Università di Genova

DIBRIS DIPARTIMENTO
DI INFORMATICA, BIOINGEGNERIA,
ROBOTICA E INGEGNERIA DEI SISTEMI

Tesi di Laurea Magistrale in

INGEGNERIA INFORMATICA

INTELLIGENZA ARTIFICIALE E HUMAN CENTERED COMPUTING

Una rassegna degli approcci esistenti all'educazione transdisciplinare e il ruolo dell'ingegneria informatica

Candidato

DIDIER CHARLY FOGHA MOUAFO

Relatore

GUALTIERO VOLPE

Anno Accademico 2025/2026

Sommario

Introduzione 1

CAPITOLO 1 – Fondamenti teorici dell'educazione transdisciplinare 2

1.1 Introduzione ai paradigmi dell'integrazione disciplinare 2

1.2 Epistemologia della complessità e pensiero sistemico 5

1.3 La transdisciplinarità secondo i principali autori 7

1.3.1 Jean Piaget 7

1.3.2 Erich Jantsc 7

1.3.3 Basarab Nicolescu 7

1.3.4 Julie Thompson Klein 10

1.4 Competenze trasversali e apprendimento complesso 10

1.5 Il ruolo delle arti nella costruzione della conoscenza integrata 11

1.6 L'approccio STEAM: il contributo dell'Ingegneria Informatica allo studio transdisciplinare di letteratura, matematica e arti 14

1.6.1 Ingegneria Informatica e Letteratura: analisi computazionale dei testi 14

1.6.2. Ingegneria Informatica e Matematica: modellazione, visualizzazione e apprendimento 15

1.6.3. Ingegneria Informatica e Arti: metodologie computazionali per l'analisi di un'opera d'arte 15

1.6.4. Sintesi: il valore dell'Ingegneria Informatica per le discipline STEAM 16

1.7 L'approccio STEAM: il contributo delle discipline scientifiche, matematiche, culturali, artistiche e culturali alla formazione in Ingegneria Informatica 16

1.7.1. Il ruolo della Matematica nello sviluppo del pensiero computazionale 17

1.7.2. Il contributo delle Scienze alla comprensione dei sistemi informatici 17

1.7.3. Cultura e dimensione umanistica nello studio dell'Ingegneria Informatica 18

1.7.4. Il ruolo delle Arti nella progettazione e nell'innovazione informatica 18

1.7.5. Contributo della cultura nel campo dell'ingegneria informatica 18

1.8 Sintesi e implicazioni per la ricerca educativa 20

CAPITOLO 2 – Approcci transdisciplinari nell'educazione contemporanea. 21

2.1 Origini del modello STEAM (da STEM a STEAM) 21

2.2 L'integrazione arte-tecnologia nella didattica 22

2.3 Transdisciplinarità e traiettorie di apprendimento nel modello STEAM 24

2.4 Esempi applicativi dell'integrazione arte-tecnologia nella didattica 27
2.4.1. Realtà Aumentata e Realtà Virtuale (AR/VR) 27
2.4.2 Coding Creativo 28
2.4.3 Digital Fabrication e Maker Education 29
2.4.4 Sintesi del valore aggiunto per l'ingegneria informatica 29
2.5 Esperienze didattiche in scuole e università europee 30
2.6 Casi studio: Finlandia, Regno Unito, Paesi Bassi e Italia nell'adozione del modello STEAM 32
2.6.1 Finlandia: un ecosistema strutturato sul Phfenomenon-based learning (PhBL) 33
2.6.2 Regno Unito: creatività digitale, media education e maker education 35
2.6.3 Paesi Bassi: collaborazione tra università, industria e FabLab 35
2.6.4 Italia: un modello in espansione, tra scuola, università e musei digitali 36
2.6.5 Confronto tra i Paesi: convergenze e differenze 36
CAPITOLO 3 – Analisi dei curricula e corsi universitari europei 38
3.1 Metodologia di raccolta dati 38
3.1.1 Analisi documentale: normative, framework e standard europei 39
3.1.2 I descrittori Tuning come strumento di analisi dei curricula europei 40
3.1.3 Analisi dei syllabi open-access: contenuti, competenze e metodologie didattiche 41
3.1.4 Dati Erasmus+: innovazione, convergenza e impatto sulla progettazione curricolare 42
3.1.5 Il ruolo transdisciplinare dell'Ingegneria Informatica 43
3.1.6 Fase di individuazione delle fonti 44
3.1.7 Integrazione interpretativa 45
3.1.8 Applicazione dei criteri di inclusione e esclusione del corpus documentale e selezione finale 45
3.2 Mappatura dei programmi esistenti in Europa: corsi transdisciplinari tra arte e tecnologia, lauree magistrali dedicate e analisi comparativa dei learning outcomes 49
3.2.1 Insegnamenti transdisciplinari in arte e tecnologia 49
3.2.2 Programmi di laurea magistrale europei dedicati all'integrazione arte-tecnologia 50

3.2.3 Analisi comparativa dei learning outcomes 51
3.2.4 Definizione dei programmi mappati 53
3.2.5 Classificazione e lista dei programmi mappati 53
3.3 Esempi di programmi universitari europei in relazione alle competenze comuni identificate. 55
3.4 Conclusione 63
CAPITOLO 4 – Analisi critica e identificazione delle lacune 65
4.1 Valutazione critica delle pratiche transdisciplinari 65
4.1.1 Limiti nella progettazione dei curricula transdisciplinari 65
4.1.2 Evoluzione delle competenze digitali avanzate nella formazione docente (Aggiornato) 66
4.1.3 Accesso disomogeneo alle risorse tecnologiche 68
4.1.4 Scarsa integrazione tra mondo accademico, industria e società 69
4.1.5 Mancanza di strumenti di valutazione specifici per la transdisciplinarità 71
4.2 Barriere istituzionali e culturali 72
4.2.1 Strutture istituzionali rigide e resistenza al cambiamento 74
4.2.2 Visione tradizionale delle discipline e scarso riconoscimento degli approcci emergenti 74
4.2.3. Difficoltà nella formazione del personale docente 75
4.2.4 Barriere culturali legate alla percezione della tecnologia 76
4.2.5. Carenza di politiche istituzionali dedicate alla transdisciplinarità 77
4.3 Necessità di modelli didattici integrativi 78
4.3.1 Supporto alla creazione di ecosistemi didattici ibridi e multimodali 79
4.3.2 Fondamento tecnico per l'interdisciplinarità applicata 80
4.3.3 Promozione di competenze chiave per le professioni future 80
4.3.4 Facilitazione dell'adozione di modelli adattivi e personalizzati 81
4.4 Ruolo della tecnologia digitale e dell'AI 81
4.4.1 La tecnologia digitale come catalizzatore di integrazione disciplinare 82
4.4.2 L'intelligenza artificiale come motore di personalizzazione e analisi dei processi formativi 82
4.4.3 Impatto sulla transdisciplinarità nel modello STEAM 83
4.4.4 Responsabilità, etica e governance dei sistemi intelligenti 84

CAPITOLO 5 – Linee guida per l'istruzione transdisciplinare 85

5.Introduzione di Moduli STEAM Obbligatori per la Formazione Transdisciplinare in Ingegneria informatica 85

5.1 Proposta di framework educativo 85

5.1.1 Principi fondativi del framework 86

5.1.2 Articolazione del framework 87

5.1.3 Benefici attesi del framework 88

5.2 Esempi di moduli didattici tecno-artistici 89

5.3 Suggerimenti per la formazione dei docenti 91

5.4 Strategie di valutazione dell'apprendimento transdisciplinare 93

5.5 Linee guida per future implementazioni Erasmus+ 94

Conclusioni 97

Bibliografia 99

RINGRAZIAMENTI 105

Abstract

Background:

La ricerca analizza l'integrazione del modello STEAM nei percorsi di Ingegneria Informatica, con riferimento al contesto europeo e al caso dell'Università di Genova. L'obiettivo è valutare criticità strutturali e metodologiche della transdisciplinarità e proporre un framework educativo integrativo. I risultati evidenziano barriere istituzionali, carenze nella valutazione e nella formazione docente, ma anche il ruolo strategico dell'Ingegneria Informatica come infrastruttura metodologica per l'innovazione didattica. Viene proposto un modello articolato su tre livelli (infrastrutturale, metodologico e applicativo) per rafforzare l'integrazione tra competenze tecniche e creative.

Obiettivo:

La ricerca mira a:

1. Analizzare l'adozione del modello STEAM nei corsi di Ingegneria Informatica.
2. Individuare le principali criticità della transdisciplinarità.
3. Esaminare il ruolo dell'Ingegneria Informatica come disciplina abilitante.
4. Applicare l'analisi al caso dell'Università di Genova.
5. Proporre un framework educativo integrativo supportato da tecnologie digitali e AI.

Materiali e Metodi:

La metodologia si basa su:

- Revisione della letteratura scientifica su STEAM, transdisciplinarità e AI in educazione.
- Analisi comparativa di programmi universitari europei.
- Studio di caso dell'Università di Genova.
- Elaborazione di un framework educativo articolato su tre livelli operativi.

L'approccio è qualitativo e progettuale, orientato alla definizione di un modello applicabile.

Risultati

L’analisi evidenzia che:

- L’integrazione STEAM è spesso parziale e non pienamente transdisciplinare.
- Persistono barriere istituzionali, culturali e metodologiche.
- La valutazione tradizionale non misura adeguatamente competenze integrate.
- L’Ingegneria Informatica svolge un ruolo centrale nell’integrazione tra tecnologia, creatività e progettazione.
- Nel caso dell’Università di Genova emergono solide basi tecnico-scientifiche, ma la necessità di una maggiore strutturazione sistemica dell’approccio STEAM.

Conclusione

L’integrazione del modello STEAM nei percorsi di Ingegneria Informatica rappresenta una trasformazione necessaria per rispondere alle sfide della società digitale. L’Ingegneria Informatica si configura come disciplina-ponte capace di sostenere la transdisciplinarità attraverso strumenti computazionali, AI e metodologie progettuali integrate.

Il caso dell’Università di Genova evidenzia opportunità concrete di sviluppo, ma richiede politiche istituzionali strutturate e strategie valutative adeguate. Il framework proposto offre una base operativa per una formazione più integrata, innovativa e orientata alla responsabilità sociale.

Introduzione

La presente ricerca analizza criticamente l'integrazione del modello STEAM nei percorsi di Ingegneria Informatica, con particolare riferimento al contesto europeo e al caso dell'Università di Genova. Nel corso della redazione della tesi sono stati utilizzati strumenti di supporto basati su intelligenza artificiale generativa, tra cui ChatGPT sviluppato da OpenAI e Gemini sviluppato da Google, esclusivamente per attività di supporto linguistico e organizzativo. L'analisi dei contenuti e le conclusioni della ricerca rimangono responsabilità dell'autore. L'obiettivo è individuare criticità, potenzialità e strategie operative per rendere la transdisciplinarità un elemento strutturale della formazione ingegneristica. A tal fine, il lavoro propone un framework educativo articolato su livelli infrastrutturali, metodologici e applicativi, orientato all'introduzione di moduli STEAM obbligatori e a strategie di valutazione coerenti con la complessità dell'apprendimento contemporaneo."

Questa è solo una parte del problema, ma è stato analizzato anche il viceversa, cioè come l'ingegneria informatica possa abilitare un percorso transdisciplinare. Dopo aver delineato il quadro teorico e gli obiettivi della ricerca, il corpo della tesi si articola attraverso un percorso analitico e propositivo suddiviso in cinque capitoli. Il **Capitolo 1** definisce i fondamenti teorici dell'educazione transdisciplinare, mentre il **Capitolo 2** esplora gli approcci contemporanei in questo ambito. Nel **Capitolo 3**, l'analisi si sposta sulla dimensione empirica attraverso una rassegna critica dei curricula e dei corsi universitari europei, funzionale al **Capitolo 4**, dedicato all'identificazione delle lacune e delle criticità sistemiche. Infine, il **Capitolo 5** sintetizza i risultati emersi proponendo linee guida strategiche e un framework operativo per l'integrazione strutturale del modello STEAM, evidenziando come l'Ingegneria Informatica non sia solo destinataria di nuove metodologie, ma motore abilitante della transdisciplinarità stessa.

CAPITOLO 1 – Fondamenti teorici dell'educazione transdisciplinare

1.1 Introduzione ai paradigmi dell'integrazione disciplinare

L'evoluzione dei sistemi educativi contemporanei è caratterizzata da un crescente interesse verso approcci che superano la tradizionale frammentazione disciplinare. La complessità dei problemi globali – tecnologici, sociali, ambientali e culturali – richiede forme di conoscenza capaci di integrare prospettive, metodologie e linguaggi provenienti da diversi ambiti. La scuola e l'università, storicamente organizzate secondo logiche disciplinari rigide, si confrontano oggi con il bisogno di formare soggetti competenti nell'affrontare problemi complessi e interconnessi (Morin, 1999).
In questo contesto emergono diversi **paradigmi di integrazione disciplinare**, tra cui multidisciplinarità, interdisciplinarità e transdisciplinarità. Essi rappresentano livelli crescenti di interazione tra saperi, dalla semplice compresenza disciplinare fino alla costruzione di un nuovo livello epistemologico condiviso.

Per chiarire le differenze concettuali tra i tre paradigmi, può essere utile introdurre una rappresentazione visiva dei modelli di interazione tra discipline. Al fine di illustrare visivamente le differenze tra disciplinarità, multi-, inter- e transdisciplinarità lo studioso Fabio Marzocca propone il seguente utile schema:

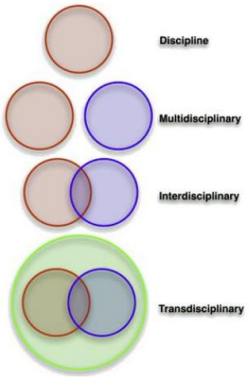


FIGURA 1.1: Differenza tra Multidisciplinarità, Interdisciplinarità, Transdisciplinarità (Marzocca, 2014, pp. 16-20) tratto da:

https://ciret transdisciplinarity.org/biblio/biblio_pdf/eBook_Transdisciplinarita.pdf

Libro di **FABIO MARZOCCA** intitolato **"IL NUOVO APPROCCIO SCIENTIFICO VERSO LA TRANSDISCIPLINARITA."Rivista ATOPON Ottobre 2014 Mythos Edition** Pag 16-20

La figura mostra quattro schemi grafici, gli ultimi tre sono rappresentati da due cerchi ciascuno che indicano due discipline differenti (Disciplina A e Disciplina B). L'obiettivo dell'immagine è rendere visivamente comprensibili le differenze tra i principali modelli di integrazione dei saperi.

Multidisciplinarità

Nel primo schema, i cerchi delle due discipline sono affiancati e soltanto marginalmente sovrapposti. Le discipline rimangono separate, con identità, metodi e linguaggi propri. L'interazione è minima e ogni disciplina contribuisce al problema con la propria prospettiva, senza un reale dialogo epistemologico. La sovrapposizione minima rappresenta un semplice "accostamento" di conoscenze. Questo comunica visivamente che la multidisciplinarità mette insieme più saperi, ma non li integra: ogni disciplina resta autonoma.

Interdisciplinarità

Nel secondo schema, i due cerchi presentano una sovrapposizione centrale più ampia. Le discipline iniziano a interagire e nella zona condivisa si sviluppano metodi comuni, concetti integrati e soluzioni progettate insieme. L'area grigia centrale indica il punto in cui i saperi si intrecciano, creando uno spazio ibrido ma pur sempre collocato tra le discipline originarie. Questo significa visivamente che l'interdisciplinarità mantiene le discipline separate, ma crea uno spazio di collaborazione e confronto più profondo rispetto alla multidisciplinarità.

Transdisciplinarità

Nel terzo schema, la sovrapposizione è ancora più estesa e tende a creare un'unica area di significato condiviso. Le discipline non solo dialogano, ma superano i propri confini tradizionali. La zona grigia rappresenta un livello di conoscenza nuovo, emergente, che non appartiene né a Disciplina A né a Disciplina B, ma è costruito al di sopra e attraverso entrambe. È il modello tipico della complessità: si generano nuovi linguaggi, nuovi paradigmi e nuove metodologie trasversali. Questo schema comunica visivamente che la transdisciplinarità non è un semplice incrocio di discipline, ma la creazione di un livello superiore di sapere, capace di affrontare problemi complessi che nessuna disciplina, da sola, può risolvere.

Il ruolo dell'Ingegneria Informatica

In questo quadro teorico, l'ingegneria informatica svolge una funzione strategica: esso non rappresenta solo un dominio tecnico, ma un *meta-dominio* capace di creare linguaggi, strumenti e modelli che favoriscono l'interconnessione tra ambiti tradizionalmente separati. L'ingegneria informatica offre infatti:

1- **Linguaggi formali e strutture logiche** che consentono di modellizzare fenomeni complessi, facilitando il dialogo tra discipline umanistiche, scientifiche e tecnologiche.
2- **Tecniche di simulazione, data analysis e modellazione computazionale** che rendono possibile affrontare problemi "transdisciplinari" reali – come sostenibilità, sistemi sociotecnici o processi decisionali – integrando prospettive provenienti da economia, biologia, pedagogia, psicologia, filosofia.

3- **Strumenti digitali collaborativi** (ambienti virtuali, piattaforme di knowledge management, sistemi intelligenti) che permettono a comunità di ricerca e gruppi educativi di condividere e reinterpretare saperi differenti in un unico spazio cognitivo.
4- **Un approccio sistemico proprio dell'ingegneria dei sistemi**, che facilita la comprensione delle interdipendenze e contribuisce a costruire visioni globali non frammentate.
5- **Metodologie progettuali iterative (**design thinking, prototipazione rapida, computational thinking) che favoriscono un processo dinamico di co-creazione tra attori con background disciplinari eterogenei.

Grazie a queste caratteristiche, L'ingegneria informatica si configura come uno dei principali abilitatori della transdisciplinarità, capace di trasformare la conoscenza in un ambiente integrato, reticolare e collaborativo. Le sue pratiche operative – dalla progettazione di sistemi informativi all'analisi dei dati – non solo facilitano l'integrazione tra discipline, ma creano le condizioni per la nascita di nuovi paradigmi di pensiero, tipici del modello transdisciplinare. In tal senso, l'ingegneria informatica non si limita a supportare la transdisciplinarità: ne è parte costitutiva, poiché fornisce metodologie, infrastrutture e logiche operative che permettono di superare la frammentazione del sapere e di affrontare la complessità in modo olistico e generativo.

Domande di ricerca

La rappresentazione **Figura 1.1** è senza dubbio molto chiara ed efficace, ma induce tuttavia a porre la seguente domanda circa la transdisciplinarità: a cosa corrisponde il suo cerchio esterno inclusivo delle diverse discipline? A quale sapere più generale e fondante esso rinvia? Si tratta di una Scienza assoluta, di un nuovo Umanesimo, del generico Sacro o dell'universo dei Valori? Infatti, scorrendo la letteratura dedicata alla transdisciplinarità rinveniamo queste e molte altre accezioni per nulla complementari, da cui sorge l'impressione che tale termine non sia solo «nomade» ma anche caratterizzato intimamente da un elevato grado di equivocità.

