



POLITECNICO  
MILANO 1863

Scuola d'Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni  
Corso di Laurea in "Progettazione dell'architettura"



# Lo stretto legame tra fisica tecnica, architettura e geopolitica.

Una prospettiva multidisciplinare.

Docente relatore:

**Giuliano Dall'O'**

Candidato:

**Gianni Avanzi**

Anno Accademico 2024-2025

Politica motivazionale del saggio:

*In un contesto geopolitico segnato dalla crisi energetica come merce di scambio, per la conquista di un nuovo ordine mondiale, la fisica tecnica applicata all'architettura ridurrà i conflitti mondiali?*

*Dedicato a Tiziana, Elisabetta e Carlotta*

## Abstract

L'energia è sempre stata essenziale per l'umanità, passando dal sostentamento primitivo al supporto delle moderne società. Il controllo delle risorse energetiche ha definito il potere economico e politico delle nazioni. La necessità di una transizione verso fonti pulite rappresenta oggi una sfida tecnica, economica e geopolitica. La fisica tecnica, applicata all'architettura, consente di progettare edifici energeticamente efficienti, sostenibili e confortevoli, seguendo l'evoluzione tecnologica e normativa. La crescente attenzione all'efficienza energetica ha portato a politiche globali e normative integrate, in risposta ai cambiamenti climatici e alla riduzione delle emissioni. Le tecnologie emergenti nell'architettura ottimizzano il ciclo di vita degli edifici, favorendo autonomia energetica e sostenibilità. In un contesto geopolitico segnato dalla competizione per le risorse, l'approccio multidisciplinare può promuovere giustizia, cooperazione e un ordine mondiale più equo e sostenibile.



## Sommario

<b>Abstract</b>	3
<b>Introduzione</b>	7
<b>Capitolo 1: L'energia, elemento strategico nella storia e le crisi.</b>	10
<b>Capitolo 2: La fisica tecnica applicata all'architettura: principi, evoluzione storica e applicazioni</b>	18
<b>Capitolo 3: Storia ed evoluzione della normativa energetica</b>	40
<b>Capitolo 4: Tecnologie Energetiche Emergenti nell'Architettura</b>	54
<b>Capitolo 5: Il Contesto Geopolitico della Crisi Energetica Mondiale attuale.</b>	64
<b>Capitolo 6: Conclusioni</b>	76
<b>Bibliografia</b>	80
<b>Sitografia</b>	81
<b>Elenco Immagini</b>	86



## Introduzione

Nel contesto geopolitico attuale, la crisi energetica costituisce una delle sfide più urgenti e complesse per la stabilità globale. Le risorse energetiche, fondamentali per il funzionamento delle economie moderne, sono diventate strumenti di potere e merce di scambio nelle relazioni internazionali. Il controllo delle fonti energetiche, come petrolio e gas naturale, è stato spesso al centro di conflitti e tensioni diplomatiche, assumendo un ruolo cruciale nelle strategie geopolitiche mondiali. In questo scenario, l'energia non è solo una risorsa economica, ma anche una leva geopolitica che viene utilizzata per ridisegnare equilibri e ordini mondiali.

Per fronteggiare queste difficoltà, l'applicazione della fisica tecnica all'architettura si propone come una delle soluzioni più promettenti nella lotta contro la crisi energetica globale. La fisica tecnica, attraverso la progettazione di edifici più efficienti dal punto di vista energetico e sostenibili, può giocare un ruolo importante nella riduzione del consumo di risorse non rinnovabili, riducendo la dipendenza dalle fonti tradizionali, contribuendo di fatto a stemperare le tensioni geopolitiche. L'architettura sostenibile offre, infatti, l'opportunità di ripensare l'uso dell'energia, abbassando il fabbisogno energetico degli edifici e favorendo l'impiego di tecnologie rinnovabili come il solare, il geotermico e l'eolico.

La creazione di edifici autosufficienti dal punto di vista energetico e l'adozione di normative basate sull'efficienza energetica potrebbero ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, attenuando così i conflitti legati a queste risorse. Questa tesi esamina il potenziale della fisica tecnica applicata all'architettura, come risposta strategica alla crisi energetica in un contesto geopolitico in precario equilibrio. Attraverso un approccio multidisciplinare, si analizzeranno gli effetti di tecnologie innovative, normative energetiche, e buone pratiche, con l'obiettivo di immaginare se tali interventi possano davvero contribuire alla costruzione di un nuovo ordine mondiale basato sulla sostenibilità energetica e sulla cooperazione internazionale.





**Capitolo**

**1**

# Capitolo 1: L'energia, elemento strategico nella storia e le crisi.

*<<L'energia è la capacità che un corpo o un sistema di corpi ha di compiere lavoro, sia come energia in atto, cioè che opera nel processo in cui si produce un lavoro ed è a esso commisurata, sia come energia potenziale, suscettibile di tradursi in atto attraverso opportune, varie trasformazioni. L'energia ha le dimensioni fisiche di un lavoro e si misura nelle unità di quest'ultimo: nel SI (Sistema Internazionale) in joule>>.¹ [43]*

O più semplicemente come riassume Barnabas Calder:

*"L'energia è la capacità di fare qualsiasi cosa. Senza di essa niente potrebbe essere riscaldato, movimentato, alimentato oppure distrutto".² [E]*

*Da sempre l'energia è fonte di conquista per l'uomo, sia come necessaria all'uomo primitivo utile per sopravvivere (cibo) o, in tempi moderni, utile per il funzionamento sofisticato delle nostre società (gas, combustibili fossili, solare, etc.).*

---

<sup>1</sup> Fonte: <https://www.treccani.it/enciclopedia/energia> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>2</sup> Fonte: Calder, Barnabas. Architecture. From Prehistory to Climate change, Liverpool Press Pelican book; trad. It. Architettura ed energia. Dalla preistoria all'emergenza climatica. Torino, Einaudi 2022.

La crisi energetica, che oggi influenza ogni aspetto delle economie globali, ha radici profonde che risalgono alle prime forme di organizzazione urbana e sociale. Dall'uso di risorse naturali come legna e carbone durante le prime fasi di sviluppo urbano, fino all'avvento del petrolio e del gas naturale nel XX secolo, la storia dell'energia è strettamente legata alle dinamiche di potere, sviluppo economico e conflitto. Il legame tra energia e geopolitica è sempre stato chiaro: il controllo delle risorse energetiche non solo ha determinato il progresso industriale, ma ha anche definito le alleanze internazionali e le tensioni tra Stati. Questo capitolo esplora l'evoluzione storica della crisi energetica e il suo impatto sulle dinamiche geopolitiche globali, dalle origini della storia urbana fino ai giorni nostri, analizzando anche le prospettive future delineate nel recente rapporto di Mario Draghi per l'Unione Europea intitolato *The Future of Europe Competitiveness 2024*.

L'energia, nelle sue forme più primitive, è stata essenziale fin dalle prime civiltà urbane, come descrive il Dott. Antonio Palo, laureato in "Civiltà Antiche e Archeologia: Oriente e Occidente", nel suo articolo "Alterazioni ambientali, alluvioni e disboscamento nel mondo greco-romano" pubblicato sul sito "Storia Romana e Bizantina", nel quale afferma che l'espansione delle città nell'antichità richiedeva grandi quantità di legna per cucinare, riscaldare e per la produzione artigianale. Tanto è che, già nell'Impero Romano, si iniziarono a notare i primi segnali di crisi legati alla deforestazione e alla scarsità di legna nelle aree più popolate.



*Figura 1* Corpo degli ingegneri nel fregio della colonna Traiana intenti nell'attività di approvvigionamento della legna - Fonte: <https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano> [ultima data di consultazione 11/12/2024]

Il declino di queste risorse portò a una crescente pressione sulle economie urbane. Il successivo sviluppo di vie commerciali, per l'importazione di materiali energetici, contribuì a trasformare i mercati e le relazioni internazionali. Infatti, lo storico Erodoto (V sec. A.C.) scriveva delle miniere di Taso, Isola antistante alla Tracia, <<come una grande montagna, tutta buttata all'aria nella ricerca di metalli preziosi>> e ancora <<...ciò che rimane, paragonato a cosa esisteva, è come lo scheletro di un uomo morto di stenti. Tutta la terra grassa e morbida è stata spazzata via, lasciando lo scheletro nudo di un paesaggio desolato...>><sup>3</sup> [1]



Figura 2 Ingresso ex Miniera per estrazione di Limonite di Koumaria, Taso -Tracia (Grecia) - Fonte: <https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano> [ultima data di consultazione 11/12/2024]

Francesca Diosono, ne "Il commercio del legname sul fiume Tevere", in F. Coarelli - H. Patterson (eds), *Mercator Placidissimus. The Tiber Valley in antiquity*. Atti del Convegno (Roma 2004), Roma 2008, pp. 251-283, spiega bene come durante il Medioevo e il Rinascimento, l'energia rimase un fattore chiave nello sviluppo urbano. La scoperta del carbone, come fonte più efficiente e abbondante, avvenuta in Europa tra il XV e il XVII secolo, fu un catalizzatore per la rivoluzione industriale, che si sviluppò nel XVIII e XIX secolo. Il carbone alimentò le prime macchine a vapore e divenne la risorsa energetica primaria che trasformò città e nazioni, stabilendo nuovi centri di potere economico e politico.<sup>4</sup> [2]

Con la rivoluzione industriale, la Dott.ssa Giulia Venuti sulla pubblicazione di "Questione civile" del 12 luglio 2021, afferma che il mondo iniziò a dipendere sempre più da fonti energetiche concentrate e facilmente trasportabili. Il carbone rimase per lungo tempo la fonte primaria di energia, ma all'inizio del XX secolo, il petrolio iniziò a sostituirlo come

<sup>3</sup> Fonte: <https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>4</sup> Fonte: [https://www.academia.edu/1113277/F\\_Diosono\\_Il\\_commercio\\_del\\_legname\\_sul\\_fiume\\_Tevere\\_in\\_F\\_Coarelli\\_H\\_Patterson\\_eds\\_Mercator\\_Placidissimus\\_The\\_Tiber\\_Valley\\_in\\_antiquity\\_Atti\\_del\\_Convegno\\_Roma\\_2004\\_Roma\\_2008\\_pp\\_251\\_283](https://www.academia.edu/1113277/F_Diosono_Il_commercio_del_legname_sul_fiume_Tevere_in_F_Coarelli_H_Patterson_eds_Mercator_Placidissimus_The_Tiber_Valley_in_antiquity_Atti_del_Convegno_Roma_2004_Roma_2008_pp_251_283) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

risorsa strategica. La scoperta dei giacimenti di petrolio, dapprima negli Stati Uniti e successivamente in Medio Oriente, cambiò radicalmente le dinamiche geopolitiche globali.<sup>5</sup>[3]

Ricercando nell'“Archivio storico” che va dal [2006 - 2021] dei report e delle interviste di “Affariinternazionali.it”, Michele Marsiglia spiega come il petrolio divenne il “sangue” della macchina industriale, alimentando i trasporti, le industrie e, purtroppo, anche le guerre. Le due guerre mondiali hanno messo in evidenza il ruolo strategico delle risorse energetiche: il controllo dei giacimenti petroliferi divenne un obiettivo centrale per le potenze mondiali. Nel XX secolo, la dipendenza globale dal petrolio crebbe in modo esponenziale, e con essa anche la vulnerabilità delle economie mondiali a crisi energetiche. Le crisi petrolifere degli anni '70, causate dalle interruzioni nelle forniture di petrolio da parte dell'OPEC, misero in luce quanto l'energia fosse diventata una questione di sicurezza nazionale e geopolitica. Nel secondo dopoguerra, l'accesso alle risorse energetiche cominciò a influenzare direttamente le alleanze e le tensioni globali. Il Medio Oriente, con le sue vaste riserve di petrolio, divenne un campo di battaglia geopolitico, dove le grandi potenze internazionali - dagli Stati Uniti all'Unione Sovietica - cercavano di consolidare la propria influenza, attraverso lo strumento del soft power. La crisi petrolifera del 1973, con l'embargo imposto dai paesi arabi dell'OPEC, rappresentò uno spartiacque storico. Le economie occidentali, fortemente dipendenti dalle importazioni di petrolio, si ritrovarono in difficoltà economiche e strategiche.

Durante il XXI secolo, il gas naturale ha acquisito un'importanza crescente. La Russia, con le sue enormi riserve di gas, ha utilizzato le forniture di energia come strumento di influenza politica, specialmente nei confronti dell'Europa, cliente privilegiato dal mercato attivo e logisticamente facile da fornire. Gli eventi geopolitici, come le crisi tra Russia e Ucraina e le interruzioni speculative, da parte di attori globali dai più svariati interessi, delle forniture di gas all'Europa, hanno evidenziato la vulnerabilità delle economie che dipendono dalle importazioni energetiche. Nell'articolo “REPowerEU: la politica energetica nei piani per la ripresa e la resilienza dei paesi UE” il Consiglio d'Europa descrive l'iniziativa REPowerEU, che mira a porre fine alla dipendenza dell'UE dai combustibili fossili russi attraverso il risparmio energetico, la diversificazione degli approvvigionamenti e l'accelerazione della transizione verso l'energia pulita.<sup>6</sup> [4]

Arrivando ai nostri giorni, il Parlamento Europeo, attraverso il proprio sito istituzionale, affronta la tematica di “Politica energetica: principi generali.” Spiegando come “La politica energetica dell'UE si basa sui principi di decarbonizzazione, competitività, sicurezza dell'approvvigionamento e sostenibilità. Tra i suoi obiettivi figurano il garantire il funzionamento del mercato dell'energia e la sicurezza dell'approvvigionamento

---

<sup>5</sup> Fonte: <https://www.questionecivile.it/2021/07/12/la-rivoluzione-industriale-xviii-secolo-oggi> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>6</sup> Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/repowereu> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

energetico all'interno dell'UE nonché promuovere l'efficienza e il risparmio energetici, lo sviluppo delle energie rinnovabili e l'interconnessione delle reti energetiche. Il nucleo della politica energetica dell'UE è costituito da un'ampia gamma di misure volte a conseguire un'Unione dell'energia completa.<sup>7</sup> [5]

Attualmente la percezione sociale della questione, come pubblicato dalla Commissione Europea l'11 settembre 2019 in Bruxelles Direzione Generale dell'energia, scaturisce da una recente indagine, di Eurobarometro, che ha confermato che la stragrande maggioranza dei cittadini di tutti gli Stati membri dell'UE è favorevole a obiettivi più ambiziosi per rafforzare la sicurezza energetica in Europa. Nel settore dei cambiamenti climatici, l'Eurobarometro mostra che il 93% degli europei ritiene che il cambiamento climatico sia un "problema serio" e il 79% lo considera un "problema molto serio". Rispetto all'ultimo Eurobarometro del 2017, il cambiamento climatico ha superato il terrorismo internazionale ed è percepito come il secondo problema più grave che il mondo deve affrontare oggi, dopo la povertà, la fame e la mancanza di acqua potabile.<sup>8</sup> [6]

La crescente tensione tra le esigenze di sicurezza energetica e le dinamiche geopolitiche ha portato a una maggiore attenzione verso le energie rinnovabili e la diversificazione delle fonti energetiche come alternativa all'attuale assetto commerciale.



Figura 3 Rapporto di Mario Draghi - Fonte: <https://www.commission.europa.eu> [ultima data di consultazione 11/12/2024]

Il rapporto "The Future of European Competitiveness" di Mario Draghi, presentato il 9 settembre 2024, affronta in modo approfondito il ruolo cruciale dell'energia per la competitività economica dell'Europa e la stabilità geopolitica globale.<sup>9</sup> [7]

Nel report The Future of Europe Competitiveness 2024 (Part A e Part B), la crisi energetica, unita alla transizione verso le energie rinnovabili, viene vista non solo come una sfida, ma come un'opportunità per l'Unione Europea di ridefinire il proprio ruolo sulla scena internazionale.

Part A del report si concentra sull'analisi della necessità di diversificare le fonti energetiche e

<sup>7</sup> Fonte: [https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/it/FTU\\_2.4.7.pdf](https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/it/FTU_2.4.7.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>8</sup> Fonte: [https://commission.europa.eu/news/eurobarometer-survey-confirms-public-support-energy-policy-objectives-2019-09-11\\_en?prefLang=it](https://commission.europa.eu/news/eurobarometer-survey-confirms-public-support-energy-policy-objectives-2019-09-11_en?prefLang=it) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>9</sup> Fonte: <https://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AT033.pdf> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

sviluppare tecnologie innovative per l'efficienza energetica. Draghi sottolinea l'importanza di investire in infrastrutture per l'energia pulita e di creare una rete energetica europea interconnessa, che permetta agli Stati membri di ridurre la loro dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili. Il rapporto mette anche in luce come una maggiore cooperazione energetica possa diventare un mezzo per rafforzare l'integrazione politica ed economica dell'UE<sup>10</sup>. [8]

Part B del rapporto esplora le implicazioni geopolitiche della transizione energetica. Draghi evidenzia come la corsa globale alle risorse energetiche rinnovabili, inclusi i materiali necessari per la produzione di batterie e tecnologie solari, potrebbe generare nuove dinamiche di competizione e cooperazione tra le grandi potenze. Il rapporto prevede che il controllo delle risorse necessarie per le tecnologie green diventerà un fattore cruciale nel plasmare il nuovo ordine mondiale, con un impatto significativo sulle relazioni internazionali<sup>11</sup>. [9]

Alla luce di quanto su esposto desumiamo che la storia dell'energia è strettamente intrecciata con quella della geopolitica e dei conflitti globali.

*Dalle prime fasi di sviluppo urbano, fino alla rivoluzione industriale e alle moderne crisi energetiche, il controllo delle risorse energetiche è stato un elemento centrale nel determinare il potere economico e politico delle nazioni. Oggi, di fronte a una crisi energetica globale senza precedenti e alla necessità di una transizione verso energie più pulite, il futuro dell'energia diventa non solo una questione tecnica ed economica, ma una sfida geopolitica cruciale.*

Come sottolineato da Mario Draghi nel suo report, il futuro della competitività europea dipenderà dalla capacità di gestire in modo efficace la transizione energetica, garantendo allo stesso tempo sicurezza e stabilità geopolitica in un contesto globale sempre più complesso.

---

<sup>10</sup> Fonte: Parte A [https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961\\_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness%20\\_%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20Europe.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness%20_%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20Europe.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>11</sup> Fonte: Parte B [https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92\\_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness\\_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations\\_0.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)





**Capitolo**

**2**

## Capitolo 2: La fisica tecnica applicata all'architettura: principi, evoluzione storica e applicazioni

La fisica tecnica, definita quale branca della fisica che si occupa di analizzare i processi di scambio energetico tra sistemi termici e meccanici, con particolare attenzione ai fenomeni di trasferimento di calore, massa e quantità di moto, qualora applicata all'architettura, integra concetti di termodinamica, fluidodinamica, scambio di calore, acustica e illuminotecnica.

*La fisica tecnica fornisce gli strumenti scientifici per "dominare" l'energia e, se applicata all'architettura, risulta utile per progettare edifici che ottimizzino l'efficienza energetica, garantendo comfort termico, riduzione dei consumi energetici e sostenibilità ambientale.*

Come il Dott. Marco Casini nel suo libro "Tecnologia dell'Architettura. Modelli funzionali ed elementi costruttivi" del 2017 offre ipotesi tecnologiche per risolvere attraverso modelli funzionali e soluzioni tecniche innovative per rispondere alle nuove esigenze di qualità edilizia del XXI secolo, anche la Dott.ssa Arch. Mariangela Martellotta, nelle sue 59 pagine del modulo base di "Architettura eco-sostenibile" per Certificatori Energetici Ambientali, esplora l'architettura ecosostenibile, focalizzandosi sulla progettazione e costruzione di edifici che armonizzano con i sistemi naturali, considerando sia elementi fisici quantificabili sia fattori energetici e temporali.<sup>12</sup> [10]

Nell'articolo "L'architettura nell'epoca della sostenibilità", di Vittorio Magnago Lampugnani pubblicato su Treccani.it, viene analizzato come l'architettura contemporanea debba confrontarsi con ideologia, politica, tecnica e legislazione edilizia, influenzando e venendo influenzata al tempo stesso dalla società nel contesto della sostenibilità.<sup>13</sup> [11]

Pierfrancesco Brunello nel libro "Lezioni di fisica Tecnica" invece spiega come i principi della fisica tecnica in architettura includano:

---

<sup>12</sup> Fonte: [https://www.academia.edu/30236469/ARCHITETTURA\\_ECOSOSTENIBILE\\_ESPERIENZE\\_NAZIONALI\\_E\\_INTERNAZIONALI](https://www.academia.edu/30236469/ARCHITETTURA_ECOSOSTENIBILE_ESPERIENZE_NAZIONALI_E_INTERNAZIONALI) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>13</sup> Fonte: [https://www.treccani.it/enciclopedia/l-architettura-nell-epoca-della-sostenibilita\\_%28XXI-Secolo%29](https://www.treccani.it/enciclopedia/l-architettura-nell-epoca-della-sostenibilita_%28XXI-Secolo%29) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

1. **Bilancio energetico** (gli edifici scambiano continuamente energia con l'ambiente esterno sotto forma di calore, radiazioni, e aria. È necessario valutare il bilancio termico per garantire il comfort termico e ridurre i consumi energetici).

