazi più ridotti, come i tetti degli edifici o in aree urbane densamente popolate, dove lo spazio per installare grandi turbine tradizionali è limitato. Questo rende le pale eoliche verticali particolarmente adatte per l'integrazione nelle città, dove l'uso di energie rinnovabili è in forte crescita;
- **Cattura Efficiente del Vento da Direzioni Variabili:** una delle principali caratteristiche delle turbine verticali è la capacità di catturare il vento che proviene da qualsiasi direzione. Questo elimina la necessità di sistemi di orientamento, che invece sono necessari per le turbine orizzontali. Tale flessibilità rende le pale eoliche verticali più versatili e in grado di generare energia in condizioni di vento più variabili;
- **Ridotto Impatto Visivo e Sonoro:** le turbine eoliche orizzontali, soprattutto quelle di grandi dimensioni, sono spesso considerate esteticamente invasive e producono rumori notevoli durante il loro funzionamento. Le pale eoliche verticali, essendo generalmente più compatte e silenziose, tendono ad avere un impatto visivo e sonoro ridotto, risultando meno fastidiose per le persone che vivono nelle vicinanze;
- **Sicurezza per la Fauna Selvatica:** grazie alla loro forma e al movimento più lento delle pale, presentano un minor rischio per la fauna selvatica, in particolare per gli

uccelli e i pipistrelli. Questo le rende una scelta preferibile in zone naturali o parchi protetti, dove la conservazione della biodiversità è fondamentale.

Tra i vantaggi dello sfruttare delle pale eoliche verticali ricade sicuramente l'efficienza in condizioni di vento variabili: le turbine ad asse verticale sono in grado di catturare il vento da tutte le direzioni, il che le rende ideali per aree urbane dove il vento può cambiare direzione frequentemente. Inoltre queste sono particolarmente adatte agli spazi ristretti in virtù della loro struttura compatta che le rende perfette per installazioni in spazi ristretti, come tetti o piccole aree verdi. La riduzione del rumore e dell'impatto visivo, insieme a una minore minaccia per la fauna selvatica, ne fanno una scelta ecologica più favorevole rispetto alle turbine tradizionali.

Tra i possibili svantaggi si tiene conto che, in generale, le turbine ad asse verticale tendono ad avere un'efficienza energetica inferiore rispetto alle turbine orizzontali, soprattutto in condizioni di vento ottimali. Le turbine orizzontali sono in grado di produrre più energia grazie alla loro maggiore capacità di captare il vento. Inoltre, le pale eoliche verticali tendono a subire maggiore usura rispetto alle turbine orizzontali a causa del loro movimento che può essere più irregolare e richiedere più manutenzione.

2.5 Tetti Verdi

I tetti verdi sono una delle soluzioni più promettenti e versatili per promuovere un'edilizia sostenibile in quanto uniscono elementi naturali e architettonici in un contesto urbano. Un tetto verde è una copertura che incorpora uno strato di vegetazione, rendendo l'edificio non solo più efficiente dal punto di vista energetico, ma anche più esteticamente gradevole e ecologicamente utile. Queste strutture sono in grado di offrire numerosi benefici, sia a livello ambientale che economico, e sono particolarmente adatte per migliorare la qualità della vita nelle aree urbane.



Figura 9 Tetti Verdi³⁰

Esistono diverse tipologie di tetti verdi, ciascuna con caratteristiche specifiche in base alle necessità del progetto e al tipo di vegetazione scelto. Le principali tipologie sono tre: estensivi, intensivi e semi-intensivi. Ogni tipo di tetto verde ha diverse esigenze di manutenzione e funzionalità.

- Tetti Estensivi: essi sono caratterizzati da un peso contenuto, richiedono una manutenzione minima e sono generalmente coperti da piante resistenti e a bassa crescita, come muschi e sedum. Questi tetti sono ideali per chi cerca una soluzione a bassa manutenzione, perfetta per un impatto ecologico positivo senza richiedere troppe attenzioni;
- Tetti Intensivi: sono più pesanti e supportano una varietà di piante più diversificata, compresi arbusti e anche alberi di dimensioni contenute. Questi tetti richiedono una manutenzione regolare simile a quella di un giardino tradizionale e offrono maggiori opportunità per la creazione di spazi verdi urbani vivibili, come giardini e aree ricreative.
- Tetti Semi-Intensivi: questi combinano caratteristiche dei tetti estensivi e intensivi. Hanno un substrato di medio spessore e una vegetazione variata, ma richiedono una

³⁰ Foto tratta da <https://www.infobuild.it/approfondimenti/giardini-verticali-tetti-verdi-futuro-sempre-piu-green/#Quanto-costa-la-realizzazione-di-un-tetto-verde>

manutenzione moderata. Questi tetti rappresentano un buon compromesso tra estetica e funzionalità, combinando vantaggi economici e praticità.



Figura 10 Tetto verde intensivo ed estensivo³¹

In Italia, la progettazione, installazione e manutenzione dei tetti verdi è regolata dalla norma UNI 11235:2015, che stabilisce i criteri per la realizzazione di queste strutture. La norma distingue tra le diverse tipologie di tetti verdi, fornendo indicazioni su materiali, progettazione, installazione e manutenzione. Tra gli aspetti trattati, vengono fornite anche alcune linee guida su come selezionare i materiali più adatti, garantire un'adeguata stratificazione dei vari strati (come substrato e sistema di drenaggio) e valutare il carico strutturale necessario per supportare il sistema verde.

Per quanto concerne i costi di realizzazione di un tetto verde, questi possono variare notevolmente in base alla tipologia di tetto e alla vegetazione scelta. I tetti estensivi, che richiedono una manutenzione minima e una vegetazione più semplice, hanno un costo medio che va dai 30 ai 50 euro al metro quadrato. I tetti semi-intensivi, che presentano una vegetazione più variegata e richiedono una manutenzione moderata, hanno un costo che va dai 100 ai 200 euro al metro quadrato. Infine, i tetti intensivi, che includono una

³¹ Foto tratta da Fonte Clever Cities, Horizon 2020, Ambiente Italia.

varietà più ampia di piante e richiedono cure simili a quelle di un giardino tradizionale, possono costare dai 60 ai 180 euro al metro quadrato.

In Italia, esiste un incentivo fiscale, il "bonus verde", che consente una detrazione IRPEF del 36% sulle spese sostenute per la realizzazione di tetti verdi. Questa detrazione è applicabile su un importo massimo di 5.000 euro per unità abitativa e viene ripartita in dieci rate annuali.

Al di là dei benefici fiscali che si possono ricavare, i tetti verdi offrono numerosi vantaggi sotto vari aspetti: ambientale, energetico, nonché economico e sociale.

1. Ambientali: i tetti verdi contribuiscono a ridurre l'effetto isola di calore, abbassando la temperatura nelle aree urbane grazie al processo di evapo-traspirazione³². Le piante presenti filtrano anche le particelle inquinanti, migliorando la qualità dell'aria e assorbendo gas nocivi come il diossido di carbonio (CO₂). Inoltre, i tetti verdi aiutano nella gestione delle acque piovane, riducendo il rischio di allagamenti e migliorando il drenaggio urbano;
2. Energetici: un tetto verde fornisce un eccellente isolamento termico, contribuendo a ridurre il fabbisogno di riscaldamento in inverno e di raffreddamento in estate. Questo porta a una significativa riduzione dei consumi energetici, con conseguenti risparmi sulle bollette e una diminuzione delle emissioni di gas serra. Inoltre, i tetti verdi riducono l'assorbimento di calore da parte degli edifici, migliorando l'efficienza energetica complessiva;
3. Economici: i tetti verdi possono ridurre i costi di manutenzione delle coperture tradizionali, proteggendo il tetto dalle radiazioni UV e dalle escursioni termiche. Inoltre, questi edifici aumentano il loro valore commerciale grazie alla loro estetica e funzionalità. Gli spazi verdi, infatti, sono sempre più ricercati in contesti urbani, dove il valore di mercato degli immobili può aumentare notevolmente;

³² L'evapotraspirazione è una variabile o grandezza fisica usata in agrometeorologia. Consiste nella quantità d'acqua (riferita all'unità di tempo) che dal terreno passa nell'aria allo stato di vapore per effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione, direttamente dal terreno. È spesso indicata nei manuali con la sigla ET (definizione da Prati Armati, <https://www.pratiarmati.it/caratteristiche-geotecniche/evapotraspirazione/>).