Per rispondere a queste domande, Nicolescu (2014) dedica un intero capitolo del suo Manifesto della Transdisciplinarità a «L'attitudine trans-religiosa» **(**Nicolescu 2014, pp.132-136) L'ultimo capitolo dello stesso Manifesto è invece intitolato «Verso un nuovo umanesimo: il trans-umanesimo» (pp.146-149) e invita quindi a riflettere sulla nascita de «l'uomo "trascendentale di sé stesso"» (pp.82-83).

15 Cfr. MARZOCCA, Il nuovo approccio scientifico verso la trandisciplinarità, p. 16. (anche marzoca se non esiste nella bibliografia sotto)

16 Cfr. NICOLESCU, Il Manifesto della Transdisciplinarità, pp. 132-136. (questo vame messo se non esite nella bibliografia sotto)

Le **domande di ricerca** che guidano la tesi sono:

- Quali sono le principali sfide e prospettive per lo sviluppo dell'educazione transdisciplinare in Europa?
- Quali competenze trasversali emergono dai percorsi formativi transdisciplinari?
- In che modo il paradigma STEAM contribuisce a superare la frammentazione disciplinare?
- Quali approcci transdisciplinari vengono attualmente adottati nei corsi universitari europei in ambito arte-tecnologia?

1.2 Epistemologia della complessità e pensiero sistemico

L'educazione transdisciplinare affonda le sue radici nell'epistemologia della complessità, sviluppata da autori come Edgar Morin (1999) ed Erich Jantsch (1972). Questa corrente epistemologica mette in discussione la logica riduzionistica che ha caratterizzato la scienza moderna e propone un paradigma in cui i fenomeni sono analizzati come sistemi dinamici, composti da molteplici elementi in relazione tra loro.

Secondo Morin (1999), la complessità implica tre principi fondamentali:

1- **Interconnessione**: ogni fenomeno è collegato ad altri fenomeni in reti di relazioni.
2- **Ricorsività**: gli effetti diventano cause e viceversa, creando circoli dinamici.
3- **Ologrammaticità**: il tutto è presente nelle parti e le parti nel tutto.

Questi principi sono coerenti con la logica transdisciplinare, che mira a integrare diversi livelli di realtà e conoscenza. L'apprendimento non è più la somma di nozioni separate, ma un processo di costruzione attiva e sistemica di significato (Capra & Luisi, 2014).

Il **pensiero sistemico**, sviluppato da von Bertalanffy (1968) e Senge (2006), rappresenta un contributo chiave per comprendere la natura della transdisciplinarità. Esso sottolinea l'importanza di:

- analizzare i fenomeni come sistemi aperti;
- considerare le interrelazioni più che gli elementi isolati;
- adottare una prospettiva circolare piuttosto che lineare

Tabella 1.1 Confronto tra paradigma riduzionista e paradigma complesso

Aspetto	Paradigma riduzionista	Paradigma della complessità
Visione del sistema	Il tutto è la somma delle sue parti	Il tutto è superiore alla somma delle sue parti (emergenza)
Approccio Metodologico	Analitico e settoriale: Scompone il sistema nelle sue componenti più semplici per analizzarle isolatamente	Olistico e sistemico: Considera il sistema nella sua interezza e nelle sue interazioni
Relazioni	Lineari, causali e prevedibili. Si cercano singole cause per singoli effetti.	Non lineare, interconnessi e con feedback loops. C è una “tessitura” di costituenti eterogenei
Prevedibilità	Alta prevedibilità, basata su leggi universali e deterministiche	Difficile prevedibilità; il risultato finale dipende da molteplici “attori” e interazioni(emergenza)
Focus della ricerca	Le componenti elementari, le leggi fondamentali e i meccanismi specifici	Le interazioni, l’organizzazione, i pattern emergenti e il contesto
Concetto di Realtà	Oggettiva, frammentabile e conoscibile in modo completo tramite l’analisi	Intrinsecamente eterogenea, dinamica e caratterizzata da incertezza e disordine (entropia)
Discipline di riferimento	Fisica classica, chimica (tradizionali)	Teoria dei sistemi, cibernetica biologia degli organismi viventi, ecologia, sociologia (Edgar Morin)

Questi elementi costituiscono il fondamento teorico necessario per comprendere la natura e il valore dell’educazione transdisciplinare nei contesti contemporanei.

1.3 La transdisciplinarità secondo i principali autori

1.3.1 Jean Piaget

Il primo utilizzo del termine *transdisciplinarità* è attribuito a Jean Piaget (1970), il quale la concepisce come un livello superiore di coordinamento tra discipline, capace di generare una logica globale e condivisa. Piaget pone le basi per comprendere la transdisciplinarità come *sintesi evolutiva* tra saperi, superando la semplice somma delle conoscenze disciplinari. È una visione che va oltre la semplice giustapposizione (multidisciplinarità) o la contaminazione locale (interdisciplinarità), cercando un "meta-punto di vista" per risolvere problemi complessi attraverso una visione sinergica e sistemica il che favorisce **Superamento della frammentazione** (cioè rifiuta la conoscenza frammentata e punta a una visione integrata) **, Unità della conoscenza** (cioè cerca collegamenti all'interno di un sistema totale, vedendo le discipline come punti di vista interconnessi.), **Nuovo spazio del sapere** (cioè un "terzo occhio" o "meta-sguardo" che permette di affrontare i problemi da una prospettiva più ampia e complessa, una vera e "nuova frontiera" per la ricerca e l'educazione.)

1.3.2 Erich Jantsc

Nel suo libro del 1972, *Technological Planning and Social Futures* Erich Jantsch (Jantsch,1972, p.106), definisce la transdisciplinarità come un processo di *co-evoluzione* tra sistemi sociali, culturali e cognitivi. Secondo Jantsch, le discipline non devono solo dialogare, ma trasformarsi reciprocamente all'interno di un sistema educativo orientato alla complessità. Il suo contributo è fondamentale per inserire la transdisciplinarità nel contesto della pianificazione dei sistemi educativi e delle politiche della conoscenza.

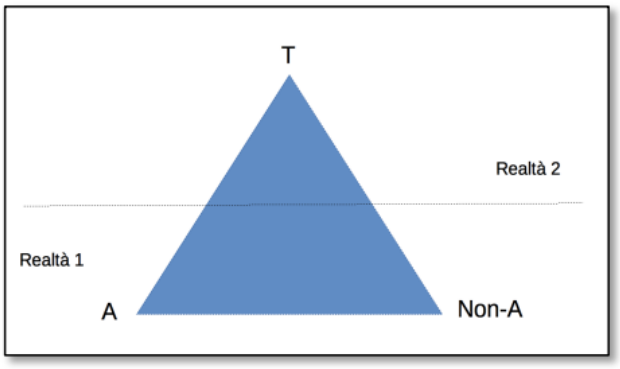
1.3.3 Basarab Nicolescu

Basarab Nicolescu (2008) fornisce una delle definizioni più mature e utilizzate di transdisciplinarità, articolata su tre assi fondamentali:

- livelli di realtà differenti;
- logica del terzo incluso;
- complessità come principio epistemologico.

Per Nicolescu, la transdisciplinarità non è solo un approccio metodologico ma un *atteggiamento epistemico*, che riconosce la molteplicità dei livelli di esperienza umana e l'interazione continua tra soggetto, oggetto e complessità.

Figura 1.2 – I tre pilastri della transdisciplinarità secondo Nicolescu (Marzocca,2014)
Tratto da https://ciret-transdisciplinarity.org/biblio/biblio_pdf/eBook_Transdisciplinarita.pdf



Werner Heisenberg fu il primo a vedere le conseguenze epistemologiche, ontologiche e metodologiche della fisica quantistica, evidenziando i due differenti aspetti della realtà che venivano delineati dai due concetti di “oggettivo” e “soggettivo”. Heinsenberg sosteneva che sarebbe stato però un grave errore dividere il mondo in una realtà soggettiva e una realtà oggettiva, in un mondo “reale” e un mondo “spirituale”. La fisica quantistica ci ha dimostrato che abbiamo bisogno di ripensare le tesi della scienza classica, come la separazione totale tra il soggetto e l'oggetto, l'ipotesi che il mondo materiale è l'unico mondo "reale" e l'idea che la scienza può svilupparsi indipendentemente da altre fonti di conoscenza quali la teologia, la filosofia, le arti e la cultura. La risposta transdisciplinare a questo problema è data dal riconoscere che esistono differenti vie della conoscenza e non esiste gerarchia fra esse. Al contrario, le diverse modalità sono complementari e – questo è il primo principio chiave della transdisciplinarità – afferiscono a diversi livelli di realtà. La nozione di “livelli di realtà” non è impiegata in senso metaforico, ma è il cuore stesso della transdisciplinarità e ne costituisce uno degli assiomi fondamentali. Ad esempio, nel dominio delle scienze naturali esistono già almeno tre livelli diversi:

B. il livello macrofisico; B. il livello microfisico; C. il livello ciber-spazio-tempo4

Secondo il comune approccio scientifico le leggi fisiche in ciascuno di questi domini di realtà sono isolate e valgono soltanto all’interno di ciascun dominio separatamente. Eppure, i tre livelli esistono simultaneamente e le contraddizioni presenti in uno dei livelli diventano non contraddittorie negli altri due. Da ciò deriva il primo assioma (assioma ontologico) formulato da Nicolescu per la Transdisciplinarità:

“Esistono in natura – e nella nostra conoscenza della natura – diversi livelli di realtà e, di conseguenza, diversi livelli di percezione “.

Se si rimane su un unico livello di realtà, tutta la manifestazione appare come una lotta tra due elementi contraddittori. La terza dinamica, quella dello stato T, si esercita su un altro livello di realtà, dove ciò che sembra essere disunito è infatti unito, e ciò che appare contraddittorio è percepito come non-contraddittorio. Si parla della negazione del principio classico del “terzo escluso”, Secondo Assioma (assioma logico) elaborato da Nicolescu che il quale postula:

“non esiste un terzo termine T che allo stesso momento è A o non-A. La transdisciplinarità ci stimola e riflettere oltre la dualità, verso un nuovo livello di realtà. “

Per interpretare meglio l’assioma consideriamo come esempio Due terreni sono separati da un muro di cinta e nel nostro livello di realtà quotidiana il muro crea un limite di demarcazione per cui non esiste un punto in cui un osservatore possa occupare entrambi i terreni come mostrato in Figura 1.2. Se però ci posizioniamo nei pressi della separazione dei terreni e ci proiettiamo verso il livello di realtà macrofisico, i due terreni diventeranno progressivamente sempre più piccoli fino a coincidere su un unico punto. Non esistono più separazioni. Allo stesso modo, proiettandoci verso il livello microfisico, arriveremo fino a distinguere le singole molecole, le particelle o i soli flussi energia. Di nuovo, nessun confine tra due terreni. Perciò, la contraddizione in un livello di realtà, non rappresenta più una contraddizione in un altro livello. Se si rimane su un unico livello di realtà, tutta la manifestazione appare come una lotta tra due elementi contraddittori. La terza dinamica, quella dello stato T, si esercita su un altro livello di realtà, dove ciò che sembra essere disunito è infatti unito, e ciò che appare contraddittorio è percepito come non-contraddittorio.

L'essenza della transdisciplinarità - e la sua grande sfida - è di evitare di istituire una gerarchia tra livelli di realtà e i corrispondenti livelli di percezione. Il livello dell’immaginazione ad esempio - è "reale” quanto il livello del materiale. Apprendere questo e renderlo una parte familiare della nostra comprensione della realtà rappresenta un enorme cambiamento verso la conoscenza e la visione del mondo.

L'intera realtà è una struttura complessa della totalità dei livelli di realtà e percezioni corrispondenti e ogni livello è quello che è perché esistono tutti i livelli contemporaneamente. **Nessun livello esiste in isolamento da un altro**. Quest'ultimo aspetto è formulato nel terzo assioma della transdisciplinarità, l'assioma di complessità:

“La struttura della totalità dei livelli di realtà o percezione è una struttura complessa: ogni livello è quello che è perché esistono tutti i livelli contemporaneamente.”

La complessità non deve essere intesa come complicazione. La complessità nasce quando due diverse prospettive si incontrano; si potrebbe evitare la complessità assumendo un ragionamento “aut-aut”, “sì/no”, ignorando l’altro punto di vista e procedendo in modo lineare con il primo. Tuttavia, ciò porterebbe a un risultato sterile, senza stimolare nuove intuizioni o sfidare i pensieri comuni e quindi non ci sarebbe nessun nuovo sviluppo o evoluzione, pur rimanendo il problema nella sua complicazione.

La complessità delle realtà non può essere descritta dal solo linguaggio matematico. Il linguaggio matematico si rivolge esclusivamente alla mente analitica, mentre il linguaggio simbolico alla totalità dell'essere umano, con i suoi pensieri, i sentimenti e il corpo. In meccanica quantistica la particella è quello che è solo perché esistono tutte le altre particelle: la complessità è una caratteristica essenziale del mondo.

1.3.4 Julie Thompson Klein

Nel suo articolo/capitolo del 2013 intitolato *The Transdisciplinary Moment(um)*, Julie Thompson Klein sostiene che **non esiste una teoria, metodologia o definizione universale di transdisciplinarietà (TD)** (Klein 2013). Piuttosto, il termine ha acquisito una varietà di significati e interpretazioni nel tempo.

Klein identifica cinque principali "grappoli" o aree di significato nell'attuale discorso sulla transdisciplinarietà:

1. **Concezioni a livello meta:** Idee che vedono la TD come una sorta di "disciplina delle discipline" o una metateoria che cerca di unificare il sapere scientifico, come proposto originariamente da figure come Jean Piaget ed Erich Jantsch nel seminario dell'OCSE del 1970.
2. **Unità e integrazione:** Il concetto, in evoluzione, di unità del sapere, che non è un ordine predefinito ma un processo continuo da realizzare attraverso la riflessione e la collaborazione.
3. **Ricerca collaborativa e partecipativa:** Un allineamento con la ricerca orientata ai problemi e che coinvolge la partecipazione e la collaborazione con attori non accademici, come la società civile, le imprese e le comunità, per affrontare sfide sociali complesse. Questo approccio si sposta dalla produzione di conoscenza *per* gli utenti alla produzione di conoscenza *con* gli utenti (co-produzione).
4. **Forme di conoscenza coinvolte:** La TD si impegna con diverse forme di conoscenza, comprese quelle non accademiche o tradizionali.
5. **Imperativo trasgressivo:** Un approccio che interroga e mira a oltrepassare le strutture esistenti della conoscenza disciplinare, della cultura e dell'istruzione, mettendo in discussione i confini e le "etichette disciplinari".

In sintesi, Klein offre un quadro completo delle diverse interpretazioni della TD, sottolineando che, sebbene non esista un'unica definizione monolitica, questi diversi significati condividono l'obiettivo di superare la frammentazione disciplinare per affrontare problemi complessi del mondo reale, spesso attraverso la collaborazione e l'integrazione di diverse prospettive e forme di sapere.

.

1.4 Competenze trasversali e apprendimento complesso

La transdisciplinarità non riguarda solo l'integrazione tra discipline, ma anche lo sviluppo di competenze trasversali fondamentali nell'attuale contesto globale. Secondo Wiek et al. (2012), tali competenze comprendono:

- **Creatività**: capacità di generare soluzioni originali attraverso processi divergenti;
- **Pensiero critico:** analisi delle implicazioni etiche, sociali e culturali della tecnologia;
- **Collaborazione**: lavoro in team eterogenei con competenze differenziate;
- **Comunicazione multimodale**: utilizzo di linguaggi artistici, visivi e tecnologici;

- **Approccio sistemico:** capacità di vedere connessioni, interazioni, retroazioni.

Queste competenze sono pienamente coerenti con il paradigma STEAM, poiché la componente artistica introduce forme di pensiero laterale e di esplorazione creativa indispensabili all'innovazione tecnologica (Henriksen, 2014).

1.5 Il ruolo delle arti nella costruzione della conoscenza integrata

Ruolo delle arti nei processi transdisciplinari

Nel contesto dell'educazione ingegneristica contemporanea, la costruzione della conoscenza non può più essere concepita come un processo esclusivamente analitico e settoriale. L'aumento della complessità dei sistemi digitali, l'interconnessione tra tecnologia e società e la crescente centralità dell'esperienza dell'utente rendono necessario un approccio alla conoscenza che sia **integrato, sistemico e transdisciplinare**. In tale prospettiva, le arti assumono un ruolo strategico nella mediazione tra dimensione tecnica, cognitiva ed esperienziale, contribuendo in modo significativo allo sviluppo di competenze avanzate in ambito dell'ingegneria Informatica.

Le arti, intese sia come pratiche espressive sia come strumenti epistemologici, favoriscono forme di apprendimento che stimolano la **creatività, il pensiero critico e la capacità di sintesi**, elementi fondamentali per la progettazione e l'innovazione tecnologica. A differenza dei modelli educativi tradizionali, in cui la conoscenza è trasmessa in modo lineare e disciplinare, l'integrazione delle arti promuove una costruzione della conoscenza **non lineare**, basata sull'esplorazione, sulla sperimentazione e sulla riflessione critica. Questo approccio risulta particolarmente rilevante nell'ambito STEAM, dove l'interazione tra Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics consente di affrontare problemi complessi da molteplici punti di vista.

Dal punto di vista cognitivo, le arti contribuiscono allo sviluppo di processi mentali avanzati, quali **il pensiero divergente**, la capacità di riconoscere pattern complessi e l'abilità di collegare concetti astratti a rappresentazioni concrete. In Ingegneria Informatica, tali capacità risultano essenziali nella progettazione di algoritmi, architetture software e sistemi intelligenti, soprattutto nei contesti in cui l'interazione uomo–macchina, l'esperienza utente e la multimodalità giocano un ruolo centrale. Le pratiche artistiche, infatti, favoriscono una maggiore consapevolezza percettiva ed estetica, che si traduce in soluzioni tecnologiche più intuitive, accessibili ed efficaci.

Le arti svolgono inoltre una funzione fondamentale nella **mediazione tra conoscenza tecnica e dimensione sociale** della tecnologia. Attraverso linguaggi visivi, sonori e performativi, esse permettono di rappresentare e comunicare concetti complessi in modo comprensibile, facilitando il dialogo tra esperti e non esperti. In ambito informatico, questa capacità si manifesta nella progettazione di interfacce,

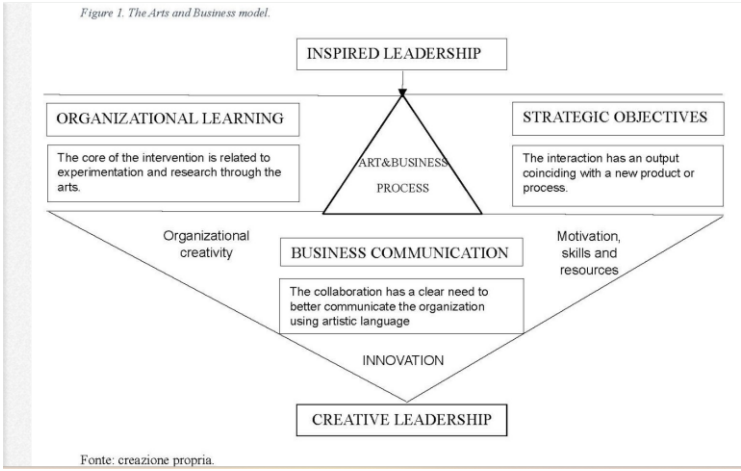
sistemi di visualizzazione dei dati, ambienti immersivi e applicazioni interattive, in cui la componente estetica non è meramente decorativa, ma parte integrante del processo di costruzione della conoscenza.