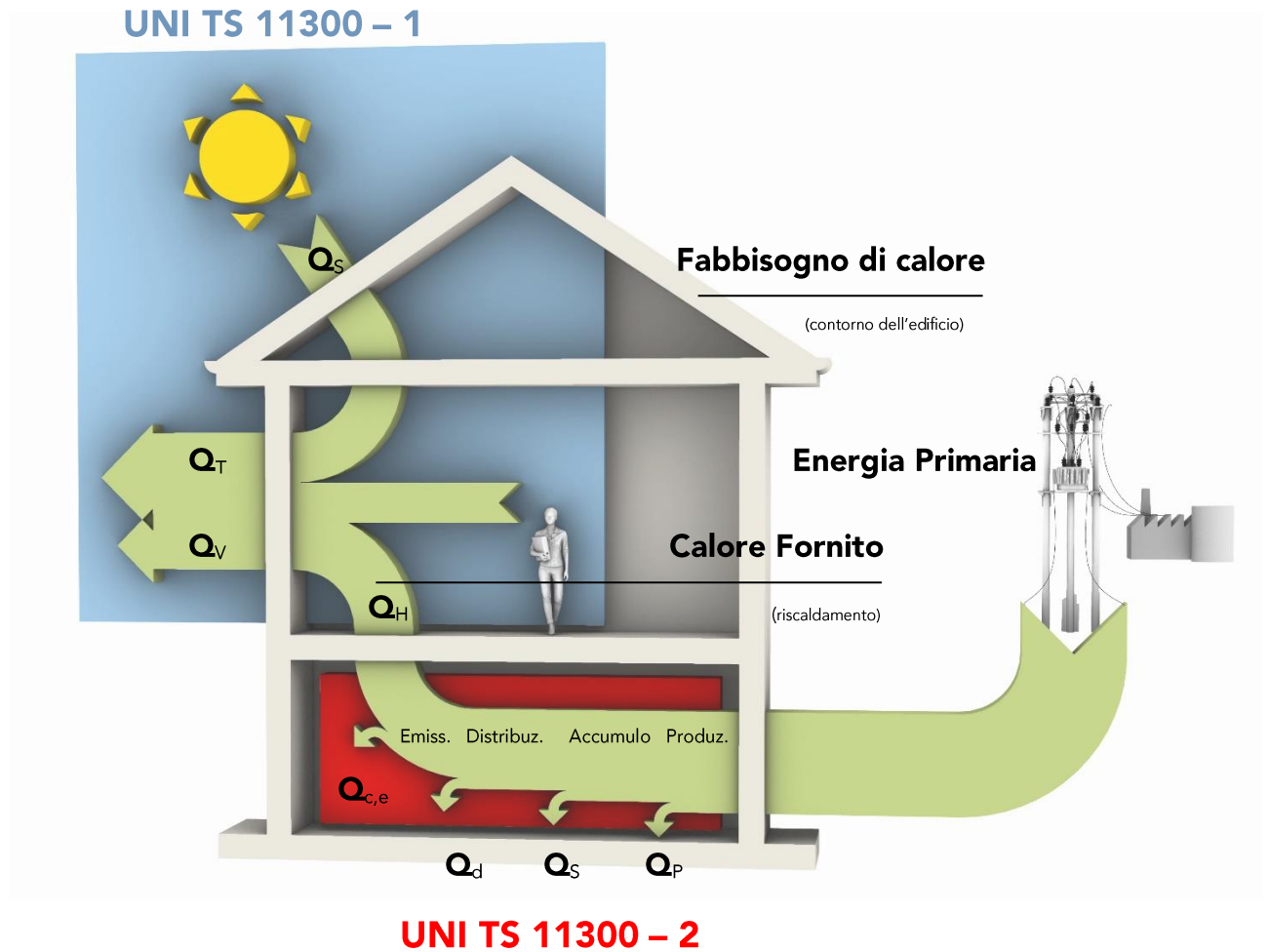
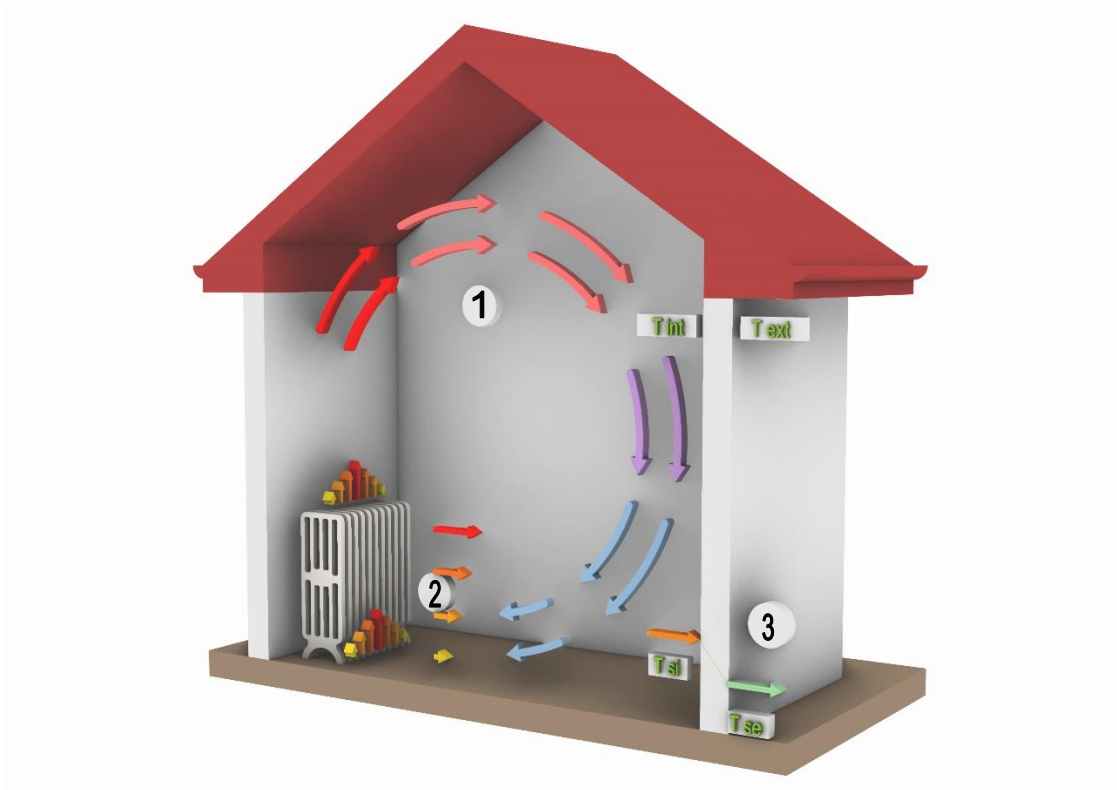


Figura 4 Concettualizzazione del bilancio energetico di un edificio tipo - Fonte: Candidato

2. **Termodinamica** (il trasferimento di calore avviene attraverso conduzione, convezione e irraggiamento. La conoscenza di queste modalità permette di prevedere e controllare il comportamento termico degli edifici).



1=Convezione; 2=Irraggiamento; 3=Conduzione

Figura 5 Concettualizzazione trasferimento del calore in un edificio tipo - Fonte: Candidato

3. **Scambio di umidità** (l'umidità relativa e il contenuto d'acqua nell'aria influenzano notevolmente il comfort termo-igrometrico all'interno degli edifici. Comprendere i fenomeni di evaporazione, condensazione e scambio di vapore è essenziale per evitare problemi come la formazione di muffe).



*Figura 6* Formazione di muffe a seguito shock termico dovuto al raggiungimento del punto di rugiada in prossimità di un ponte termico - Fonte: Candidato (ATP 1514 / 2015 Tribunale Monza)

Mentre nel manuale "Fisica tecnica ambientale. Con elementi di acustica e illuminotecnica." di Yunus A. Çengel, Giuliano Dall'Ò, Luca Sarto" si affrontano i principi fondamentali della termodinamica e della trasmissione del calore, riportando anche applicazioni tecniche, senza far ricorso a complesse elaborazioni matematiche. La materia di studio è presentata in modo da suscitare l'interesse del lettore, coinvolgendolo attraverso la soluzione di vari problemi pratici ampiamente illustrati.

La seconda parte del manuale, scritta da Giuliano Dall'O' e Luca Sarto del Politecnico di Milano, illustra i fondamenti di:

4. **Acustica:** L'isolamento acustico e il controllo del suono considerati essenziali per il comfort abitativo (la propagazione delle onde sonore e la loro attenuazione devono essere considerate nei progetti di spazi interni).

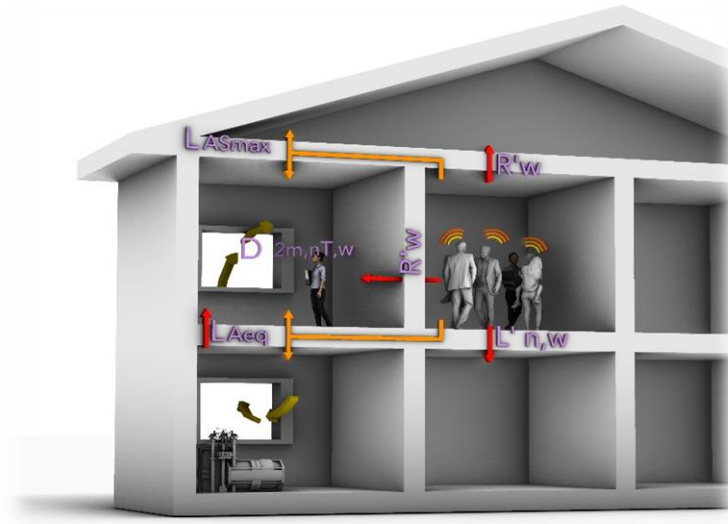


Figura 7 Concettualizzazione degli indicatori per il controllo del comfort acustico di un edificio - Fonte: Candidato

5. **Luce e illuminazione naturale:** La fisica della luce aiuta a ottimizzare l'ingresso della luce naturale, riducendo la necessità di illuminazione artificiale e migliorando l'efficienza energetica e il comfort visivo.

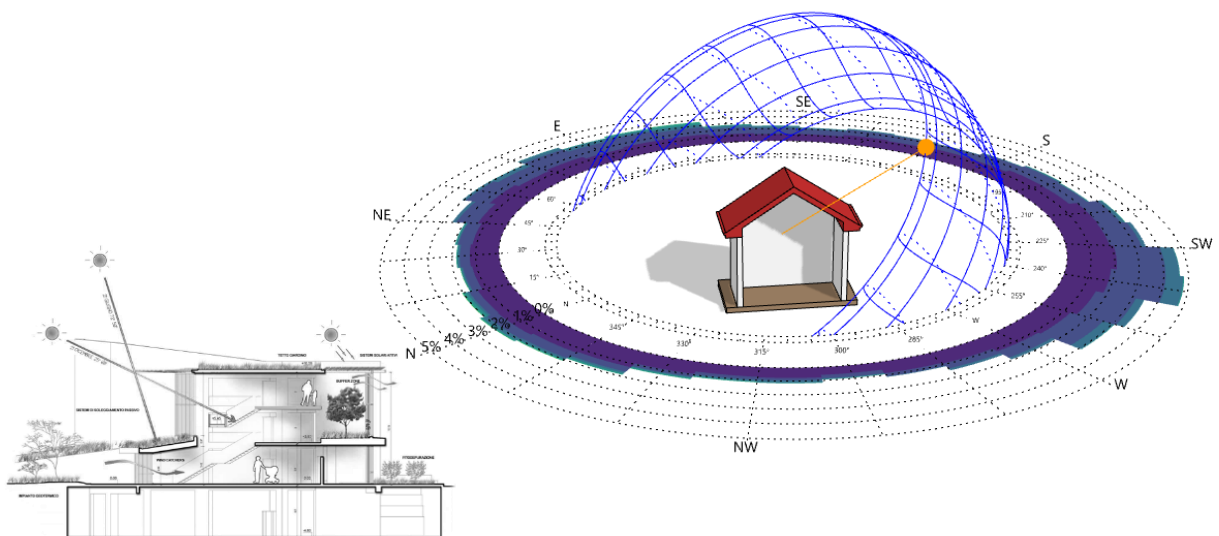


Figura 8 Esposizione solare e diagramma del sole e dei venti in un'analisi ambientale - Fonte: Candidato

Nel corso di Fisica Tecnica, presso qualsiasi università italiana tra cui anche il Politecnico di Milano, vengono esplorate le teorie fondamentali, quali:

1. **Teoria del bilancio termico**, che si basa sulla conservazione dell'energia, secondo la quale l'energia in ingresso in un edificio deve essere pari all'energia in uscita, considerando le fonti di calore interne ed esterne, e i meccanismi di scambio termico.

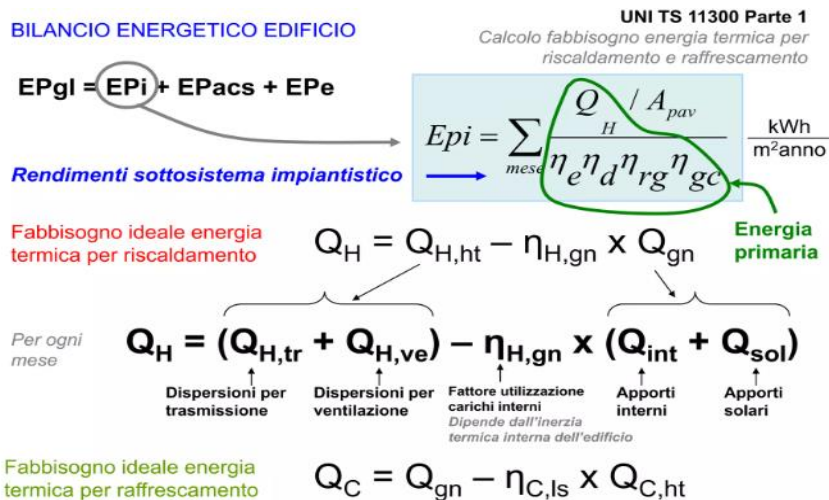
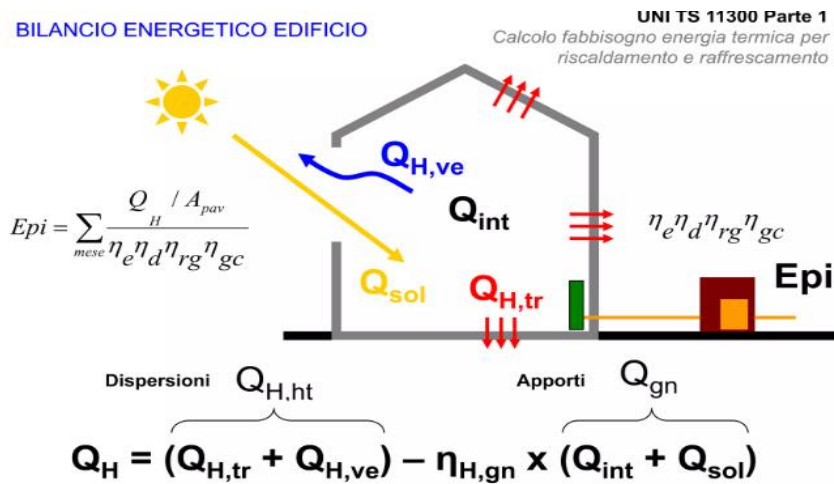


Figura 9 Espressione raffigurante il calcolo del fabbisogno energetico di un edificio - Fonte: Dispense corso di aggiornamento per Certificatori Energetici Collegio Geometri e Geometri laureati di Monza e della Brianza - luglio 2024

2. I principi di psicrometria con il **diagramma di Carrier** (anche detto diagramma psicrometrico o diagramma di Grosvenor), quale strumento grafico utilizzato per rappresentare le proprietà dell'aria umida, come temperatura, umidità relativa, entalpia e punto di rugiada. Questo diagramma aiuta a visualizzare e calcolare i processi di riscaldamento, raffrescamento e deumidificazione degli ambienti.

# DIAGRAMMA PSICOMETRICO

## TEMPERATURE NORMALI

SI - METRICO  
PRESSIONE BAROMETRICA 101.325 kPa  
LIVELLO DEL MARE

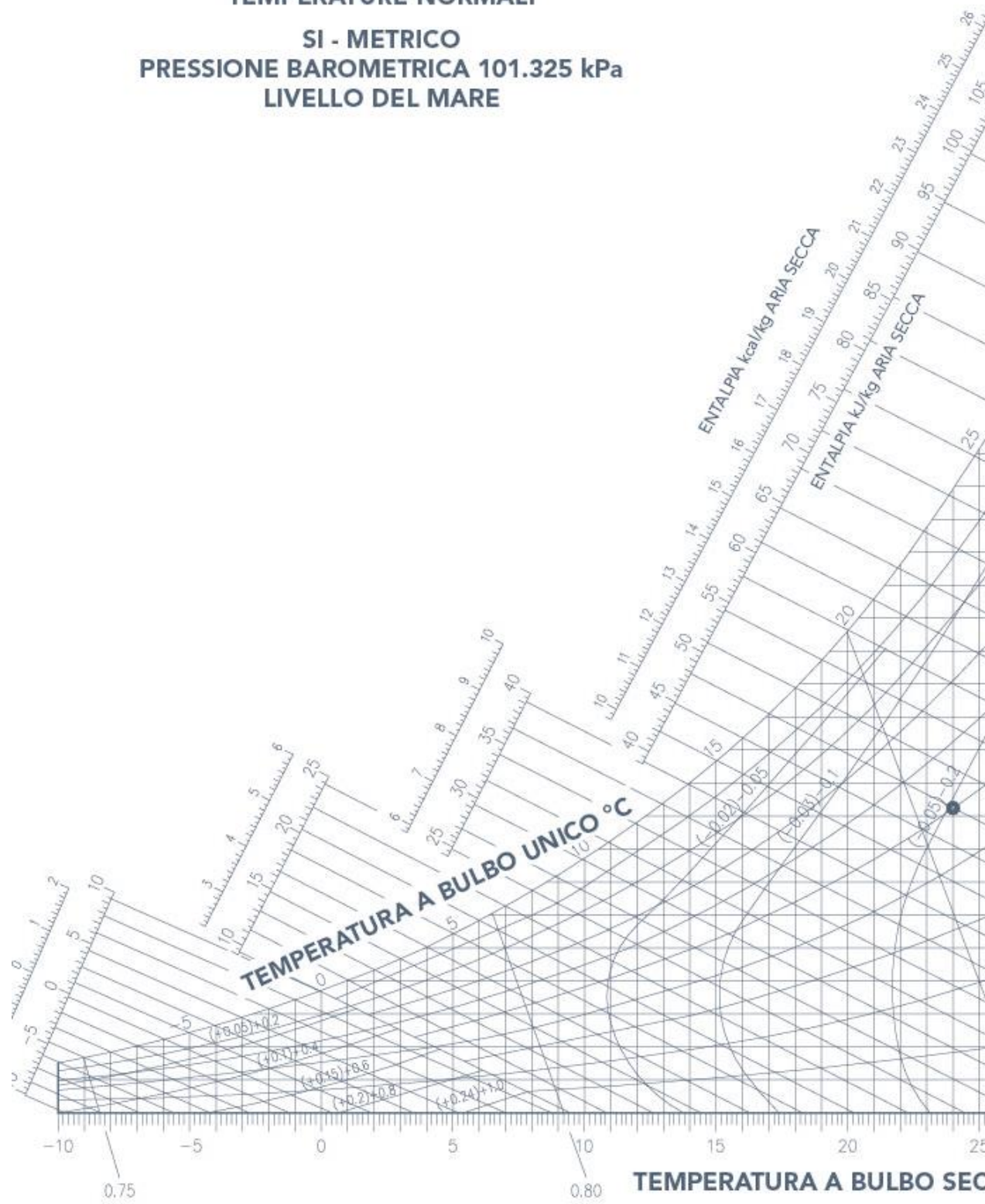
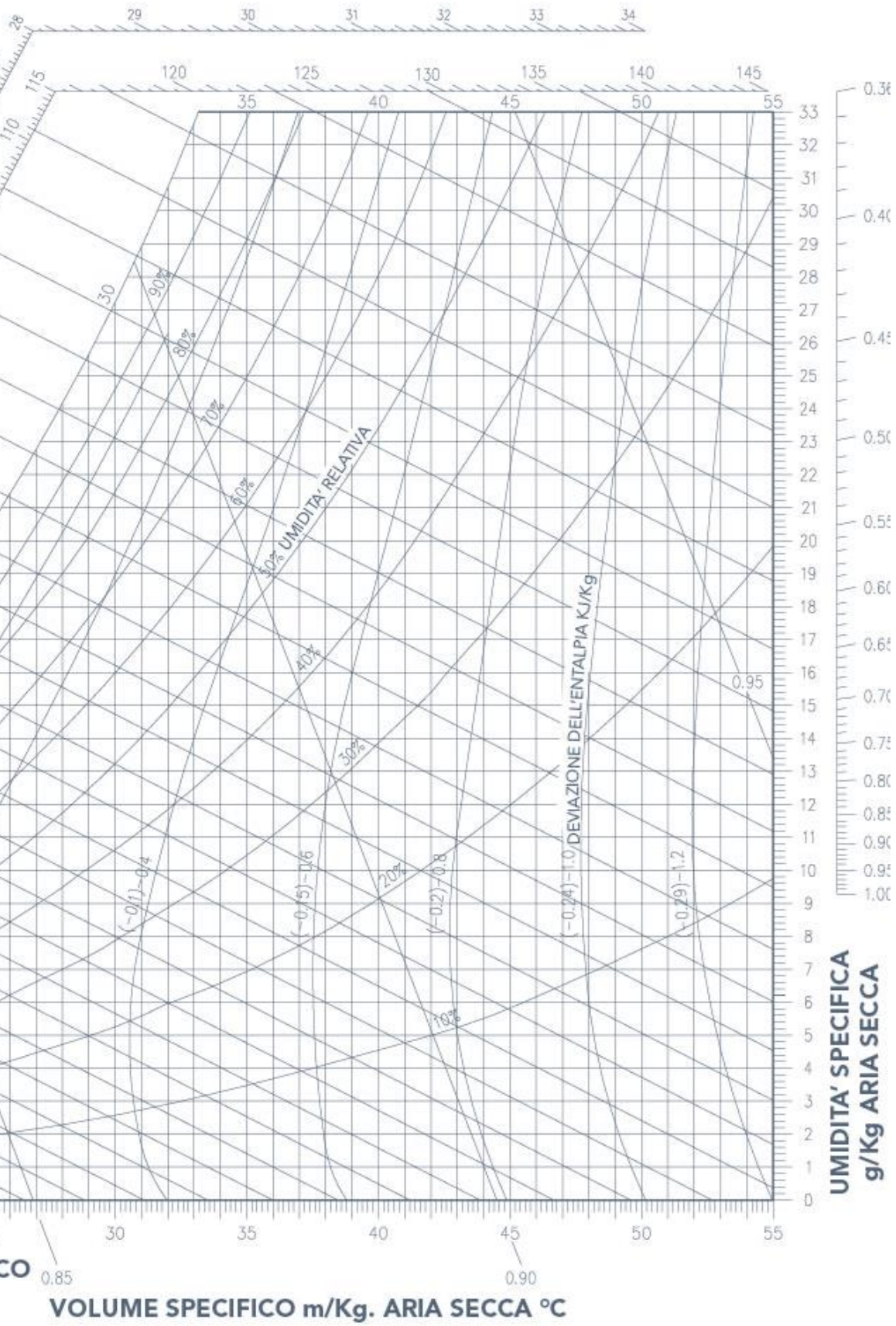


Figura 10 Diagramma Psicrometrico - Fonte: Dispensa Corso di Fisica Tecnica Prof. Dall'O - Politecnico di Milano 2023





3. **Legge di Fourier**, che definisce il flusso di calore per conduzione, ovvero la trasmissione del calore attraverso materiali solidi. È cruciale per calcolare il trasferimento termico attraverso pareti, solai e coperture. <sup>14</sup>[12]



Figura 11 Concettualizzazione delle variabili in gioco nel processo di trasferimento termico per conduzione - Fonte: Candidato

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} \cdot \Delta t \quad [W/(m \cdot K)]$$

$Q$  = quantità calore scambiato per CONDUZIONE,  $A$  = area della superficie,  $d$  = spessore parete

$k$  = coefficiente di conduttività termica (calore trasmesso nell'unità di tempo) caratteristica del materiale,

$$T^2 > T^1, \quad \Delta T = T^2 - T^1 < 0, \quad \Delta t = \text{intervallo di tempo } (t_2 - t_1), \quad Q/\Delta t = \text{flusso termico}$$

La quantità di calore che si propaga per conduzione in un tempo  $\Delta t$  attraverso una parete di Area  $A$  e spessore  $d$ , ai due lati della quale è mantenuta una differenza di temperatura  $\Delta T$  è par a  $Q$ .  $k$ : è caratteristico del materiale e nel SI è il coefficiente di conducibilità termica e si misura in  $W/(m \cdot K)$ .