4. **Sociali:** la presenza di tetti verdi favorisce il benessere psicologico degli abitanti, offrendo spazi verdi che riducono lo stress e migliorano la qualità della vita. I tetti verdi possono essere utilizzati come aree ricreative per i residenti, diventando luoghi di socializzazione, relax o orti urbani. In questo modo, favoriscono l'interazione sociale e il rafforzamento del senso di comunità, rendendo gli spazi urbani più vivibili.

La scelta delle specie vegetali per un tetto verde dipende dalla tipologia di tetto, dalle condizioni climatiche locali e dalle preferenze dei committenti. È fondamentale selezionare piante che possano adattarsi al tipo di substrato, alle condizioni di sole e di ombra, nonché alla disponibilità di acqua. Specie come il sedum e altre piante grasse sono ideali per tetti estensivi, mentre arbusti e piccoli alberi possono essere adatti per tetti intensivi. Il Giardino Botanico di Chicago ha identificato alcune specie vegetali particolarmente adatte per tetti verdi, come l'Antennaria dioica, il Phlox subulata e il Juniperus chinensis, che si sono dimostrate particolarmente resistenti a caldo, freddo e siccità.



Figura 11 Benefici dei tetti verdi³³

³³ Foto tratta da Clever Cities, Horizon 2020, Ambiente Italia.

2.6 Sensori e Trasduttori

Il termine "sensore" si riferisce a dispositivi che registrano in modo indipendente parametri e proprietà fisiche o chimiche dell'ambiente circostante o degli oggetti³⁴. Tali parametri includono grandezze come temperatura, luminosità, velocità o accelerazione. A differenza degli organi sensoriali umani, i sensori sono in grado di rilevare fenomeni che resterebbero invisibili all'occhio umano o che potrebbero essere troppo pericolosi per l'intervento diretto. Un aspetto fondamentale dei sensori è la loro capacità di convertire i dati raccolti in segnali, i quali possono essere interpretati da esseri umani o dispositivi elettronici. Questi segnali, che possono assumere forme visive, acustiche o elettriche, permettono una comprensione immediata delle condizioni rilevate, facilitando interventi rapidi e mirati.

Un esempio comune di sensore è il sensore di movimento, un dispositivo che rileva ogni tipo di movimento improvviso in una determinata area, come ad esempio all'interno di un'abitazione. Questo tipo di sensore, conosciuto anche come rilevatore volumetrico, è solitamente integrato in un sistema di allarme. Esso si attiva quando il movimento viene rilevato, e può avvisare l'utente o l'amministratore del sistema, incrementando la sicurezza dell'ambiente. I sensori di movimento sono spesso classificati in base alla tecnologia utilizzata nel loro funzionamento, come sensori a infrarossi passivi o attivi, sensori a microonde, e sensori a ultrasuoni. Ogni tipo di sensore ha una specifica modalità operativa, a seconda del campo di applicazione e dei requisiti tecnici.

Un altro esempio interessante riguarda i trasduttori. I trasduttori sono dispositivi in grado di misurare una grandezza fisica e convertirla in un'altra forma di energia. Ad esempio, un trasduttore di pressione, anche conosciuto come sensore di pressione, misura la pressione di un fluido o gas e la converte in un segnale elettrico. Questo segnale può essere utilizzato per monitorare e regolare i processi industriali o per garantire la sicurezza di un impianto. La conversione della pressione in un segnale

34 Elettronica Open Source, Sensori industriali: caratterizzazione, principi di funzionamento e applicazioni, 2022, <https://it.emcelettronica.com/sensori-industriali-caratterizzazione-principi-di-funzionamento-e-applicazioni#:~:text=Cosa%20sono%20i%20sensori%3F,includere%20temperatura%2C%20luminosit%C3%A0%20o%20accelerazione>.

elettrico permette una gestione automatica e un controllo più preciso dei sistemi, riducendo il rischio di errori umani.

Per quanto concerne l'applicazione pratica dei sensori di movimento ci si rifà al settore industriale, dove possono essere utilizzati per monitorare e proteggere macchinari sensibili. Quando un sensore di movimento rileva un movimento anomalo in una macchina, può inviare un segnale di allarme, facendo scattare un arresto immediato per evitare danni all'attrezzatura o per proteggere gli operatori che lavorano nelle vicinanze. La combinazione di sensori con dispositivi di sicurezza attivi, come gli interruttori automatici, assicura che i macchinari si spengano in modo sicuro in caso di emergenza, migliorando la protezione dell'ambiente di lavoro.

Un ulteriore esempio riguarda i trasduttori di temperatura, che sono utilizzati per rilevare e misurare la temperatura dell'aria, di solidi o di liquidi. Questi dispositivi, che funzionano come sensori, convertono le variazioni termiche in segnali elettrici, rendendo possibile la lettura della temperatura tramite strumenti elettronici. Esistono trasduttori di temperatura a contatto e senza contatto, a seconda che rilevino direttamente la superficie di un oggetto o l'ambiente circostante. Tali sensori sono fondamentali per applicazioni in cui il controllo termico è cruciale, come nei sistemi di raffreddamento industriale o nelle operazioni di gestione delle risorse energetiche.



Figura 12 Sensori³⁵

³⁵ Foto tratta da PCE Italia, <https://images.app.goo.gl/dHiHnqDXQJXjMkJL9>.

Ne viene da sé che l'adozione di sensori e trasduttori non solo migliora l'efficienza operativa ma contribuisce anche a generare risparmi economici significativi. Diverse applicazioni industriali e domestiche possono trarre vantaggio dall'uso dei sensori per ottimizzare l'uso delle risorse, migliorare la sicurezza sul lavoro e ridurre il consumo energetico.

- I sensori per l'acqua e l'energia consentono di monitorare il consumo in tempo reale, permettendo alle aziende di identificare sprechi e inefficienze. Ciò permette di ridurre i costi operativi attraverso l'ottimizzazione dell'uso delle risorse e la gestione intelligente dell'energia. In ambienti industriali, i sensori possono essere installati su macchinari e impianti per monitorare continuamente il loro stato di funzionamento, evitando guasti imprevisti e costosi;
- Quelli di rilevamento dei gas, della temperatura e di altre variabili ambientali sono fondamentali per migliorare la sicurezza sul posto di lavoro. Ad esempio, sensori di gas possono rilevare la presenza di sostanze pericolose nell'aria e allertare i lavoratori o attivare automaticamente i sistemi di ventilazione per evitare situazioni di pericolo. Ciò riduce il rischio di incidenti sul lavoro e minimizza la necessità di interventi manuali rischiosi.
- Quelli di movimento e di luminosità possono contribuire significativamente al risparmio energetico in ambienti aziendali o residenziali perché possono attivare luci o apparecchiature elettriche solo quando rilevano la presenza di persone. Ciò significa che le luci si accendono automaticamente in presenza di un individuo e si spengono quando non sono necessarie, evitando sprechi di energia nelle aree non occupate. Allo stesso modo, i sensori di luminosità regolano l'intensità dell'illuminazione artificiale in base alla quantità di luce naturale disponibile, riducendo ulteriormente il consumo di energia.

2.7 Manutenzione predittiva

La manutenzione preventiva è un approccio proattivo che mira a prevenire guasti, ridurre i tempi di inattività e aumentare la durata complessiva delle risorse. Senza aspettare che i componenti si guastino o si degradino, vengono effettuate ispezioni,

riparazioni e sostituzioni regolari per garantire il corretto funzionamento dei sistemi aziendali. Inoltre, la manutenzione preventiva aiuta a identificare le aree in cui è possibile apportare miglioramenti in termini di efficienza energetica. Monitorando continuamente le prestazioni delle apparecchiature e identificando le anomalie, le aziende possono ottimizzare i propri processi e ridurre gli sprechi³⁶.

La manutenzione predittiva comporta soprattutto un vantaggio di tipo economico in quanto permette di risparmiare sui costi rispetto agli altri tipi di manutenzioni basate sul tempo. Una logica predittiva prevede la realizzazione dell'intervento solo quando è strettamente necessario. Ciò significa che ogni componente viene utilizzata al massimo senza operare una sostituzione anzitempo. L'obiettivo ultimo è minimizzare il numero di ispezioni, sia perché rappresentano un costo, sia perché in alcuni casi possono essere proprio queste le responsabili dei guasti. Oltre all'aspetto economico, un approccio predittivo offre i seguenti vantaggi.