Un ulteriore contributo delle arti alla conoscenza integrata riguarda la **dimensione critica ed etica** della tecnologia. Le pratiche artistiche incoraggiano la riflessione su lle implicazioni sociali, culturali ed etiche delle innovazioni digitali, stimolando gli studenti a interrogarsi sull'impatto dei sistemi informatici sulla società. Questo aspetto è particolarmente rilevante nell'era dell'Intelligenza Artificiale, dei big data e degli algoritmi decisionali, dove la progettazione tecnologica non può prescindere da considerazioni di responsabilità, trasparenza e sostenibilità.

Nel contesto della formazione in Ingegneria Informatica, l'integrazione delle arti favorisce anche lo sviluppo di competenze trasversali, quali la **collaborazione interdisciplinare, la comunicazione efficace e la capacità di problem solving complesso.** I progetti che combinano arte e tecnologia richiedono infatti il lavoro in team eterogenei, in cui gli studenti devono confrontarsi con linguaggi, metodologie e prospettive differenti. Questo processo contribuisce alla costruzione di una conoscenza condivisa e contestualizzata, che supera i confini disciplinari tradizionali.

In sintesi, il ruolo delle arti nella costruzione della conoscenza integrata non si limita a un supporto accessorio alle discipline tecnico-scientifiche, ma rappresenta **un elemento strutturale del modello STEAM**. In una Tesi Magistrale in Ingegneria Informatica, riconoscere e valorizzare il contributo delle arti significa adottare una visione della conoscenza come processo dinamico, interdisciplinare e orientato all'innovazione. Tale approccio consente di formare ingegneri capaci non solo di sviluppare soluzioni tecnologicamente avanzate, ma anche di comprendere, progettare e governare sistemi complessi in modo creativo, critico e responsabile.

Figura 1.3: Modello illustrando un possibile sviluppo del processo di arte&Business . Tratto da https://www.dicultther.it/rivista/larte-come-processo-di-conoscenza/



La Figura 1.3 rappresenta un modello concettuale del processo transdisciplinare basato sull'integrazione tra arti e ambito organizzativo, evidenziando come l'interazione tra pratiche artistiche e contesti aziendali possa generare apprendimento, innovazione e

nuove forme di leadership. Il modello è strutturato secondo una configurazione triangolare e stratificata, che mette in relazione dimensioni strategiche, operative e culturali del processo.

Nella parte superiore della figura si colloca il concetto di **Inspired Leadership**, che rappresenta la visione e l'orientamento strategico iniziale. Questa forma di leadership non è esclusivamente manageriale, ma si fonda sulla capacità di ispirare, guidare e attivare processi di cambiamento attraverso l'apertura a linguaggi non convenzionali, come quelli artistici. L'Inspired Leadership costituisce il punto di partenza del processo transdisciplinare, poiché crea le condizioni culturali e organizzative per l'incontro tra domini disciplinari differenti.

Al centro del modello si trova il **processo Art & Business**, rappresentato come un triangolo che funge da nucleo dell'interazione transdisciplinare. Questo spazio centrale simboleggia l'area di contaminazione in cui pratiche artistiche, pensiero creativo e logiche organizzative si incontrano e si trasformano reciprocamente. In una prospettiva transdisciplinare, tale processo non consiste in una semplice applicazione dell'arte al contesto aziendale, ma in una co-costruzione di significati, metodi e soluzioni che emergono dall'interazione tra saperi eterogenei.

Ai lati del nucleo centrale si sviluppano due dimensioni fondamentali. Da un lato, l'**Organizational Learning**, che sottolinea come il cuore dell'intervento sia legato alla sperimentazione e alla ricerca attraverso le arti. In questo contesto, l'arte diventa uno strumento epistemico capace di stimolare riflessione critica, apprendimento esperienziale e sviluppo di nuove competenze. Dall'altro lato, gli **Strategic Objectives**, che rappresentano gli esiti concreti del processo, quali la generazione di nuovi prodotti, servizi o processi. La figura evidenzia quindi come la transdisciplinarità non sia fine a sé stessa, ma orientata a risultati tangibili e rilevanti per l'organizzazione.

Nella parte inferiore del modello emerge la dimensione della **Business Communication**, intesa come spazio di mediazione tra creatività e struttura organizzativa. La comunicazione, supportata da linguaggi artistici, permette di rendere condivisibili visioni complesse, facilitare il dialogo tra attori diversi e rafforzare la coesione interna. Questo livello mette in luce uno degli aspetti chiave della transdisciplinarità: la capacità di creare ponti comunicativi tra mondi concettuali differenti.

Le due aree laterali inferiori richiamano, rispettivamente, la **creatività organizzativa** e le **motivazioni, competenze e risorse**, elementi che sostengono il processo e ne garantiscono la sostenibilità. La creatività non è concepita come qualità individuale, ma come proprietà emergente del sistema organizzativo, mentre le risorse e le competenze rappresentano le condizioni materiali e umane necessarie affinché l'innovazione possa svilupparsi.

Alla base del modello si collocano i concetti di **Innovation** e **Creative Leadership**, che rappresentano l'esito finale del processo transdisciplinare. L'innovazione emerge come risultato dell'interazione tra apprendimento, comunicazione e obiettivi strategici, mentre la Creative Leadership indica una trasformazione profonda dei modelli di guida, caratterizzata da apertura, flessibilità e capacità di integrare prospettive diverse.

Nel complesso, la figura visualizza efficacemente il processo transdisciplinare come un sistema dinamico e circolare, in cui arti e-business, creatività e strategia, apprendimento e innovazione si influenzano reciprocamente. Tale modello risulta particolarmente rilevante nel contesto dell'educazione transdisciplinare STEAM, poiché mostra come l'integrazione dei linguaggi artistici possa fungere da catalizzatore per lo sviluppo di competenze complesse, leadership trasformativa e innovazione sostenibile.

1.6 L'approccio STEAM: il contributo dell'Ingegneria Informatica allo studio transdisciplinare di letteratura, matematica e arti

L'approccio STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) rappresenta un paradigma educativo e metodologico che consente di affrontare lo studio della conoscenza in maniera integrata, superando i confini tradizionali tra discipline umanistiche, artistiche e tecnico-scientifiche. In tale contesto, l'Ingegneria Informatica svolge un ruolo chiave, fungendo da **ponte metodologico** tra domini apparentemente eterogenei, grazie alla capacità di formalizzare, modellare, analizzare e simulare fenomeni complessi attraverso strumenti computazionali avanzati.

L'integrazione dell'Ingegneria Informatica nel modello STEAM permette non solo di migliorare i processi di apprendimento delle discipline tecnologiche, ma anche di **supportare in modo innovativo lo studio della letteratura, della matematica e delle arti**, fornendo nuove metodologie di analisi, interpretazione e produzione della conoscenza.

1.6.1 Ingegneria Informatica e Letteratura: analisi computazionale dei testi

Nel dominio della letteratura, l'Ingegneria Informatica contribuisce in modo significativo attraverso le metodologie delle **Digital Humanities**, che combinano linguistica, informatica e statistica. Tecniche quali:

- **Natural Language Processing (NLP)**
- **Text Mining e Topic Modeling**
- **Analisi semantica e stilometria computazionale**

consentono di studiare opere letterarie su larga scala, individuando pattern lessicali, strutture narrative ricorrenti e relazioni semantiche non immediatamente evidenti all'analisi tradizionale. Ad esempio, l'uso di algoritmi di clustering e reti semantiche permette di confrontare stili autoriali, analizzare l'evoluzione del linguaggio nel tempo e identificare temi dominanti all'interno di corpora testuali complessi.

In una prospettiva STEAM, tali strumenti favoriscono una lettura critica e quantitativa della letteratura, integrando l'interpretazione umanistica con modelli matematici e computazionali. L'Ingegneria Informatica, in questo contesto, non sostituisce l'analisi letteraria tradizionale, ma la **potenzia**, offrendo nuovi strumenti per l'esplorazione e la comprensione dei testi.

1.6.2. Ingegneria Informatica e Matematica: modellazione, visualizzazione e apprendimento

La matematica rappresenta una componente strutturale dell'approccio STEAM e costituisce il linguaggio formale attraverso cui l'Ingegneria Informatica descrive e risolve problemi complessi. Le tecnologie informatiche consentono di rendere i concetti matematici più accessibili e applicabili mediante:

- **Simulazioni numeriche e modelli computazionali**
- **Visualizzazione interattiva di funzioni e strutture astratte**
- **Sistemi di algebra computazionale e machine learning**

In ambito educativo, l'uso di strumenti software e ambienti di programmazione favorisce un apprendimento esperienziale della matematica, in cui lo studente può esplorare dinamicamente modelli, verificare ipotesi e osservare il comportamento di sistemi complessi. Questo approccio risulta particolarmente efficace nel collegare teoria matematica e applicazioni reali, come avviene nello studio degli algoritmi, dell'ottimizzazione e dei sistemi intelligenti.

All'interno del modello STEAM, la matematica non è più percepita come una disciplina astratta e isolata, ma come un **elemento trasversale** che dialoga con l'arte, la tecnologia e l'ingegneria attraverso la formalizzazione e l'analisi computazionale.

1.6.3. Ingegneria Informatica e Arti: metodologie computazionali per l'analisi di un'opera d'arte

Uno degli ambiti in cui l'approccio STEAM manifesta il suo massimo potenziale è l'integrazione tra Ingegneria Informatica e arti visive, performative e multimediali. In questo contesto, l'analisi di un'opera d'arte può essere supportata da metodologie computazionali che combinano tecniche di elaborazione dei dati, intelligenza artificiale e visual computing.

Tra le principali metodologie si annoverano:

Analisi visiva e computazionale

L'uso di algoritmi di **Computer Vision** permette di analizzare caratteristiche formali di un'opera, quali:

- composizione;
- simmetria;
- pattern cromatici;
- texture e geometria.

Queste tecniche consentono di individuare stili artistici, confrontare opere tra loro e studiare l'evoluzione delle tecniche espressive nel tempo.

Analisi multimodale

Nel caso di opere multimediali o performative, l'Ingegneria Informatica consente di integrare dati visivi, sonori e testuali, utilizzando modelli multimodali per una comprensione più completa dell'opera. Ciò è particolarmente rilevante nell'arte digitale e interattiva.

AI generativi e analisi creativa

Le tecniche di Intelligenza Artificiale generativa permettono non solo di analizzare, ma anche di reinterpretare e simulare processi creativi, offrendo nuovi strumenti per lo studio dei linguaggi artistici e delle estetiche computazionali.

Visualizzazione e interpretazione dei dati artistici

La visualizzazione dei dati consente di rendere esplicite relazioni e strutture latenti all'interno delle opere d'arte, supportando sia l'analisi critica sia la didattica.

1.6.4. Sintesi: il valore dell'Ingegneria Informatica per le discipline STEAM

Nel modello STEAM, l'Ingegneria Informatica assume il ruolo di **facilitatore epistemologico**, in grado di connettere discipline umanistiche, artistiche e scientifiche attraverso metodologie comuni basate su modellazione, simulazione e analisi dei dati. Questo approccio favorisce una comprensione più profonda dei fenomeni culturali e matematici, ampliando le competenze degli ingegneri informatici e rendendoli capaci di operare in contesti complessi e interdisciplinari.

Per una Tesi Magistrale in ingegneria informatica, tale prospettiva dimostra come l'approccio STEAM non sia solo una scelta pedagogica, ma una **strategia metodologica avanzata** per l'innovazione, la ricerca e la formazione di professionisti in grado di integrare tecnologia, creatività e pensiero critico.

1.7 L'approccio STEAM: il contributo delle discipline scientifiche, matematiche, culturali, artistiche e culturali alla formazione in Ingegneria Informatica

- L'Ingegneria Informatica è una disciplina intrinsecamente interdisciplinare, fondata sull'integrazione di modelli matematici, principi scientifici, Realtà aumentata e virtuale

digitali e processi di progettazione complessi. Nel contesto dell'educazione contemporanea, l'approccio STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) rappresenta un paradigma metodologico in grado di potenziare lo studio dell'Ingegneria Informatica attraverso il contributo sinergico di discipline

tradizionalmente considerate esterne al dominio ingegneristico, quali la matematica avanzata, le scienze naturali e cognitive, la cultura umanistica e le arti.

Questo approccio consente di superare una visione riduzionista dell'ingegneria come mero esercizio tecnico, favorendo invece una formazione orientata alla **comprensione sistemica**, all'innovazione e alla responsabilità sociale della tecnologia.

1.7.1. Il ruolo della Matematica nello sviluppo del pensiero computazionale

La matematica costituisce il linguaggio formale alla base dell'Ingegneria Informatica e rappresenta uno strumento imprescindibile per la modellazione, l'analisi e la validazione dei sistemi computazionali. Nell'approccio STEAM, la matematica non è considerata esclusivamente come disciplina teorica, ma come **strumento cognitivo trasversale** che supporta il pensiero computazionale e algoritmico.

Concetti quali:

- algebra lineare;
- teoria dei grafi;
- probabilità e statistica;
- logica formale e teoria dell'informazione

sono fondamentali per comprendere e progettare algoritmi, reti neurali, sistemi distribuiti e architetture software complesse. L'integrazione con strumenti computazionali e visualizzazioni interattive permette agli studenti di esplorare modelli matematici in modo dinamico, rafforzando la comprensione concettuale e la capacità di applicazione pratica.

1.7.2. Il contributo delle Scienze alla comprensione dei sistemi informatici

Le scienze naturali e cognitive forniscono modelli teorici e sperimentali che risultano estremamente utili nello studio dell'Ingegneria Informatica. In particolare:

- la **fisica** contribuisce alla comprensione dell'hardware, dell'elettronica e delle architetture di calcolo;
- la **biologia** ispira modelli computazionali adattivi, come le reti neurali artificiali e gli algoritmi evolutivi;
- le **scienze cognitive** supportano la progettazione di sistemi di interazione uomo–macchina, fornendo modelli di percezione, attenzione e apprendimento.

Nel paradigma STEAM, l'approccio scientifico sperimentale viene integrato nei processi di progettazione informatica, promuovendo metodologie basate su osservazione, ipotesi, sperimentazione e validazione, fondamentali per lo sviluppo di software affidabile e sistemi intelligenti.

1.7.3. Cultura e dimensione umanistica nello studio dell'Ingegneria Informatica

La cultura e le discipline umanistiche svolgono un ruolo cruciale nel contestualizzare lo sviluppo tecnologico all'interno della società. Nell'ambito dell'Ingegneria Informatica, la comprensione dei fattori culturali, etici e sociali consente di progettare tecnologie più inclusive, responsabili e sostenibili.

Tematiche quali:

- etica dell'Intelligenza Artificiale;
- impatto sociale degli algoritmi;
- privacy e sicurezza dei dati;
- accessibilità e inclusione digitale

sono oggi centrali nella formazione dell'ingegnere informatico. L'approccio STEAM favorisce l'integrazione di queste tematiche nei percorsi tecnici, stimolando il pensiero critico e la consapevolezza delle conseguenze delle scelte progettuali.

1.7.4. Il ruolo delle Arti nella progettazione e nell'innovazione informatica

Le arti contribuiscono in modo significativo allo studio dell'Ingegneria Informatica attraverso lo sviluppo della creatività, della sensibilità estetica e della capacità di progettazione centrata sull'utente. In particolare, le discipline artistiche supportano:

- la progettazione di interfacce e sistemi interattivi;
- la visualizzazione dei dati e delle informazioni complesse;
- lo sviluppo di ambienti immersivi e multimodali;
- la sperimentazione di nuove forme di interazione e comunicazione digitale.

Le pratiche artistiche incoraggiano un approccio esplorativo e iterativo alla progettazione, che risulta particolarmente efficace nei contesti di sviluppo software e sistemi complessi. Nell'approccio STEAM, l'arte non è un elemento decorativo, ma una **componente funzionale** del processo ingegneristico, capace di migliorare l'usabilità, l'esperienza utente e l'impatto comunicativo delle soluzioni tecnologiche.

1.7.5. Contributo della cultura nel campo dell'ingegneria informatica

Nel modello STEAM, la letteratura rappresenta una componente fondamentale della dimensione culturale e umanistica, offrendo strumenti cognitivi e interpretativi che arricchiscono lo studio dell'Ingegneria Informatica. Sebbene apparentemente distante dalle discipline tecnico-scientifiche, la letteratura contribuisce in modo significativo allo sviluppo di competenze trasversali essenziali per l'ingegnere informatico, quali il pensiero critico, la capacità di analisi strutturata, la comprensione dei sistemi complessi e la comunicazione efficace.

Uno dei principali contributi della letteratura allo studio dell'Ingegneria Informatica risiede nella **strutturazione narrativa e logica del pensiero**. L'analisi di testi letterari complessi richiede l'identificazione di strutture, relazioni causali, evoluzioni temporali e sistemi di personaggi, elementi che presentano forti analogie con la progettazione di architetture software e sistemi informatici complessi. Tale parallelismo favorisce lo sviluppo di abilità cognitive utili nella modellazione dei sistemi, nella progettazione modulare e nella comprensione dei flussi di controllo e di dati.

Dal punto di vista metodologico, la letteratura contribuisce anche alla **capacità di interpretazione e astrazione**, competenze centrali nell'ingegneria del software e nella progettazione di algoritmi. L'atto di interpretare un testo, distinguendo livelli semantici, simbolici e contestuali, è concettualmente affine all'analisi dei requisiti di un sistema informatico, in cui l'ingegnere deve tradurre esigenze spesso ambigue in specifiche formali e implementabili.

Inoltre, la letteratura svolge un ruolo chiave nello sviluppo della **comunicazione tecnica e scientifica**, aspetto cruciale nella formazione dell'ingegnere informatico. La capacità di redigere documentazione chiara, scrivere report tecnici, presentare risultati di ricerca e collaborare in team multidisciplinari è fortemente influenzata dalle competenze linguistiche e narrative acquisite attraverso lo studio dei testi letterari. In un contesto accademico e industriale sempre più globale, tali competenze risultano determinanti per il successo professionale.

Un ulteriore contributo della letteratura emerge nella **riflessione critica sulle tecnologie digitali**. Numerose opere letterarie, in particolare nel genere della fantascienza e della narrativa speculativa, esplorano temi quali l'intelligenza artificiale, l'automazione, il rapporto uomo-macchina e le implicazioni etiche del progresso tecnologico. L'analisi di questi testi consente agli studenti di Ingegneria Informatica di sviluppare una maggiore consapevolezza delle conseguenze sociali, culturali ed etiche delle tecnologie che progettano, favorendo un approccio più responsabile e sostenibile all'innovazione.