<sup>14</sup> Fonte: <https://www.slideshare.net/slideshow/fenomeni-termici/34874490> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

4. Le **Equazioni di Navier-Stokes** (accennate) per descrivere il moto dei fluidi, utili per comprendere la ventilazione naturale e forzata, e il comportamento dell'aria all'interno e attorno agli edifici. <sup>15</sup>[13]

Sempre nel corso universitario, gli elementi, componenti i fattori rientranti nelle teorie suelencate, vengono quantificati attraverso le diverse unità di misura:

- **Temperatura:** Misurata in gradi Celsius (°C) o Kelvin (K).
- **Calore:** Misurato in joule (J) o kilowattora (kWh) per l'energia termica.
- **Umidità relativa:** Espressa in percentuale (%), rappresenta il rapporto tra la quantità di vapore acqueo presente e la quantità massima che l'aria può contenere a una data temperatura.
- **Flusso termico:** Misurato in watt per metro quadrato (W/m<sup>2</sup>), indica la quantità di calore che attraversa una superficie per unità di tempo.

Mentre gli strumenti e i dispositivi indagati includono:

**Termocamere:** utilizzate per identificare dispersioni termiche negli edifici.<sup>16</sup> [14]



Figura 12 Fronte e retro di una termocamera Fluke – Fonte: [www.fluke.com](http://www.fluke.com) [ultima visualizzazione 11-12-2024]

<sup>15</sup> Fonte: <https://www.qualenergia.it/articoli/capire-il-bilancio-energetico-italiano/#gid=1&pid=1> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>16</sup> Fonte: <https://www.fluke.com/en/product/thermal-cameras/ti45ft> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

- **Psicrometro:** per misurare la temperatura dell'aria e l'umidità relativa per determinare le condizioni dell'aria umida.<sup>17</sup> [15]



Figura 13 Data Logger con testine sensoriali intercambiabili Trotec - Fonte: it.trotec.com [ultima visualizzazione 11-12-2024]

- **Anemometro:** per misurare la velocità dell'aria, essenziale per valutare la ventilazione naturale o forzata.
- **Luxmetro:** per misura l'intensità della luce in uno spazio, valutando così la qualità dell'illuminazione naturale o artificiale.

Inoltre, gli schemi logici e diagrammi esplorati sono:

1. **Diagramma psicrometrico:** per rappresentare le proprietà dell'aria umida e identificare i processi termodinamici che avvengono durante il condizionamento dell'aria.<sup>18</sup> [16]
2. **Diagrammi del bilancio energetico:** per rappresentare le perdite e gli apporti energetici di un edificio, come già visto nelle Figura 4 e 9, consentendo di valutare l'efficienza energetica complessiva.<sup>19</sup> [17]

<sup>17</sup> Fonte: <https://at.trotec.com/multimeasure-mobile-app/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>18</sup> Fonte: <https://www.renieriarchitetto.com/riqualificazione-energetica/it/servizi/calcoli-fisica-tecnica/umidita-negli-edifici.html> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>19</sup> Fonte: <https://www.slideshare.net/slideshow/bilancio-energetico-edificio/4350444> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



L'applicazione della fisica tecnica all'architettura ha origini antiche, con un'evoluzione significativa durante la rivoluzione industriale e lo sviluppo della termodinamica. Nel XIX secolo, con l'introduzione delle prime teorie sull'energia e il calore (grazie ai lavori di Carnot, Fourier e Joule), si è cominciato a comprendere come ottimizzare le condizioni termiche negli edifici.

Nel XX secolo, con l'avvento dell'elettricità e dei sistemi di riscaldamento e condizionamento dell'aria, la fisica tecnica ha assunto un ruolo sempre più centrale nell'architettura, specie nell'ottica dell'efficienza energetica e della sostenibilità. Oggi, con l'accento posto sull'architettura sostenibile, la disciplina si è ulteriormente evoluta per affrontare sfide come la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, l'uso di energie rinnovabili e il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici.

Nel libro "Edifici nZEB e BIM. Progettazione nel rispetto dei criteri ambientali minimi e digitalizzazione nel settore delle costruzioni" di Eddy Vito Maria Lo Bianco si indaga come si affrontano le applicazioni contemporanee della fisica tecnica che includono:

- Progettazione di edifici a energia quasi zero (NZEB), dove il bilancio energetico tra energia consumata ed energia prodotta è ottimizzato.
- Simulazioni energetiche con software per prevedere le prestazioni energetiche degli edifici in condizioni operative reali.
- Sistemi di ventilazione naturale e ibrida, che riducono il consumo di energia per il condizionamento dell'aria.
- Architettura bioclimatica, che integra le condizioni climatiche locali per migliorare il comfort e ridurre l'impatto ambientale degli edifici.

Partendo dal presupposto che il cuore della fisica tecnica applicata all'architettura si basa sull'analisi del comportamento termico degli edifici, visti come sistemi complessi in cui diversi fenomeni fisici interagiscono, influenzando la qualità ambientale interna e il consumo di energia, i principali fenomeni studiati sono:

- **Trasferimento di calore:** attraverso tre modalità (conduzione, convezione e irraggiamento). Nella progettazione architettonica, queste modalità di trasferimento influenzano il comportamento termico degli edifici, e l'ottimizzazione di queste variabili è cruciale per ridurre il fabbisogno energetico.

- *Conduzione*: Si riferisce al trasferimento di calore attraverso i materiali solidi dell'edificio, come pareti, pavimenti e tetti. Materiali isolanti vengono utilizzati per minimizzare questo scambio e migliorare l'efficienza termica.
  - *Convezione*: Coinvolge il trasferimento di calore attraverso l'aria o altri fluidi presenti all'interno o all'esterno dell'edificio. Il controllo della ventilazione e l'uso di strategie come la ventilazione naturale o controllata sono strumenti essenziali per mantenere un ambiente confortevole.
  - *Irraggiamento*: È il trasferimento di calore tramite radiazione elettromagnetica, come la radiazione solare. La progettazione di edifici che sfruttano o proteggono dall'energia solare rappresenta una parte centrale della fisica tecnica applicata all'architettura.
- **Bilancio energetico**: analizzando il flusso di energia in entrata e in uscita dall'edificio. Esso comprende sia i guadagni che le perdite termiche e tiene conto di fonti energetiche interne (occupanti, apparecchiature, illuminazione) ed esterne (sole, vento, temperatura esterna). Ottimizzare questo bilancio significa ridurre al minimo i consumi energetici e garantire il comfort termico.
  - **Comfort termico**: considerando gli effetti delle condizioni termiche sugli occupanti e il loro grado di soddisfazione. Gli standard come quelli definiti dall'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) o dalla normativa europea EN ISO 7730 regolano i parametri del comfort termico, tra cui temperatura, umidità e velocità dell'aria.

*Dallo studio dell'evoluzione storica della fisica tecnica in architettura possiamo affermare che essa segue lo sviluppo delle tecnologie e delle necessità energetiche delle società umane.*

Nel libro "Architettura ed energia. Dalla preistoria all'emergenza climatica", scritto da Barnabas Calder, successivamente tradotto da Maddalena Ferrara, viene esplorata la storia innovativa dell'architettura, attraverso il rapporto tra edifici e risorse energetiche

nelle diverse epoche: dalle prime società agrarie a Uruk, dalle abitazioni romane ai capolavori rinascimentali, dalla Liverpool vittoriana alle megalopoli orientali contemporanee. La storia dell'architettura è la storia dell'umanità. Gli edifici in cui viviamo o abbiamo vissuto, dalle più umili capanne preistoriche ai grattacieli di oggi, rivelano le nostre priorità e ambizioni, le nostre strutture familiari e di potere. Inoltre, e in una misura mai esplorata fino ad ora, in ogni epoca l'architettura è stata plasmata dal nostro accesso all'energia, dal fuoco e l'agricoltura ai combustibili fossili. In questa storia rivoluzionaria dell'architettura mondiale, Barnabas Calder ci guida in un viaggio stupefacente verso alcuni degli edifici più sorprendenti degli ultimi quindicimila anni, da Uruk, passando attraverso l'antica Roma e la Liverpool vittoriana, alle megalopoli in forte espansione della Cina. Calder ci spiega come ogni edificio - dal Partenone alla Grande Moschea di Damasco o a una tipica casa georgiana - sia stato influenzato dall'energia che era a disposizione dei suoi architetti, e perché tutto ciò sia importante soprattutto oggi, quando il 39% delle emissioni mondiali di gas serra deriva dalla costruzione e dalla gestione degli edifici.

- Nell' **Architettura vernacolare** la fisica tecnica era applicata in modo empirico. Come afferma Massimo Majowiecki, nella sua pubblicazione sulla rivista on-line "area-arch" dal titolo "l'architettura strutturale: dalla ricerca della forma al free form design", <<gli edifici venivano progettati in modo empirico per rispondere alle condizioni climatiche locali, utilizzando materiali e tecniche costruttive che favorivano il controllo passivo del clima. Esistono edifici storici che sono universalmente riconosciuti come molto belli, tra questi ci sono i grandi templi religiosi del passato (Fletcher, 1987) e la ricchezza culturale contenuta in varie architetture indigene (Rudofsky, 1964; 1977). Entrambi sono il prodotto di regole [costruttive] empiriche, che possono essere dedotte dalle costruzioni stesse. Un generale insieme di regole empiriche è stato analizzato e raccolto in Pattern Language, di Christopher Alexander (Alexander et. al., 1977) (Citation: Alexander, Ishikawa & al., 1977). Altri esempi di architettura vernacolare sono gli igloo degli Inuit, progettati per massimizzare l'isolamento termico, e le case di fango dei climi desertici, che sfruttavano l'inerzia termica per mantenere fresche le abitazioni durante il giorno>>."<sup>21</sup>
  
- Durante la **rivoluzione industriale**, come descrive Barnabas Calder, l'introduzione delle tecnologie a vapore e, successivamente, dei sistemi elettrici e di riscaldamento centralizzato, l'architettura divenne sempre più dipendente dall'energia esterna per garantire comfort agli occupanti. Gli edifici moderni, in particolare i grattacieli del XX secolo, introdussero ampie superfici vetrate e

---

<sup>21</sup> Fonte: <https://www.area-arch.it/larchitettura-strutturale-dalla-ricerca-della-forma-al-free-form-design> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



dipendenze da sistemi meccanici di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (HVAC).

- Con il **movimento modernista** degli anni '20 e '30 del XX secolo, architetti come Le Corbusier e Walter Gropius iniziarono a sperimentare con l'orientamento solare, la ventilazione naturale e l'uso di materiali innovativi per migliorare l'efficienza energetica degli edifici. Le Corbusier, con il concetto di "macchina per abitare", riconosceva la necessità di progettare edifici efficienti, anche se la loro esecuzione iniziale era fortemente dipendente dall'energia meccanica. Infatti, nel saggio "Verso un'architettura" di Le Corbusier (tradotto da P. Cerri, P. Nicolini, C. Fioroni) si espongono i principi dell'architettura moderna, enfatizzando l'importanza dell'orientamento solare e della ventilazione naturale. Mentre in "Walter Gropius: Opera Completa" di Gilbert Lupfer e Paul Sigel viene restituita una panoramica dettagliata delle opere di Gropius, evidenziando l'uso di materiali innovativi e soluzioni progettuali orientate all'efficienza energetica.
- Giunti alla **crisi energetica degli anni '70** (crisi petrolifera del 1973) si arriva a un punto di svolta nell'evoluzione della fisica tecnica applicata all'architettura. Come scrive Federica Doglio, nel libro intervista a Mirko Zardini "Dopo le crisi 1973, 2001, 2008, 2020" la crescente consapevolezza della limitatezza delle risorse energetiche e l'aumento dei costi portarono a un cambiamento nell'approccio progettuale, spostando l'attenzione verso edifici più efficienti dal punto di vista energetico. In questo periodo nascono le prime normative energetiche e certificazioni per la costruzione sostenibile.
- Fino al concetto di edifici a **energia quasi zero (NZEB) dei nostri giorni** la fisica tecnica applicata all'architettura si è evoluta ulteriormente con lo sviluppo di edifici a energia quasi zero (NZEB - Nearly Zero Energy Buildings), si riduce drasticamente il fabbisogno energetico mediante un uso combinato di efficienza energetica passiva e attiva. Tanto è che il Decreto interministeriale del 19 giugno 2017 - approva il documento "Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero" in cui stabilisce linee guida e misure per favorire la transizione verso edifici altamente efficienti dal punto di vista energetico. Gli edifici nZEB sono caratterizzati da un bilancio energetico quasi nullo, grazie a una significativa riduzione dei consumi energetici e all'uso di energia da fonti rinnovabili. Il decreto prevede: la definizione di standard minimi di prestazione energetica per edifici nuovi e ristrutturati, la promozione di tecnologie innovative e materiali ad alta efficienza, l'adozione di strumenti di incentivazione economica per sostenere interventi di efficientamento, la pianificazione di formazione per tecnici e professionisti del settore, il monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi europei in materia di energia e clima. Il decreto, successivamente aggiornato per aderire meglio alla direttiva europea aggiornata, si inserisce

nell'ambito della direttiva europea 2010/31/UE, obbligando gli edifici pubblici e privati a conformarsi agli standard nZEB in un determinato lasso di tempo (2028-2030). Questi edifici sono progettati per produrre quasi tutta l'energia di cui hanno bisogno, sfruttando fonti rinnovabili come il solare e il geotermico seguendo la Direttiva (UE) 2024/1275 del 24 aprile 2024, sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD Directive - Direttiva Case green) <sup>22</sup>[19]

Tutto quanto sino ad ora esposto evidenzia che tutti gli attori in gioco (interessanti i settori della scienza, delle istituzioni, dell'economia e dei decisori politici) pongano grande importanza al contenimento dei fabbisogni energetici, in un'ottica di società mossa principalmente da regole di bilancio economico, regolamentate dai mercati mondiali utili per garantire la sostenibilità economica per lo sviluppo sociale sia per i soggetti privati che per le istituzioni ognuno con le proprie mission (politiche).

*La grande importanza, sociale ed economica, della "Fisica tecnica applicata", attribuita dagli attori in gioco, fa sì che l'attenzione, da parte dei decisori politici al contenimento dei fabbisogni energetici, si traduca in un'importante produzione di normative, cogenti e non cogenti, che sono state introdotte negli anni e che tutt'ora sono in continua evoluzione ispirando e, simultaneamente, derivando dall'evoluzione tecnologica stessa (come esposto nel capitolo precedente).*

---

<sup>22</sup> Fonte:

[https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/all\\_decreto\\_interministeriale\\_19\\_giugno\\_2017\\_panzeb.pdf](https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/all_decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf)  
(ultima data di consultazione 11/12/2024)



Figura 15 Targa Classe A - Certificazione Energetica e tesserino certificatore energetico - Fonte: Candidato

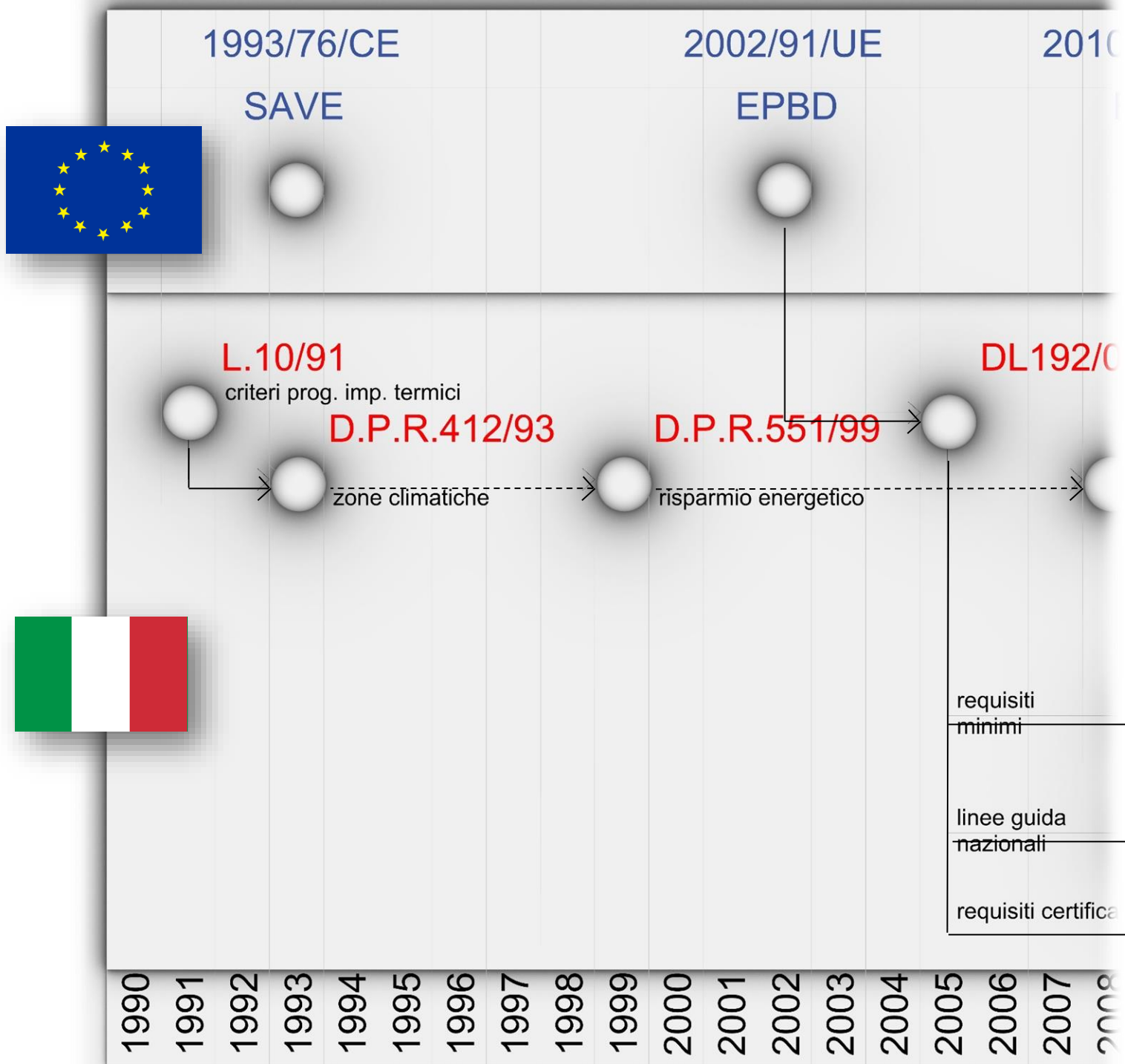
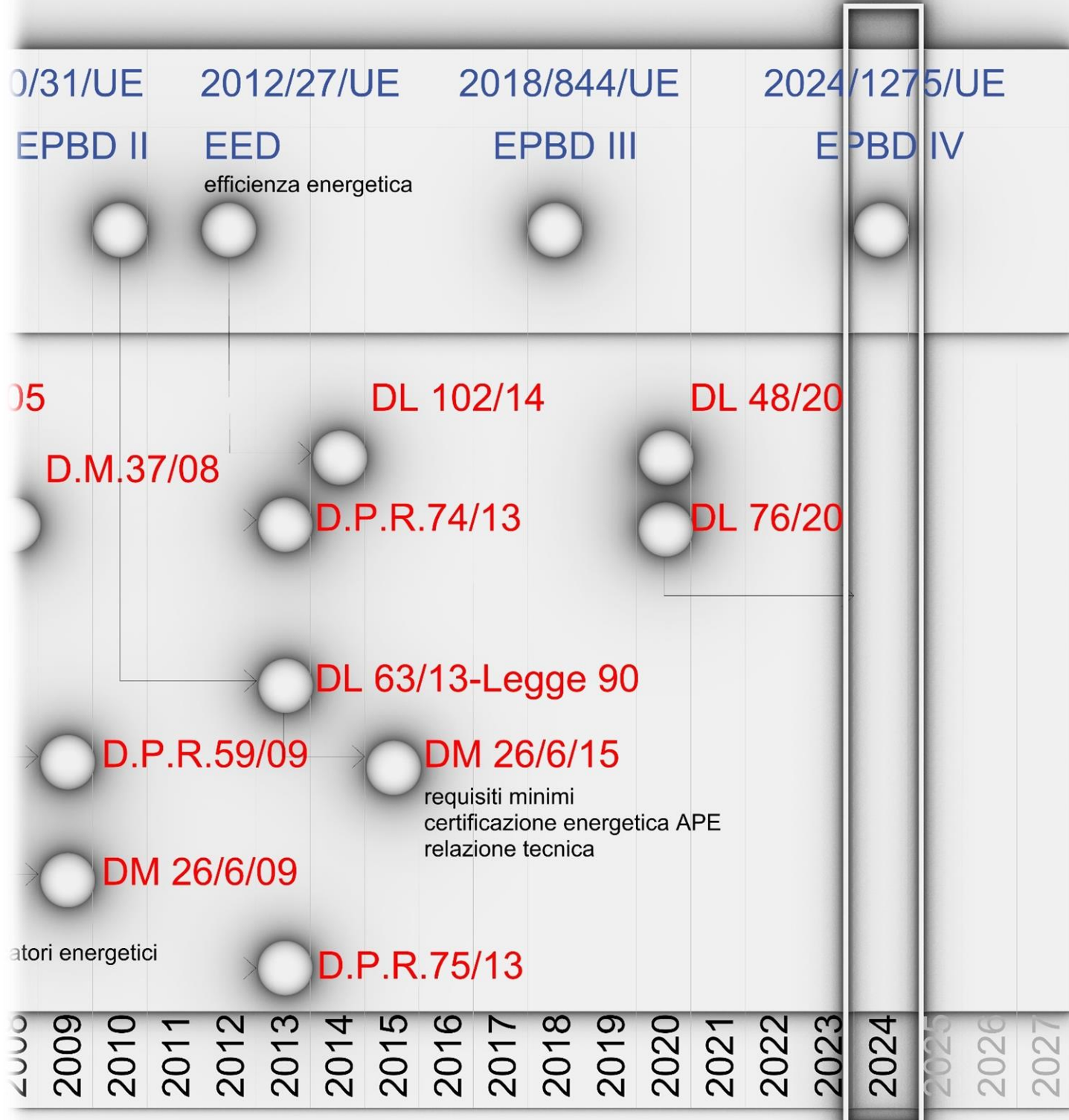


Figura 16 Timeline normativa Europea e Italiana dal 1990 - Fonte: Candidato





**Capitolo**

**3**

## Capitolo 3: Storia ed evoluzione della normativa energetica

Le normative energetiche hanno subito una trasformazione profonda, affermandosi come un elemento centrale nelle strategie internazionali volte a promuovere la sostenibilità ambientale e contrastare il cambiamento climatico. Il *World Energy Outlook (WEO, Prospettive energetiche mondiali)*, il principale rapporto a cura dell'AIE pubblicato annualmente, è la fonte più autorevole in materia di analisi e proiezioni sul mondo dell'energia. Individua e analizza le principali tendenze della domanda e dell'offerta di energia, nonché il loro impatto sulla sicurezza energetica, sulle emissioni e sullo sviluppo economico.<sup>23</sup> [C]

*L'attenzione all'efficienza energetica nel settore edilizio si è sviluppata progressivamente, parallelamente alla crescente consapevolezza dell'impatto ambientale delle attività umane e alla necessità di ridurre le emissioni di gas serra e la dipendenza da materie prime per produrre essa.*

Una analisi storica dell'evoluzione delle normative in materia energetica, e una disamina delle certificazioni adottate a livello sia internazionale che nazionale mette in luce gli strumenti normativi obbligatori e facoltativi, con particolare enfasi sul contributo delle direttive e dei regolamenti europei, delle normative nazionali e delle norme tecniche volontarie.