Integrando la manutenzione predittiva nella manutenzione preventiva, le aziende possono beneficiare di una strategia di gestione delle risorse che combina monitoraggio continuo, analisi avanzata e interventi proattivi, garantendo il massimo rendimento delle apparecchiature e un notevole risparmio sui costi operativi a lungo termine.

Nonostante l'elevato costo di investimento in ICT (*Information and Communication Technology*) e sensoristica necessari allo sviluppo di un sistema di manutenzione predittiva, questa risulta la tecnica di manutenzione preventiva più appropriata nell'89% dei modi di guasto (Hashemian, 2010).

L'interesse degli studiosi, verso questa politica manutentiva è sempre maggiore anno dopo anno fin dal primo articolo pubblicato nel 1952, come mostrato dal grafico³⁷.

³⁶ Foto tratta da Petroniana Group, <https://www.lapetroniana.com/it/sicurezza-e-risparmio-energetico-grazie-alla-manutenzione-preventiva-degli-impianti/>.

³⁷ Tratto da Manutenzione predittiva, <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/manutenzione-predittiva-nellindustria-a-che-punto-siamo-dove-si-investe-di-piu-e-in-cosa/>.

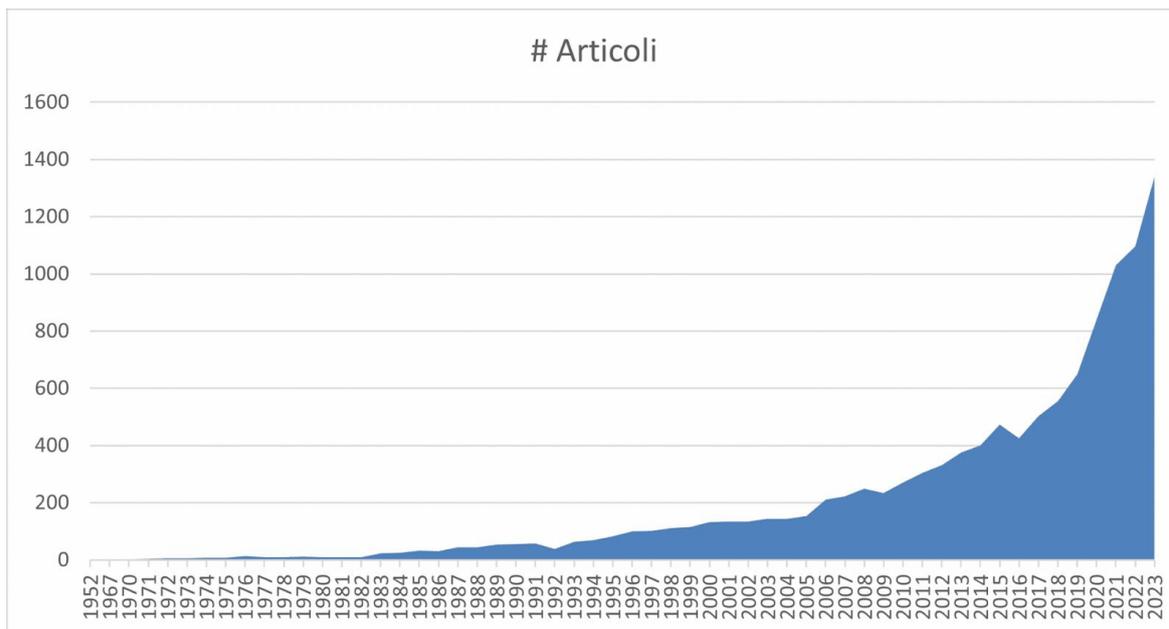


Figura 13 Numero di articoli pubblicati per anno³⁸

Esistono migliaia di articoli scientifici disponibili sui principali motori di ricerca, che testimoniano la grandissima attenzione del mondo accademico sul tema.

Prendendo in considerazione 58 ricerche ritenute rilevanti, possiamo appurare che l'interpretazione del concetto di *predictive maintenance* è in linea con la definizione data dalla UNI 10147 cioè che in un contesto aziendale, la gestione dei servizi di assistenza e manutenzione riveste un ruolo fondamentale per garantire il corretto funzionamento e la sicurezza degli impianti e degli asset aziendali.

Negli ultimi tempi, un numero crescente di aziende ha iniziato a investire significativamente nella manutenzione predittiva come strategia chiave per ottenere risparmi sui costi e migliorare l'efficienza operativa. Questa tendenza crescente riflette la consapevolezza delle potenzialità offerte dalla manutenzione predittiva, che permette di monitorare in modo continuo e proattivo lo stato dei macchinari e delle attrezzature, prevedendo e prevenendo i guasti prima che si verifichino.

³⁸ Foto tratta da Predictive Maintenance, Limits: Articles Fonte: Scopus.com.

Le aziende stanno dedicando risorse considerevoli all'analisi dei settori industriali maggiormente coinvolti nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie di manutenzione predittiva. Tra questi settori, spiccano l'industria manifatturiera, l'energia, l'automotive, e molti altri settori ad alta intensità di utilizzo di macchinari complessi e costosi.

L'obiettivo è quello di ottimizzare i processi produttivi, ridurre i tempi di fermo macchina non pianificati e prolungare la vita utile degli impianti, con un impatto positivo sia sull'efficienza operativa che sulla sostenibilità economica e ambientale delle imprese.

Nel grafico che segue, è possibile avere una panoramica delle tipologie di aziende che negli ultimi anni stanno mettendo in campo delle strategie di manutenzione predittiva:

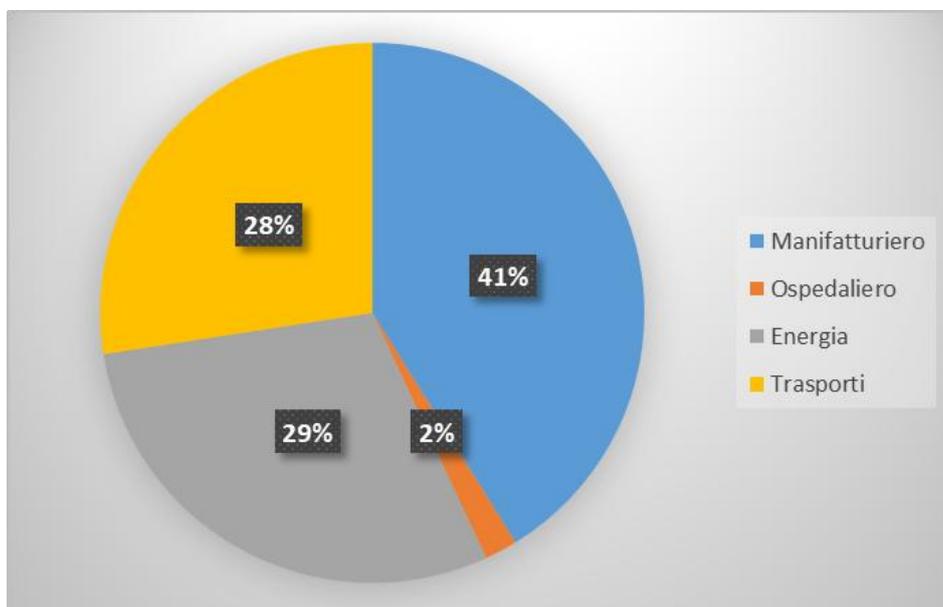


Figura 14 Settori industriali maggiormente coinvolti nella ricerca sulla manutenzione predittiva³⁹

In definitiva, la manutenzione predittiva rappresenta una rivoluzione nel modo in cui le aziende gestiscono le proprie risorse, integrando tecnologie avanzate per ottenere vantaggi competitivi significativi nel panorama industriale globale.

³⁹ Foto tratta da Manutenzione Predittiva nell'industria, <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/manutenzione-predittiva-nellindustria-a-che-punto-siamo-dove-si-investe-di-piu-e-in-cosa/>.

Si vuole nel presente studio fare un esempio concreto di come la manutenzione predittiva può essere utilizzata in un'industria per ridurre il consumo di energia elettrica:

Caso Studio: Industria Manifatturiera

In una fabbrica di produzione di componenti elettronici, la gestione dell'energia elettrica rappresenta una sfida significativa. I macchinari complessi e l'uso intenso portano a elevati consumi energetici e, occasionalmente, a malfunzionamenti imprevisti che causano tempi di inattività.