Infine, nel contesto STEAM, la letteratura può essere supportata e potenziata dagli strumenti dell'Ingegneria Informatica stessa, attraverso metodologie di **analisi computazionale dei testi**, quali il Natural Language Processing, la stilometria e il text mining. Questo dialogo bidirezionale rafforza ulteriormente l'integrazione disciplinare, dimostrando come la letteratura non solo contribuisca allo studio dell'ingegneria informatica, ma ne diventi anche oggetto di applicazione e sperimentazione tecnologica.

1.8 Sintesi e implicazioni per la ricerca educativa

Il quadro teorico presentato in questo capitolo evidenzia come la transdisciplinarità rappresenti un paradigma educativo avanzato, fondato su una epistemologia complessa e capace di integrare creatività, tecnologia e pensiero sistemico.
L'educazione transdisciplinare non solo risponde alle esigenze cognitive e professionali della società contemporanea, ma offre anche un modello pedagogico capace di:

- superare la rigidità dei confini disciplinari;
- favorire approcci collaborativi e co-costruttivi;
- sostenere l'innovazione nei contesti educativi e professionali;
- formare cittadini creativi e critici nell'era delle tecnologie emergenti.

Questo quadro teorico costituirà la base per comprendere, nei successivi capitoli, l'evoluzione del modello STEAM e la sua implementazione nei corsi universitari europei.

CAPITOLO 2 – Approcci transdisciplinari nell'educazione contemporanea.

2.1 Origini del modello STEAM (da STEM a STEAM)

Il modello STEAM nasce come evoluzione concettuale e pedagogica del paradigma STEM, acronimo che indica i quattro ambiti disciplinari tradizionalmente associati all'innovazione scientifico-tecnologica: Science, Technology, Engineering e Mathematics. A partire dai primi anni Duemila, il modello STEM ha guidato programmi educativi e politiche scolastiche volte a rafforzare le competenze tecnico-scientifiche necessarie nei settori industriali emergenti. Tuttavia, il carattere fortemente settoriale dello STEM ha mostrato limiti significativi nel rispondere alla crescente complessità delle sfide sociali, economiche e ambientali del XXI secolo.

È in questo contesto che prende forma il passaggio da STEM a STEAM, con l'inserimento della A di Arts, intesa non come mera disciplina artistica ma come approccio epistemologico centrato su creatività, design, pensiero critico e processi espressivi. L'integrazione dell'elemento artistico risponde all'esigenza di superare una visione rigidamente tecnico-scientifica, rendendo l'apprendimento un ambiente più aperto, inclusivo e orientato alla progettazione innovativa. STEAM propone dunque una visione transdisciplinare del sapere, in cui le competenze umanistiche, progettuali e creative diventano parte integrante della comprensione e della risoluzione di problemi complessi.

È in tale logica che Yakman, Georgette (2008) Definisce STEAM come "**modello educativo integrato e transdisciplinare**, in cui le arti favoriscono creatività, pensiero critico e connessioni concettuali" in accordo con lei, (Liao, 2016) scrive:" STEAM promuove una logica non solo interdisciplinare ma anche transdisciplinare, capace di generare connessioni oltre i confini disciplinari" seguito da Henriksen et al.(2019) che dice :" STEAM viene definito come ambiente di apprendimento transdisciplinare, orientato alla risoluzione di problemi complessi reali." Prima di Loro ancora, Julie Thompson Klein (2004) forniva il quadro teorico per comprendere **come e perché** l'integrazione tra arte e tecnologia sia epistemologicamente fondata.

All'interno di questa trasformazione, il ruolo dell'ingegneria informatica risulta centrale e multidimensionale. L'ingegneria informatica fornisce infatti il contesto tecnologico entro cui scienza, tecnica, creatività e design possono realmente convergere. Prima di tutto, essa offre i linguaggi computazionali che permettono di tradurre concetti provenienti da discipline diverse in forme modellizzabili e manipolabili attraverso le tecniche digitali. Questo è evidente, ad esempio, nelle interfacce interattive, nelle simulazioni immersive o nella generazione algoritmica di contenuti visivi e sonori, che rappresentano applicazioni tipiche dell'incontro tra arte e tecnologia proprio del paradigma STEAM.

Inoltre, l'ingegneria informatica mette a disposizione ambienti computazionali integrati—come realtà virtuale, realtà aumentata, sistemi embedded e piattaforme IoT—che consentono esperienze educative e progettuali che nessuna disciplina, da sola,

sarebbe in grado di generare. Questi ambienti diventano spazi trasversali in cui studenti e ricercatori possono affrontare problemi reali con approcci cooperativi e creativi, combinando matematica, fisica, ingegneria del software, design dell'interazione e pensiero visivo.

Da un punto di vista metodologico, il modello STEAM valorizza strumenti tipici dell'ingegneria informatica, come il computational thinking, il design iterativo, la prototipazione rapida, la modellazione algoritmica e l'analisi dei dati. Questi strumenti non solo favoriscono l'integrazione tra discipline, ma promuovono processi di apprendimento basati su esplorazione, sperimentazione e creazione di soluzioni originali. L'apporto dell'ingegneria informatica diventa dunque un fattore abilitante per la transdisciplinarità di STEAM, poiché permette di strutturare problemi complessi in modo computazionale, facilitando la co-progettazione tra discipline scientifiche e artistiche.

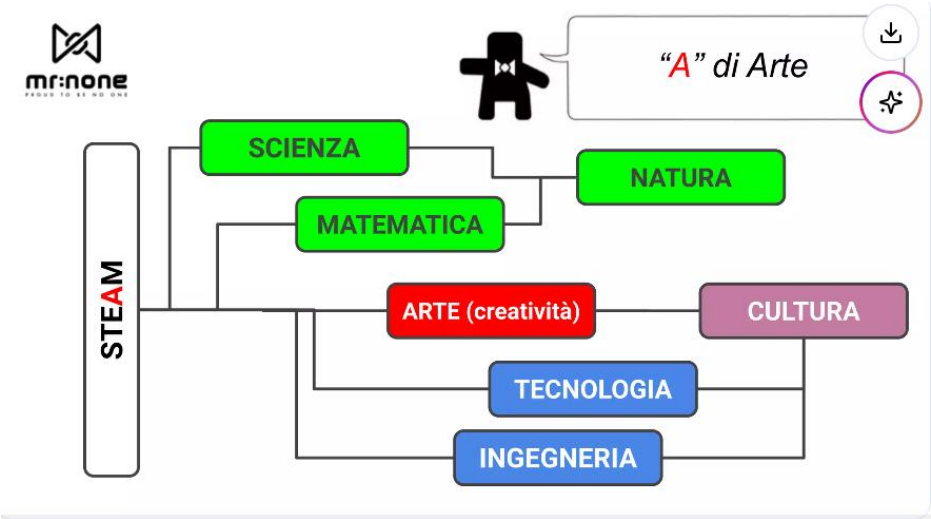


Figura2.1: Rappresentazione del paradigma STEAM come ecosistema transdisciplinare. Tratta da: https://fr.slideshare.net/slideshow/da-stem-a-steam-come-larte-influenza-linnovazione/239412160.

La figura evidenzia il ruolo centrale dell'arte ("A" di Arts) quale elemento di connessione tra discipline scientifiche, matematiche e ingegneristiche, e la sua funzione di ponte verso la dimensione culturale. Tale modello supporta lo sviluppo di competenze tecniche, creative e critiche nell'ambito dell'Ingegneria Informatica.

Una possibile domanda è: La tecnologia ha modificato l'arte, ma quanto l'arte influenza la qualità della tecnologia?

2.2 L'integrazione arte-tecnologia nella didattica

L'integrazione tra arte e tecnologia rappresenta uno degli elementi distintivi e più innovativi del paradigma STEAM, ponendosi alla base di un approccio educativo autenticamente transdisciplinare. Mentre i tradizionali modelli STEM privilegiano lo sviluppo di competenze tecnico-scientifiche, il passaggio verso STEAM introduce dimensioni creative, estetiche e progettuali capaci di ampliare le possibilità di

apprendimento e rendere gli studenti protagonisti attivi nella costruzione del sapere. In questo scenario, l'ingegneria informatica svolge un ruolo centrale poiché offre le infrastrutture, i linguaggi e gli strumenti che permettono a processi artistici e tecnici di convergere in modo significativo.

L'arte, intesa in senso lato come espressione creativa, design, comunicazione visiva, musica e forme multimediali, diventa un veicolo per sviluppare competenze trasversali quali pensiero critico, immaginazione, sensibilità estetica e capacità di problem framing. Tuttavia, è attraverso la tecnologia – e in particolare attraverso i sistemi digitali – che tali competenze possono essere espresse e amplificate, trasformandosi in prodotti e processi innovativi. L'ingegneria informatica, in questo senso, non si limita a fornire strumenti tecnici, ma abilita modalità di interazione totalmente nuove tra attività artistiche e processi computazionali.

Dal punto di vista metodologico, questa integrazione si concretizza nella diffusione di pratiche didattiche come la computational creativity, la programmazione visuale, le interfacce uomo-macchina, la realtà aumentata, la realtà virtuale, la grafica digitale, la generazione algoritmica di forme artistiche e l'elaborazione multimodale dei contenuti. Questi strumenti permettono agli studenti di utilizzare la tecnologia come mezzo espressivo, e al contempo di acquisire competenze di pensiero computazionale che favoriscono l'analisi, la modellazione e la risoluzione creativa dei problemi.

Uno degli aspetti più rilevanti dell'integrazione arte-tecnologia è la possibilità di costruire ambienti di apprendimento immersivi e interattivi, nei quali gli studenti possono sperimentare concetti scientifici o matematici attraverso simulazioni visive, laboratori digitali o esperienze sensoriali aumentate. Tali ambienti, spesso sviluppati su piattaforme dell'ingegneria informatica, consentono di superare la tradizionale dicotomia tra teoria e pratica, facilitando una comprensione profonda e collocata dei contenuti disciplinari.

Dal punto di vista delle motivazioni pedagogiche, l'integrazione tra arte e tecnologia risponde all'esigenza contemporanea di formare individui competenti non solo tecnicamente, ma anche capaci di creatività, empatia e adattabilità. Queste competenze risultano essenziali in un contesto sociale e professionale caratterizzato da crescente complessità e da rapide trasformazioni tecnologiche. Il contributo dell'ingegneria informatica è quindi duplice: da un lato fornisce strumenti digitali evoluti che amplificano la creatività; dall'altro integra il rigore metodologico dell'ingegneria con la flessibilità dei processi artistici, promuovendo un apprendimento olistico e interdisciplinare.

Sul piano dell'innovazione, l'ingegneria informatica permette di tradurre le intuizioni creative dell'arte in applicazioni concrete, quali prototipi digitali, installazioni interattive, sistemi intelligenti e piattaforme di comunicazione visiva. Questa convergenza genera un ambiente fertile per la progettazione transdisciplinare, nel quale le idee si sviluppano attraverso continue iterazioni tra dimensione estetica e dimensione computazionale. Inoltre, i linguaggi di programmazione, gli ambienti di sviluppo e i paradigmi dell'ingegneria del software consentono di modellizzare e

simulare concetti complessi, offrendo agli studenti la possibilità di esplorare scenari altrimenti difficilmente replicabili nella didattica tradizionale.

In conclusione, l'integrazione arte-tecnologia nella didattica non rappresenta soltanto una scelta estetica o metodologica, ma costituisce un approccio strategico alla formazione contemporanea. L' ingegneria informatica, attraverso le sue tecnologie e i suoi metodi, agisce come catalizzatore e come ponte tra discipline, rendendo possibile un modello educativo che connette creatività, innovazione e rigore scientifico. In tal modo, l'approccio STEAM si afferma come un paradigma realmente transdisciplinare, capace di preparare gli studenti ad affrontare le sfide complesse del futuro con competenze avanzate, integrate e orientate alla progettazione del nuovo.

2.3 Transdisciplinarità e traiettorie di apprendimento nel modello STEAM

L 'approccio del modello STEAM si colloca all'interno di un'evoluzione epistemologica dei modelli educativi, che vede il progressivo superamento della didattica disciplinare a favore di forme di integrazione sempre più profonde tra i saperi. In questo contesto, la **transdisciplinarità** rappresenta il livello più avanzato di integrazione, poiché non si limita alla collaborazione tra discipline accademiche, ma mira alla costruzione di conoscenza attraverso l'interazione tra ambiti scientifici, tecnologici, artistici e sociali, includendo anche attori e contesti extra-accademici.

Nel modello STEAM, la transdisciplinarità assume un ruolo centrale, in quanto consente di affrontare problemi complessi e reali che non possono essere adeguatamente compresi o risolti attraverso un'unica prospettiva disciplinare. Tale impostazione risulta particolarmente rilevante per l'Ingegneria Informatica, disciplina che opera sempre più spesso all'intersezione tra sistemi tecnologici, utenti, contesti culturali e implicazioni etiche.

Dalla interdisciplinarità alla transdisciplinarità

Mentre l'approccio interdisciplinare favorisce lo scambio di metodi e conoscenze tra discipline mantenendone l'identità, la transdisciplinarità implica un **superamento dei confini disciplinari**, orientato alla co-costruzione di nuovi quadri interpretativi. Nel contesto STEAM, ciò si traduce in percorsi formativi in cui scienza, tecnologia, ingegneria, arti e matematica non sono insegnate come domini separati, ma come componenti interdipendenti di un unico processo di apprendimento.

Questa transizione risponde all'esigenza di formare professionisti capaci di operare in contesti caratterizzati da elevata complessità, incertezza e interazione socio-tecnica. In particolare, per l'Ingegneria Informatica, la transdisciplinarità permette di integrare competenze tecniche con capacità di analisi critica, progettazione centrata sull'utente e consapevolezza dell'impatto sociale delle soluzioni digitali.

Traiettorie di apprendimento transdisciplinare: action e attitude

Un contributo rilevante alla comprensione operativa della transdisciplinarità in ambito educativo è offerto dal concetto di **traiettorie di apprendimento transdisciplinare**, che descrive lo sviluppo progressivo delle competenze degli studenti attraverso l'interazione tra due dimensioni fondamentali: *action* e *attitude*.

La dimensione **action** riguarda l'acquisizione di competenze operative e metodologiche, quali la capacità di applicare conoscenze tecniche, utilizzare strumenti digitali, progettare soluzioni e lavorare in contesti collaborativi. Nell'Ingegneria Informatica, questa dimensione comprende attività quali la progettazione software, lo sviluppo di sistemi informatici complessi, la modellazione dei requisiti e la risoluzione di problemi reali attraverso approcci computazionali.

La dimensione **attitude**, invece, si riferisce agli atteggiamenti cognitivi ed epistemologici che supportano l'apprendimento transdisciplinare, come l'apertura al dialogo tra saperi, la capacità di riflessione critica, l'umiltà intellettuale e la disponibilità a confrontarsi con prospettive diverse. Tali atteggiamenti risultano essenziali per operare efficacemente in team eterogenei e per progettare sistemi informatici che tengano conto delle esigenze degli utenti e del contesto sociale.

Nel modello STEAM, l'apprendimento efficace emerge dall'interazione dinamica tra queste due dimensioni, rendendo la transdisciplinarità non solo un obiettivo formativo, ma un processo continuo di sviluppo personale e professionale.

Implicazioni per l'Ingegneria Informatica

L'integrazione delle traiettorie di apprendimento transdisciplinare nel modello STEAM ha importanti implicazioni per la formazione in Ingegneria Informatica. I sistemi informatici contemporanei sono sempre più **sistemi socio-tecnici**, in cui aspetti tecnologici, umani e organizzativi risultano strettamente interconnessi. La capacità di progettare tali sistemi richiede non solo competenze tecniche avanzate, ma anche la comprensione dei contesti d'uso, delle dinamiche sociali e delle implicazioni etiche.

Attraverso un approccio STEAM transdisciplinare, gli studenti di Ingegneria Informatica possono sviluppare una visione più ampia del proprio ruolo professionale, acquisendo competenze che vanno oltre la programmazione e l'implementazione tecnica. In questo senso, la transdisciplinarità contribuisce a formare ingegneri in grado di partecipare attivamente a processi di co-progettazione, innovazione responsabile e sviluppo sostenibile delle tecnologie digitali.

Si può citare come modello concettuale di supporto allo STEAM, il framework dell'articolo 149 intitolato Transdisciplinary learning trajectories: developing action and attitude in interplay pubblicato su *Humanities and Social Sciences Communications* del 20 January 2024, https://www.nature.com/articles/s41599-023-02541-w.

Astratto

Affrontare sfide sociali complesse richiede professionisti capaci di integrare molteplici prospettive sui problemi e sulle possibili soluzioni. Ciò richiede di superare i confini disciplinari e i confini tra scienza e società. Gli approcci transdisciplinari rispondono a questa esigenza integrando deliberatamente le conoscenze di diversi specialisti disciplinari e attori sociali per una definizione congiunta e una co-creazione di nuove opzioni per affrontare le sfide sociali. Vi è, tuttavia, una comprensione limitata di quali risorse richieda il lavoro transdisciplinare e di come gli studenti possano essere formati in tali ambiti. Abbiamo studiato l'apprendimento transdisciplinare nel contesto di un nuovo corso in cui gli studenti si sono impegnati nella definizione di un'agenda multi-attore e hanno facilitato sessioni di dialogo multi-attore durante un evento comunitario. Abbiamo scoperto che, con il supporto degli insegnanti e un copione dettagliato, e acquisendo conoscenze e competenze attraverso l'apprendimento teorico e le esercitazioni, gli studenti sono stati in grado di facilitare sessioni di dialogo multi-stakeholder sicure e strutturate. Il passaggio a un atteggiamento più transdisciplinare è stato innescato da esperienze illuminanti negli incontri transdisciplinari, se gli studenti le hanno elaborate in modo critico e aperto. Sulla base dei nostri risultati, proponiamo "Traiettorie di Apprendimento Transdisciplinari", che concettualizzano l'apprendimento transdisciplinare come lo sviluppo della capacità di impegnarsi in azioni transdisciplinari e di sviluppare un atteggiamento transdisciplinare. Sulla base dei nostri risultati, sosteniamo una combinazione di approcci esperienziali e didattici che supportino l'apprendimento in entrambe le dimensioni, simultaneamente e in modo interattivo.

Inoltre, per implicazioni all'educazione STEAM in ingegneria informatica si utilizza anche Il modello di apprendimento a forma di U (U-shaped learning) come descritto nell'articolo 182 intitolato U-shaped learning: a new model for transdisciplinary education pubblicato su *Humanities and Social Sciences Communications* del 10 February 2025 https://www.nature.com/articles/s41599-025-04478-8 che rappresenta un'evoluzione significativa dei paradigmi formativi tradizionali, offrendo un quadro teorico coerente con i principi dell'approccio STEAM. In particolare, esso consente di interpretare la transdisciplinarità non solo come integrazione di saperi disciplinari, ma come processo educativo orientato alla co-produzione di conoscenza azionabile e alla trasformazione dei contesti socio-tecnici.