Sin dal mondo antico le prime iniziative regolamentatrici avevano l'obiettivo di controllare l'accesso alle risorse (acqua, terra, uso del legname per l'energia). Lukas Thommen nel libro "L'ambiente nel mondo antico" esamina il rapporto tra l'uomo e la natura nell'antichità greco-romana, analizzando aspetti come l'agricoltura, lo sfruttamento del legname e la gestione delle risorse idriche. Egli studia in primo luogo lo spazio geografico e la percezione che il mondo antico aveva della natura: la visione mitica, la teoria scientifica dei quattro elementi, il determinismo climatico, il rapporto con gli animali e le piante. In secondo luogo, esamina l'intervento concreto dell'uomo, come l'attività agricola, l'approvvigionamento alimentare, lo sfruttamento del legname, l'orticoltura, i danni causati dalle guerre, le opere di canalizzazione, le attività estrattive, i problemi legati all'urbanizzazione; e per altro verso l'effetto sull'uomo degli eventi naturali come lo spostamento delle linee di costa, l'insabbiamento delle foci, i terremoti, gli incendi, le eruzioni. Per esempio, nel mondo greco le "Leggi di Licurgo" (Sparta, IX

---

<sup>23</sup> Fonte: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



secolo a.C.) regolamentavano la vita spartana, promuovendo l'uguaglianza tra cittadini e un'economia austera. Includevano norme sull'educazione militare e la proprietà terriera intesa come risorsa per il sostentamento umano. Nel mondo egizio il "Codice di Ma' at", basato sul concetto di equilibrio e giustizia, regolava la società faraonica attraverso principi morali, più che leggi codificate, garantendo il rispetto delle risorse e la giustizia nei rapporti sociali.<sup>24</sup> [D]

Nel libro "Antico Oriente: Storia, società, economia", il Professore emerito all'Università di Roma La Sapienza di Storia del Vicino Oriente antico, Mario Liverani fornisce un'analisi dettagliata delle civiltà del Vicino Oriente antico, con sezioni dedicate alla legislazione babilonese e al ruolo del Codice di Hammurabi nella società dell'epoca. Nella sezione dedicata a "Il Codice di Hammurabi" viene offerta una traduzione completa del Codice, accompagnata da un'analisi dettagliata delle leggi relative all'agricoltura, evidenziando le tecniche agricole e le pratiche di gestione delle risorse del tempo. Mario Liverani traducendo il Codice di Hammurabi (circa 1754 a.C.), impostato come un sistema dettagliato di leggi, spiega come esso coprisse ogni aspetto della vita babilonese: giustizia, commercio, agricoltura e famiglia, con riferimento all'agricoltura intesa, anche qui, come risorsa, proporzionata al grado di evoluzione tecnologica della società dell'epoca, utile al sostentamento umano.<sup>25</sup> [E]

Giungendo alla storia più recente, i primi interventi normativi, strutturanti la successiva evoluzione di normazione, sono volti principalmente a garantire una maggiore efficienza nei consumi energetici attraverso misure di risparmio, soprattutto nell'ambito edilizio, e risalgono agli anni Settanta. Negli Stati Uniti, l'Energy Policy and Conservation Act (1975) e il National Energy Act (1978) sono stati tra i primi tentativi di affrontare la questione energetica. In Europa, la crisi spinse gli Stati membri della Comunità Economica Europea (CEE) a sviluppare politiche comuni sull'energia, portando a iniziative come i Programmi di Risparmio Energetico.

L'Arch Emanuele Meloni descrive l'evoluzione normativa in Europa e in Italia, nel suo contributo sul sito: "infobuildenergia.it", scorrendo cronologicamente le tappe significative, sottolineando come l'evoluzione della normativa energetica in Europa abbia subito un'accelerazione con la nascita dell'Unione Europea e ponendo l'accento crescente sulle politiche climatiche<sup>26</sup>. [20]

La Direttiva 2002/91/CE, poi abrogata nel 1° febbraio 2012, conosciuta come Direttiva sulla Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD - Energy Performance of Buildings

---

<sup>24</sup> Fonte: Thommen, Lukas. *Umweltgeschichte der Antike*, Munchen C.H. Book, trad. It. L'ambiente nel mondo antico. Bologna, Il Mulino, 2014

<sup>25</sup> Fonte: Liverani, Mario. *Antico Oriente: Storia, società, economia*. Roma, Editori Laterza, 2011

<sup>26</sup> Fonte: <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/storia-normativa-energetica-settore-edilizio/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Directive), ha introdotto interventi mirati a migliorare l'efficienza energetica degli immobili, stabilendo per la prima volta l'obbligo di certificazione energetica, favorendo così una maggiore trasparenza sui consumi energetici. Nel 2010, questa normativa è stata aggiornata con la Direttiva 2010/31/UE, che ha fissato obiettivi più ambiziosi per la riduzione dei consumi energetici, promuovendo la costruzione di edifici a energia quasi zero (NZEB - Nearly Zero Energy Buildings). Parallelamente, la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica ha introdotto nuove misure per migliorare l'efficienza a livello europeo, includendo l'applicazione di standard minimi per gli edifici già esistenti.

*La normativa energetica, propagandata come strumento fondamentale nella lotta ai cambiamenti climatici, si è affermata diventando parte integrante delle politiche ambientali globali e nazionali, in un'ottica multi scalare.*

L'Accordo di Parigi del 2015 ha segnato un momento cruciale, identificando l'efficienza energetica come una delle principali strategie per ridurre le emissioni di gas serra e contenere l'aumento delle temperature globali. L'Unione Europea ha ulteriormente intensificato il proprio impegno normativo attraverso il Green Deal europeo, il cui obiettivo è raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Tra le iniziative principali, la revisione della Direttiva sulla Prestazione Energetica degli Edifici del 2021 mira alla completa decarbonizzazione del settore edilizio, promuovendo interventi di riqualificazione degli edifici esistenti e l'adozione di tecnologie a basso impatto ambientale.

Le principali fonti normative cogenti a livello europeo includono:

- ✓ La **Direttiva 2010/31/UE sulla Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD)** che definisce gli standard minimi di efficienza energetica per gli edifici nuovi ed esistenti, promuovendo l'adozione di tecnologie rinnovabili e fissando l'obiettivo di costruire solo edifici a energia quasi zero (NZEB) entro il 2030.

Come riassume in un articolo su Ingenio del 10 dicembre 2024 della Dott.ssa in Ingegneria Angela Longhitano << *Un edificio a emissioni zero è una costruzione che non genera emissioni di carbonio da combustibili fossili e che possibilmente riesce ad adattare il proprio consumo e la generazione di energia in funzione della variabilità delle condizioni a contorno*>><sup>27</sup>.

Gi edifici NZEB risultano particolarmente interessanti da approfondire.

---

<sup>27</sup> Fonte: <https://www.ingenio-web.it/articoli/edifici-a-emissioni-zero-che-caratteristiche-devono-avere-come-si-quantificano-le-emissioni-zero> ultimo accesso 2024-12-11]

Vediamo nello specifico la nota riassuntiva dell'Ingegnere Longhitano all'interno dello stesso articolo.

### << **Caratteristiche degli edifici a emissioni zero**

Per poter raggiungere la condizione di emissioni zero, la costruzione di un edificio dovrà basarsi sull'**utilizzo di risorse naturali inesauribili e a basso impatto ambientale**, sfruttando **sistemi di tipo passivo** per garantire gli standard di comfort interno.

Allo stesso tempo, la **progettazione degli impianti**, dimensionati per coprire il fabbisogno energetico, dovrà **assicurare un consistente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>**.>>

Continua specificando:

<<...In generale, la nuova Direttiva Europea 2024/1275 impone a tutti gli Stati membri una **soglia massima per la domanda di energia di un edificio a emissioni zero** che dovrà essere **inferiore di almeno il 10% rispetto alla soglia stabilita sul consumo totale in termini di energia primaria relativa agli edifici a energia quasi zero**>>.

### **Criteri progettuali**

I **criteri progettuali** che bisognerebbe adottare per raggiungere i requisiti richiesti sono molteplici e riguardano il **sistema edificio-impianto** nella sua totalità:

- 1 Corretto orientamento dell'edificio;
- 2 Analisi approfondita dei componenti trasparenti;
- 3 Adeguato isolamento dell'involucro edilizio con materiali ad elevate performance;
- 4 Idonea ventilazione naturale degli ambienti interni;

5 Adozione di sistemi di ombreggiamento ottimali;

6 Impiego di sistemi solari passivi;

7 Utilizzo di impianti per la produzione di energia rinnovabile per il raggiungimento quanto più possibile dell'autosufficienza;

8 Installazione di impianti per la climatizzazione che utilizzino fonti rinnovabili, quali ad esempio pompe di calore.

L'edificio ZEB dovrà quindi essere dotato di un involucro con eccellenti capacità di **isolamento termico** per la stagione invernale ed altrettante elevate prestazioni in termini di **sfasamento termico e attenuazione nella stagione estiva**, deve **sfruttare al massimo l'orientamento dell'edificio** per fruire degli apporti solari gratuiti ma allo stesso tempo essere **dotato di idonei sistemi di ombreggiamento** per limitare i picchi di irraggiamento solare durante i periodi più caldi.

Bisogna attenzionare in modo particolare i **ponti termici** in modo tale da eliminarli e scongiurare la formazione di muffe e condense, in grado di generare situazioni insalubri dal punto di vista termoigrometrico.

Devono essere **evitate le dispersioni per ventilazione** garantendo allo stesso tempo i **ricambi minimi necessari**.

Inoltre, l'edificio deve essere dotato di impianti di produzione di energia rinnovabile. A tal proposito, la Direttiva impone agli Stati membri che tutti i nuovi edifici siano progettati con un **approccio "solar-ready"**, ovvero idonei a ospitare impianti fotovoltaici o solari termici sui tetti.

Tutti gli **impianti dovranno essere ad elevata efficienza energetica** e quindi a basso assorbimento, correlati a **sistemi autoregolanti** in modo tale da garantire un carattere adattivo del fabbricato alle esigenze degli occupanti al variare delle condizioni esterne>>....

L'ingegnere esplora cosa si intende per edifici a zero emissioni, le tecnologie per la loro realizzazione e le modalità per verificarne le

prestazioni, con un focus particolare sull'importanza dell'involucro edilizio per migliorarne l'efficienza energetica

*Sempre secondo la Direttiva, **dal 29 maggio 2026, tutti gli edifici residenziali nuovi o sottoposti a ristrutturazioni importanti, dovranno essere dotati di:***

**sistema di monitoraggio elettronico continuo**, che misuri l'efficienza degli impianti e informi i proprietari o gli amministratori in caso di variazione significativa e qualora occorra, di procedere alla manutenzione;

**sistema di regolazione efficace** ai fini della generazione, della distribuzione, dello stoccaggio e del consumo ottimali dell'energia e, se del caso, del bilanciamento idronico;

capacità di reagire a segnali esterni e di adeguare il consumo di energia.

Inoltre, continua elencando i punti cardine di un edificio a emissioni zero:

*<<...Volendo quindi riassumere le principali caratteristiche di un edificio a emissioni zero possiamo elencare di seguito i presupposti cardine che bisogna prendere in considerazione:*

**Parola d'ordine "Alta Efficienza Energetica"**: bisogna ridurre al minimo il consumo di energia e, quindi, è necessario garantire un isolamento termico avanzato, sistemi di climatizzazione degli ambienti interni ad elevata efficienza, predisporre sistemi di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore al fine di garantire un'adeguata qualità dell'aria e minimizzare gli sprechi di energia, inserire serramenti performanti in grado di migliorare l'isolamento termico ma provvisti di sistemi che permettono di ridurre l'irraggiamento durante il periodo estivo;

**Produzione di Energia Rinnovabile sufficiente a compensare i propri consumi**: massimizzare l'utilizzo di sistemi quali pannelli solari fotovoltaici, pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria, mini-turbine eoliche se l'edificio si trova in zona

favorevole, sistemi geotermici per la climatizzazione, sistemi di cogenerazione o trigenerazione per la produzione simultanea di energia elettrica e termica;

**Riduzione delle emissioni indirette dovute alla fase costruttiva dell'edificio e alla manutenzione post-opera** mediante l'utilizzo di materiali da costruzione ecocompatibili e a bassa impronta di carbonio come il legno, progettare in modo da minimizzare l'uso di materiali e risorse durante la costruzione e la vita operativa dell'edificio favorendo il riciclo e il riutilizzo, implementare sistemi di recupero e riuso delle risorse come ad esempio il riciclo delle acque grigie o la gestione efficiente di rifiuti;

**Consumo di energia quasi nullo**, ottimizzando la gestione energetica relativa agli impianti termici ed elettrici grazie all'utilizzo di dispositivi ad elevata efficienza (LED, elettrodomestici a basso consumo), sistemi intelligenti che regolano l'energia in funzione delle reali esigenze quali smart meters e sistemi di domotica, utilizzare sistemi passivi derivanti da un ottimale progettazione per il riscaldamento/raffreddamento naturale dell'edificio (esposizione solare, ventilazione naturale, ombreggiatura);

**Autonomia energetica**, ovvero indipendenza dalla rete elettrica nazionale grazie all'utilizzo di sistemi di accumulo per stoccare l'energia prodotta in eccesso durante il giorno e riutilizzarla durante le ore notturne o grazie alla connessione con comunità energetiche per la condivisione delle risorse rinnovabili;

**Monitoraggio e ottimizzazione in tempo reale dell'uso di energia mediante sistemi avanzati di building management systems (BMS)** in grado di monitorare le prestazioni dell'edificio e dei suoi impianti e gestire il tutto al variare delle condizioni climatiche garantendo la riduzione delle emissioni;

**Sostenibilità a lungo termine** mediante una progettazione adeguata ed una continua attenzione alla manutenzione, al miglioramento delle tecnologie e alla gestione efficiente delle risorse>><sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Fonte: <https://www.ingenio-web.it/> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

- ✓ La **Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica** che Impone agli Stati membri di adottare misure per migliorare l'efficienza energetica in vari settori, compresi gli edifici e le infrastrutture pubbliche.
  
- ✓ Il **Regolamento (UE) 2018/1999 sulla Governance dell'Unione dell'Energia** che stabilisce un quadro giuridico per la governance delle politiche energetiche e climatiche, garantendo il raggiungimento degli obiettivi a lungo termine dell'Unione.

In Italia, queste direttive europee sono state recepite, sebbene con un certo ritardo rispetto ad altri Stati membri, tramite una serie di decreti legislativi.

- ✓ Il **Decreto Legislativo 192/2005** ha introdotto l'**obbligo della certificazione** energetica e ha stabilito **criteri** per l'efficienza energetica negli edifici, come la progettazione dell'involucro e l'isolamento termico.
- ✓ Il **Decreto 28/2011 obbliga l'integrazione delle energie rinnovabili** nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni rilevanti, puntando alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e al miglioramento dell'efficienza energetica.
- ✓ La **Legge 90/2013**: Introduce misure per migliorare l'efficienza energetica, incentivando la ristrutturazione degli edifici esistenti e promuovendo il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili.

Esistono anche una serie di norme tecniche e standard volontari, che forniscono linee guida per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale degli edifici. Spesso queste norme volontarie assumono rilevanza nella giurisprudenza, tanto da oltrepassare il rango di regole di buona prassi o standard di riferimento nella regolazione economico-contrattuale e divenire parte integrante dell'ordinamento giuridico stesso.

- ✓ **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design). È un sistema di certificazione volontaria per edifici sostenibili, utilizzato in tutto il mondo, che valuta le prestazioni energetiche e ambientali degli edifici.<sup>29</sup> [21]



Figura 17 Certificazioni LEED- Fonte: <https://www.usgbc.org/> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

- ✓ **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). È un altro schema di certificazione internazionale, volto a promuovere pratiche edilizie sostenibili, che valuta aspetti come la gestione dell'energia e l'efficienza delle risorse<sup>30</sup>. [22]



Figura 18 Ipotesi classificazione BREEAM di BREGroup – Fonte: <https://bregroup.com/> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

<sup>29</sup> Fonte: <https://www.certificazioneleed.com/edifici/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>30</sup> Fonte: <https://breeam.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



Al pari delle norme tecniche, gli standard volontari, come l'**ISO 50001** (standard internazionale per la **gestione dell'energia**, che aiuta le organizzazioni a stabilire sistemi e processi necessari per migliorare le proprie prestazioni energetiche), cercano di ordinare-organizzare-procedurizzare complessi sistemi di gestione utili a definire le policies dei vari enti/istituzioni che ne adottano gli standard, sempre più votati a tramandare un metodo di gestione normalizzato da poter essere tramandato alle generazioni future. Questi standard volontari si rifanno, tutti nessuno escluso, all'impostazione base del processo identificato dal diagramma di Deming (Plan-Do-Check-Act), contenuto nella norma per la gestione della qualità UNI EN ISO 9001:2015+A1:2024<sup>31</sup> [23]



Figura 19 Concept diagramma di Deming - Fonte: <https://www.qsa.it/it/news/qualita/certificazione-iso-50001-cos-e-i-vantaggi-e-come-si-ottiene> [ultima visualizzazione 12-12-2024]

<sup>31</sup> Fonte: <https://www.qsa.it/it/news/qualita/certificazione-iso-50001-cos-e-i-vantaggi-e-come-si-ottiene/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Proseguiamo nell'ottica multi scalare a livello nazionale.

Le decisioni della Corte di Giustizia dell'Unione Europea (CGUE) hanno stabilito un precedente vincolante per l'implementazione delle direttive energetiche negli Stati membri, promuovendo l'armonizzazione delle politiche a livello europeo.

In Italia, la Corte costituzionale e il Consiglio di Stato hanno confermato la legittimità degli incentivi per la riqualificazione energetica degli edifici, **contribuendo così a consolidare un quadro giuridico che favorisce la transizione verso un contenimento energetico delle risorse utilizzabili dalla comunità nazionale**. Tale mission viene affiancata da una visione di economia e società basata sullo sviluppo sostenibile, come ampiamente enunciato dal Prof. Casagrandi Renato del Politecnico di Milano, nel corso di Ecologia Urbana presso il Politecnico di Milano e spiegato bene dalla giornalista Tiziana Murgia nel suo contributo del 09 luglio 2020 ne "I quattro pilastri della sostenibilità" sul sito "www.seaforchange.it"<sup>32</sup> [24],

Parte tutto nel lontano 1987. In quell'anno, infatti, la Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) pubblica *Our Common Future*, meglio conosciuto come Rapporto Brundtland, il primo documento che introduce il concetto

di sviluppo sostenibile. La definizione data al concetto di "sviluppo sostenibile" è stata la seguente: «*Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri*».<sup>33</sup> [25]



Figura 20 1987: Rapporto Brundtland - Fonte: [www.are.admin.ch](http://www.are.admin.ch) [ultima visualizzazione 12-12-2024]

<sup>32</sup> Fonte: <https://www.seaforchange.it/i-quattro-pilastri-della-sostenibilita> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>33</sup> Fonte: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

L'evoluzione del concetto vede lo sviluppo sostenibile basato su quattro pilastri portanti che man mano si sono conformati.