Al fine di attuare un'implementazione della manutenzione predittiva si tiene conto dei seguenti parametri:

1. **Sensori IoT e Monitoraggio in Tempo Reale:** i sensori IoT vengono installati su macchinari critici per monitorare parametri come il consumo energetico, la temperatura, le vibrazioni e l'efficienza operativa. I dati raccolti dai sensori sono inviati in tempo reale a una piattaforma *cloud* per l'analisi.

2. **Analisi dei Dati e *Machine Learning*:** gli algoritmi di machine learning analizzano i dati per identificare pattern e anomalie. Ad esempio, un incremento anomalo del consumo energetico può segnalare un componente che funziona in modo inefficiente o un'imminente guasto. Sulla base di questi dati, vengono generate previsioni su quando un componente avrà bisogno di manutenzione o sostituzione.

3. **Interventi Proattivi:** prima che si verifichi un guasto, il sistema invia notifiche agli ingegneri della manutenzione, suggerendo interventi specifici per ripristinare l'efficienza del macchinario. Questi interventi possono includere la pulizia, la lubrificazione, la sostituzione di componenti usurati o la calibrazione delle attrezzature.

Per quanto concerne i risultati e i benefici invece:

1. **Riduzione del Consumo Energetico:** grazie alla manutenzione predittiva, i macchinari operano sempre nelle migliori condizioni, riducendo sprechi energetici e migliorando l'efficienza complessiva.

2. Minimizzazione dei Tempi di Inattività: gli interventi di manutenzione sono pianificati in modo proattivo, evitando guasti imprevisti e tempi di inattività.
3. Ottimizzazione dei Costi: riducendo i guasti e ottimizzando l'uso delle risorse, l'azienda risparmia sui costi operativi.
4. Prolungamento della Vita dei Macchinari: la manutenzione regolare e tempestiva prolunga la vita utile dei macchinari, migliorando il ritorno sugli investimenti.

Questo esempio mostra come un approccio di manutenzione predittiva non solo ottimizza il consumo energetico, ma migliora anche l'efficienza operativa e la sostenibilità di un'industria.

Cosa si intende per Machine learning

Il machine learning nasce nel 1959 ed è stato inventato dallo scienziato americano e pioniere dell'intelligenza artificiale Arthur Lee Samuel⁴⁰.



Figura 15 I principi sviluppati da Samuel hanno gettato le basi per una serie di innovazioni nell'intelligenza artificiale presso IBM durante gli anni '90⁴¹

⁴⁰ Guida al Machine Learning: cos'è, come funziona, applicazioni, <https://www.lum.it/machine-learning/>.

⁴¹ Foto tratta di Arthur Lee Samuel (Emporia, 5 dicembre 1901 – Stanford, 29 luglio 1990) è stato un informatico statunitense.

È “una branca dell’Intelligenza artificiale dedita alla creazione di sistemi capaci di apprendere e migliorare le prestazioni sfruttando i dati che hanno a disposizione”⁴².

Il Machine learning consente alle macchine di imparare da loro stesse, ovvero dall’esperienza che accumulano senza la necessità che l’uomo fornisca istruzioni particolari.

Oggi viene impiegato in molti ambiti, a partire dalla ricerca scientifica e dalla medicina fino al rilevamento di cyber intrusioni, perimetro in cui il ML viene usato anche dal cyber crimine. Ovunque una macchina può apprendere dai dati e dall’esperienza c’è spazio per applicazioni ML, a prescindere dal settore di destinazione. Nel quotidiano, ci si interfaccia con un sistema ML quando, per esempio, si usa un social media oppure quando si dispongono operazioni bancarie online.

Tutto ciò significa che, con queste nuove tecnologie, è possibile realizzare, automaticamente, modelli per l’analisi di dati più grandi e complessi, e di elaborare velocemente risultati più accurati anche su larga scala. La costruzione di modelli precisi permette alle aziende di identificare nuove opportunità di profitto o di evitare rischi non preventivati.

Ecco alcuni esempi pratici:

1. Riconoscimento vocale
2. Trascrizione del parlato
3. Traduzione linguistica automatica
4. Analisi predittive del comportamento online
5. Segmentazione della clientela di un’azienda
6. Determinazione dei prezzi dinamici
7. Algoritmi di raccomandazione
8. Riconoscimento di immagini per diagnostica medica

⁴² Guida al Machine Learning: cos’è, come funziona, applicazioni, <https://www.lum.it/machine-learning/>

9. Individuazione e prevenzione delle frodi
10. Assistenza virtuale e chatbot
11. Automobili con guida autonoma
12. Sicurezza informatica

In un'azienda, l'esperto di *machine learning* ha un ruolo molto importante. Questo professionista utilizza algoritmi avanzati per analizzare i dati. La sua principale responsabilità è creare e migliorare modelli predittivi e algoritmi intelligenti. Questo aiuta l'azienda a lavorare in modo più efficiente, fare previsioni accurate e prendere decisioni informate basate sui dati.

Nel nostro modello aziendale orientato all'impatto energetico zero, l'utilizzo della manutenzione predittiva si configura come una strategia fondamentale per ottimizzare le risorse energetiche e ridurre gli sprechi. Implementeremo questa pratica in diversi settori cruciali, come i motori elettrici, le pale eoliche e i pannelli fotovoltaici. Per ogni area, utilizzeremo sensori avanzati, tra cui sensori di vibrazione, temperatura e corrente, per monitorare costantemente le performance e rilevare eventuali anomalie. Grazie all'analisi dei dati raccolti tramite algoritmi di machine learning, potremo anticipare i guasti e attuare interventi mirati, riducendo così i tempi di inattività, ottimizzando i costi e migliorando l'efficienza energetica complessiva. In questo modo, prolungheremo la vita utile dei componenti e ottimizzare l'utilizzo dell'energia, un aspetto fondamentale nel raggiungimento dei nostri obiettivi di sostenibilità.

CAPITOLO 3: La Legislazione in materia di Lavoro e Diritti dei Lavoratori

Il quadro giuridico italiano relativo agli orari di lavoro è disciplinato principalmente dal Decreto Legislativo n. 66/2003, che recepisce la direttiva 2003/88/CE dell'Unione Europea. Tale norma stabilisce i principi generali sull'orario di lavoro, sul riposo settimanale, sulle pause durante l'orario di lavoro e sugli straordinari.

Nel contesto italiano, i contratti di lavoro sono suddivisi principalmente in due categorie: a tempo pieno e part-time. L'orario di lavoro per un contratto a tempo pieno è generalmente fissato in 40 ore settimanali, ma può variare in base agli accordi collettivi nazionali di lavoro (CCNL) o a contratti individuali. Il contratto part-time prevede una riduzione dell'orario di lavoro rispetto al full-time, e può essere distribuito in modo verticale (solo in alcuni giorni della settimana) o orizzontale (in tutti i giorni con riduzioni dell'orario giornaliero).

L'orario di lavoro settimanale, come indicato nell'articolo 3 del Decreto Legislativo n. 66/2003, non deve superare le 48 ore settimanali, comprese le ore di straordinario, calcolato su un periodo di 7 giorni. In particolare, il lavoratore ha diritto a un periodo di riposo di almeno 11 ore consecutive nelle 24 ore e a un giorno di riposo settimanale di almeno 24 ore, che solitamente coincide con la domenica, salvo specifiche deroghe previste da contratti collettivi. In particolare, l'articolo 6 prevede che, in alcuni settori specifici, siano possibili deroghe all'orario normale, come nei settori che richiedono una continuità operativa (ad esempio, sanità e trasporti), con la possibilità di un orario di lavoro superiore.

Se l'orario giornaliero supera le sei ore, il lavoratore ha diritto a una pausa, generalmente di almeno 10 minuti. In accordo con il Decreto Legislativo n. 66/2003, la pausa non è retribuita e non viene considerata parte dell'orario di lavoro. Tuttavia, la durata e le modalità di tale pausa possono essere adattate o integrate dai contratti collettivi. Gli stessi CCNL, inoltre, possono prevedere ulteriori diritti, come forme di flessibilità oraria o periodi di recupero specifici.