Astratto

Negli ultimi due decenni, la transdisciplinarità è stata citata sempre più spesso da decisori politici e attori universitari come mezzo per rimodellare i processi di apprendimento e ricerca al fine di migliorare il potenziale della società nell'affrontare le grandi sfide sociali. Più recentemente, la Carta Terra-Umanità richiede la co-creazione di una rete mondiale di migliaia di hub transdisciplinari attivi a livello locale, nazionale e globale, con la funzione di affrontare le sfide esistenziali che l'umanità si trova ad affrontare nel XXI secolo. Ad oggi, la maggior parte della ricerca pubblicata

sulla transdisciplinarità si concentra sul processo di ricerca transdisciplinare. Il processo di apprendimento transdisciplinare, ovvero il modo in cui ricercatori, studenti, attori accademici ed extra-accademici possono sviluppare la propria capacità di transdisciplinarità, è poco studiato. Di conseguenza, molti professionisti si ritrovano a progettare esperienze di apprendimento transdisciplinare senza una base di dati comprovata riguardo al processo di apprendimento, ai risultati di apprendimento dei soggetti coinvolti o ai principi di progettazione dell'apprendimento. Sulla base dei risultati di una revisione della letteratura sulla transdisciplinarità, questo articolo propone che la pratica transdisciplinare richieda due capacità: l'integrazione delle conoscenze e la conoscenza praticabile (colmando il divario tra conoscenza e azione). Queste capacità sono supportate dallo sviluppo (o dalla presenza) di competenze intrapersonali, interpersonali e cognitive. I risultati suggeriscono che un modello a U di apprendimento transdisciplinare sia evidente nella pratica. Questo modello concettuale consente anche potenzialmente di misurare i progressi nell'apprendimento nell'educazione transdisciplinare."

2.4 Esempi applicativi dell'integrazione arte-tecnologia nella didattica

2.4.1. Realtà Aumentata e Realtà Virtuale (AR/VR)

Le tecnologie AR/VR rappresentano uno dei campi più significativi in cui l'ingegneria informatica abilita un'integrazione diretta tra arte, scienza e progettazione digitale. Attraverso ambienti immersivi tridimensionali è possibile combinare modelli matematici, visualizzazione grafica, narrativa interattiva e interfacce multisensoriali.

In ambito educativo, AR e VR permettono di:

- trasformare concetti astratti in esperienze spaziali ed estetiche;
- creare simulazioni scientifiche interattive, arricchite da elementi visivi creativi;
- progettare mondi narrativi digitali che uniscono storytelling e modellazione 3D;
- sperimentare laboratori virtuali che rendono accessibili contesti altrimenti costosi o pericolosi.

Dal punto di vista dell'ingegneria informatica, la realizzazione di ambienti AR/VR richiede un'infrastruttura avanzata che include motori grafici (Unity, Unreal Engine), modellazione 3D, algoritmi di tracking, sistemi di rendering in tempo reale e ottimizzazione hardware-software. L'arte contribuisce attraverso la definizione estetica degli ambienti, la progettazione narrativa e la costruzione dell'interazione visiva e sensoriale.

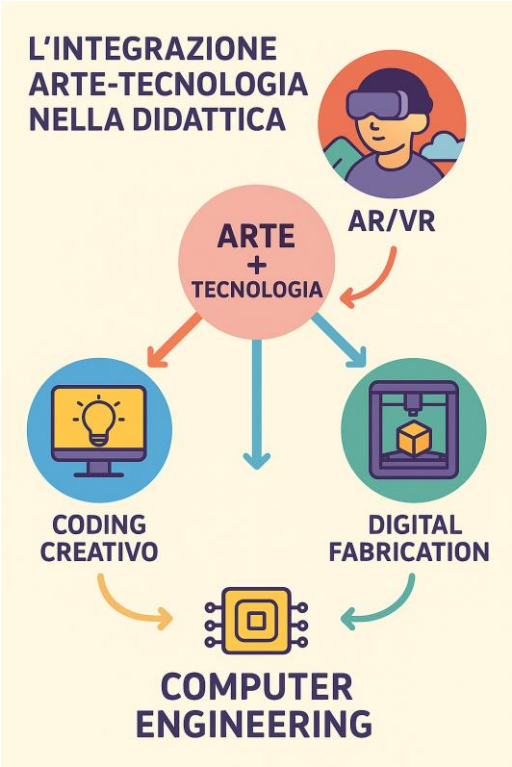


Figura 2.2: Integrazione arte–tecnologia nella didattica STEAM per l'Ingegneria Informatica.

La figura illustra come l'integrazione tra arte e tecnologia supporti l'apprendimento in ingegneria informatica attraverso approcci quali coding creativo, realtà aumentata e virtuale (AR/VR) e digital fabrication, favorendo lo sviluppo di competenze tecniche, progettuali e creative.

2.4.2 Coding Creativo

Il coding creativo è uno dei ponti più significativi tra attività artistiche e processi computazionali. Esso consente agli studenti di utilizzare il linguaggio di programmazione come mezzo espressivo per generare arte digitale, installazioni interattive, musica algoritmica o visualizzazioni dinamiche.

Tra gli strumenti più diffusi in contesti STEAM troviamo:

- **Processing e p5.js** per la generazione artistica basata su codice;
- **Scratch e altre piattaforme visuali** per attività creative a livello scolastico;
- linguaggi come **Python u**tilizzati per generare animazioni, musica o arte data-driven;
- sistemi interattivi collegati a sensori, microcontrollori o dispositivi hardware.

L'ingegneria informatica fornisce le componenti fondamentali: logiche algoritmiche, strutture dati, modelli di interazione, gestione degli input/output e protocolli di

comunicazione. L'arte contribuisce nel definire l'estetica, le dinamiche espressive e gli obiettivi creativi del progetto.

Il coding creativo rinforza in modo naturale il pensiero computazionale, ma allo stesso tempo stimola immaginazione, esplorazione e apprendimento laboratoriale.

2.4.3 Digital Fabrication e Maker Education

La digital fabrication costituisce uno degli ambiti più rappresentativi dell'approccio STEAM poiché consente agli studenti di portare rapidamente dal concetto alla realizzazione fisica prodotti, prototipi e opere creative attraverso tecnologie digitali.

Tra gli strumenti principali troviamo:

- stampanti 3D e modellazione CAD;
- taglio laser e lavorazione CNC;
- microcontrollori come Arduino e Raspberry Pi;
- laboratori di prototipazione rapida (fab lab, maker space).

In questo contesto, l'ingegneria informatica svolge funzioni essenziali quali:

- programmare il comportamento dei dispositivi fisici;
- progettare sistemi interattivi embedded;
- collegare sensori, attuatori e dispositivi IoT;
- sviluppare logiche software per prototipi intelligenti.

L'arte entra nella fase di design, estetica, esperienza utente, comunicazione visiva e modellazione creativa degli oggetti. Il risultato è un percorso didattico in cui lo studente apprende attraverso la costruzione e la sperimentazione concreta, integrando conoscenze matematiche, fisiche, estetiche e digitali.

2.4.4 Sintesi del valore aggiunto per l'ingegneria informatica

In tutte le applicazioni descritte, l'ingegneria informatica rappresenta:

- un abilitatore tecnologico, perché fornisce infrastrutture, algoritmi, hardware e software;
- un mediatore tra discipline, grazie alla traduzione computazionale dei processi creativi;
- un amplificatore dell'espressività artistica, che diventa interattiva, generativa, immersiva;
- un catalizzatore della progettazione transdisciplinare, poiché permette la coesistenza di estetica, scienza e tecnologia.

Il risultato è un ecosistema educativo in cui la creatività artistica e la potenza computazionale si integrano, generando nuove forme di conoscenza e competenze rilevanti per le professioni del futuro.

2.5 Esperienze didattiche in scuole e università europee

Negli ultimi anni, numerose istituzioni educative europee—dalle scuole primarie ai corsi universitari avanzati—hanno avviato progetti basati sul paradigma STEAM con l'obiettivo di promuovere una visione transdisciplinare dell'apprendimento. Tali esperienze dimostrano come l'integrazione tra scienza, tecnologia, ingegneria, arte e matematica favorisca lo sviluppo di competenze cognitive, creative e progettuali essenziali in un ecosistema socio-tecnologico sempre più complesso. In questo contesto, **L'ingegneria informatica** assume un ruolo chiave come disciplina abilitante, fornendo strumenti, metodologie e piattaforme che rendono possibile la progettazione di percorsi formativi innovativi e interattivi.

A livello scolastico, diversi Paesi europei hanno introdotto iniziative che integrano coding creativo, realtà aumentata, robotica educativa e digital fabrication in attività laboratoriali interattive. In Finlandia, ad esempio, numerose scuole primarie hanno adottato approcci STEAM per la creazione di "learning-by-making environments", dove l'arte visiva viene combinata con l'elettronica di base e con microcontrollori programmabili. Questo tipo di attività consente agli studenti di esplorare la tecnologia non solo come un insieme di strumenti tecnici, ma anche come una piattaforma per l'espressione creativa e la risoluzione di problemi reali. Le competenze dell'ingegneria informatica risultano centrali per la progettazione dei materiali didattici, per l'implementazione dei sistemi interattivi e per l'integrazione dei diversi linguaggi computazionali.

In Spagna e Portogallo, molte scuole secondarie hanno sperimentato percorsi STEAM orientati alla realtà virtuale e aumentata (AR/VR), utilizzata come tecnologia narrativa e comunicativa oltre che scientifica. Gli studenti sono coinvolti nella creazione di ambienti virtuali immersivi che combinano modellazione 3D, storytelling, simulazioni fisiche e interattività programmata. In tali casi, il contributo dell'ingegneria informatica è duplice: da un lato offre le competenze tecniche necessarie alla gestione delle piattaforme AR/VR; dall'altro contribuisce alla definizione di pipeline progettuali che permettono agli studenti di trasformare idee artistiche in prototipi digitali funzionanti.

Anche le università europee rappresentano un contesto fertile per lo sviluppo di metodologie STEAM avanzate. L'Università di Aalborg (Danimarca), ad esempio, ha introdotto moduli formativi basati sul Problem-Based Learning (PBL) integrato con STEAM, nei quali gli studenti progettano sistemi interattivi che combinano aspetti estetici, sensoriali e ingegneristici. In Italia, diversi politecnici e accademie hanno sviluppato corsi congiunti tra design, arti visive e ingegneria informatica, focalizzati su ambiti quali interaction design, wearable technologies e data visualization artistica.

Queste iniziative mostrano come l'intersezione tra arte e ingegneria favorisca la nascita di nuovi profili professionali capaci di muoversi con fluidità tra pensiero computazionale, progettazione tecnica e creatività.

Un altro esempio significativo proviene dai FabLab universitari diffusi in Germania, Paesi Bassi e Francia, dove studenti di discipline artistiche collaborano con ingegneri informatici per sviluppare installazioni interattive, prototipi di robotica sociale, sistemi IoT per musei o dispositivi educativi inclusivi. I FabLab, grazie a strumenti come stampanti 3D, schede embedded, sensori e sistemi di automazione, rappresentano un laboratorio ideale per l'apprendimento transdisciplinare: qui l'ingegneria informatica fornisce le fondamenta tecniche che consentono alle idee artistiche di trasformarsi in applicazioni fisiche e digitali pienamente funzionanti.

Un altro contributo significativo alla comprensione del modello STEAM come approccio transdisciplinare applicato all'istruzione superiore è fornito dallo studio *Different Teaching Approaches and Use of Active Learning Strategies as Tools for Inter- and Transdisciplinary Education*, articolo pubblicato su International Journal of Social Science Studies Vol. 8, No. 2; March 2020 che analizza l'efficacia delle metodologie di apprendimento attivo, in particolare del Project-Based Learning, nel superamento della frammentazione disciplinare nei corsi di ingegneria .

Nel complesso, le esperienze europee mostrano che l'approccio STEAM non si limita a sommare discipline differenti, ma genera uno spazio educativo fluido nel quale gli studenti sviluppano competenze trasversali: progettazione sistemica, pensiero critico, collaborazione interdisciplinare e creatività tecnologica. Il contributo dell'**ingegneria informatica** è determinante perché consente di integrare gli strumenti digitali, modellare l'infrastruttura tecnologica dei percorsi e tradurre le intuizioni creative in artefatti intelligenti, interattivi e connessi. In tal modo, l'ingegneria informatica non è semplicemente una disciplina tecnica, ma diventa un **motore abilitante** dell'intero ecosistema STEAM, sostenendo innovazione, sperimentazione e inclusione nei contesti educativi europei contemporanei.

Figura 2.3: Esperienze didattiche STEAM nei diversi livelli di istruzione in ambito europeo.

La figura sintetizza le principali applicazioni dell'approccio STEAM nella scuola primaria, secondaria e università, includendo anche i fablab universitari, evidenziando l'evoluzione delle metodologie didattiche e delle tecnologie impiegate lungo il percorso formativo, dalla creatività computazionale alla progettazione di sistemi interattivi avanzati.

Figura 2.4: Sintesi dell'approccio STEAM in Europa: componenti chiave, ambiti applicativi e principali sfide.

La figura illustra il modello educativo STEAM adottato nei contesti europei, evidenziando le componenti fondamentali dell'approccio integrato (integrazione disciplinare, metodologie attive, sviluppo delle competenze trasversali ed ecosistemi di apprendimento), le principali applicazioni nei diversi livelli di istruzione (scuola e università) e le criticità emergenti, quali la limitata collaborazione tra attori e l'insufficiente supporto politico-finanziario.

2.6 Casi studio: Finlandia, Regno Unito, Paesi Bassi e Italia nell'adozione del modello STEAM

L'adozione dell'approccio STEAM come paradigma educativo transdisciplinare presenta caratteristiche e livelli di implementazione differenti nei contesti europei. Analizzare quattro Paesi Finlandia, Regno Unito, Paesi Bassi e Italia consente di evidenziare diversità culturali, metodologiche e infrastrutturali che influenzano l'integrazione tra arte, scienza, tecnologia e ingegneria. In tutti i casi, **l'ingegneria informatica** svolge un ruolo trasversale fondamentale, fungendo da matrice computazionale che sostiene laboratori, piattaforme digitali, sistemi immersivi, tecnologie di fabbricazione e processi di modellazione.

2.6.1 Finlandia: un ecosistema strutturato sul Phfenomenon-based learning (PhBL)

La Finlandia è considerata uno dei Paesi pionieri nell'integrazione del modello STEAM grazie alla struttura del suo curriculum nazionale, basato sul *phenomenon-based learning* (PhBL). Questo approccio, orientato alla risoluzione di problemi complessi reali, permette agli studenti di lavorare su progetti che combinano analisi scientifica, espressione creativa, progettazione ingegneristica e strumenti digitali.

Esempi significativi includono:

- laboratori interdisciplinari di **coding creativo con sensori IoT** e **micro:bit** (un **computer tascabile programmabile** utilizzato come strumento didattico versatile per collegare diverse materie, in particolare nell'ambito **STEAM** (Scienze, Tecnologia, Ingegneria, Arte e Matematica): Ciò significa che, grazie alla sua semplicità d'uso e ai sensori integrati (accelerometro, bussola, sensore di luce e temperatura, pulsanti e display a LED), il Micro:bit permette agli studenti di:
  - ➔ **Applicare la teoria alla pratica:** gli studenti possono creare progetti fisici che interagiscono con il mondo reale, rendendo tangibili concetti astratti di programmazione ed elettronica.
  - ➔ **Integrare diverse discipline:** un singolo progetto può richiedere conoscenze di informatica (coding a blocchi o JavaScript con Microsoft MakeCode), scienze (misurare la temperatura o l'accelerazione), matematica (calcoli per i sensori) e design (costruzione di prototipi fisici).
  - ➔ **Sviluppare il pensiero computazionale**: la risoluzione di problemi complessi viene frammentata in passaggi logici e codificata, migliorando le capacità di *problem-solving* e collaborazione.
  - ➔ **Favorire un apprendimento coinvolgente**: l'approccio laboratoriale e ludico aumenta la motivazione e l'interesse degli studenti, stimolando la creatività.

In sintesi, il Micro:bit non è solo uno strumento per imparare a programmare, ma un ponte che permette agli studenti di esplorare e connettere il sapere di diverse aree disciplinari in modo pratico e interattivo

- progetti di **AR/VR** per visualizzare fenomeni fisici o ambientali (sono applicazioni immersive e interattive che sfruttano le tecnologie digitali per rendere tangibili concetti altrimenti astratti o difficili da osservare): Nell'ambito STEAM, questi progetti mirano a:
  - ➔ **Rendere visibile l'invisibile:** utilizzare AR/VR per visualizzare fenomeni subatomici, campi magnetici, il flusso di correnti oceaniche, o l'espansione dell'universo, che sono impossibili da percepire direttamente.
  - ➔ **Creare esperienze immersive:** simulare visite virtuali in ecosistemi remoti, l'interno di un vulcano attivo, o la superficie di Marte, fornendo un contesto realistico e coinvolgente.
  - ➔ **Favorire l'apprendimento esperienziale:** permettere agli studenti di manipolare virtualmente variabili (ad esempio, cambiare l'inclinazione di un pannello solare e vedere l'impatto sulla produzione di energia) e

osservare le conseguenze in tempo reale, superando i limiti delle aule scolastiche.

➔ **Integrare discipline diverse:** combinare la scienza (il fenomeno studiato), la tecnologia (lo sviluppo dell'app AR/VR), l'ingegneria (la progettazione dell'interfaccia), l'arte (il design grafico e l'estetica della visualizzazione) e la matematica (i modelli e i dati alla base della simulazione).

In sintesi, si tratta di strumenti educativi potenti che trasformano l'apprendimento da passivo a attivo, promuovendo la comprensione profonda, la collaborazione e il pensiero critico attraverso esperienze digitali coinvolgenti

- attività di **digital fabrication** in cui arte, design e elettronica vengono intrecciati in un unico percorso progettuale (creare un **percorso progettuale integrato e interdisciplinare** in cui le discipline scientifico-tecnologiche sono usate come strumenti per l'espressione creativa e la soluzione di problemi): Questo approccio valorizza la **creatività**, il **pensiero critico** e l'**innovazione**:

  ➔ **Superamento della separazione disciplinare**: Contrariamente a un approccio STEM tradizionale, dove le materie sono spesso insegnate separatamente, STEAM le fonde. L'arte e il design non sono aggiunte accessorie, ma componenti fondamentali che guidano il processo progettuale, fornendo ispirazione, estetica e un focus sull'esperienza umana.

  ➔ **Centralità del "fare" (Digital Fabrication)**: L'uso di strumenti di fabbricazione digitale (come stampanti 3D, laser cutter, schede elettroniche programmabili) permette di passare rapidamente dall'idea al prototipo fisico, rendendo l'apprendimento concreto e tangibile.

  ➔ **Problem-solving creativo**: Gli studenti affrontano sfide che richiedono l'applicazione combinata di conoscenze scientifiche (es. principi fisici dell'elettronica), tecnologiche (es. programmazione), ingegneristiche (es. costruzione di circuiti) e matematiche (es. modellazione 3D), guidati da obiettivi estetici e funzionali (arte e design).