Dapprima il pilastro economico, poi il pilastro sociale, successivamente il pilastro ambientale e da ultimo (quello che sta creando più attriti nella comunità internazionale) il pilastro etico. Infatti, nella storia, la concezione di sviluppo è cambiata in base all'evolversi della sensibilità delle varie comunità mondiali quali attori principali del processo energetico. Come riportato nell'articolo del "IlSole24Ore" del 30 novembre 2024, a cura di Infodata - Finanza, parlando della Cop29 tenutasi a Baku (Azerbaijan) considerato l'ordine economico esistente, forse proprio il pilastro etico è quello più complicato da conseguire, alla luce degli appetiti sempre più voraci mostrati dagli attori economici e finanziari: "La 29<sup>a</sup> Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici è finita con un numero: 300 miliardi l'anno".<sup>34</sup> [26]

Basta in effetti dare uno sguardo a quanto è accaduto nel corso degli ultimi decenni, con la compressione evidente dei salari nella parte più avanzata del globo, soltanto in parte compensata dall'aumento dei livelli salariali nei Paesi in via di sviluppo, o alla distribuzione sempre più ineguale della ricchezza prodotta, aggravando le diseguaglianze che pure già esistevano. Altresì, se si considera quanto sottolineato dal Riccardo Saporiti nell'articolo del "IlSole24Ore" del 15 giugno 2023, in cui analizza i grafici di come nel 2022 l'Europa abbia tagliato del 2,8% le emissioni legate alla produzione di energia, è una ulteriore dimostrazione plastica di come il viscerale rapporto tra economia e risorse energetiche sia sempre più stretto e sempre attuale.<sup>35</sup>[27]



Figura 21 Concept dei 4 pilastri dello sviluppo sostenibile - Fonte: Candidato

<sup>34</sup> Fonte: <https://unfccc.int/cop29/about-cop29> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>35</sup> Fonte: <https://unfccc.int/cop29/about-cop29> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



**Capitolo**

**4**

## Capitolo 4: Tecnologie Energetiche Emergenti nell'Architettura

*Le tecnologie energetiche di nuova generazione stanno rivoluzionando il panorama dell'architettura e dell'urbanistica. Casi di studio e buone pratiche dimostrano come integrare efficacemente tecnologie sostenibili nella progettazione architettonica, urbanistica e ingegneristica sia oggi possibile anche con costi contenuti rispetto al passato. Aspetti tecnici e compositivi, dimensioni economiche, ambientali, sociali e culturali, in linea con il modello dello sviluppo sostenibile, rappresentano esempi tangibili di un approccio integrato, capace di promuovere edifici e spazi urbani orientati al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità a lungo termine.*

Nel libro "Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale" di Edizioni Ambiente, l'Architetto Dominique Gauzzin-Muller disamina 23 progetti e 6 casi studio urbani virtuosi analizzando i dettagli tecnici i metodi compositivi che tengono conto dei concetti di fisica tecnica fondamentali ampiamente esposti nei capitoli precedenti.<sup>36</sup> [28]

Come spiegato da Andrea Dari nel suo contributo alla rivista Ingenio del 24 ottobre.2024, la stessa evoluzione di cui sopra, unita alle sperimentazioni con l'intelligenza artificiale (IA) e agli studi (ormai a livello non proprio embrionale) stanno rivoluzionando il settore dell'efficienza energetica in architettura e urbanistica. L'integrazione di sistemi automatizzati, dispositivi intelligenti e strumenti avanzati di simulazione ha il potenziale di trasformare la progettazione degli edifici, migliorando significativamente le prestazioni energetiche e consentendo una gestione più efficiente delle risorse. Nell'affrontare il problema si è basato su più punti di vista e quindi ha << cercato supporto in alcune pubblicazioni come "Il pianeta latente" di Cosimo Accoto, o "INFOCRAZIA" di Byung-chuli Han (per citare i più recenti), o articoli usciti sul MIT Technologies Review, o Nature, o Science, o alcune ricerche fatte sul web>>. Sempre Andrea Dari scrive che l'IA può anche supportare la pianificazione urbana analizzando dati in tempo reale su traffico, densità di popolazione e fattori ambientali, contribuendo alla progettazione di città più efficienti e vivibili. I software come Energy Plus, TRNSYS e Design Builder vengono utilizzati per simulare le prestazioni energetiche in diverse condizioni climatiche e d'uso. Questi strumenti consentono ai progettisti di ottimizzare l'isolamento, l'orientamento e i sistemi di ventilazione, garantendo che gli edifici rispettino le normative energetiche cogenti e, in molti casi, superino tali standard. Gli

<sup>36</sup> Fonte: Gauzzin-Muller, Dominique. L'architecture écologique, Parigi Press Le Moniteur; trad. It. Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale. Milano, Ed. Ambiente, 2010.

strumenti di simulazione energetica permettono di prevedere e ottimizzare il comportamento termico ed energetico di un edificio prima della sua costruzione. Simulazioni basate sull'IA possono prevedere l'impatto delle scelte progettuali sulla sostenibilità e sull'efficienza energetica. Nell'ambito della sostenibilità, l'IA può giocare un ruolo cruciale nell'analisi delle prestazioni degli edifici, ottimizzando il consumo energetico e promuovendo l'adozione di materiali ecocompatibili. Sempre Andrea Dari sostiene che ci sono sette benefici probabili derivanti dall'uso dell'IA in architettura:

## **1. Creatività Ampliata**

L'intelligenza artificiale (IA), grazie a strumenti avanzati come le Reti Generative Avversarie (GAN) e le tecnologie di intelligenza artificiale generativa, potrebbe analizzare enormi database di design, forme naturali e artefatti culturali. Questo le consentirebbe di proporre idee progettuali innovative che ispirerebbero soluzioni originali e funzionali. Strumenti come DALL-E dimostrano come l'IA possa generare forme e stili nuovi, offrendo agli architetti spunti creativi che altrimenti non avrebbero concepito autonomamente.

## **2. Efficienza Potenziata**

Automatizzando attività ripetitive e dispendiose in termini di tempo, l'IA consentirebbe agli architetti di concentrarsi su sfide progettuali più strategiche e complesse. Operazioni come la creazione di planimetrie preliminari, l'analisi strutturale e l'ottimizzazione degli spazi verrebbero velocizzate grazie agli algoritmi. Inoltre, l'IA potrebbe gestire programmi di lavoro, prevedere ritardi e proporre soluzioni per mantenere i progetti entro i tempi e i costi previsti.

## **3. Maggiore Precisione**

Gli strumenti basati su IA migliorerebbero la precisione nei documenti di progetto e nei piani di costruzione, riducendo errori e garantendo il rispetto delle normative. Attraverso il machine learning, l'IA sarebbe in grado di identificare e correggere errori che potrebbero sfuggire all'attenzione umana, come il controllo dei piani rispetto ai codici edilizi e alle regolamentazioni locali.

## **4. Riduzione dei Costi**

Grazie all'ottimizzazione dei processi e delle risorse, l'IA potrebbe generare risparmi significativi su materiali, manodopera ed energia. L'analisi predittiva consentirebbe interventi di manutenzione preventiva, evitando riparazioni costose. Inoltre, l'IA

ottimizzerebbe la logistica, garantendo la consegna puntuale dei materiali necessari, riducendo costi di stoccaggio e sprechi.

## **5. Gestione Progettuale Migliorata**

L'IA faciliterebbe una gestione più efficiente dei progetti, ottimizzando pianificazione, risorse e comunicazione. I sistemi di gestione basati su IA monitorerebbero i progressi in tempo reale, individuano colli di bottiglia e proporrebbero azioni correttive. Questo favorirebbe una comunicazione chiara tra architetti, appaltatori e clienti, riducendo malintesi e ritardi.

## **6. Soluzioni Sostenibili**

L'analisi dei dati ambientali e prestazionali da parte dell'IA consentirebbe di progettare edifici a basso impatto ambientale ed energeticamente efficienti. L'IA potrebbe suggerire l'adozione di soluzioni come sistemi HVAC ottimizzati, strategie di ventilazione naturale e impianti per l'energia rinnovabile. Inoltre, promuoverebbe l'uso di materiali riciclati o sostenibili, contribuendo alla costruzione di edifici resilienti ai cambiamenti climatici.

## **7. Migliore Comunicazione con il Cliente**

Strumenti di visualizzazione avanzati alimentati dall'IA migliorerebbero la presentazione dei progetti ai clienti, rendendoli più immersivi e comprensibili. Tecnologie come il rendering in tempo reale e la realtà virtuale permetterebbero ai clienti di esplorare virtualmente i loro spazi futuri, garantendo un'esperienza più coinvolgente e decisioni più consapevoli.

Pertanto, possiamo affermare che la progettazione energetica, il ruolo cruciale dell'IA e dell'Architetto nel miglioramento delle prestazioni energetiche e le prospettive future dell'utilizzo dell'IA per la progettazione e l'automazione degli edifici intelligenti saranno il nocciolo della "questione etica" dei prossimi anni.<sup>37</sup> [29]

Alcuni esempi sono:

Shanghai Tower (progettata da Marshall Strabala & Jun Xia, Gensler, TJAD). Un esempio emblematico di architettura guidata dall'IA. La tecnologia ha ottimizzato l'efficienza energetica, la resistenza al vento e la selezione dei materiali, migliorando sia la

---

<sup>37</sup> Fonte: <https://www.ingenio-web.it/articoli/l-uso-dell-intelligenza-artificiale-in-architettura-7-benefici-e-alcuni-esempi> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



sostenibilità che l'integrità strutturale dell'edificio. L'IA ha permesso di ottimizzare l'aerodinamica dell'edificio, minimizzando le sollecitazioni del vento e garantendo stabilità e comfort per gli occupanti. <sup>38</sup>[30]

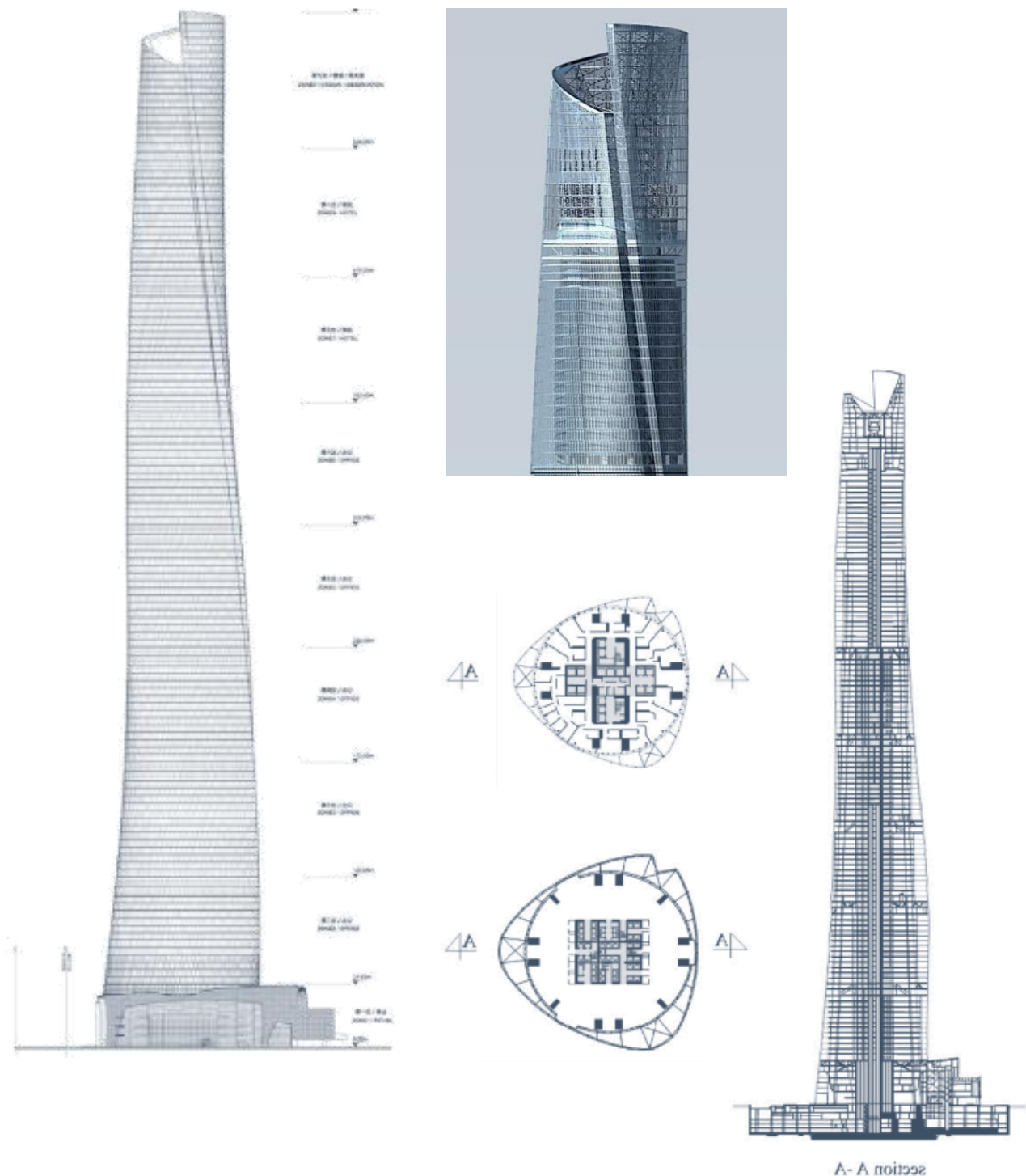


Figura 22 Shanghai tower - Fonte: <https://en.shanghaitower.com> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

<sup>38</sup> Fonte: <https://en.shanghaitower.com/Home1.html> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Casa Stampata in 3D di XtreeE in Francia: Utilizza algoritmi di IA per ottimizzare il design in termini di efficienza dei materiali e resistenza strutturale. Questo approccio riduce gli sprechi di costruzione e permette la realizzazione di forme architettoniche uniche, difficilmente ottenibili con metodi tradizionali. Il progetto sottolinea il potenziale dell'IA nell'avanzamento delle tecnologie edilizie sostenibili. In questo video realizzato da Dassault Systèmes è possibile vedere tutto il processo che ha portato alla realizzazione del modello.<sup>39</sup> [31]



Figura 23 Edificio eseguito con stampante automatizzata in Francia – Fonte: <https://plparchitecture.com> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

The Edge ad Amsterdam: (progettato da PLP Architecture). Un edificio intelligente dove sistemi basati sull'IA ottimizzano il consumo energetico, regolano il clima interno e gestiscono l'utilizzo degli spazi, creando un ambiente adattivo ed efficiente. L'infrastruttura di IA dell'edificio apprende e si adatta continuamente ai comportamenti degli utenti, migliorando comfort e produttività. Come scrive Federica Garofalo nel suo contributo su Lifegate Daily del 30 novembre 2015, << "The Edge Amsterdam" è molto tecnologico; infatti, presenta un dispositivo di controllo passivo della temperatura e oggetti di design ad alto risparmio energetico. È addirittura in grado di autoprodurre elettricità. La parte esterna non è innovativa dal punto di vista architettonico, ma assomiglia semplicemente a un enorme palazzo di vetro. Ciò che lo rende davvero originale all'esterno sono i pannelli solari invisibili, simili a finestre, che ricoprono la facciata rivolta a sud. Una pompa di calore geotermica, conosciuta come "aquifer thermal energy storage system", è stata installata in profondità sotto il terreno per riscaldare e raffreddare l'edificio quando la ventilazione passiva non è sufficiente. L'acqua piovana, invece, viene raccolta e usata per i sanitari e per irrigare le aree verdi. Secondo la OVG, l'impresa di costruzioni che ha realizzato il palazzo, the Edge Amsterdam è il primo edificio a disporre di un sistema di illuminazione LED collegato a un alimentatore Ethernet della Philips per uffici. La struttura rappresenta una nuova

---

<sup>39</sup> Fonte: <https://www.xtreee.com> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

frontiera per il design della luce. Non si parla più di semplici lampadine, ma di un sistema di illuminazione con sensori in grado di trasmettere dati alla rete di gestione dell'energia. Questo significa che l'ambiente è sempre sotto controllo mentre chi lavora in ufficio gode del massimo comfort >>. Inoltre, il ciclo di vita dell'edificio è stato attentamente pianificato per minimizzare l'impatto ambientale nella fase di dismissione.<sup>40</sup> [32]

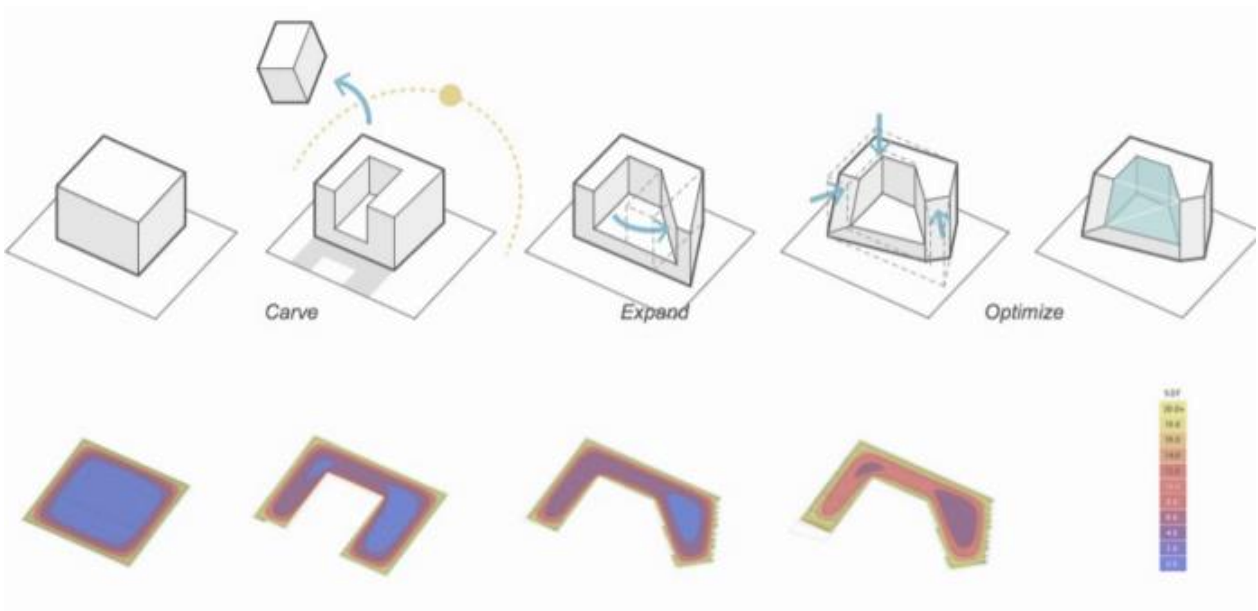
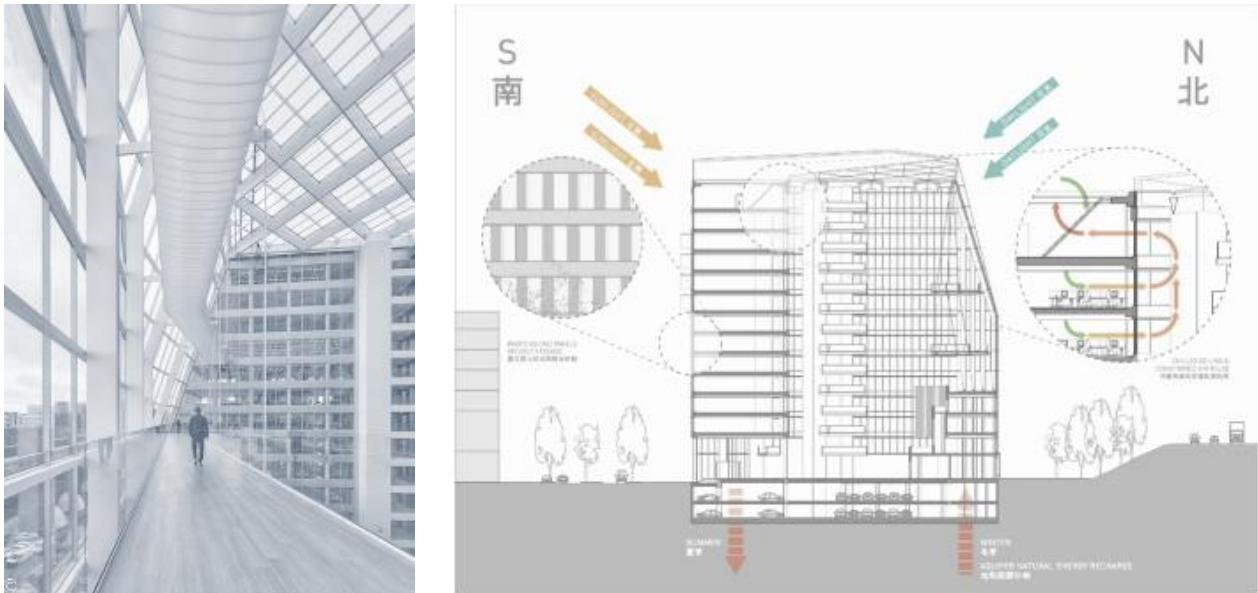


Figura 24 Schemi progettuali - The Edge Amsterdam - Fonte <https://plparchitecture.com/> [ultima visualizzazione 11/12/2024]

<sup>40</sup> Fonte: <https://plparchitecture.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Inoltre, l'Internet of Things (IoT) gioca un ruolo fondamentale nell'ottimizzazione del consumo energetico negli edifici. I sensori [IoT] monitorano continuamente le condizioni ambientali interne ed esterne, fornendo dati in tempo reale sui parametri energetici come temperatura, umidità e qualità dell'aria. Questi dati vengono poi utilizzati per regolare automaticamente i sistemi di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (HVAC), migliorando l'efficienza energetica. I sensori possono anche monitorare la presenza degli occupanti, regolando l'illuminazione e la climatizzazione solo quando necessario, riducendo così gli sprechi. Sistemi come Nest o Ecobee per la gestione intelligente del riscaldamento sono già ampiamente utilizzati nelle abitazioni e stanno trovando applicazione anche in edifici commerciali. Inoltre il Building Information Modeling (BIM) tecnologia emergente che consente ai progettisti di creare modelli tridimensionali digitali di edifici, integrando in essi informazioni parametriche dettagliate sulle prestazioni energetiche e sull'intero ciclo di vita dell'edificio permette di valutare l'impatto energetico di scelte progettuali già nelle prime fasi di sviluppo, facilitando il rispetto delle normative energetiche e consentendo un'analisi integrata di tutte le componenti del progetto. L'integrazione di BIM con la simulazione energetica aiuta a ridurre gli errori di progettazione e a ottimizzare l'efficienza dell'edificio, migliorando la collaborazione tra i vari attori coinvolti nella costruzione. Ne "L'Architettura. Intelligenza artificiale e architettura tra dialogo e sperimentazione" Dario Costantino (Curatore) affronta il tema di come l'architetto, tradizionalmente responsabile del rispetto delle normative edilizie, di sostenibilità e di sicurezza, possa migliorare il controllo procedurale, che viene spesso gestito secondo il ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) visto in precedenza, con un metodo iterativo che consente di migliorare continuamente il progetto attraverso verifiche e correzioni. L'IA potrebbe facilitare questo processo automatizzando il controllo della conformità normativa durante il ciclo di progettazione, ma qui emerge il conflitto: chi assume la responsabilità finale nel caso di errori o discrepanze? L'architetto ha una visione olistica del progetto, che integra valori etici e culturali con il rispetto normativo. L'IA, al contrario, opera in modo algoritmico, seguendo regole predefinite che potrebbero non cogliere le sfumature legali o locali legate a specifici contesti normativi. Ciò potrebbe generare conflitti di responsabilità, soprattutto in progetti complessi dove sono richieste decisioni rapide e di alto valore strategico.