3.1 Contratti collettivi nazionali e deroghe

I contratti collettivi nazionali di lavoro (CCNL) sono strumenti normativi che consentono alle parti sociali (lavoratori e datori di lavoro) di adattare le disposizioni generali in base alle specificità settoriali. I CCNL stabiliscono orari di lavoro settimanali, distribuzione oraria, pause e riposi, ma soprattutto regolano l'utilizzo di contratti di lavoro atipici o particolari, come il part-time, il lavoro a turni, o il lavoro straordinario. Tali contratti possono, inoltre, derogare a certi limiti fissati dalla legge, come l'orario di lavoro massimo settimanale, in determinati settori, pur rispettando le normative europee e nazionali in materia di salute e sicurezza.

3.2 Salute e sicurezza

Il Decreto Legislativo n. 81/2008 (Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro) stabilisce in dettaglio le responsabilità dei datori di lavoro per garantire un ambiente sicuro e salubre, in particolare riguardo ai rischi derivanti dall'orario di lavoro eccessivo o dalle condizioni di stress fisico e mentale. Il datore di lavoro deve identificare i pericoli, effettuare la valutazione dei rischi e adottare misure preventive. Le normative prevedono, per esempio, che in ambienti a rischio elevato di stress, fatica o disagi psicologici, vengano introdotte pause regolari, periodi di recupero, rotazioni dei turni, e adeguati riposi.

Inoltre, il Documento di valutazione dei rischi (DVR) è obbligatorio in ogni realtà lavorativa. Esso deve includere una valutazione completa dei rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori in relazione alle specifiche condizioni operative, come l'orario di lavoro, la tipologia di mansione e le caratteristiche ambientali. Il DVR deve essere periodicamente aggiornato per tenere conto delle modifiche nel luogo di lavoro, dei cambiamenti nei processi produttivi, nonché delle normative in continuo aggiornamento relative alla sicurezza sul lavoro. Il datore di lavoro deve anche istituire adeguati servizi di sorveglianza sanitaria, con visite periodiche da parte di medici competenti, in modo da monitorare l'impatto del lavoro sulla salute dei dipendenti.

Il Decreto Legislativo n. 81/2008 enfatizza anche l'importanza della formazione dei lavoratori, che devono essere adeguatamente informati sui rischi specifici delle loro

mansioni e sui comportamenti da adottare per ridurre tali rischi. A tal fine, il datore di lavoro deve organizzare corsi di formazione, in particolare per le figure che operano in ambienti con rischi specifici, come nei cantieri o nelle fabbriche ad alta automazione.

Infine, in caso di lavori che comportano turni, notti o orari prolungati, il datore di lavoro deve predisporre misure specifiche per evitare i danni da lavoro notturno, per garantire che i turnisti non siano sovraccaricati e che la gestione degli orari rispetti i diritti dei lavoratori e le normative europee in tema di orario di lavoro.

3.3 Riflessioni sul benessere lavorativo

Il benessere lavorativo è un concetto che ha guadagnato un'importanza crescente negli ultimi decenni, ed è strettamente legato alla qualità dell'ambiente di lavoro, alla salute mentale dei dipendenti e all'equilibrio tra vita professionale e privata. L'introduzione di politiche orientate alla flessibilità oraria, al telelavoro e ai congedi parentali, insieme a politiche di inclusività, sono diventati strumenti essenziali per ridurre il rischio di stress lavorativo, *burnout* e malattie professionali. L'adozione di questi approcci è vista come un modo non solo per migliorare la produttività, ma anche per promuovere una cultura aziendale più sana, in linea con principi di uguaglianza e equità.

L'articolo 3 della Direttiva 2000/78/CE dell'Unione Europea, che stabilisce il divieto di discriminazione sul posto di lavoro, ha avuto un impatto significativo nell'orientare le politiche aziendali verso la promozione di un benessere globale del lavoratore. Essa sottolinea che la prevenzione dei rischi psicologici e fisici è una responsabilità fondamentale dei datori di lavoro. In tale contesto, l'attuazione di orari flessibili e la promozione di ambienti lavorativi inclusivi che rispettano la diversità diventano cruciali.

Inoltre, le pratiche di gestione del lavoro, come il *job sharing*, la possibilità di fare *smart working*, e politiche di gestione dei congedi parentali, consentono ai dipendenti di bilanciare i propri impegni professionali e personali. Questo porta a una riduzione del rischio di esaurimento professionale (*burnout*) e aumenta la soddisfazione lavorativa. In tale ambito, le aziende sono sempre più chiamate ad adottare un approccio olistico al benessere, che vada oltre la semplice prevenzione dei rischi fisici e includa la promozione di una salute mentale positiva.

Le implicazioni di queste politiche per le aziende sono notevoli: non solo si riducono i costi legati a malattie professionali e assenteismo, ma si favorisce anche un clima di fiducia e soddisfazione tra i dipendenti, che porta a un miglioramento della performance complessiva. Il benessere organizzativo, infatti, è strettamente correlato a un ambiente di lavoro che rispetti i diritti dei lavoratori e che incentivi la loro crescita, non solo professionale, ma anche personale.

3.4 Politiche ecologiche e sostenibilità

Le politiche ecologiche e di sostenibilità sono diventate sempre più centrali nel mondo del lavoro, influenzando non solo la gestione delle risorse aziendali, ma anche le prospettive occupazionali e il mercato del lavoro globale. L'introduzione di normative più stringenti sul rispetto dell'ambiente ha incentivato le aziende a rivedere e rinnovare le proprie strategie aziendali per adottare pratiche più sostenibili, al fine di ridurre l'impatto ambientale delle loro operazioni.

L'adozione dell'economia circolare, un modello che mira a ridurre gli sprechi e massimizzare il riuso delle risorse, è diventata una pratica sempre più diffusa tra le imprese. In questo contesto, molte aziende stanno rivedendo i propri processi produttivi e logistici, adottando soluzioni che permettono di riutilizzare materiali e ridurre l'uso delle risorse naturali. Parallelamente, l'impiego di energie rinnovabili sta crescendo notevolmente, con l'introduzione di impianti fotovoltaici, eolici e soluzioni di risparmio energetico, che non solo riducono le emissioni di gas serra, ma rendono le aziende più autonome dal punto di vista energetico.

Le leggi in materia di energia rinnovabile, come il Decreto Legislativo n. 28/2011, che promuove la produzione e l'uso di energia da fonti rinnovabili, sono diventate essenziali per incentivare l'adozione di tecnologie green e per stimolare la creazione di nuovi posti di lavoro ecologici. Questi lavori riguardano una vasta gamma di settori, tra cui la progettazione e la manutenzione di impianti di energia rinnovabile, la gestione dei rifiuti, la certificazione ambientale e la consulenza sulla sostenibilità aziendale.

A livello legislativo, la crescente attenzione alla riduzione delle emissioni di CO2 e la gestione ottimizzata dei rifiuti ha portato a politiche mirate ad incentivare l'utilizzo di

soluzioni ecologiche, con finanziamenti e sgravi fiscali per le imprese che investono in tecnologie verdi. Ad esempio, le politiche di decarbonizzazione e l'introduzione di ecotasse sulle emissioni di gas serra spingono le aziende a ridurre le loro impronte ecologiche.

Queste trasformazioni hanno avuto un impatto significativo sul mercato del lavoro, favorendo la nascita di nuove professioni legate alla sostenibilità. Alcuni dei nuovi profili professionali che stanno emergendo includono specialisti in gestione ambientale, tecnici per l'installazione e la manutenzione di impianti fotovoltaici ed eolici, esperti di economia circolare, e consulenti per la certificazione ambientale. Il mercato sta quindi evolvendo in risposta alle esigenze di un mondo più sostenibile, creando nuove opportunità occupazionali in settori innovativi e ad alta crescita.

L'adozione di queste politiche ecologiche non solo ha un impatto positivo sull'ambiente, ma contribuisce anche alla responsabilità sociale delle imprese (CSR). Le aziende che integrano la sostenibilità nelle loro strategie aziendali non solo rispondono alle normative, ma dimostrano anche un impegno concreto verso la comunità e le generazioni future, migliorando la loro reputazione e attrattiva nei confronti dei consumatori e dei dipendenti.

Si capisce bene che quindi l'emergere di normative più stringenti in materia di sostenibilità sta plasmando profondamente il mondo del lavoro, con un'attenzione crescente alle opportunità di lavoro ecologico, alla protezione dell'ambiente e alla gestione delle risorse. Le aziende stanno rispondendo a questa sfida con l'adozione di tecnologie verdi, la creazione di nuovi posti di lavoro e l'implementazione di politiche di responsabilità sociale, contribuendo così a un futuro più sostenibile per tutti.