  ➔ **Sviluppo di competenze trasversali:** Questo tipo di attività stimola lo sviluppo di abilità intellettive, manuali e creative, promuove la collaborazione e migliora le capacità espressive, preparando gli individui a un mercato del lavoro che richiede profili multidisciplinari, i cosiddetti "polymath".

In sintesi, significa che la **funzione estetica e concettuale (arte/design) è paritaria a quella tecnica (elettronica/digital fabrication)** all'interno di un unico, fluido processo di creazione e innovazione.

In questo contesto, il contributo dell'ingegneria informatica risulta centrale sia per la progettazione delle piattaforme digitali sia per lo sviluppo delle infrastrutture AR/VR e IoT utilizzate nei percorsi scolastici.

2.6.2 Regno Unito: creatività digitale, media education e maker education

Il Regno Unito ha adottato un modello STEAM fortemente orientato alla creatività digitale e alla maker culture, con investimenti significativi nei laboratori di tecnologia educativa e nella formazione dei docenti. L'introduzione obbligatoria dell'informatica già nella scuola primaria ha sostenuto la diffusione del pensiero computazionale come competenza trasversale.

Esperienze tipiche includono:

- laboratori di **creative coding** con Scratch, Python e ambienti grafici;
- corsi di **digital storytelling** dove gli studenti creano narrazioni interattive integrate con grafica, musica e animazioni;
- utilizzo di stampanti 3D e schede Arduino per progetti artistico-tecnologici.

Il Regno Unito rappresenta un caso di forte contaminazione tra **arti performative**, design multimediale e ingegneria del software, con particolare attenzione al coinvolgimento degli studenti attraverso applicazioni creative e produzione di contenuti digitali.

2.6.3 Paesi Bassi: collaborazione tra università, industria e FabLab

I Paesi Bassi presentano uno dei sistemi più avanzati per quanto riguarda l'integrazione tra scuole, università e contesti produttivi. La presenza estesa di **FabLab universitari** e centri di ricerca multidisciplinari consente agli studenti di sperimentare percorsi STEAM in ambienti altamente tecnologici.

Progetti ricorrenti includono:

- sviluppo di **installazioni artistiche interattive** basate su sensori, robotica sociale e sistemi IoT;
- prototipazione di **wearable technologies** che integrano design, materiali intelligenti ed elettronica;
- corsi di **data visualization artistica**, in cui la creatività viene guidata da tecniche di analisi e modellazione computazionale.

La forte relazione tra università e imprese tecnologiche consente ai percorsi STEAM olandesi di beneficiare di una cultura dell'innovazione applicata, dove l'ingegneria informatica è costantemente integrata con design e arti visive.

2.6.4 Italia: un modello in espansione, tra scuola, università e musei digitali

In Italia l'approccio STEAM si sta diffondendo progressivamente grazie a progetti ministeriali, reti di scuole innovative, e collaborazioni tra università e istituzioni culturali.

Tra le esperienze più significative troviamo:

- iniziative di **robotica educativa**, coding creativo e stampa 3D nella scuola primaria e secondaria;
- progetti universitari su **interaction design**, AR/VR e prototipazione rapida;
- collaborazioni con **musei digitali** e istituzioni culturali per realizzare installazioni multimediali, dispositivi tangibili e ambienti interattivi.

Il contributo dell'ingegneria informatica è particolarmente evidente nei FabLab universitari italiani, dove studenti di discipline informatiche e artistiche collaborano alla realizzazione di sistemi interattivi complessi.

2.6.5 Confronto tra i Paesi: convergenze e differenze

L'analisi comparativa mostra come l'approccio STEAM presenti caratteristiche comuni, ma venga declinato in maniere diverse:

Convergenze

- Tutti i Paesi considerano la **tecnologia e il pensiero computazionale** come competenze chiave.
- L'integrazione tra discipline artistiche e tecnologiche è vista come uno strumento per sviluppare creatività e innovazione.
- L'uso di **laboratori** (maker space, FabLab, atelier digitali) è centrale in ogni contesto.
- L'ingegneria informatica è sempre presente come backbone tecnico (struttura portante, ai principi fondamentali e agli elementi chiave dell'ingegneria e della tecnologia che costituiscono la base su cui si sviluppa l'intero progetto) dei progetti STEAM.

Differenze

Paese	Focus principale	Caratteristiche distintive
Finlandia	PhBL e progetti interdisciplinari	Forte orientamento al problem-solving reale, integrazione strutturale nel curriculum
Regno Unito	Creative coding e media education	Forte investimento in computing, approccio molto “creativo” e narrativo
Paesi Bassi	FabLab e collaborazione industria-università	Enfasi sulla prototipazione avanzata e sulle tecnologie emergenti
Italia	Espansione progressiva e collaborazioni culturali	Forte coinvolgimento di musei e istituzioni culturali; approccio ancora in consolidamento

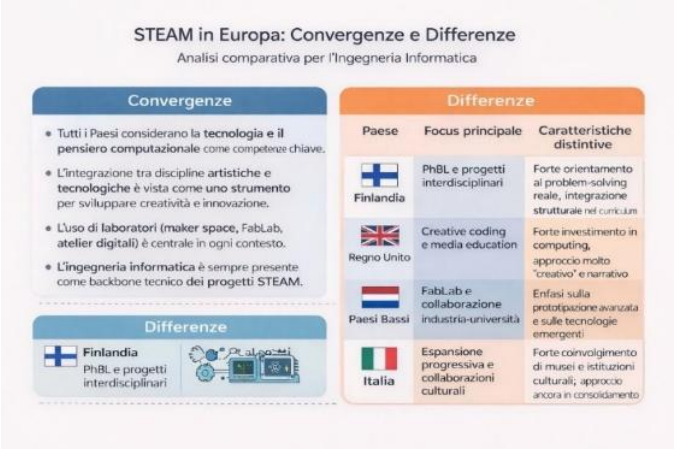


Figura 2.5: Convergenze e differenze nell’adozione del modello STEAM nei Paesi europei: un’analisi comparativa per l’Ingegneria Informatica.

La figura presenta una sintesi comparativa delle principali convergenze metodologiche e delle differenze nazionali nell’implementazione del paradigma STEAM in Europa, evidenziando il ruolo centrale della tecnologia e del pensiero computazionale, nonché le specificità dei diversi contesti educativi in termini di approcci didattici, collaborazioni istituzionali e integrazione dell’Ingegneria Informatica nei percorsi transdisciplinari.

CAPITOLO 3 – Analisi dei curricula e corsi universitari europei

3.1 Metodologia di raccolta dati

Prima di procedere alla presentazione e discussione dei risultati relativi alla mappatura dei curricula e dei corsi universitari europei, si rende necessario esplicitare la **metodologia di raccolta e analisi dei dati** adottata nel presente capitolo. Tale scelta risponde a criteri di rigore scientifico e trasparenza metodologica, consentendo di contestualizzare correttamente le evidenze emerse e di garantire la replicabilità dell'analisi.

L'indagine condotta si basa su un approccio qualitativo e comparativo, articolato in tre principali modalità di raccolta dati: **analisi documentale sistemica** riconosciuta come approccio efficace per l'esame di documenti istituzionali e materiali educativi (Bowen,2009 ; Scott,1990) , **consultazione di syllabi e curricula universitari open-access** considerati fonti chiave per comprendere obiettivi formativi , contenuti didattici e approcci metodologici(Parkes & Harris, 2002; O'Neill, 2015), **analisi dei dati relativi a progetti Erasmus+,** utilizzando linee guida e materiali ufficiali della commissione Europea , al fine di contestualizzare le pratiche didattiche STEAM nel panorama europeo dell istruzione superiore (European Commission,2018; Rienties et al. 2014). Questa combinazione metodologica permette di cogliere sia la dimensione formale dei programmi di studio sia le pratiche educative emergenti nel contesto europeo.

In particolare, l'**analisi documentale** ha riguardato normative, framework e standard europei per l'istruzione superiore, tra cui il Processo di Bologna, il Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF) e i descrittori del progetto Tuning. Tali documenti sono stati utilizzati come riferimento per l'interpretazione dei learning outcomes e per l'analisi comparativa dei curricula.

Parallelamente, sono stati esaminati **syllabi e piani di studio open-access** pubblicati sui siti ufficiali delle università europee selezionate. Questa fase ha consentito di identificare corsi transdisciplinari, programmi di laurea magistrale e moduli didattici focalizzati sull'integrazione tra Ingegneria Informatica, arti digitali e tecnologie interattive, permettendo un confronto diretto tra strutture curricolari, contenuti e competenze attese.

Infine, l'analisi dei **dati relativi a progetti Erasmus+**, in particolare quelli afferenti alle azioni di cooperazione per l'innovazione e lo scambio di buone pratiche, ha fornito un ulteriore livello di osservazione. I progetti Erasmus+ rappresentano infatti un indicatore significativo delle tendenze emergenti in ambito educativo e delle strategie europee per la promozione di modelli STEAM e transdisciplinari.

La definizione esplicita della metodologia adottata consente quindi di collocare la successiva sezione di **presentazione dei risultati** all'interno di un quadro analitico chiaro e strutturato, rafforzando la validità dell'analisi comparativa dei curricula e il ruolo attribuito all'ingegneria informatica come elemento abilitante nei percorsi formativi europei.

3.1.1 Analisi documentale: normative, framework e standard europei

La fase di analisi documentale ha preso in considerazione un vasto corpus di testi, tra cui linee guida ministeriali, documenti di agenzie nazionali per la qualità, quadri europei delle qualifiche (EQF), descrittori Tuning e studi comparativi elaborati da organizzazioni intergovernative. Questa documentazione ha permesso di comprendere come i diversi paesi strutturano i propri percorsi formativi e quali principi guidano la definizione degli *intended learning outcomes*. https://europass.europa.eu/it/european-qualifications-framework-eqf?utm_source=chatgpt.com. European Commission. (2017).

In relazione all'Ingegneria Informatica, nei documenti emergono alcune tendenze trasversali:

- **Centralità delle competenze digitali avanzate** come prerequisito per l'occupabilità e l'innovazione.
- **Allineamento ai paradigmi informatici contemporanei**, quali intelligenza artificiale, data-driven decision making, cloud computing e sicurezza informatica.
- **Rafforzamento delle competenze interdisciplinari**, soprattutto nei contesti in cui l'ingegneria digitale si intreccia con l'economia, la medicina, la sostenibilità ambientale e le scienze sociali.

Tuttavia, l'analisi documentale ha anche evidenziato differenze significative tra sistemi più centralizzati (es. Italia e Francia) e sistemi a governance distribuita o fortemente universitari (es. Germania, Finlandia, Regno Unito). Queste differenze si riflettono sulla libertà nella progettazione dei curricula, sul livello di specializzazione e sull'integrazione di competenze emergenti come la cyber-physical integration, la robotica collaborativa e l'edge computing.

Esempio di applicazione: per analizzare le competenze trasversali richieste dall'EQF, è stato fatto riferimento alle definizioni dei livelli di competenza europei sui learning outcomes e alla loro applicabilità ai curricula di Ingegneria Informatica.

3.1.2 I descrittori Tuning come strumento di analisi dei curricula europei

Nell'ambito dell'analisi documentale dei curricula universitari europei, un ruolo centrale è svolto dai **descrittori del progetto Tuning**, sviluppati per supportare l'armonizzazione dei sistemi di istruzione superiore all'interno dello Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore (EHEA). I descrittori Tuning rappresentano un **framework metodologico** volto a definire, confrontare e rendere trasparenti i risultati dell'apprendimento (*learning outcomes*) dei corsi di studio, indipendentemente dalle specificità nazionali o istituzionali. (Tuning project, 2000–2009): González, J., & Wagenaar, R. (2003).

Secondo l'approccio Tuning, i descrittori non si limitano a elencare contenuti disciplinari, ma si concentrano su ciò che lo studente **è in grado di conoscere, comprendere e fare** al termine di un percorso formativo. Essi sono generalmente articolati in tre macrocategorie: **conoscenze**, **abilità** e **competenze**, in linea con il Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF) e con i Dublin Descriptors. Tale impostazione consente di analizzare i programmi universitari non solo in termini di struttura curricolare, ma soprattutto in relazione agli obiettivi formativi e ai profili professionali attesi. (Bologna Working Group on Qualifications Frameworks, 2005)

Nel contesto dei percorsi transdisciplinari analizzati in questo capitolo, i descrittori Tuning risultano particolarmente rilevanti poiché permettono di valutare in modo sistematico l'integrazione tra competenze tecnico-ingegneristiche, competenze progettuali e abilità trasversali. In particolare, per i corsi che coinvolgono ingegneria informatica, i descrittori Tuning facilitano l'identificazione di risultati dell'apprendimento legati a:

- capacità di progettazione e implementazione di sistemi software e hardware complessi;
- applicazione di modelli computazionali e algoritmici a contesti non tradizionali (arte, design, media digitali);
- abilità di problem solving, lavoro in team interdisciplinari e comunicazione tecnica;
- autonomia nella gestione di progetti tecnologici complessi e innovativi.

L'utilizzo dei descrittori Tuning nella fase di mappatura dei programmi europei consente quindi un'**analisi comparativa coerente**, rendendo esplicite le convergenze e le differenze tra i curricula e permettendo di evidenziare il ruolo strategico dell'ingegneria informatica come disciplina abilitante nei modelli educativi transdisciplinari e STEAM-oriented.

3.1.3 Analisi dei syllabi open-access: contenuti, competenze e metodologie didattiche

La raccolta dei syllabi open-access è stata condotta ricercando **programmi accademici pubblicamente disponibili**, con particolare attenzione alla presenza di *learning outcomes*, competenze e metodologie didattiche. Sebbene non esista un database europeo unificato esclusivamente per i syllabi universitari STEM, sono stati utilizzati strumenti come:

- Database accademici di corsi e curricula, per esempio portali come **Erasmus Fields** che includono informazioni di curricula e corsi con riferimento ad approcci digitali, abilità professionali e classificazioni EQF. erasmus-fields.eu
- Cataloghi universitari open-access (es. piattaforme universitarie, cataloghi di corsi per studenti Erasmus - cfr. cataloghi di corsi su istituzioni come TU/e/EduXchange per i corsi di *Computer Science & ICT, Data, AI*). eduxchange.eu

Nei corsi di Ingegneria Informatica, l'analisi dei syllabi open-access ha permesso di osservare una struttura didattica fortemente ancorata ai fondamenti teorici e metodologici della disciplina, coerente con gli obiettivi formativi definiti a livello europeo per i percorsi di area ingegneristica. I contenuti risultano prevalentemente orientati allo sviluppo di competenze tecnico-scientifiche solide, indispensabili per la progettazione, l'implementazione e la gestione di sistemi informatici complessi.

Dal punto di vista dei **contenuti disciplinari**, i programmi analizzati mostrano una ricorrenza di insegnamenti fondamentali quali algoritmi e strutture dati, architettura degli elaboratori, sistemi operativi, basi di dati, ingegneria del software e reti di calcolatori. Nei corsi di livello magistrale emerge inoltre un rafforzamento delle aree avanzate, tra cui intelligenza artificiale, sistemi distribuiti, cybersecurity, embedded systems e cloud computing. Questa articolazione conferma l'impostazione classica dell'Ingegneria Informatica come disciplina orientata alla risoluzione di problemi computazionali complessi attraverso modelli formali e approcci ingegneristici rigorosi.

Per quanto riguarda le **competenze attese**, i learning outcomes esplicitati nei syllabi evidenziano una forte enfasi sulle capacità di analisi, progettazione e valutazione di soluzioni informatiche. In particolare, vengono frequentemente richiamate competenze quali: la capacità di modellare sistemi software e hardware, l'uso consapevole di linguaggi di programmazione e ambienti di sviluppo, la comprensione delle prestazioni e dell'affidabilità dei sistemi, nonché l'abilità di operare scelte progettuali basate su vincoli tecnici, economici e di sicurezza. Tali competenze risultano pienamente allineate ai descrittori europei di area ingegneristica, in particolare per quanto riguarda l'applicazione delle conoscenze scientifiche e la risoluzione di problemi complessi in contesti professionali.

Sul piano delle **metodologie didattiche**, l'analisi dei syllabi mostra un approccio prevalentemente tradizionale ma strutturato, basato sull'integrazione di lezioni frontali, esercitazioni pratiche e attività di laboratorio. I laboratori di programmazione e di progettazione svolgono un ruolo centrale nel consolidamento delle competenze operative, consentendo agli studenti di applicare i concetti teorici a casi di studio realistici. In molti corsi è inoltre prevista la realizzazione di progetti individuali o di gruppo, finalizzati a simulare contesti professionali tipici dell'Ingegneria Informatica, come lo sviluppo di applicazioni software o la progettazione di architetture di sistema.

Nel complesso, l'analisi dei syllabi open-access conferma come l'Ingegneria Informatica, nella sua declinazione classica, mantenga una forte identità disciplinare, fondata su rigore teorico, competenze tecniche avanzate e metodologie didattiche orientate all'applicazione pratica. Questa impostazione rappresenta un elemento chiave per garantire la spendibilità delle competenze acquisite nel mercato del lavoro e per assicurare la continuità tra formazione universitaria, ricerca e professione ingegneristica.

Esempio di applicazione*:* in base alle informazioni di catalogue/Explore è stato possibile verificare l'esistenza di corsi di *Computer Science and ICT* e di programmi correlati all'Ingegneria Informatica nei curricula universitari europei, confermando la presenza di corsi con competenze tecnico-scientifiche ben documentate nei syllabi consultati.

3.1.4 Dati Erasmus+: innovazione, convergenza e impatto sulla progettazione curricolare

Per la valutazione di progetti Erasmus+ è stato consultato il sito ufficiale del programma, che descrive le **azioni di capacity building nell'istruzione superiore**. Tali progetti promuovono lo sviluppo di competenze, l'innovazione didattica e la cooperazione internazionale, elementi chiave per comprendere come le pratiche transdisciplinari vengano sperimentate prima di essere integrate nei curricula. Erasmus+

Inoltre, il sito ErasmusPlus.it fornisce esempi e linee guida relative alle **Università Europee** come forme di cooperazione strategica per sviluppare curricula congiunti e percorsi transnazionali, evidenziando l'importanza delle alleanze accademiche nei processi di innovazione curricolare. erasmusplus.it

Esempio di applicazione*:* molti progetti Erasmus+ analizzati (inclusi partenariati strategici KA2 che sono progetti di cooperazione europea che permettono a organizzazioni di istruzione, formazione e gioventù quali scuole, università, enti pubblici, imprese, ONG di collaborare per sviluppare, trasferire e attuare pratiche innovative, modernizzare i sistemi e scambiare esperienze, promuovendo qualità e

internazionalizzazione a livello locale, nazionale ed europeo, con risultati riutilizzabili e di lunga durata) mostrano come competenze digitali, integrazione di tecnologie e cooperazione interistituzionale vengano incorporate nei modelli di sviluppo didattico.