Come affrontato da Kenneth Frampton in "Storia dell'architettura moderna" Quinta edizione italiana a cura di Paolo Bossi, Michela Comba, Damiano Iacobone viene effettuata una riflessione critica sull'architettura moderna, inclusa la sostenibilità e il contesto culturale. Alla luce degli argomenti esposti nel libro di Frampton possiamo dedurre che il "fare architettura" richiede una profonda comprensione del contesto sociale, culturale e normativo, unitamente alla capacità di innovare in risposta alle sfide della sostenibilità e della tecnologia. Sebbene l'IA offra nuove opportunità per l'ottimizzazione procedurale e la gestione dei dati, il potenziale conflitto tra architetto e IA si manifesta soprattutto nella nozione compositiva, dove la creatività umana e la

sensibilità culturale restano insostituibili. Il futuro dell'architettura potrebbe vedere una sinergia tra IA e architetti, ma l'equilibrio tra automazione e controllo umano sarà essenziale per mantenere il valore etico e culturale della professione.

*Le tecnologie energetiche emergenti nell'architettura includono oltre all'elemento più innovativi dell'IA anche una vasta gamma di soluzioni avanzate che mirano a migliorare l'efficienza energetica e ridurre l'impatto ambientale degli edifici. Queste tecnologie non solo ottimizzano il consumo energetico durante la vita operativa dell'edificio, ma ne considerano anche il ciclo di vita completo, fino alla fase di dismissione o riciclo.*

Basta visitare qualsiasi fiera di settore (edilizia) per rendersi conto come:

I pannelli solari fotovoltaici integrati nell'architettura non sono più limitati ai tetti, ma ora coinvolgono anche facciate e superfici verticali, in una logica di design che unisce efficienza energetica e estetica (come visto nel caso studio del The Edge ad Amsterdam);

I tetti verdi e le facciate verdi (considerate tecnologie bioclimatiche) contribuiscono al miglioramento dell'isolamento termico, alla riduzione dell'effetto isola di calore urbano e alla gestione delle acque piovane;

I sistemi di accumulo energetico per l'energia solare e altri sistemi di stoccaggio energetico permettono di ottimizzare l'uso delle energie rinnovabili, minimizzando la dipendenza dalla rete elettrica tradizionale;

I materiali a cambiamento di fase (PCM) sono in grado di accumulare e rilasciare calore attraverso il passaggio di stato solido-liquido, contribuendo alla regolazione termica dell'edificio<sup>41</sup>;

Le ormai iper-collaudate pompe di calore geotermiche sfruttano l'energia geotermica e sono particolarmente efficaci per riscaldamento e raffreddamento, garantendo una significativa riduzione del consumo energetico.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Fonte: <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/guida-ai-pcm-i-materiali-a-cambiamento-di-fase/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>42</sup> Fonte: <https://www.geonovis.com/pompa-di-calore-geotermica-come-funziona-costi-tipi-vantaggi/#:~:text=Una%20pompa%20di%20calore%20geotermica%20%28PdCG%29%20%C3%A8%20una,e%20per%20la%20produzione%20di%20acqua%20calda%20sanitaria.> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



**Capitolo**

**5**

## Capitolo 5: Il Contesto Geopolitico della Crisi Energetica Mondiale attuale.

<sup>43</sup>Nel corso di Geopolitica tenuto dal Prof. Alessandro Bolocan presso il Politecnico di Milano vengono messe a nudo le tecniche, trattate nel libro "Geopolitica - Metodi e concetti"<sup>44</sup> [A] di Barbara Loyer, per comprendere le dinamiche, le tensioni, la cause e le rappresentazioni dei conflitti che i vari attori istituzionali attuano e vivono nel quotidiano per affermare la propria egemonia su di uno o sull'altro interesse e che, a seconda delle particolarità fisiche, culturali e organizzative dell'attore in gioco, sfociano in azioni spesso conflittuali con la controparte per raggiungere l'obiettivo prefissato. Nei capitoli precedenti si è visto come l'energia ha sempre rappresentato un elemento centrale nelle dinamiche geopolitiche mondiali, e la sua importanza è cresciuta esponenzialmente con la modernizzazione delle economie e l'espansione delle città. Durante la Guerra Fredda, le rotte energetiche furono una componente strategica cruciale, utilizzata come strumento di influenza geopolitica tra le superpotenze. Oggi, con il mutamento degli equilibri globali e l'emergere di nuove potenze economiche, le rotte energetiche future, come la rotta artica della Via della Seta, stanno ridisegnando il quadro geopolitico internazionale. In questo contesto, l'energia non è solo una risorsa strategica, ma una merce di scambio nel nuovo ordine mondiale.



L'Architetto Alfonso Femia, con Nadine Venturi nel contributo su *Ingenio* del 11 Luglio 2024<sup>45</sup>[34], esplora il ruolo cruciale dell'architettura nel confronto con il tessuto sociale e culturale urbano odierno, per cui gli architetti non sono solo semplici designer, ma anche catalizzatori di processi culturali, affrontando sfide come la digitalizzazione e l'adattamento climatico e promuovendo cambiamenti sociali attraverso progetti responsabili e generosi, così da scalare tale concetto a livello geopolitico più ampio.

*Il ruolo dell'architettura, della normativa energetica e dello sviluppo tecnologico diventa quindi fondamentale per favorire l'autonomia energetica e la sostenibilità, sia a livello nazionale che su scala globale, promuovendo un nuovo equilibrio tra i popoli e riducendo le tensioni internazionali legate alle risorse energetiche e delle commodities.*

<sup>43</sup> Fonte: <https://energy.liveuamap.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>44</sup> Fonte: Loyer, Barbara. *Geopolitica. Metodi e concetti*. Torino, Utet università, 2021

<sup>45</sup> Fonte: <https://www.ingenio-web.it/articoli/architettura-responsabile-il-ruolo-del-progettista-nel-ridisegnare-le-citta-in-modo-sostenibile-e-social-impact/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



Le commodities, quali beni materiali di base, fungibili e intercambiabili, utilizzati come materie prime in vari settori economici il cui valore è determinato dal mercato globale, in base a domanda e offerta, si possono suddividere in diverse categorie, come agricoli, energetici e tecnologici. Come definito nel sito di borsa italiana.it per commodity si definisce l'“insieme di beni e merci, quali attività dell'agricoltura o dell'allevamento oppure minerali e metalli e altre sostanze fisiche, sulle quali gli investitori possono operare mediante strumenti derivati”.<sup>46</sup> [35] Esempi di commodities sono: Commodities agricole (grano, caffè, mais,), Commodities energetiche (petrolio, gas naturale, carbone, che sono fondamentali per la produzione di energia e il trasporto), Commodities tecnologiche (litio, cobalto, rame, ferro, acciaio, che sono essenziali per la produzione di dispositivi elettronici, batterie e infrastrutture tecnologiche e delle costruzioni).



47

Figura 25 Raffigurazione Concept Commodities - Fonte Candidato

Durante la Guerra Fredda, la competizione tra Stati Uniti e Unione Sovietica non si limitava agli armamenti nucleari, ma coinvolgeva anche il controllo delle risorse energetiche globali. Le rotte energetiche erano considerate cruciali per la sicurezza nazionale e la stabilità economica. Come scritto da Leonardo Bellodi nel libro “Gas e potere. Geopolitica dell'energia dalla Guerra fredda a oggi” edito da Luiss University

<sup>46</sup> Fonte: <https://www.borsaitaliana.it/borsa/glossario/commodity.html> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>47</sup> Fonte: <https://it.investing.com/indices/commodities-indices> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Press, 2022, <<Con la guerra in Ucraina, il tema della dipendenza energetica dalla Russia è tornato con prepotenza nel dibattito pubblico.>><sup>48</sup> [B] anche nella prefazione di Lucio Caracciolo emerge che <<...le ripercussioni e i rischi immediati per la sicurezza del sistema energetico europeo e nazionale impongono una riflessione profonda sull'uso geopolitico dell'energia e, in generale, sugli scenari di instabilità e incertezza che si apriranno. Come siamo arrivati a questo punto, intrappolati nella rete dei gasdotti?>><sup>49</sup>. [B] Leonardo Bellodi offre una panoramica di ampio respiro, facendo chiarezza sulle ragioni storiche, politiche ed economiche che hanno spinto l'Europa lungo le rotte del gas durante e dopo la Guerra fredda. A partire da alcuni documenti desecretati, dalle scrivanie della CIA e delle cancellerie europee, passando per il quartier generale di Gazprom, Bellodi ci racconta le "guerre del gas" fino alla resa dei conti con la visione di Vladimir Putin: rilanciare la grandezza della Russia facendo dell'uso strategico delle sue risorse naturali la sua leva di potere nella geopolitica contemporanea. Una ricostruzione necessaria per affrontare in maniera pragmatica la "poli-crisi" del nostro tempo - ambientale, energetica ed economica - che oggi vede nel ricorso massiccio alle rinnovabili una soluzione a lungo termine, ma che non potrà essere sostenuta nell'immediato senza fare i conti con nuove e pericolose dipendenze.

Negli anni '50 e '60, il controllo delle rotte petrolifere fu uno degli strumenti geopolitici più utilizzati. Il Medio Oriente, con le sue vaste riserve di petrolio, divenne un'area di competizione strategica. L'Unione Sovietica cercava di espandere la propria influenza nella regione, mentre gli Stati Uniti stabilirono alleanze con Paesi come l'Arabia Saudita, l'Iran (prima della Rivoluzione Islamica del 1979) e il Kuwait, per garantire l'accesso stabile alle forniture petrolifere. Il Canale di Suez, la rotta marittima dello Stretto di Hormuz e il Golfo Persico rappresentavano nodi chiave delle rotte energetiche globali. Il gas naturale divenne un'altra risorsa energetica di rilevanza strategica. Il gasdotto Urengoy-Pomary-Uzhgorod, costruito durante la Guerra Fredda per trasportare gas naturale dalla Siberia verso l'Europa, simboleggiava l'interdipendenza energetica tra l'Unione Sovietica e l'Europa occidentale. Nonostante le tensioni politiche, l'Europa dipendeva dal gas russo per il proprio sviluppo industriale, e la costruzione di tali infrastrutture energetiche divenne parte del gioco diplomatico tra est e ovest. Dal Bollettino Imperiale quale osservatorio di Limes, dedicato all'analisi geopolitica della Cina e alle nuove vie della seta, Giorgio Cuscito nel suo contributo, del 09 gennaio 2020, "Cartografare le nuove vie della seta è sempre più difficile. Come del resto realizzarle"<sup>50</sup> [36] scrive che con il cambiamento climatico e il progressivo scioglimento dei ghiacci artici, la rotta artica sta emergendo come una nuova via commerciale strategica per il trasporto di merci e risorse energetiche.

---

<sup>48</sup> Fonte: Bellodi, Leonardo. Gas e potere. Geopolitica dell'energia dalla Guerra fredda a oggi. Roma: Luiss University Press, 2022.

<sup>49</sup> Fonte: Bellodi, Leonardo. Gas e potere. Geopolitica dell'energia dalla Guerra fredda a oggi. Roma: Luiss University Press, 2022.

<sup>50</sup> Fonte: <https://www.geopop.it/cose-la-rotta-artica-e-come-potrebbe-rivoluzionare-il-commercio-globale/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

Questa rotta rappresenta un collegamento diretto tra Asia ed Europa, riducendo significativamente le distanze rispetto alle rotte tradizionali attraverso il Canale di Suez. Come analizzato da Veronica Vuotto il 20 aprile 2024 nel suo contributo sul sito cesem.eu "La Belt and Road Initiative: come il massiccio progetto infrastrutturale della Cina si sta adattando al mondo post-pandemia"<sup>51</sup>, la Via della Seta Artica è parte della più ampia iniziativa cinese della Belt and Road Initiative (BRI), che mira a creare nuove vie commerciali e infrastrutture per connettere la Cina con l'Europa, l'Africa e altre regioni. La rotta artica offre accesso a risorse energetiche strategiche, inclusi petrolio, gas naturale e minerali rari presenti nel sottosuolo artico. La Russia, con il più ampio litorale artico, sta giocando un ruolo chiave nella gestione e nello sviluppo di questa nuova rotta, e ha già iniziato la costruzione di infrastrutture come porti e gasdotti per sfruttare appieno le risorse naturali della regione. [37]

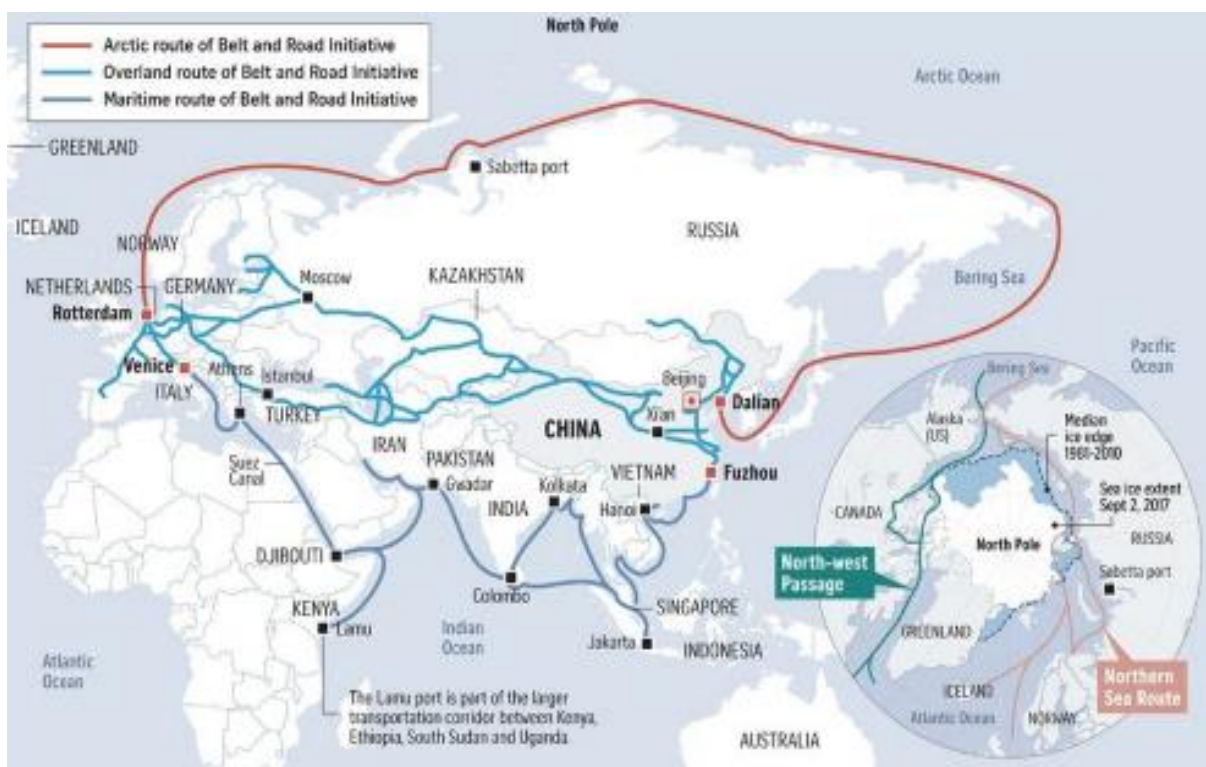


Figura 26 cartografia delle rotte della "via della seta" - Fonte: <https://mondointernazionale.org> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

Ne "IL NUOVO SENSO DELL'OCCIDENTE PER L'ARTICO" di Jahara MATISE, del 15 novembre 2024 sul sito di Limes si spiega come "L'attivismo ostile di Russia e Cina scompagini gli equilibri polari e come i paesi nordici colmino via Nato le lacune di Washington, mentre l'Ue integra l'ecologia nell'approccio strategico. Come si ponga

<sup>51</sup> Fonte: <https://www.cesem.eu/cesem/2024/04/la-belt-and-road-initiative-come-il-massiccio-progetto-infrastrutturale-della-cina-si-sta-adattando-al-mondo-post-pandemia/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

maggior attenzione alla conta delle rompighiaccio e di come le isole Svalbard e Islanda, non siano neutre<sup>52</sup>. [38]

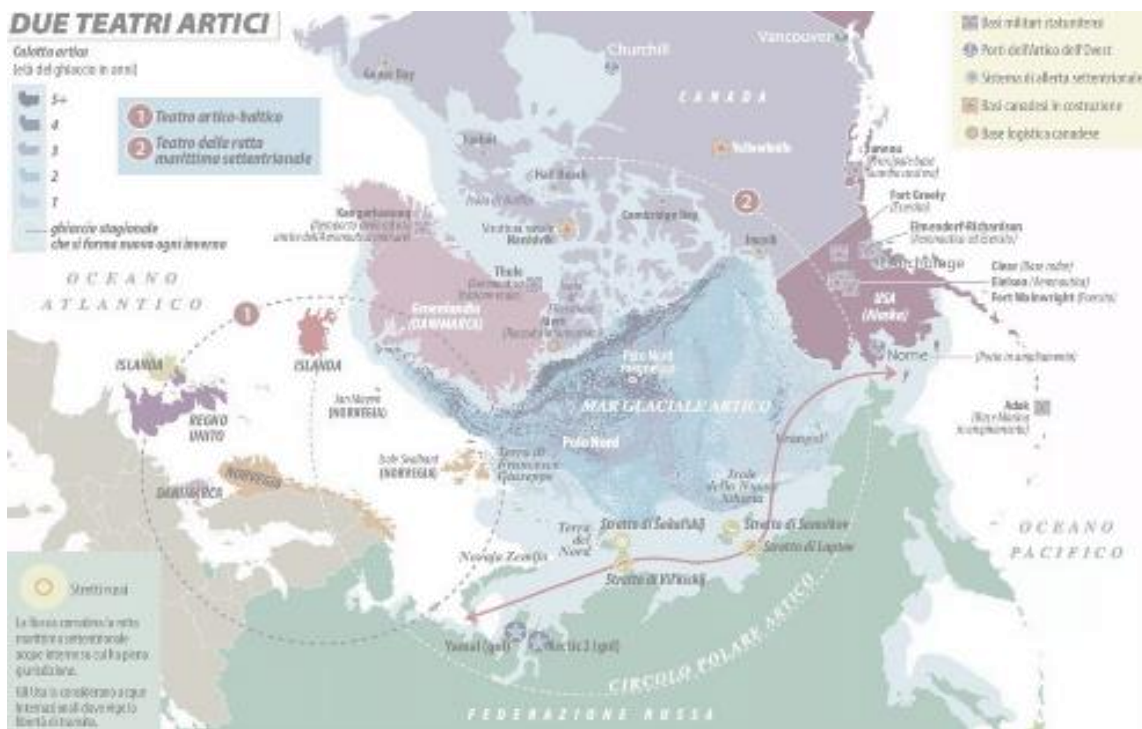


Figura 27 Cartografia dell'Artico e del Baltico con l'evidenza della Rotta di Nord Est della "Via della seta Artica" sotto l'influenza Russa - Fonte: <https://www.limesonline.com> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

Sempre Veronica Vuotto il 20 aprile 2024 nel suo contributo sul sito cese-m.eu riporta come << La visione prospettata durante il Terzo Forum trova la sua anticipazione nel Libro Bianco intitolato *The Belt and Road Initiative: A Key Pillar of the Global Community of Shared Future*, pubblicato pochi giorni prima dell'evento. In tale documento, il Governo di Pechino riconosce l'importanza dei vasti progetti infrastrutturali, comunemente noti come "progetti di riferimento", concentrandosi, tuttavia, con maggior determinazione sulle iniziative di soft connectivity nei settori ambientali e digitali, i quali sono stati individuati come prioritari per il conseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Il Libro Bianco esplicita altresì la centralità della Belt and Road Initiative nel perseguire una "comunità globale dal futuro condiviso"<sup>53</sup>, [37] un concetto chiave nel pensiero del Presidente Xi Jinping, ora ufficialmente integrato nella visione strategica dell'iniziativa>>. Le implicazioni geopolitiche della Via della Seta Artica sono enormi. Gli Stati che controllano queste nuove rotte e risorse energetiche guadagnano una posizione di influenza strategica.