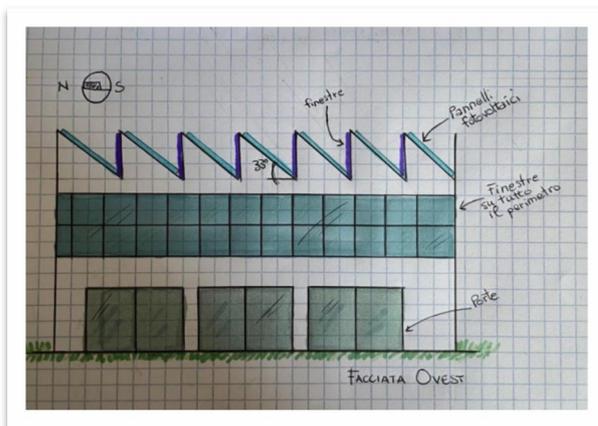
CAPITOLO 4: Modellino in scala

Per dare un taglio più pratico al nostro progetto, abbiamo deciso di creare un modellino in scala 1:50 dell'impianto industriale ideato. Per noi è stata una sfida non indifferente visto che, non avendo mai studiato architettura, non è nostra competenza la realizzazione di miniature.

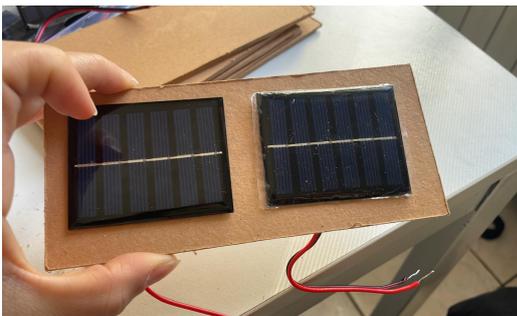
Per sapere da dove cominciare, ci siamo rivolti all'Architetto Cesare Cantoni che, attraverso una lezione a scuola, ci ha indicato le strategie di costruzione ed i materiali da utilizzare.

4.1: Galleria fotografica

La progettazione è iniziata con degli schizzi su carta del modellino che volevamo realizzare. Successivamente siamo passati alla progettazione in CAD attraverso il software AUTOCAD, infine siamo passati alla realizzazione del modello.



Dal disegno digitale al disegno
in Cad



CAPITOLO 5: Progetto illuminotecnico

Per garantire un miglior rapporto efficienza energetica-prestazioni, abbiamo realizzato il progetto illuminotecnico di tutto lo stabile attraverso il software DIALUX, che ci permette di realizzare i locali in 3D e di progettare l'illuminazione artificiale tenendo conto anche dell'efficienza delle lampade che ipotizziamo siano le migliori in termini di efficienza energetica e prestazioni.

5.1: Lista lampade Dialux

5.2 Rendering progetto

Industria 4.0

DIALUX

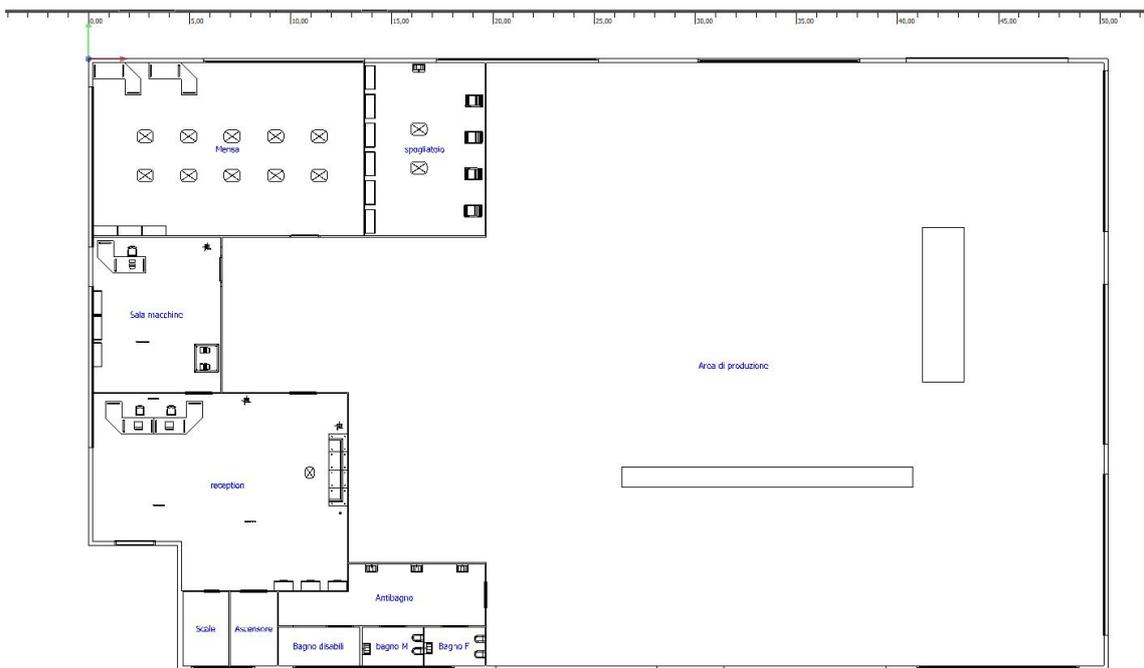
Lista lampade

Φ_{totale} 1264532 lm	P_{totale} 12445.9 W	Efficienza 101.6 lm/W				
Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	Φ	Efficienza
40	3F Filippi S.p.A.	21887	L 650 42W/840 DALI EP VSS 596x596	48.0 W	4965 lm	103.4 lm/W
4	3F Filippi S.p.A.	58752	3F Linda LED Soft 2x30W L1570	66.0 W	8788 lm	133.2 lm/W
28	Anolis	272	Ambiane HP111 Surface mount RGBW 80°	75.0 W	3144 lm	41.9 lm/W
12	Delta Light	404 20 93 ED1	ONE-AND-ONLY P20 DOWN-UP 930 DIM1	108.0 W	3640 lm	33.7 lm/W
11	Delta Light	418 51 811 933 ED8	TWEETER M ON 1 93050 DIM8	9.0 W	835 lm	92.7 lm/W
11	Endo Lighting	ERK9995W_RAD748LA	Design Base Light	36.5 W	2604 lm	71.3 lm/W
3	Exenia	339-67-_-8527.DOW N	Tob Wide 870 LED 34.6W RA85 2700k IP20 DOWN	38.8 W	4129 lm	106.4 lm/W
8	Franklite	WB123/117 7	Wall Bracket With USB/LED	11.9 W	615 lm	51.9 lm/W
6	Lightnet	BA50SE-830 H-D500-WALL	Basic Neo Wall - A5	28.0 W	3768 lm	134.6 lm/W