La metodologia di raccolta dati adottata in questo studio si basa su un'analisi documentale sistematica, riconosciuta come approccio efficace per l'esame di documenti istituzionali e materiali educativi (Bowen, 2009; Scott, 1990). In particolare, sono stati analizzati syllabus e curricula universitari open-access, considerati fonti chiave per comprendere obiettivi formativi, contenuti didattici e approcci metodologici (Parkes & Harris, 2002; O'Neill, 2015). A integrazione di tali dati, sono stati esaminati documenti e report relativi a progetti Erasmus+, utilizzando linee guida e materiali ufficiali della Commissione Europea, al fine di contestualizzare le pratiche didattiche STEAM nel panorama europeo dell'istruzione superiore (European Commission, 2018).

3.1.5 Il ruolo transdisciplinare dell'Ingegneria Informatica

Dall'analisi dei dati relativi ai progetti Erasmus+, l'Ingegneria Informatica emerge come disciplina strategica all'interno di iniziative educative orientate all'innovazione e alla convergenza tra ambiti disciplinari differenti. In tali contesti, il contributo dell'ingegneria informatica non si limita alla fornitura di competenze tecniche verticali, ma si configura come **elemento abilitante di processi formativi transdisciplinari**, in grado di mettere in relazione conoscenze scientifiche, tecnologiche, creative e progettuali. (European Commission, 2020).

In particolare, i progetti Erasmus+ analizzati evidenziano come l'Ingegneria Informatica svolga una funzione di **ponte metodologico** tra discipline tradizionalmente separate. Le competenze proprie del settore — quali la modellazione computazionale, la progettazione di sistemi digitali, lo sviluppo software e l'integrazione hardware–software — vengono impiegate per supportare attività che coinvolgono ambiti quali il design, le arti digitali, le scienze sociali e l'educazione. Questo approccio favorisce la costruzione di ambienti di apprendimento in cui i problemi vengono affrontati in modo sistemico, superando i confini disciplinari. (Henriksen, Mishra, & the Deep-Play Research Group, 2016).

Dal punto di vista della **progettazione curricolare**, i dati Erasmus+ mostrano una crescente tendenza all'introduzione di moduli e percorsi formativi in cui l'Ingegneria Informatica contribuisce alla definizione di competenze trasversali e integrate. Tali competenze includono la capacità di lavorare in team multidisciplinari, di tradurre esigenze non tecniche in specifiche computazionali e di utilizzare strumenti digitali avanzati come mediatori tra differenti linguaggi disciplinari. Questo orientamento risulta coerente con le indicazioni del progetto Tuning, che sottolinea l'importanza dell'integrazione tra competenze disciplinari e competenze generiche nei curricula universitari europei (González & Wagenaar, 2005).

L'esplicito riferimento agli aspetti transdisciplinari emerge anche dall'orientamento dei progetti Erasmus+ verso l'impatto sociale e culturale delle tecnologie digitali. L'Ingegneria Informatica viene chiamata a confrontarsi non solo con l'efficienza tecnica delle soluzioni sviluppate, ma anche con le loro implicazioni etiche, comunicative e creative. Questo spostamento di prospettiva rafforza il ruolo della disciplina come **motore di integrazione tra tecnologia e altri domini del sapere**, in linea con i principi del modello STEAM e con gli obiettivi strategici europei in materia di innovazione educativa. (Yakman & Lee, 2012; European Commission, 2019).

In sintesi, l'analisi dei dati Erasmus+ consente di chiarire come l'Ingegneria Informatica, all'interno di contesti progettuali europei, assuma una funzione chiaramente transdisciplinare: non solo disciplina di riferimento per lo sviluppo tecnologico, ma **infrastruttura cognitiva e operativa** che rende possibile l'interazione e la convergenza tra saperi differenti nella progettazione dei curricula universitari. (European Commission, 2020).

L'applicazione della metodologia si è anche articolata in fasi successive di individuazione, selezione e analisi delle fonti.

3.1.6 Fase di individuazione delle fonti

In una prima fase esplorativa sono stati individuati complessivamente **circa 95 documenti**, suddivisi come segue:

- **25 documenti istituzionali e framework europei**, comprendenti linee guida, raccomandazioni e standard per l'istruzione superiore;
- **50 syllabi universitari open-access**, relativi a corsi di laurea e laurea magistrale in Ingegneria Informatica e in programmi affini;
- **20 documenti di progetto Erasmus+**, selezionati tra iniziative focalizzate su innovazione didattica, digitalizzazione e collaborazione interdisciplinare.

Le fonti sono state reperite attraverso siti istituzionali universitari, repository open-access e piattaforme ufficiali dell'Unione Europea.

Al fine di rendere più chiaro e trasparente il processo di selezione delle fonti, la **Tabella 3.1** sintetizza la tipologia dei documenti individuati, il numero iniziale di fonti reperite, i criteri applicati e il numero finale di documenti inclusi nell'analisi.

Tabella 3.1 – Sintesi del corpus documentale analizzato

Tipologia di fonte	Documenti individuati (fase esplorativa)	Criteri di inclusione principali	Documenti inclusi nell'analisi
Documenti istituzionali e framework europei	25	Rilevanza per istruzione superiore europea; riferimento a competenze, learning outcomes o progettazione curricolare	18
Syllabi universitari open-access	50	Corsi europei in Ingegneria Informatica o affini; presenza di learning outcomes e metodologie didattiche	32
Progetti Erasmus+	20	Progetti orientati a innovazione didattica, digitalizzazione e cooperazione interdisciplinare	12
Totale	**95**	—	**62**

3.1.7 Integrazione interpretativa

La tabella 3.1 evidenzia come il processo di selezione abbia comportato una riduzione progressiva del materiale inizialmente individuato, finalizzata a garantire **qualità, comparabilità e pertinenza** delle fonti analizzate. In particolare, la maggiore esclusione ha riguardato i syllabi universitari, spesso privi di informazioni sufficientemente dettagliate sui risultati di apprendimento o sulle metodologie didattiche adottate.

Questa sintesi quantitativa rafforza la solidità metodologica dell'analisi, chiarendo in modo esplicito come il corpus finale sia il risultato di una selezione ragionata e coerente con gli obiettivi del capitolo.

3.1.8 Applicazione dei criteri di inclusione e esclusione del corpus documentale e selezione finale

L'applicazione sistematica dei criteri di inclusione ed esclusione ha portato alla selezione di un corpus finale composto da **62 documenti (Tabella 3.1),** così distribuiti:

- **18 documenti istituzionali e framework europei;**
- **32 syllabi universitari open-access;**
- **12 progetti Erasmus+.**

La selezione di tale corpus finale ha tenuto conto della **pertinenza europea** (istruzione superiore UE), della **presenza di learning outcomes espliciti** e della **documentazione accessibile e verificabile online**. In particolare:

- sono stati scartati syllabi non pubblici o privi di descrizione delle competenze richieste;
- sono stati inclusi framework e documenti istituzionali che trattano la comparabilità dei titoli a livello europeo (EQF, Processo di Bologna e derivati come i descrittori Tuning). Tuningacademy
- sono stati considerati progetti Erasmus+ in cui la documentazione descrive esplicitamente attività didattiche o competenze di sviluppo delle capacità. Erasmus+

Ad esempio, sono stati inclusi syllabi di corsi di Ingegneria Informatica che prevedevano attività di laboratorio, project-based learning o lavoro collaborativo, mentre sono stati esclusi insegnamenti focalizzati unicamente su contenuti teorici privi di applicazioni pratiche. Analogamente, tra i progetti Erasmus+ sono stati selezionati quelli che presentavano output direttamente collegabili alla progettazione curricolare, quali moduli didattici, linee guida o corsi pilota.

Criteri di inclusione

Un documento è stato incluso nell'analisi se soddisfaceva **tutti** o **la maggior parte** dei seguenti criteri:

1. **Rilevanza per l'istruzione superiore europea**, con riferimento esplicito a curricula, learning outcomes o progettazione didattica.
2. **Connessione con ambiti tecnologici o di Ingegneria Informatica**, anche in forma indiretta (ICT, digital skills, computing).
3. **Presenza di una struttura esplicita di competenze o risultati di apprendimento**, preferibilmente allineata a EQF o Tuning.
4. **Accessibilità e trasparenza del contenuto** (documenti open-access, syllabi completi, report ufficiali).
5. **Affidabilità della fonte**, privilegiando istituzioni europee, università accreditate, editori accademici o riviste peer-reviewed.

Criteri di esclusione

Sono stati esclusi i documenti che presentavano una o più delle seguenti caratteristiche:

1. **Assenza di riferimenti a competenze o learning outcomes**, rendendo impossibile il confronto curricolare.
2. **Focus esclusivamente locale o non europeo**, senza elementi di comparabilità.
3. **Documenti descrittivi o promozionali**, privi di contenuto analitico o metodologico.
4. **Syllabi incompleti**, limitati a titoli di corsi o liste di argomenti senza struttura didattica.
5. **Ridondanza contenutistica**, nel caso di documenti molto simili già rappresentati nel corpus.

Esempi di applicazione dei criteri

Documenti inclusi nell'analisi

Fonte	Autore/i	Anno	Titolo	Motivazione dell'inclusione
Libro / Report	González, J., & Wagenaar, R.	2012	*Universities' Contribution to the Bologna Process*	Documento chiave per l'uso dei descrittori Tuning e la comparabilità dei curricula
Documento istituzionale UE	European Commission	2017	*European Qualifications Framework for Lifelong Learning*	Riferimento normativo centrale per l'analisi dei learning outcomes
Articolo accademico	Lattuca, L. R., Knight, D. B.	2013	*Developing a Measure of Interdisciplinary Competence*	Approccio metodologico utile per valutare competenze trasversali in ambito ingegneristico
Syllabus universitario	Politecnico di Milano	2022	*Computer Engineering – Course Syllabus*	Syllabus completo con learning outcomes, metodologie e valutazione
Progetto Erasmus+	European Commission (EACEA)	2021	*European Universities Initiative*	Evidenzia innovazione curricolare e convergenza interdisciplinare

Documenti esclusi dall'analisi

Fonte	Autore/i	Anno	Titolo	Motivazione dell'esclusione
Syllabus universitario	Università anonima	2020	*Introduction to Programming*	Assenza di learning outcomes e metodologie didattiche
Report locale	Ministero nazionale	2018	*Rapporto sull'istruzione tecnica nazionale*	Mancanza di comparabilità europea
Documento promozionale	Consorzio universitario	2019	*Brochure corso ICT*	Contenuto descrittivo senza valore analitico
Articolo divulgativo	Autore non accademico	2021	*Il futuro dell'università digitale*	Assenza di metodologia scientifica

Considerazioni metodologiche

L'applicazione della metodologia di raccolta dei dati ha consentito di costruire un corpus documentale omogeneo e comparabile (documenti che permettono un confronto strutturato e coerente tra programmi universitari europei) , adeguato a evidenziare sia le caratteristiche tradizionali dei curricula di Ingegneria Informatica sia le tendenze emergenti verso l'integrazione disciplinare. Tale impostazione ha permesso di porre le basi per l'analisi dei risultati presentata nelle sezioni successive del capitolo.

Sintesi critica della metodologia

La metodologia adottata nel Capitolo 3 si è dimostrata particolarmente efficace nel mettere in evidenza la presenza e la natura dei percorsi transdisciplinari nei curricula universitari europei analizzati. L'integrazione di analisi documentale, studio dei syllabi open-access e osservazione dei dati relativi ai progetti Erasmus+ ha consentito di superare una lettura meramente formale dei programmi di studio, favorendo invece un'interpretazione sistemica delle dinamiche di integrazione disciplinare.

In primo luogo, l'**analisi documentale** di normative, framework e standard europei ha fornito il quadro concettuale entro cui collocare i percorsi formativi. L'utilizzo dei descrittori Tuning e dei learning outcomes ha permesso di individuare elementi di convergenza tra discipline anche in assenza di esplicite etichette transdisciplinari. In questo modo, la metodologia ha reso possibile riconoscere forme di transdisciplinarità implicita, emergenti dalla combinazione di competenze tecniche, metodologiche e trasversali.

L'**analisi dei syllabi open-access** ha rappresentato un passaggio chiave per l'identificazione concreta dei percorsi transdisciplinari. Attraverso l'esame dei contenuti, delle competenze attese e delle metodologie didattiche, è stato possibile osservare come l'Ingegneria Informatica assuma spesso il ruolo di infrastruttura formativa comune, attorno alla quale convergono contributi provenienti da ambiti differenti. Questa fase ha evidenziato come la transdisciplinarità non si manifesti esclusivamente attraverso nuovi corsi dedicati, ma anche mediante la riconfigurazione di insegnamenti tradizionali in chiave integrata.

L'inclusione dei **dati Erasmus+** ha rafforzato ulteriormente la capacità della metodologia di intercettare i percorsi transdisciplinari emergenti. I progetti europei, orientati

all'innovazione e alla cooperazione internazionale, hanno offerto una prospettiva dinamica sui processi di sperimentazione curricolare, mostrando come la transdisciplinarità venga spesso sviluppata in contesti progettuali prima di essere formalizzata nei piani di studio. In questo quadro, l'Ingegneria Informatica emerge come disciplina abilitante, in grado di sostenere l'integrazione tra saperi diversi attraverso strumenti digitali, modelli computazionali e pratiche progettuali condivise.

Nel complesso, la metodologia adottata ha permesso di evidenziare i percorsi transdisciplinari non come fenomeni isolati o episodici, ma come **processi strutturati e progressivi**, che si sviluppano a più livelli: normativo, curricolare e progettuale. Questa impostazione metodologica consente quindi non solo di descrivere l'esistente, ma anche di interpretare le traiettorie evolutive dei curricula europei, mettendo in luce il ruolo strategico dell'ingegneria informatica nella costruzione di modelli formativi orientati alla complessità e all'integrazione dei saperi.

3.2 Mappatura dei programmi esistenti in Europa: corsi transdisciplinari tra arte e tecnologia, lauree magistrali dedicate e analisi comparativa dei learning outcomes

Negli ultimi dieci anni l'Europa ha registrato una crescita significativa di programmi accademici orientati alla convergenza tra arte, design, scienze computazionali e tecnologie digitali. Questo trend è particolarmente evidente nelle università che adottano un approccio STEAM o che promuovono ecosistemi di innovazione fondati sull'interdisciplinarità. La mappatura dei curricula europei dimostra come la formazione contemporanea stia evolvendo verso percorsi capaci di integrare competenze ingegneristiche, capacità creative e abilità progettuali, con una forte centralità dell'ingegneria informatica quale catalizzatore metodologico e tecnologico. (European Commission/Eurydice, 2018; Teichler, 2015).

3.2.1 Insegnamenti transdisciplinari in arte e tecnologia

Particolare attenzione è stata rivolta ai corsi transdisciplinari che integrano arte e tecnologia, spesso collocati nell'ambito delle media arts, dell'interaction design e della ricerca artistica, come documentato in numerosi studi europei (Candy & Edmonds, 2011; Wilson & van Ruiten, 2013).

Molte istituzioni europee hanno introdotto insegnamenti e minor program espressamente dedicati alla relazione tra arti visive, progettazione e tecnologie computazionali. Esempi rilevanti includono:

- moduli di **Creative Coding**, presenti in università come Aalto University (Finlandia), University of Applied Arts Vienna (Austria) e Goldsmiths, University of London (Regno Unito);
- insegnamenti di **Media Art & Technology** orientati alla creazione di installazioni interattive, ambienti immersivi e performance digitali;
- insegnamenti in Digital Fabrication e Prototipazione tramite FabLab universitari, sempre più diffusi in Scandinavia, Olanda e Italia;
- laboratori di AR/VR applicati alle arti performative, all'architettura e fruizione culturale

Questi insegnamenti mirano a formare figure ibride in grado di interfacciarsi con più domìni disciplinari, favorendo nuovi processi creativi basati sull'uso avanzato del software, dei sensori, delle piattaforme di sviluppo e degli strumenti di simulazione.

In tutti questi contesti emerge con forza il contributo dell'ingegneria informatica, che si pone come disciplina abilitante: consente la modellazione digitale, l'elaborazione dei dati, lo sviluppo di algoritmi interattivi, l'implementazione di sistemi cyber-fisici e la progettazione di interfacce attraverso linguaggi di programmazione e strumenti di ingegneria del software.

3.2.2 Programmi di laurea magistrale europei dedicati all'integrazione arte-tecnologia

In diversi Paesi europei sono presenti **master program specificamente orientati alla convergenza tra arte, design e tecnologie computazionali**. Alcuni esempi emblematici includono:

- **MSc in Human–Computer Interaction (HCI)** – Regno Unito, Paesi Bassi, Germania: centrati sulla progettazione dell'interazione, sull'usabilità, sul design orientato all'utente e sull'integrazione di soluzioni di AI, machine learning e realtà estesa; Paul (2015)
- **Master in Media Arts and Technology** – Austria, Francia, Spagna: percorsi focalizzati su videoarte, sound engineering, immersive computing e interaction design; Manovich (2001).
- **Digital Humanities e Computational Creativity** – presenti in Francia, Irlanda e Regno Unito, con un taglio orientato alla modellazione dei contenuti, alla produzione di applicazioni culturali e alla creazione di sistemi intelligenti a supporto dell'analisi e della creatività;

- **Master in Design & Technology o Creative Technology** – Paesi Bassi, Danimarca, Finlandia: percorsi che integrano design thinking, prototipazione rapida, elettronica e ingegneria informatica.

In questi contesti, **l'ingegneria informatica** costituisce l'ossatura tecnica che permette:

- l'integrazione di sistemi hardware/software complessi;
- lo sviluppo di applicazioni digitali immersive e interattive;
- la progettazione di algoritmi per la gestione dei flussi di dati multimodali;
- l'implementazione di interfacce uomo-macchina;
- la creazione di sistemi intelligenti applicabili a contesti culturali, artistici e creativi.

La crescente richiesta di tali profili da parte dell'industria culturale e creativa (videogame, multimedia, musei, XR, entertainment) dimostra la rilevanza strategica di questi percorsi.

3.2.3 Analisi comparativa dei learning outcomes

Dall'analisi dei principali curricula europei emergono alcuni learning outcomes ricorrenti, che evidenziano come le competenze tecnico-ingegneristiche siano ormai considerate fondamentali nelle discipline creative e transdisciplinari. L'analisi comparativa dei learning outcomes è stata infine supportata da modelli teorici consolidati, che permettono di valutare l'allineamento tra obiettivi formativi, competenze e metodologie didattiche nei diversi contesti accademici (Biggs & Tang, 2011; Adam, 2004).

La mappatura dei programmi universitari europei è stata condotta facendo riferimento ai quadri istituzionali definiti dal Processo di Bologna e ai report della Commissione Europea, che consentono una comparazione strutturata dei percorsi di studio e dei relativi learning outcomes (European Commission/Eurydice, 2018; Teichler, 2015). Particolare attenzione è stata rivolta ai corsi transdisciplinari che integrano arte e tecnologia, spesso collocati nell'ambito delle media arts, dell'interaction design e della ricerca artistica, come documentato in numerosi studi europei (Candy & Edmonds, 2011; Wilson & van Ruiten, 2013). L'analisi comparativa dei learning outcomes è stata infine supportata da modelli teorici consolidati, che permettono di valutare l'allineamento tra obiettivi formativi, competenze e metodologie didattiche nei diversi contesti accademici (Biggs & Tang, 2011; Adam, 2004).