<sup>52</sup> Fonte: <https://www.limesonline.com/rivista/artico-occidente-nato-usa-russia-cina-17727263/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>53</sup> Fonte: <https://www.cese-m.eu/cesem/2024/04/la-belt-and-road-initiative-come-il-massiccio-progetto-infrastrutturale-della-cina-si-sta-adattando-al-mondo-post-pandemia/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

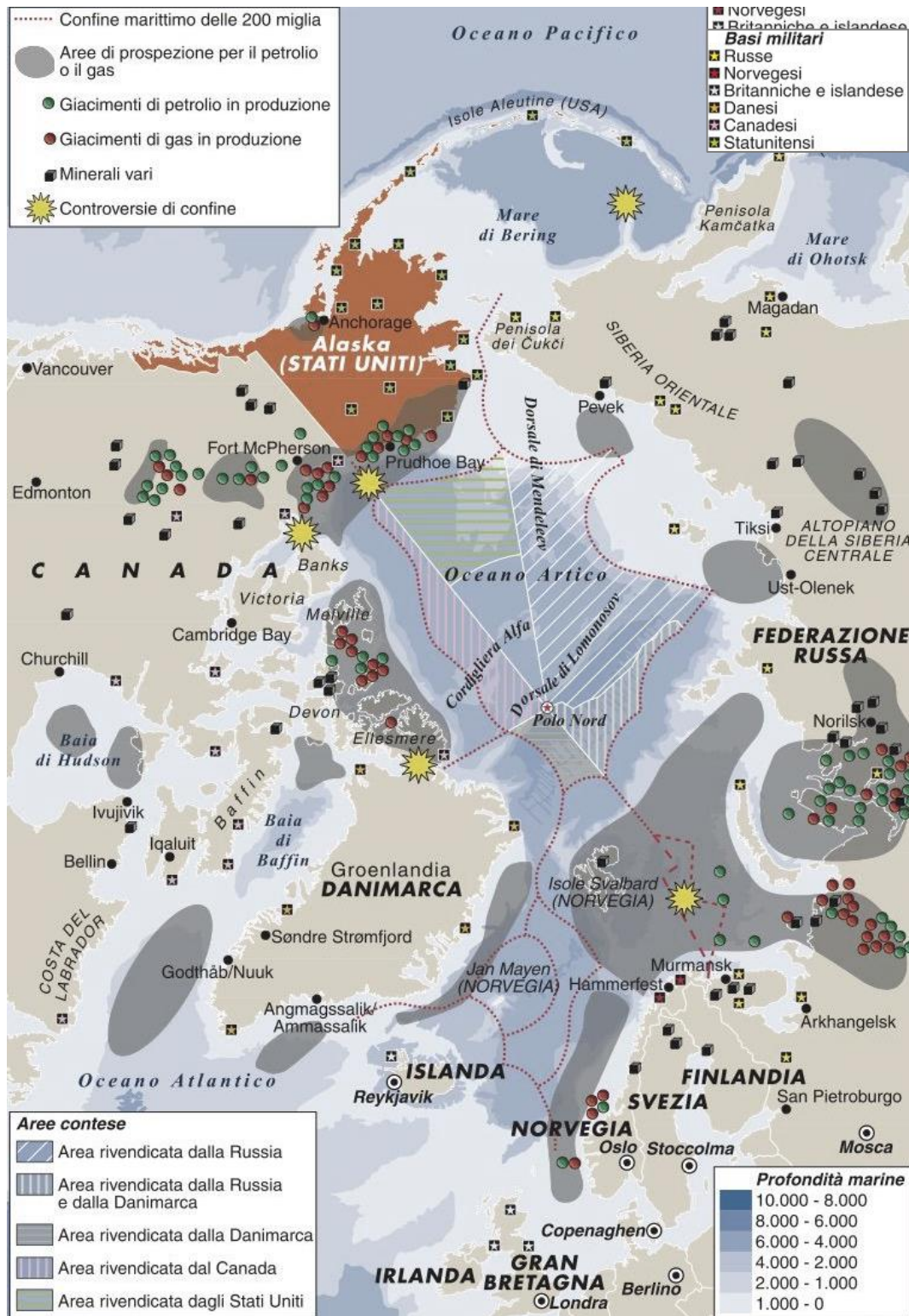


Figura 28 Grande Nord – Fonte: <https://www.limesonline.com/carte/il-grande-nord-14651962> [ ultima visualizzazione 11-12-2024]

Come descritto da Enzo Fedrizzi, nel suo contributo sul sito Geografia.deascuola.it,<sup>54</sup> [39] nell'Artico si stanno gettando le basi per farlo diventare una nuova arena di competizione tra le grandi potenze, in particolare tra Cina, Russia e Stati Uniti. L'energia sarà la merce di scambio principale in queste dinamiche, poiché i Paesi europei e

<sup>54</sup> Fonte: <https://blog.geografia.deascuola.it/articoli/via-seta-polare> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

asiatici cercheranno di diversificare le loro forniture energetiche per ridurre la dipendenza dal Medio Oriente e da altre aree instabili.

Alla luce di tutto questo le risorse energetiche e le commodities ad esse collegate, come scrive Maria Giulia De Donno nel suo contributo "Dal pozzo alla miniera. Geografia delle nuove dipendenze", in particolare le rinnovabili, stanno ridefinendo le alleanze geopolitiche e la struttura economica globale. "Una delle sfide più importanti del XXI secolo, con rilevanti implicazioni geopolitiche, è il passaggio da un sistema energetico basato sui combustibili fossili a uno fondato su energie rinnovabili e trasmissione elettrica. Questo cambiamento va oltre le tematiche di decarbonizzazione del sistema energetico e industriale: implica infatti una trasformazione radicale delle dinamiche di potere, con un trasferimento dell'influenza dai tradizionali petro-Stati agli emergenti elettro-Stati<sup>55</sup>". [40]

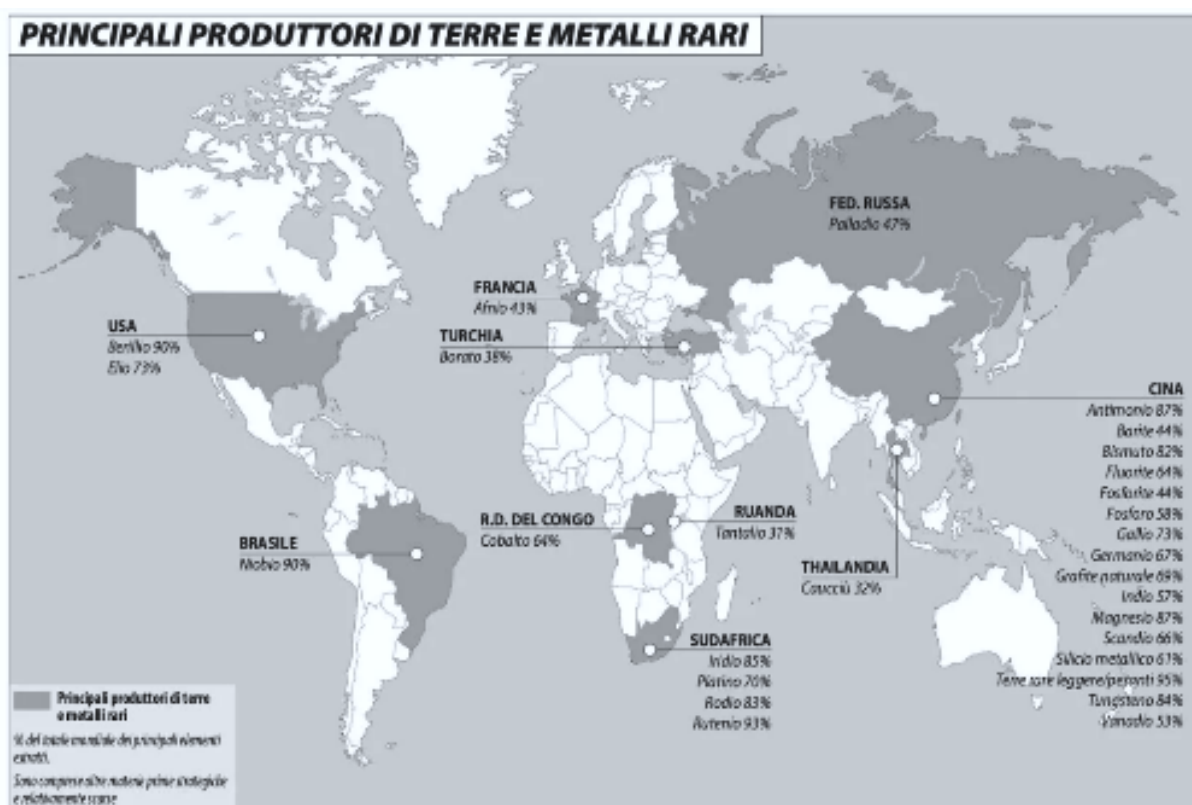


Figura 29 Geografia delle nuove dipendenze - Fonte: <https://www.limesonline.com> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

Marzio Mian, nel suo contributo del 27 giugno 2018 sul sito dell'ispionline.it, "Why the Arctic Matters"<sup>56</sup>, descrive come nel futuro nuovo ordine mondiale, l'energia assumerà un ruolo sempre più importante come strumento di diplomazia. Gli accordi energetici tra Stati possono migliorare le relazioni politiche, mentre la capacità di fornire energia a

<sup>55</sup> Fonte: <https://www.limesonline.com/rivista/geografia-nuove-risorse-energetiche-clima-ambiente-cambiamento-climatico-rinnovabili-elettrico-terre-rare-17913520/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

<sup>56</sup> Fonte: <https://www.ispionline.it/it/publicazione/why-arctic-matters-20882> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

basso costo può essere utilizzata per ottenere vantaggi strategici. Ad esempio, la Cina sta investendo nelle infrastrutture energetiche di molti Paesi in via di sviluppo attraverso la Belt and Road Initiative, offrendo aiuti e finanziamenti in cambio di accordi favorevoli per l'accesso alle risorse naturali.

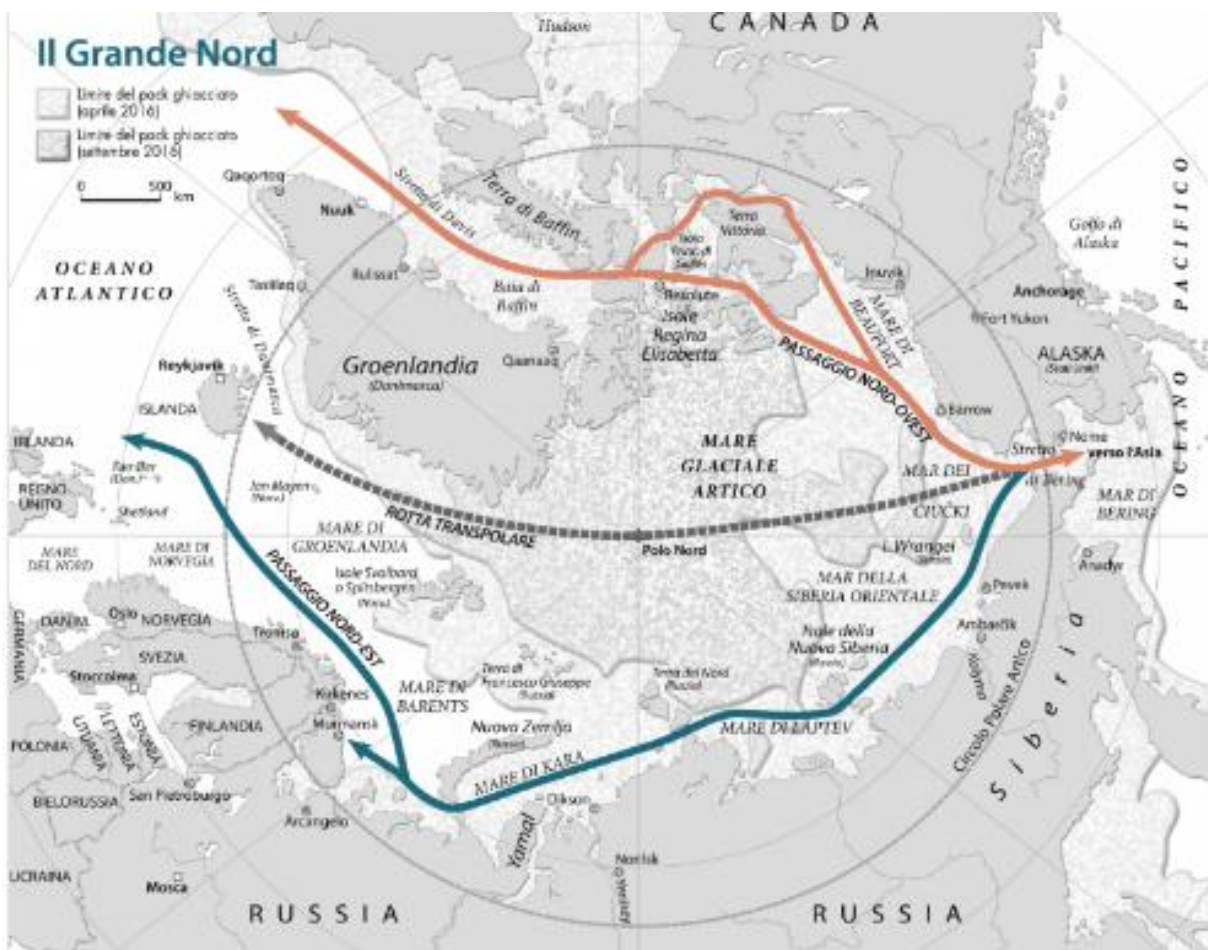


Figura 30 Cartografia del Mare Glaciale Artico con in evidenza le tre rotte Artiche possibili della Via della seta Artica - Fonte: <https://www.ispionline.it> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

Sempre Marzio Mian già dal suo contributo del 2 luglio 2018 sul sito dell'ispionline.it "Artico: Rotte per il Terzo Millennio" e nel "Artico. La battaglia per il Grande Nord" (Neri Pozza, 2018), spiega che «l'Artico è la via più breve per il commercio sull'asse Asia-Europa-Nord America. Per ora la rotta più praticata è il Passaggio Nord-Est (Northern

Sea Route), lungo la costa russa, ma in prospettiva la Cina pensa alla “via transpolare”, che sarà di due terzi più breve rispetto a quella di Suez.>><sup>57</sup>. [42]

Questo permette di comprendere meglio le motivazioni e le modalità della corsa alle risorse energetiche e loro commodities.

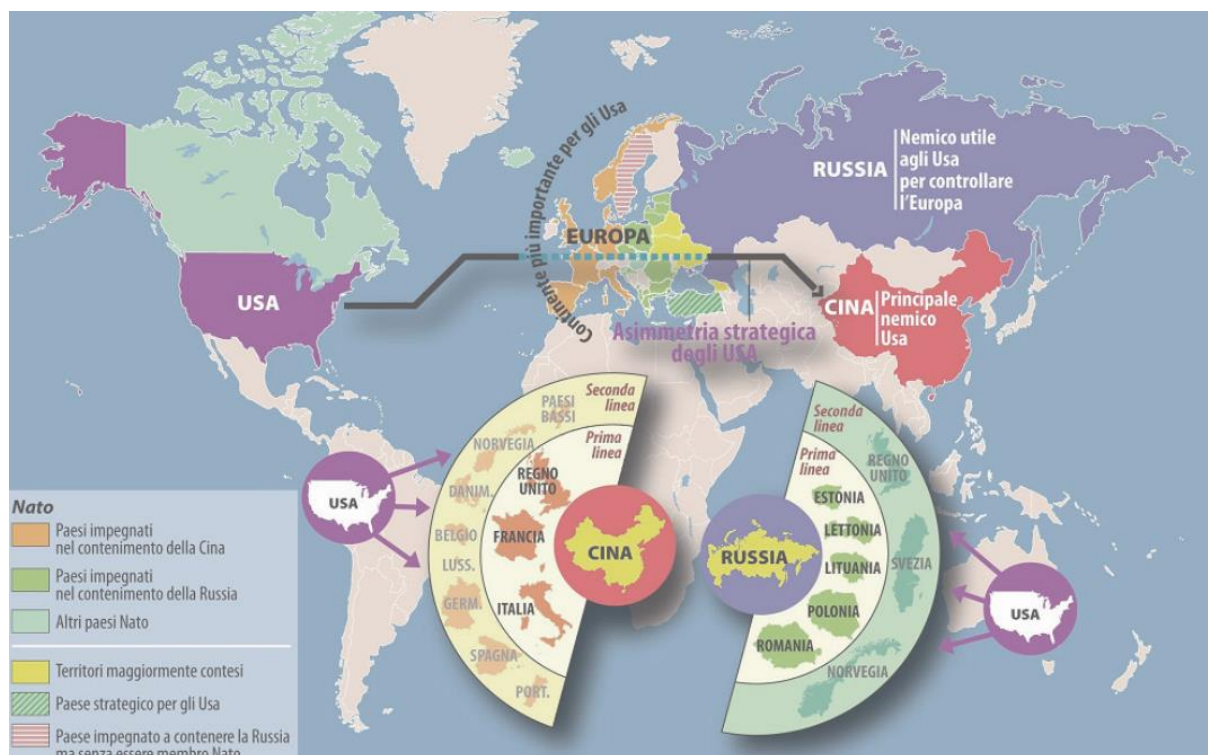


Figura 31 Nuove influenze regionali e globali e spot-power I- Fonte: <https://www.remocontro.it> [ultima visualizzazione 11-12-2024]

<sup>57</sup> Fonte: <https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/artico-rotte-il-terzo-millennio-20905> (ultima data di consultazione 11/12/2024)



*La corsa alle risorse energetiche è basilare per intere nazioni e muove intere economie alla conquista di esse. In questa visione geopolitica e in questi contesti globali trova luogo la motivazione che ha spinto la redazione del presente saggio: "In un contesto geopolitico segnato dalla crisi energetica come merce di scambio, per la conquista di un nuovo ordine mondiale, la fisica tecnica applicata all'architettura salverà il mondo dalle guerre?".*



Paesisti 1,1 trilioni di piedi cubi di gas naturale nelle sue acque territoriali. Questo è uno dei motivi della guerra:

# "غزة مارين" .. هل يُصلح الغاز ما أفسده الاحتلال في فلسطين؟

## "Gaza Marine". Il gas risolverà ciò che l'occupazione ha corrotto in Palestina?

د. أحمد سلطان - دكتور مهندس متخصص في شؤون النفط والطاقة | تم النشر بتاريخ 16/10/2023 | وقت القراءة: 23 دقيقة



Il gas naturale rimarrà una fonte di energia per più di 30 anni a venire, che non è più solo una materia prima economica, ma anche un materiale politicamente sfruttabile. Come il petrolio. Quando alcuni anni fa sono state scoperte le prime riserve di gas naturale nel Mediterraneo orientale, di fronte a Egitto, Cipro e Israele, ha suscitato un misto di sentimenti contraddittori tra gli esperti e gli analisti del petrolio e dell'energia. O sarà un'ulteriore causa di conflitti, disaccordi e altre...



**Wall Street Italia**

**Oro: trovato in Cina maxi giacimento del valore di oltre 80 miliardi di dollari**

di Alessandra Caparotto 11 Dicembre 2024 14:50

La Cina ha trovato l'oro. Secondo i media statali del paese, è stato scoperto un giacimento "supergigante" d'oro di alta qualità, contenente circa 1.000 tonnellate del metallo prezioso. ...

**CUE NEWS**

**Norvegia: trovato un nuovo giacimento di gas nelle profondità del mare**

18 Settembre 2024 | Fulvio Lucchesi

La scoperta di un nuovo giacimento di gas e petrolio nel mare della Norvegia apre a nuove possibilità di sviluppo.

La Norvegia, conosciuta per i suoi splendidi paesaggi naturali, è anche una delle nazioni leader nel settore energetico. Grazie alla sua vasta esperienza nella gestione delle risorse naturali, il paese ha consolidato un ruolo cruciale nella produzione di petrolio e gas in Europa. Questo successo è frutto di una lunga tradizione di esplorazioni in mare aperto, che ha permesso di scoprire numerosi giacimenti di idrocarburi nel Mar del Nord.

**Notizie Geopolitiche**

Quotidiano indipendente on line di geopolitica e politica

**CINA. SCOPERTO MAXI GIACIMENTO DI GAS NELLE ACQUE CONTESE CON IL VIETNAM**

18 Agosto 2024

di Giuseppe Gagliano -

La China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) ha recentemente scoperto un vasto giacimento di gas da parte della Cina nel Mar Cinese Meridionale, noto come Lingshui 36-1, cosa rappresenta un ulteriore sviluppo in una delle aree geopolitiche più contestate e delicate del mondo.

Lo ha reso noto il Global Times, per il quale si tratta di 100 miliardi di metri cubi di gas in acque ultra profonde, non lontano dall'isola di Hainan, una provincia insulare cinese. Tuttavia la posizione esatta del giacimento non è stata divulgata, probabilmente per via della sua localizzazione in una zona marittima contestata con il Vietnam.

Questa scoperta riaccende le tensioni in una regione dove la Cina ha già affermato ripetutamente la sua sovranità attraverso la controversa "Linea a nove tratti", che copre quasi l'intero Mar Cinese Meridionale. Questa rivendicazione è stata dichiarata illegittima nel 2016 dalla Corte permanente di Arbitrato in un caso presentato dalle Filippine, ma Pechino ha rifiutato di riconoscere il verdetto continuando a militarizzare le isole e a espandere la sua influenza nella regione.

La scoperta del giacimento Lingshui 36-1 non fa altro che aumentare le preoccupazioni dei paesi rivieraschi, in particolare del Vietnam, che ha un'antica rivalità con la Cina e considera le rivendicazioni di Pechino come un'invasione della propria zona economica esclusiva. Il Vietnam ha storicamente resistito con fermezza all'espansionismo cinese, e la possibilità che la Cina inizi l'estrazione di gas in questa area contestata potrebbe essere percepita come un'ulteriore provocazione, potenzialmente innescando una risposta militare o diplomatica.

Figura 32 - MISCELLANEA NOTIZIE DAL MONDO  
Fonte: Candidato (articoli tratti da:  
<https://ecss.com.eg>  
<https://tecnologia.libero.it>  
<https://www.marinecue.it>  
<https://www.notiziegeopolitiche.net>  
<https://www.wallstreetitalia.com>)  
[ultima consultazione: 31-01-2025]

**Capitolo**

**6**

## Capitolo 6: Conclusioni

Abbiamo visto, nel percorso narrativo sin qui condotto, che la fisica tecnica applicata all'architettura offre soluzioni tecniche che migliorano l'efficienza energetica degli edifici, riducendo i consumi di risorse naturali e favorendo l'adozione di fonti energetiche rinnovabili.

Questa trasformazione può ridurre la dipendenza globale dalle risorse energetiche fossili, spesso causa di conflitti geopolitici, aprendo la strada a un mondo più equo e pacifico.