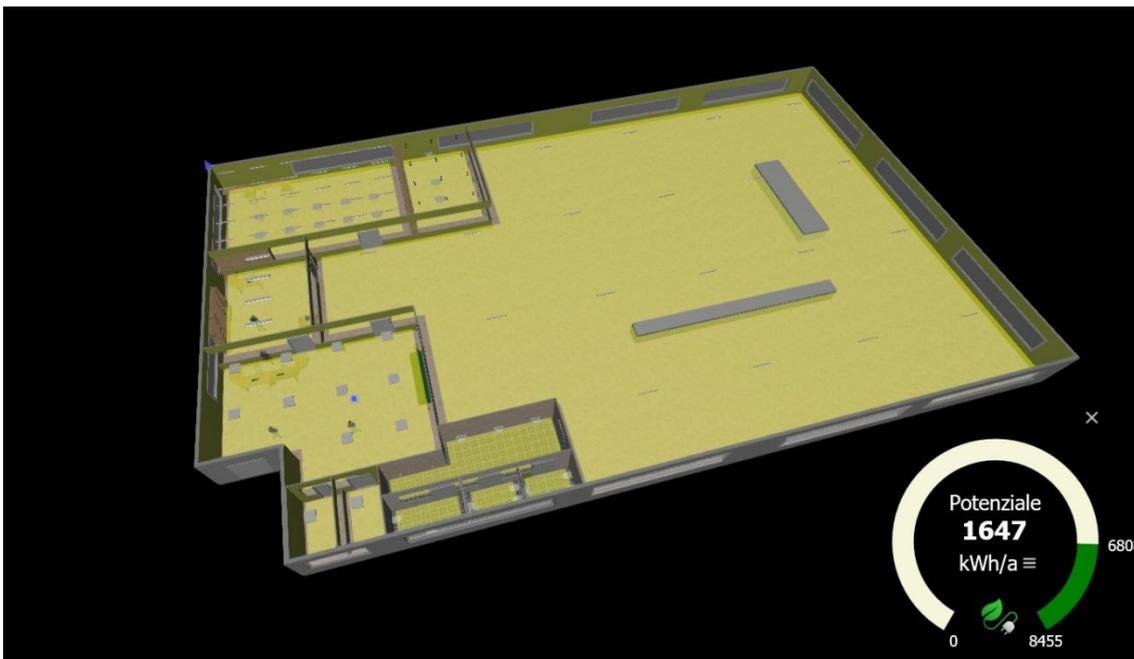
18	LTS Licht & Leuchten	LUZ-TZ32 110.830.AS/ DALI-ST	LUZ-TZ32 110.830.AS/DALI-ST Asymmetric°	65.0 W	9600 lm	147.7 lm/W
20	Petridis	99913205_	IKAROS_3R_TRACK_70W_WARM_2AS	70.0 W	10342 lm	147.7 lm/W
4	Philips		BSS639 FG T25 1 xLED120-CLO-4S/727 MDW DF	80.0 W	8489 lm	106.1 lm/W
2	RZB	10131.002	DKN Classic	84.0 W	930 lm	11.1 lm/W

Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	Φ	Efficienza
9	SCHRACK TECHNIK	LITP1002--	Arktur ECO 3 150W 24000lm 4000K 110°, 0-10V	150.0 W	24007 lm	160.0 lm/W
49	SLV	1007506	INDUSTRY BATTEN V 1200	32.2 W	3873 lm	120.3 lm/W

5.2: Rendering



PROGETTO 2D



PROGETTO 3D-PIANO TERRA



MENSA



DIREZIONE

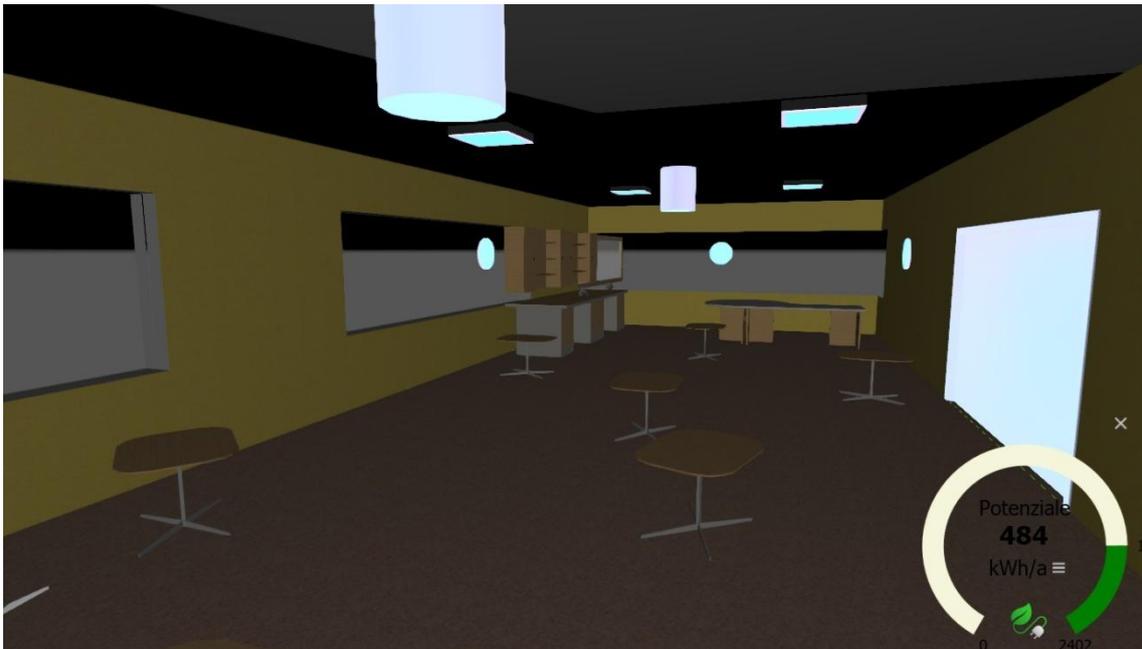


TION

RECEP



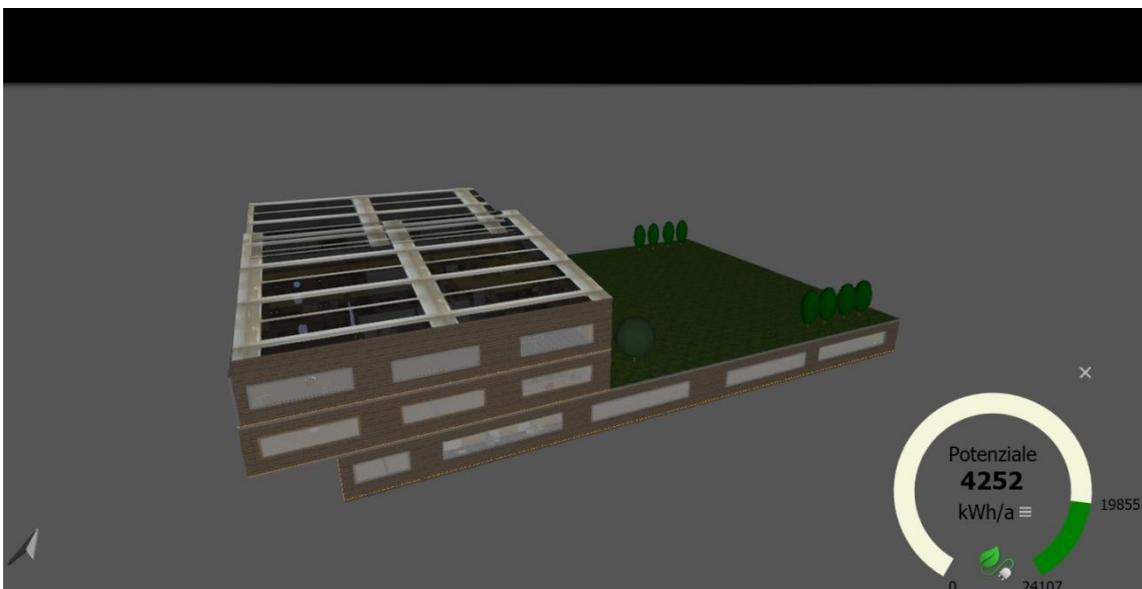
SALA MACCHINE



BAR



PALESTRA



EDIFICIO COMPLETO

Con questo modello, contiamo di riuscire ad auto produrre almeno il 90-95% dell'energia di cui l'edificio necessita!

CONCLUSIONI

Il panorama europeo e globale delle politiche in materia di sostenibilità sta vivendo una trasformazione radicale. L'Unione Europea ha messo in atto una serie di politiche strutturate e normative che hanno come obiettivo principale la promozione di un modello di sviluppo che possa coniugare crescita economica e rispetto per l'ambiente. Le politiche europee, infatti, mirano a favorire la transizione verso un'economia circolare, ridurre l'inquinamento e incentivare l'utilizzo di risorse rinnovabili. In particolare, il Green Deal europeo, introdotto nel 2019, ha come ambizione quella di rendere l'Europa il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050. Questo piano prevede una serie di misure mirate a decarbonizzare l'economia, incentivare l'uso delle energie rinnovabili e ridurre le emissioni di gas serra, con un forte accento sulla sostenibilità e la protezione della biodiversità.

In questo contesto, le industrie a impatto zero rappresentano un modello di riferimento fondamentale per il futuro delle imprese. Si tratta di un concetto che implica la creazione di sistemi produttivi che riducono al minimo l'impatto ambientale, ottimizzando l'uso delle risorse naturali e limitando le emissioni. Un esempio concreto di questa rivoluzione green è dato dall'adozione di tecnologie innovative che permettono alle aziende di operare in modo sostenibile, senza compromettere la produttività.

Un esempio concreto di come l'industria possa evolvere verso un modello a impatto zero include la progettazione di edifici intelligenti, come quelli con tetti verdi e palestra dinamo. I tetti verdi, oltre a ridurre l'effetto isola di calore, possono migliorare l'efficienza energetica degli edifici, contribuendo alla regolazione termica e migliorando la qualità dell'aria. Le palestre dinamo sono un esempio di come l'attività fisica possa essere integrata con la produzione di energia, trasformando l'energia cinetica in energia elettrica e alimentando così la struttura stessa o altre necessità aziendali.

La luce zenitale rappresenta un ulteriore passo verso l'efficienza energetica, poiché l'utilizzo di luce naturale riduce il consumo di energia artificiale, con benefici non solo per l'ambiente, ma anche per la salute dei lavoratori, che godono di un'illuminazione più naturale e meno stressante per gli occhi. A questa, si aggiungono i tetti trasparenti,

che, permettendo un maggiore passaggio di luce naturale, ottimizzano ulteriormente l'illuminazione degli spazi interni e migliorano la qualità della vita lavorativa.

Tecnologie come sensori e trasduttori sono impiegate per monitorare e ottimizzare i consumi energetici, garantendo che le risorse vengano utilizzate solo quando necessario. I sensori possono rilevare la presenza umana, la temperatura e altre variabili ambientali, regolando automaticamente il riscaldamento, il raffreddamento o l'illuminazione, riducendo così sprechi e aumentando l'efficienza.

In un contesto di impatto zero, un'attenzione particolare è riservata anche alla costruzione di case in paglia, una tecnologia ecologica che utilizza materiali naturali e locali, con un basso impatto ambientale. Le case in paglia, infatti, sono caratterizzate da eccellenti proprietà di isolamento termico, che riducono la necessità di riscaldamento e raffreddamento, e quindi il consumo energetico complessivo.

La manutenzione predittiva è un'altra innovazione che contribuisce a un modello industriale più sostenibile, in quanto consente di intervenire preventivamente sui macchinari per evitare guasti e interruzioni, riducendo al minimo il consumo di risorse e ottimizzando la durata delle attrezzature.

Infine, le pale eoliche verticali e i tetti verdi sono tecnologie che possono essere implementate anche a livello urbano, dove le strutture tradizionali non consentono l'installazione di impianti eolici orizzontali. Le pale eoliche verticali, infatti, richiedono meno spazio e possono essere installate in ambienti più ristretti, come i tetti degli edifici, contribuendo alla produzione di energia rinnovabile senza compromettere lo spazio vitale.

Nel contesto delle politiche aziendali, la salute e la sicurezza sul posto di lavoro sono un aspetto normativo fondamentale che deve essere integrato in ogni modello industriale, in particolare quelli a impatto zero. La normativa italiana, in primis il Decreto Legislativo n. 81/2008, sancisce l'obbligo per i datori di lavoro di tutelare la salute e la sicurezza dei dipendenti, prevenendo rischi e garantendo che l'ambiente di lavoro sia salubre e sicuro. L'adozione di modelli industriali sostenibili deve, quindi, prevedere

una considerazione anche di questi aspetti, assicurando che i luoghi di lavoro non solo siano rispettosi dell'ambiente, ma siano anche salubri per i lavoratori.

Le normative europee, a partire dalla Direttiva 89/391/CEE sulla sicurezza e salute sul lavoro, sottolineano l'importanza di adottare misure preventive in tutti i settori industriali. Tali normative impongono che le aziende realizzino una valutazione dei rischi per ogni tipologia di lavoro, analizzando potenziali pericoli legati all'attività svolta e alle condizioni ambientali. In questo senso, l'introduzione di tecnologie intelligenti, come i sensori di monitoraggio ambientale, che rilevano in tempo reale parametri come la qualità dell'aria e la temperatura, contribuisce a garantire che le condizioni di lavoro siano ottimali e sicure.

L'introduzione di tetti verdi o materiali naturali, oltre a migliorare l'efficienza energetica, può anche migliorare la qualità dell'ambiente lavorativo, favorendo una maggiore interazione con la natura, che ha effetti positivi sul benessere psicofisico dei dipendenti. L'equilibrio tra vita privata e lavorativa, promosso da politiche come il telelavoro e gli orari flessibili, rappresenta un altro strumento per prevenire fenomeni di stress e burnout, che sono dannosi per la salute dei lavoratori e per la produttività aziendale.

In conclusione, le normative europee e le politiche industriali dovrebbero essere integrate in modo sinergico, affinché lo sviluppo sostenibile non si limiti alla protezione dell'ambiente, ma favorisca anche la salute e la sicurezza dei lavoratori. Questo approccio integrato non solo riduce i rischi per la salute e l'ambiente, ma favorisce anche l'adozione di pratiche che rendono le aziende più competitive, responsabili e attente alle esigenze sociali ed ecologiche, rispondendo così alle sfide di un mondo in continua evoluzione.

SITOGRAFIA

Acea energia, Pale eoliche, <https://www.acea.it/guide/pale-eoliche-domestiche>, 2024;

Anaci Italia Servizi, La Luce Zenitale: cos'è e come si ottiene, <https://www.anacitaliaservizi.com/altro/luce-zenitale-cose-e-come-si-ottiene/#:~:text=Con%20luce%20zenitale%20si%20intende,che%20riceva%20luce%20dall'esterno>, 2023;

Case in Paglia, Breve Storia delle Case in Paglia, <https://www.caseinpaglia.it/storia-case-paglia-2/>, 2023;

Chiappalone Alessandro, Studio di una Turbina Eolica Innovativa ad Asse Verticale, Università degli studi di Genova-Scuola Politecnica, 2016;

Commissione Europea, Environment action programme to 2030. The 8th Environment Action Programme (EAP) will guide European environmental policy until the end of the decade, 2022, https://environment.ec.europa.eu/strategy/environment-action-programme-2030_en.

Commissione europea, Multilateral Environmental Agreements (MEAs), 2022, https://environment.ec.europa.eu/international-cooperation/multilateral-environmental-agreements-meas_en, 2024;

Consiglio dell'Unione Europea, Green Deal Europeo, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>, 2024;

Consiglio dell'Unione Europea, Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/paris-agreement-climate/>, 2024;

Consiglio Europeo, Green Deal europeo,, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/#goals>, 2020;

Convenzione sui cambiamenti climatici, in: a cura di G. GARAGUSO e S. MARCHISIO, Rio 1992: Vertice per la Terra, Milano, Franco Angeli, 1993;

Decaro Merina, DALLA STRATEGIA DI LISBONA A EUROPA 2020, Fondazione Adriano Olivetti, 2011;

Dichiarazione di Johannesburg sullo Sviluppo Sostenibile, Vertice Mondiale sullo sviluppo sostenibile, Johannesburg 24 agosto – 4 settembre 2002, <https://www.certifico.com/component/attachments/download/16082>.

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, PROTOCOLLO DI NAGOYA alla Convenzione sulla diversità biologica relativa all'accesso alle risorse genetiche e alla giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dalla loro utilizzazione, 2014;

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Protocollo di Kyoto, <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/aspetti-general/protocollo-di-kyoto>;

Il Think Tank Italiano per il Clima, Fit for 55, <https://eccoclimate.org/it/fit-for-55/>, 2024;

ISPRA, Protocollo di Kyoto, <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/aspetti-general/protocollo-di-kyoto>.

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Conferenza Rio+20: una sfida importante, <https://www.mase.gov.it/pagina/conferenza-rio20-una-sfida-importante>, 2017;

Marchisio, Sergio; Garaguso, Giulio C., Rio 1992: vertice per la terra: atti della conferenza mondiale sull'ambiente e lo sviluppo con saggi introduttivi e guida ragionata / a cura di Giulio C. Garaguso e Sergio Marchisio; con la collaborazione di O. Ferrajolo ... et al.!.; Roma: Centro di studio e ricerca sulla comunità internazionale-CNR; Milano: F. Angeli, 1993;

Rio 1992: vertice per la terra: atti della conferenza mondiale sull'ambiente e lo sviluppo con saggi introduttivi e guida ragionata / a cura di Giulio C. Garaguso e Sergio Marchisio; con la collaborazione di O. Ferrajolo ... et al.!.; Roma: Centro di studio e ricerca sulla comunità internazionale-CNR; Milano: F. Angeli, 1993;

United Nations, Convenzione di Johannesburg, <https://www.certifico.com/ambiente/documenti-ambiente/9880-convenzione-di-johannesburg>, 2020.