Pubblicata nel 2015, l'enciclica *Laudato Si'* si concentra sulla crisi ecologica globale, denunciando l'attuale modello di sviluppo basato sullo sfruttamento delle risorse naturali. Papa Francesco esorta l'umanità a intraprendere una "conversione ecologica" che ponga al centro della società il rispetto per la Terra e la giustizia sociale. Questo testo mette in luce il legame tra degrado ambientale, disuguaglianza e conflitti, e sprona a promuovere una gestione etica delle risorse, che includa l'energia rinnovabile e l'efficienza energetica.

L'adozione di un modello di economia circolare basato sull'efficienza energetica, il riciclo dei materiali e l'uso di risorse rinnovabili può favorire un nuovo equilibrio globale, riducendo le tensioni per il controllo delle risorse. Questo approccio non solo promuove la sostenibilità ambientale, ma offre anche opportunità economiche e sociali per tutti i Paesi, riducendo le disuguaglianze globali.

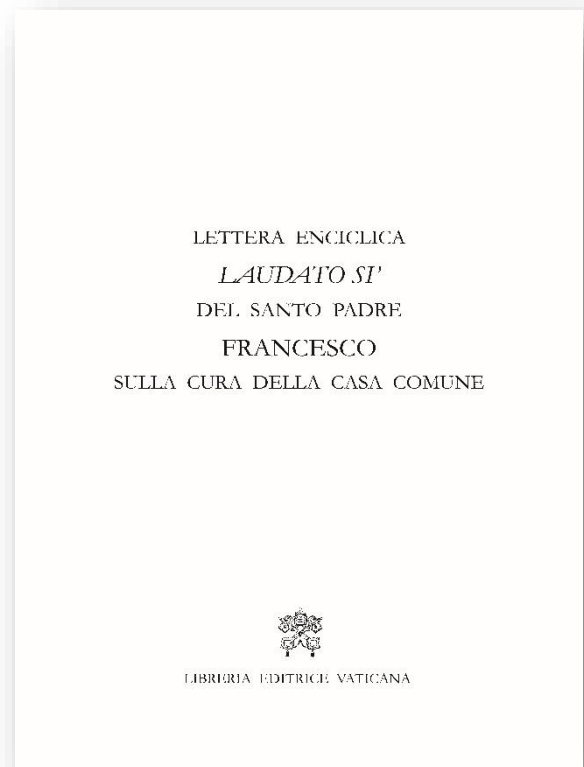


Figura 33 Copertina Lettera Enciclica "Laudato si" del 2015 -  
Fonte:  
[https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_it.pdf](https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_it.pdf)  
(ultima data di consultazione 11/12/2024)

*Il percorso dell'enciclica "Laudato si'" si sviluppa attorno al concetto di «ecologia integrale», ed è descritto quasi all'inizio (cfr LS 15) come una sorta di «mappa», di guida alla lettura. In primo luogo, il Pontefice compie «un breve percorso attraverso vari aspetti dell'attuale crisi ecologica allo scopo di assumere i migliori frutti della ricerca scientifica oggi disponibile, lasciarcene toccare in profondità e dare una base di concretezza al percorso etico e spirituale che segue» (LS 15). Sarà questo il primo capitolo.*

*A partire da tale panoramica, il Pontefice riprende «alcune argomentazioni che scaturiscono dalla tradizione giudeo-cristiana, al fine di dare maggiore coerenza al nostro impegno per l'ambiente»: sarà il secondo capitolo.*

*Poi Francesco prova «ad arrivare alle radici della situazione attuale, in modo da coglierne non solo i sintomi ma anche le cause più profonde»: il terzo capitolo. Così può «proporre un'ecologia che, nelle sue diverse dimensioni, integri il posto specifico che l'essere umano occupa in questo mondo e le sue relazioni con la realtà che lo circonda».*

*Alla luce di tale riflessione, nel quarto capitolo, il Pontefice compie «un passo avanti in alcune ampie linee di dialogo e di azione che coinvolgono sia ognuno di noi, sia la politica internazionale».*

*Su questa base, Papa Francesco propone nel quinto capitolo «alcune linee di maturazione umana ispirate al tesoro dell'esperienza spirituale cristiana», perché è «convinto che ogni cambiamento ha bisogno di motivazioni e di un cammino educativo».*

*L'enciclica si chiude offrendo il testo di due preghiere: la prima da condividere con i credenti di altre religioni e la seconda con i cristiani, riprendendo quindi l'atteggiamento di contemplazione orante con cui si era aperta.*

*"La casa comune è stata gravemente danneggiata dalla ricerca miopica del profitto e dalla mancanza di attenzione per i poveri e per il pianeta stesso".<sup>58</sup>*

---

<sup>58</sup> Fonte: [https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_it.pdf](https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_it.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

**Attraverso un approccio multidisciplinare al problema,**  
**che integri**  
**aspetti etici**  
(sociali, culturali e politici)  
**e tecnici**  
(grazie alla ricerca di tecnologie in continua evoluzione),  
**è possibile sviluppare soluzioni che promuovano l'autosufficienza**  
**energetica**  
(attraverso l'uso di fonti rinnovabili)  
**così da tendere ad una minore interdipendenza energetica**  
(tra gli attori mondiali in gioco),  
**favorendo la sostenibilità ambientale**  
(attraverso una minor predazione delle risorse)  
**e la conseguente riduzione dei conflitti**  
**aprendo ad un riassetto culturale**  
**basato sulla giustizia e sulla cooperazione alla pari tra gli attori,**  
**senza la supremazia egemonica dell'occidente,**  
**come si converrebbe ad una**  
**VERA DEMOCRAZIA di ORDINE MONDIALE.**





## Bibliografia

- Bellodi, Leonardo. Gas e potere. Geopolitica dell'energia dalla Guerra fredda a oggi. Roma: Luiss University Press, 2022.
- Calder, Barnabas. Architecture. From Prehistory to Climate change, Liverpool Press Pelican book; trad. It. Architettura ed energia. Dalla preistoria all'emergenza climatica. Torino, Einaudi 2022.
- Gauzin-Muller, Dominique. L'architecture écologique, Parigi Press Le Moniteur; trad. It. Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale. Milano, Ed. Ambiente, 2010.
- Liverani, Mario. Antico Oriente: Storia, società, economia. Roma, Editori Laterza, 2011
- Loyer, Barbara. Geopolitica. Metodi e concetti. Torino, Utet università, 2021
- Thommen, Lukas. Umweltgeschichte der Antike, Munchen C.H. Book, trad. It. L'ambiente nel mondo antico. Bologna, Il Mulino, 2014
- Farnè, Stefano. Sistemi di gestione dell'energia. La norma EN 16001: efficienza e risparmio energetico per competere. Milano, Franco Angeli, 2011
- Angioni, Simone. Con la giusta energia. Milano, Gribaudo, 2022.
- Solidoro Maruotti, Laura. La tutela dell'Ambiente nella sua evoluzione storica. Torino, G. Giappichelli, 2009



## Sitografia

- [academia.edu](https://www.academia.edu/1113277/F_Diosono_Il_commercio_del_legname_sul_fiume_Tevere_in_F_Coarelli_H_Patterson_edes_Mercator_Placidissimus_The_Tiber_Valley_in_antiquity_Atti_del_Convegno_Roma_2004_Roma_2008_pp_251_283)  
[https://www.academia.edu/1113277/F\\_Diosono\\_Il\\_commercio\\_del\\_legname\\_sul\\_fiume\\_Tevere\\_in\\_F\\_Coarelli\\_H\\_Patterson\\_edes\\_Mercator\\_Placidissimus\\_The\\_Tiber\\_Valley\\_in\\_antiquity\\_Atti\\_del\\_Convegno\\_Roma\\_2004\\_Roma\\_2008\\_pp\\_251\\_283](https://www.academia.edu/1113277/F_Diosono_Il_commercio_del_legname_sul_fiume_Tevere_in_F_Coarelli_H_Patterson_edes_Mercator_Placidissimus_The_Tiber_Valley_in_antiquity_Atti_del_Convegno_Roma_2004_Roma_2008_pp_251_283) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [academia.edu](https://www.academia.edu/30236469/ARCHITETTURA_ECOSOSTENIBILE_ESPERIENZE_NAZIONALI_E_INTERNAZIONALI)  
[https://www.academia.edu/30236469/ARCHITETTURA\\_ECOSOSTENIBILE\\_ESPERIENZE\\_NAZIONALI\\_E\\_INTERNAZIONALI](https://www.academia.edu/30236469/ARCHITETTURA_ECOSOSTENIBILE_ESPERIENZE_NAZIONALI_E_INTERNAZIONALI) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [area-arch.it](https://www.area-arch.it/larchitettura-strutturale-dalla-ricerca-della-forma-al-free-form-design)  
<https://www.area-arch.it/larchitettura-strutturale-dalla-ricerca-della-forma-al-free-form-design> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [blog.geografia.deascuola.it](https://blog.geografia.deascuola.it/articoli/via-seta-polare)  
<https://blog.geografia.deascuola.it/articoli/via-seta-polare> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [borsaitaliana.it](https://www.borsaitaliana.it/borsa/glossario/commodity.html)  
<https://www.borsaitaliana.it/borsa/glossario/commodity.html> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [breeam.com](https://breeam.com/)  
<https://breeam.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [certificazioneleed.com](https://www.certificazioneleed.com/edifici/)  
<https://www.certificazioneleed.com/edifici/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [cese-m.eu](https://www.cese-m.eu/cesem/2024/04/la-belt-and-road-initiative-come-il-massiccio-progetto-infrastrutturale-della-cina-si-sta-adattando-al-mondo-post-pandemia/)  
<https://www.cese-m.eu/cesem/2024/04/la-belt-and-road-initiative-come-il-massiccio-progetto-infrastrutturale-della-cina-si-sta-adattando-al-mondo-post-pandemia/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [consilium.europa.eu](https://www.consilium.europa.eu/it/policies/repowerEU)  
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/repowerEU> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [commission.europa.eu](https://commission.europa.eu/news/eurobarometer-survey-confirms-public-support-energy-policy-objectives-2019-09-11_en?prefLang=it)  
[https://commission.europa.eu/news/eurobarometer-survey-confirms-public-support-energy-policy-objectives-2019-09-11\\_en?prefLang=it](https://commission.europa.eu/news/eurobarometer-survey-confirms-public-support-energy-policy-objectives-2019-09-11_en?prefLang=it) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [commission.europa.eu](https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiv)  
Parte A [https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961\\_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiv](https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiv)

ness%20\_%20A%20competitiveness%20strategy%20for%20Europe.pdf  
(ultima data di consultazione 11/12/2024)

- [commission.europa.eu](https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf)  
Parte B [https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92\\_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness\\_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations\\_0.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [documenti.camera.it](https://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AT033.pdf)  
<https://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AT033.pdf> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [en.shanghaitower.com](https://en.shanghaitower.com/Home1.html)  
<https://en.shanghaitower.com/Home1.html> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [europarl.europa.eu](https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/it/FTU_2.4.7.pdf)  
[https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/it/FTU\\_2.4.7.pdf](https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/it/FTU_2.4.7.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [fluke.com](https://www.fluke.com/en/product/thermal-cameras/ti45ft)  
<https://www.fluke.com/en/product/thermal-cameras/ti45ft> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [geopop.it](https://www.geopop.it/cose-la-rota-artica-e-come-potrebbe-rivoluzionare-il-commercio-globale/)  
<https://www.geopop.it/cose-la-rota-artica-e-come-potrebbe-rivoluzionare-il-commercio-globale/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [geonovis.com](https://www.geonovis.com/pompa-di-calore-geotermica-come-funziona-costi-tipi-vantaggi/#:~:text=Una%20pompa%20di%20calore%20geotermica%20%28PdCG%29%20C3%A8%20una,e%20per%20la%20produzione%20di%20acqua%20calda%20sanitaria.)  
<https://www.geonovis.com/pompa-di-calore-geotermica-come-funziona-costi-tipi-vantaggi/#:~:text=Una%20pompa%20di%20calore%20geotermica%20%28PdCG%29%20C3%A8%20una,e%20per%20la%20produzione%20di%20acqua%20calda%20sanitaria.> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [iea.org](https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023)  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [it.investing.com](https://it.investing.com/indices/commodities-indices)  
<https://it.investing.com/indices/commodities-indices> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [infobuildenergia.it](https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/storia-normativa-energetica-settore-edilizio/)  
<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/storia-normativa-energetica-settore-edilizio/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [ingenio-web.it](https://www.ingenio-web.it)

<https://www.ingenio-web.it/articoli/edifici-a-emissioni-zero-che-caratteristiche-devono-avere-come-si-quantificano-le-emissioni-zero> ultimo accesso 2024-12-11]

- ingenio-web.it  
<https://www.ingenio-web.it/> [ultima visualizzazione 11-12-2024]
- ingenio-web.it  
<https://www.ingenio-web.it/articoli/l-uso-dell-intelligenza-artificiale-in-architettura-7-benefici-e-alcuni-esempi> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- ingenio-web.it  
<https://www.ingenio-web.it/articoli/architettura-responsabile-il-ruolo-del-progettista-nel-ridisegnare-le-citta-in-modo-sostenibile-e-social-impact/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- ispionline.it  
<https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/why-arctic-matters-20882> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- ispionline.it  
<https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/artico-rotte-il-terzo-millennio-20905> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- limesonline.com  
<https://www.limesonline.com/rivista/artico-occidente-nato-usa-russia-cina-17727263/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- limesonline.com  
<https://www.limesonline.com/rivista/geografia-nuove-risorse-energetiche-clima-ambiente-cambiamento-climatico-rinnovabili-elettrico-terre-rare-17913520/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- liveuamap.com  
<https://energy.liveuamap.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- mimit.gov.it  
[https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/all\\_decreto\\_interministerial\\_e\\_19\\_giugno\\_2017\\_panzeb.pdf](https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/all_decreto_interministerial_e_19_giugno_2017_panzeb.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- plparchitecture.com  
<https://plparchitecture.com/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- qsa.it  
<https://www.qsa.it/it/news/qualita/certificazione-iso-50001-cos-e-i-vantaggi-e-come-si-ottiene/> (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- qualenergia.it  
<https://www.qualenergia.it/articoli/capire-il-bilancio-energetico-italiano/#gid=1&pid=1> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

- [qualenergia.it](https://qualenergia.it/multimeasure-mobile-app/)  
https://qualenergia.it/multimeasure-mobile-app/ (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [qualenergia.it](https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2021/05/sorokin-bil-energetico-Italia-2019.pdf)  
https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2021/05/sorokin-bil-energetico-Italia-2019.pdf  
(ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [questionecivile.it](https://www.questionecivile.it/2021/07/12/la-rivoluzione-industriale-xviii-secolo-oggi)  
https://www.questionecivile.it/2021/07/12/la-rivoluzione-industriale-xviii-secolo-oggi (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [renieriarchitetto.com](https://www.renieriarchitetto.com/riqualificazione-energetica/it/servizi/calcoli-fisica-tecnica/umidita-negli-edifici.html)  
https://www.renieriarchitetto.com/riqualificazione-energetica/it/servizi/calcoli-fisica-tecnica/umidita-negli-edifici.html (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [seaforchange.it](https://www.seaforchange.it/i-quattro-pilastri-della-sostenibilita)  
https://www.seaforchange.it/i-quattro-pilastri-della-sostenibilita (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [slideshare.net](https://www.slideshare.net/slideshow/fenomeni-termici/34874490)  
https://www.slideshare.net/slideshow/fenomeni-termici/34874490 (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [slideshare.net](https://www.slideshare.net/slideshow/bilancio-energetico-edificio/4350444)  
https://www.slideshare.net/slideshow/bilancio-energetico-edificio/4350444  
(ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [storiaromanaebizantina.it](https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano)  
https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [teknoring.com](https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/guida-ai-pcm-i-materiali-a-cambiamento-di-fase/)  
https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/guida-ai-pcm-i-materiali-a-cambiamento-di-fase/ (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [treccani.it](https://www.treccani.it/enciclopedia/energia)  
https://www.treccani.it/enciclopedia/energia (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [treccani.it](https://www.treccani.it/enciclopedia/l-architettura-nell-epoca-della-sostenibilita_%28XXI-Secolo%29)  
https://www.treccani.it/enciclopedia/l-architettura-nell-epoca-della-sostenibilita\_%28XXI-Secolo%29 (ultima data di consultazione 11/12/2024)
- [un-documents.net](https://www.un-documents.net)

<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

- [unfccc.int](https://unfccc.int)  
<https://unfccc.int/cop29/about-cop29> (ultima data di consultazione 11/12/2024)

- [vatican.va](https://www.vatican.va)  
[https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/pa-pa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_it.pdf](https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/pa-pa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_it.pdf) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

- [xtreee.com](https://www.xtreee.com)  
[https://: www.xtreee.com](https://www.xtreee.com) (ultima data di consultazione 11/12/2024)

## Elenco Immagini

Figura 1	Corpo degli ingegneri nel fregio della colonna Traiana intenti nell'attività di approvvigionamento della legna - Fonte: <a href="https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano">https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano</a> [ultima data di consultazione 11/12/2024]	11
Figura 2	Ingresso ex Miniera per estrazione di Limonite di Koumaria, Taso -Tracia (Grecia) - Fonte: <a href="https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano">https://www.storiaromanaebizantina.it/alterazioni-ambientali-alluvioni-e-diboscamento-nel-mondo-greco-romano</a> [ultima data di consultazione 11/12/2024]	12
Figura 3	Rapporto di Mario Draghi - Fonte: <a href="https://www.commission.europa.eu">https://www.commission.europa.eu</a> [ultima data di consultazione 11/12/2024]	14
Figura 4	Concettualizzazione del bilancio energetico di un edificio tipo - Fonte: Candidato	19
Figura 5	Concettualizzazione trasferimento del calore in un edificio tipo - Fonte: Candidato	20
Figura 6	Formazione di muffe a seguito shock termico dovuto al raggiungimento del punto di rugiada in prossimità di un ponte termico - Fonte: Candidato	21
Figura 7	Concettualizzazione degli indicatori per il controllo del comfort acustico di un edificio - Fonte: Candidato	22
Figura 8	Esposizione solare e diagramma del sole e dei venti in un'analisi ambientale - Fonte: Candidato	22
Figura 9	Espressione raffigurante il calcolo del fabbisogno energetico di un edificio - Fonte: Dispense corso di aggiornamento per Certificatori Energetici Collegio Geometri e Geometri laureati di Monza e della Brianza - luglio 2024	23
Figura 10	Diagramma Psicrometrico - Fonte: Dispensa Corso di Fisica Tecnica Prof. Dall'O - Politecnico di Milano 2023	24-25
Figura 11	Concettualizzazione delle variabili in gioco nel processo di trasferimento termico per conduzione - Fonte: Candidato	26
Figura 12	Fronte e retro di una termocamera Fluke - Fonte: <a href="http://www.fluke.com">www.fluke.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	27

Figura 13	Data Logger con testine sensoriali intercambiabili Trotec - Fonte: <a href="http://it.trotec.com">it.trotec.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	28
Figura 14	Esempio bilancio energetico - Fonte: <a href="https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2021/05/sorokin-bilancio-energetico-Italia-2019.pdf">https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2021/05/sorokin-bilancio-energetico-Italia-2019.pdf</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	29
Figura 15	Targa Classe A - Certificazione Energetica e tesserino certificatore energetico - Fonte: Candidato	35
Figura 16	Timeline normativa Europea e Italiana dal 1990 - Fonte: Candidato	36-37
Figura 17	Certificazioni LEED- Fonte: <a href="https://www.usgbc.org/">https://www.usgbc.org/</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	48
Figura 18	Ipotesi classificazione BREEAM di BREGroup - Fonte: <a href="https://bregroup.com/">https://bregroup.com/</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	48
Figura 19	Concept diagramma di Deming - Fonte: <a href="https://www.qsa.it/it/news/qualita/certificazione-iso-50001-cos-e-i-vantaggi-e-come-si-ottiene">https://www.qsa.it/it/news/qualita/certificazione-iso-50001-cos-e-i-vantaggi-e-come-si-ottiene</a> [ultima visualizzazione 12-12-2024]	49
Figura 20	1987: Rapporto Brundtland - Fonte: <a href="http://www.are.admin.ch">www.are.admin.ch</a> [ultima visualizzazione 12-12-2024]	50
Figura 21	Concept dei 4 pilastri dello sviluppo sostenibile - Fonte: Candidato	51
Figura 22	Shanghaitower - Fonte: <a href="https://en.shanghaitower.com">https://en.shanghaitower.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	57
Figura 23	Edificio eseguito con stampante automatizzata in Francia - Fonte: <a href="https://plparchitecture.com">https://plparchitecture.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	58
Figura 24	Schemi progettuali - The Edge Amsterdam - Fonte <a href="https://plparchitecture.com/">https://plparchitecture.com/</a> [ultima visualizzazione 11/12/2024]	59
Figura 25	Raffigurazione Concept Commodities - Fonte Candidato	65
Figura 26	cartografia delle rotte della "via della seta" - Fonte: <a href="https://mondointernazionale.org">https://mondointernazionale.org</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	67
Figura 27	Cartografia dell'Artico e del Baltico con l'evidenza della Rotta di Nord Est della "Via della seta Artica" sotto l'influenza	

	Russa - Fonte: <a href="https://www.limesonline.com">https://www.limesonline.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	68
Figura 28	Il Grande nord - Fonte <a href="https://www.limesonline.com/carte/il-grande-nord-14651962">https://www.limesonline.com/carte/il-grande-nord-14651962</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	69
Figura 29	Geografia delle nuove dipendenze - Fonte: <a href="https://www.limesonline.com">https://www.limesonline.com</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	70
Figura 30	Cartografia del Mare Glaciale Artico con in evidenza le tre rotte Artiche possibili della Via della seta Artica - Fonte: <a href="https://www.ispionline.it">https://www.ispionline.it</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	71
Figura 31	Nuove influenze regionali e globali e soft-power I- Fonte: <a href="https://www.remocontro.it">https://www.remocontro.it</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	72
Figura 32	MISCELLANEA NOTIZIE DAL MONDO - Fonte: Candidato	74
Figura 33	Copertina Lettera Enciclica "Laudato sì" del 2015 - Fonte: <a href="https://www.parrocchiaredentore.it">https://www.parrocchiaredentore.it</a> [ultima visualizzazione 11-12-2024]	76