Competenze comuni nei programmi mappati

1. Competenze computazionali avanzate
   – comprensione di algoritmi, strutture dati, sistemi embedded, modellazione 3D, linguaggi di programmazione (C/C++, Python, JavaScript).
2. Competenze progettuali e creative
   – design thinking, user experience design, tecniche di prototipazione digitale e creatività computazionale.
3. Competenze tecnologiche per ambienti interattivi
   – sviluppo di applicazioni XR (AR/VR/MR), interaction design, sensoristica e sistemi robotici.
4. Competenze di ricerca e analisi
   – progettazione di esperimenti, valutazione dell'usabilità, metodologia scientifica e capacità di integrare più fonti disciplinari.
5. Capacità di collaborazione transdisciplinare
   – lavoro in team multidisciplinari con designer, artisti, ingegneri e professionisti dell'ICT.

Ruolo dell'ingegneria informatica nei learning outcomes

L'ingegneria informatica non solo supporta tali outcomes, ma li abilita attraverso conoscenze strutturate in:

- architettura dei calcolatori e sistemi embedded necessari a sviluppare prototipi interattivi;
- algoritmi e modelli matematici per gestire dati, simulazioni, sistemi grafici e audio;
- sviluppo software avanzato per piattaforme creative (Unity, Unreal Engine, Blender, Processing, TouchDesigner);
- reti e infrastrutture cloud per progetti collaborativi, installazioni distribuibili e sistemi IoT creativi;
- sicurezza, performance e affidabilità, aspetti essenziali anche nelle applicazioni artistiche e culturali.

3.2.4 Definizione dei programmi mappati

In riferimento all'analisi condotta nel presente capitolo, per **programmi mappati** si intendono **percorsi universitari europei di livello magistrale o corsi avanzati** che presentano le seguenti caratteristiche comuni:

1. **Integrazione esplicita tra tecnologia digitale, progettazione e creatività**, spesso riconducibile al paradigma STEAM.
2. **Presenza strutturale di contenuti riconducibili all'ingegneria informatica,** quali programmazione, architetture dei sistemi, sviluppo software, grafica computazionale, sistemi interattivi o embedded.
3. **Impostazione didattica transdisciplinare**, che supera la semplice giustapposizione di discipline, favorendo la contaminazione metodologica tra ingegneria, arti e scienze.
4. **Orientamento project-based e laboratoriale**, con enfasi su prototipazione, sperimentazione e lavoro collaborativo.
5. **Connessione con contesti applicativi reali**, come industria creativa, media digitali, XR, design interattivo, digital humanities o innovazione culturale.

La mappatura non ha l'obiettivo di fornire un elenco esaustivo di tutti i programmi esistenti, ma di individuare **casi rappresentativi** che evidenzino il ruolo strategico dell'ingegneria informatica nei percorsi educativi transdisciplinari europei.

3.2.5 Classificazione e lista dei programmi mappati

Sulla base dell'analisi comparativa, i programmi individuati possono essere raggruppati nelle seguenti **categorie tipologiche**, ciascuna delle quali riflette specifiche declinazioni delle competenze comuni precedentemente discusse.

1. Programmi in Creative Technology e Media Engineering

Definizione
Percorsi che integrano sviluppo software, sistemi interattivi, elettronica e creatività progettuale.

Ruolo dell'ingegneria informatica
Progettazione di sistemi interattivi, programmazione avanzata, integrazione hardware–software.

2. Programmi in Human-Computer Interaction e Interaction Design

Definizione
Programmi focalizzati sull'interazione uomo-macchina, sull'esperienza utente e sulla progettazione di interfacce intelligenti.

Ruolo dell'ingegneria informatica:
Sviluppo di interfacce, prototipazione digitale, sistemi software interattivi e valutazione delle prestazioni.

3. Programmi in Media Arts, Computational Arts e Coding Creativo

Definizione
Percorsi che uniscono arti digitali e programmazione come mezzo espressivo.

Ruolo dell'ingegneria informatica:
Algoritmi generativi, grafica computazionale, elaborazione audio-video, sistemi real-time.

4. Programmi in XR, Virtual e Augmented Reality

Definizione
Programmi dedicati allo sviluppo di ambienti immersivi, simulazioni e sistemi di realtà estesa.

Ruolo dell'ingegneria informatica:
Rendering 3D, motori grafici, sistemi real-time, ottimizzazione delle prestazioni.

5. Programmi in Digital Humanities e Computational Creativity

Definizione
Percorsi che applicano metodi computazionali a contenuti culturali, artistici e umanistici.

Ruolo dell'ingegneria informatica:
Analisi dei dati, modellazione computazionale, sviluppo di strumenti digitali per la ricerca.

3.3 Esempi di programmi universitari europei in relazione alle competenze comuni identificate.

Facendo seguito alla metodologia di mappatura e analisi comparativa dei curricula, descritta nella sezione metodologica del presente capitolo, è stato possibile individuare una serie di programmi universitari europei che riflettono in modo significativo le competenze comuni emerse dall'analisi. Tali programmi, pur differenziandosi per contesto Nazionale, struttura curricolare e orientamento culturale, condividono un orientamento verso la transdisciplinarità e riconoscono nell'ingegneria informatica un elemento chiave per l'integrazione tra arte, tecnologia e progettazione (Burnard et al., 2021; Nicolescu, 2014).

Competenze computazionali avanzate

Le competenze computazionali costituiscono il fondamento dei programmi analizzati, in cui algoritmi, programmazione e architetture digitali sono utilizzati come strumenti per la progettazione creativa e l'innovazione tecnologica (Wing, 2006).

In **Finlandia**, programmi come *Creative Sustainability* e le attività del *Media Lab* di Aalto University integrano sviluppo software, sistemi digitali e progettazione interdisciplinare, in linea con il modello educativo finlandese orientato alla multidisciplinarità. Accanto al computational thinking (Wing, 2006), le competenze computazionali avanzate nei programmi universitari europei includono capacità più ampie di interpretazione e gestione della complessità, riconducibili al concetto di multiliteracy introdotto da Halinen et al. (2016). Tali competenze emergono come elementi comuni nei curricula europei orientati alla formazione di ingegneri informatici capaci di operare in contesti tecnologici complessi e transdisciplinari.

Nei **Paesi Bassi**, il master in *Creative Technology* presso l'University of Twente enfatizza l'uso di sistemi embedded, sensoristica e programmazione avanzata per applicazioni interattive. Le competenze computazionali avanzate identificate nei programmi universitari europei possono essere interpretate alla luce dell'evoluzione storica dell'educazione tecnologica analizzata da de Vries (2018), che evidenzia una progressiva integrazione tra pensiero computazionale, progettazione ingegneristica e competenze digitali nei percorsi formativi di area tecnologica.

Nel **Regno Unito**, percorsi come *Computer Science with Digital Media* evidenziano l'integrazione tra ingegneria informatica e produzione multimediale (Smith & Walker, 2019).
In **Italia**, corsi magistrali in Ingegneria Informatica con orientamento multimedia e interattivo (ad es. Politecnico di Milano) riflettono una crescente attenzione alla

convergenza tra informatica, grafica e sistemi digitali. A livello nazionale, la definizione delle competenze computazionali avanzate risulta coerente con i framework europei e trova un riferimento nel Piano Nazionale Scuola Digitale (MIUR, 2015), che promuove lo sviluppo del pensiero computazionale e delle competenze digitali come elementi chiave dei percorsi formativi, con ricadute anche sui programmi universitari di area informatica e ingegneristica.

➞ L ingegneria informatica svolge qui un ruolo centrale nel formalizzare e rendere implementabili i processi creativi, fornendo strumenti rigorosi per la progettazione e lo sviluppo di sistemi complessi. L'evoluzione delle competenze computazionali avanzate nei programmi universitari europei può essere interpretata alla luce del contributo di Denning (2017), che evidenzia come il computational thinking debba essere inteso in una prospettiva ingegneristica, orientata alla progettazione e realizzazione di sistemi computazionali complessi. In tale contesto, l'ingegneria informatica assume un ruolo centrale nel collegare astrazione teorica e implementazione tecnologica.

Competenze progettuali e creative

Molti programmi mappati pongono l'accento su **design thinking, interaction design e user-centered design**, integrando competenze artistiche e ingegneristiche. Le competenze progettuali e creative identificate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei trovano un solido riferimento teorico nel contributo di Henriksen (2014), che evidenzia come l'integrazione delle arti nei percorsi STEAM favorisca processi di progettazione innovativi e una concezione della creatività come competenza ingegneristica fondamentale.

Nel **Regno Unito**, i master in *Human-Computer Interaction* (UCL, University of York) combinano modellazione computazionale, valutazione dell'usabilità e progettazione dell'interazione. Le competenze progettuali e creative identificate nei programmi universitari europei trovano un riferimento metodologico consolidato nell'approccio all'Interaction Design proposto da Rogers et al. (2011), che integra creatività, progettazione centrata sull'utente e sviluppo tecnologico, configurandosi come uno dei pilastri formativi nei percorsi di Ingegneria Informatica orientati allo STEAM.

Nei **Paesi Bassi**, *Design for Interaction* (TU Delft) adotta un approccio fortemente project-based supportato da strumenti di simulazione e prototipazione digitale (de Vries, 2018).
In **Austria**, *Interface Cultures* (Linz) rappresenta un esempio di coding creativo e media art basata su sistemi computazionali avanzati.

Le competenze progettuali e creative nei programmi universitari europei trovano un solido riferimento teorico nell'analisi del software come medium culturale proposta da Manovich (2013), che evidenzia la necessità di integrare competenze computazionali, progettuali ed estetiche nei percorsi di formazione in Ingegneria Informatica orientati allo STEAM.

In **Italia**, i corsi in *Digital and Interaction Design* integrano UX/UI design con sviluppo software e sistemi interattivi. A livello nazionale, il Piano Nazionale Scuola Digitale (MIUR, 2015) riconosce la progettazione creativa e l'uso espressivo delle tecnologie digitali come competenze chiave, in linea con i learning outcomes individuati nei programmi universitari europei orientati al modello STEAM e alla formazione di ingegneri informatici con competenze progettuali avanzate.

➞ In questo contesto, l'ingegneria informatica permette di trasformare concetti progettuali in applicazioni funzionanti, garantendo affidabilità, scalabilità e integrazione hardware–software. Le competenze progettuali e creative individuate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei trovano un solido riferimento teorico nella visione del computational thinking proposta da Denning e Tedre (2019), che interpreta l'informatica come disciplina progettuale fondata su creatività, sperimentazione e costruzione di sistemi complessi.

Competenze tecnologiche per ambienti interattivi (AR/VR/XR)

Numerosi programmi europei sono orientati allo sviluppo di ambienti immersivi e sistemi interattivi avanzati, sfruttando tecnologie di realtà aumentata e virtuale (Radianti et al., 2020).

In **Francia**, il master in *Virtual and Augmented Reality* (Université Paris-Saclay) combina computer graphics, real-time systems e interaction design.
Nel **Regno Unito**, *MSc Virtual Reality* (University of Nottingham) enfatizza simulazione, rendering e progettazione immersiva.
In **Finlandia** e **Italia**, percorsi in *New Media Design* e *Digital Media Engineering* integrano XR, multimedia e sistemi interattivi avanzati. Le competenze tecnologiche per la progettazione di ambienti interattivi e immersivi (AR/VR/XR), identificate nei programmi universitari europei, trovano un riferimento teorico nel concetto di digital didactical design proposto da Jahnke et al. (2017), che evidenzia il ruolo delle tecnologie immersive nella trasformazione dei processi di insegnamento e apprendimento in ambito universitario.

➞ L ingegneria informatica risulta essenziale per la gestione di grafica 3D, motori di rendering, sistemi real-time e ottimizzazione delle prestazioni, elementi chiave per le

applicazioni immersive. Le competenze tecnologiche per la progettazione di ambienti interattivi e immersivi (AR/VR/XR), individuate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei, trovano un solido riferimento nella revisione sistematica di Radianti et al. (2020), che evidenzia il ruolo delle tecnologie immersive nell'innovazione dei processi formativi universitari.

Competenze di ricerca e analisi computazionale

Alcuni programmi presentano una forte componente di ricerca applicata, in particolare nei settori delle **digital humanities** e della **computational creativity**.

Nel **Regno Unito**, *Digital Humanities* (King's College London) utilizza modelli computazionali per l'analisi dei dati culturali. Le competenze di ricerca e analisi computazionale individuate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei trovano un solido riferimento teorico nel contributo di Berry e Fagerjord (2017), che evidenzia il ruolo dei metodi computazionali nella produzione di conoscenza e nell'analisi critica in ambito accademico e culturale.
In **Germania**, i corsi in *Media Informatics* integrano informatica, media digitali e metodologie sperimentali.
In **Italia**, *Informatica Umanistica* (Università di Pisa) rappresenta un esempio di convergenza tra ingegneria informatica e discipline umanistiche. Le competenze di ricerca e analisi computazionale individuate nei programmi universitari europei trovano un riferimento teorico nel contributo di Ciotti e Tomasi (2016), che evidenzia il ruolo dei metodi computazionali nell'analisi, interpretazione e valorizzazione del patrimonio testuale e culturale in ambito accademico.

→ L ingegneria informatica consente di applicare metodi scientifici rigorosi anche in ambiti tradizionalmente umanistici, favorendo analisi quantitative, simulazioni e validazione sperimentale. Le competenze di ricerca e analisi computazionale individuate nei programmi universitari europei trovano un solido riferimento nel contributo di Denning (2017), che evidenzia il ruolo del computational thinking e dell'ingegneria informatica come elementi fondamentali per la modellazione, l'analisi dei dati e la conduzione di attività di ricerca avanzata in contesti scientifici e tecnologici.

Competenze di collaborazione transdisciplinare

Un elemento comune a tutti i programmi mappati è l'adozione di **project-based learning** e lavoro in team interdisciplinari. Le competenze di collaborazione transdisciplinare identificate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei trovano un riferimento istituzionale nel framework *Education 2030* dell'OECD (2018), che evidenzia la necessità di formare professionisti in grado di integrare conoscenze e competenze provenienti da domini disciplinari differenti per affrontare problemi complessi della società contemporanea.

Esempi significativi si riscontrano nei **Paesi Bassi** (University of Twente), in **Finlandia** (Aalto University), nel **Regno Unito** (Goldsmiths) e in **Italia** (Politecnico di Milano), dove studenti di ingegneria, design e arti collaborano su progetti complessi. Le competenze di collaborazione transdisciplinare individuate come learning outcomes comuni nei programmi universitari europei trovano un riferimento teorico nel contributo di Burnard et al. (2021), che evidenzia come la co-creazione e il dialogo tra saperi culturali, artistici e tecnologici costituiscano elementi chiave nei processi educativi orientati allo STEAM.

→ In tali contesti, l'ingegnere informatico assume il ruolo di **figura ponte**, capace di integrare creatività e implementazione tecnologica, garantendo coerenza e fattibilità dei sistemi sviluppati. Le competenze di collaborazione transdisciplinare individuate nei programmi universitari europei trovano un riferimento concettuale nel lavoro di Wing (2006), che introduce il computational thinking come linguaggio comune capace di supportare il dialogo e la cooperazione tra discipline diverse nei contesti educativi e professionali.

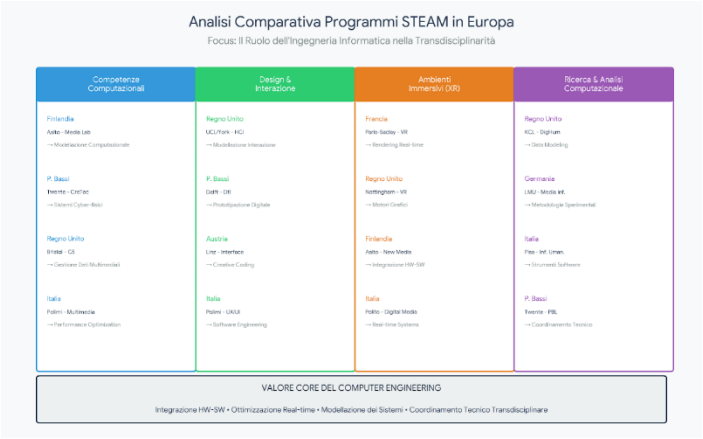
Tabella 3.2 – Analisi comparativa dei programmi universitari europei nell'ambito STEAM

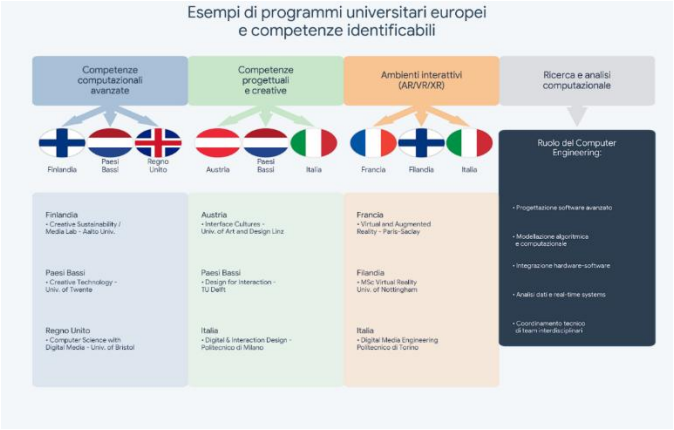
Tipologia di competenza	Paese	Programma / Istituzione	Focus del programma	Ruolo dell'ingegneria informatica
Competenze computazionali avanzate	Finlandia	Creative Sustainability / Media Lab – Aalto University	Programmazione creativa, sistemi digitali, progettazione interdisciplinare	Sviluppo software, modellazione computazionale, integrazione hardware–software
	Paesi Bassi	Creative Technology – University of Twente	Embedded systems, coding avanzato, prototipazione interattiva	Architetture digitali, sensoristica, sistemi cyber-fisici
	Regno Unito	Computer Science with Digital Media – University of Bristol	Informatica e multimedia	Algoritmi, sviluppo software, gestione dati multimediali
	Italia	Ingegneria Informatica (indirizzo Multimedia) –	Grafica computazionale, sistemi interattivi	Sistemi software complessi, computer graphics,

Tipologia di competenza	Paese	Programma / Istituzione	Focus del programma	Ruolo dell'ingegneria informatica
		Politecnico di Milano		performance optimization
Competenze progettuali e creative	Regno Unito	MSc Human-Computer Interaction – UCL / York	UX, interaction design, valutazione dell'usabilità	Modellazione dell'interazione, prototipazione software
	Paesi Bassi	Design for Interaction – TU Delft	Design thinking, progettazione centrata sull'utente	Simulazione, sviluppo di prototipi digitali
	Austria	Interface Cultures – University of Art and Design Linz	Coding creativo, media art	Creative coding, sistemi interattivi avanzati
	Italia	Digital & Interaction Design – Politecnico di Milano	UX/UI, progettazione digitale	Sviluppo di interfacce, software engineering
Ambienti interattivi (AR/VR/XR)	Francia	Master in Virtual and Augmented Reality – Paris-Saclay	XR, grafica 3D, simulazione	Rendering real-time, sistemi immersivi
	Regno Unito	MSc Virtual Reality – University of Nottingham	VR, ambienti simulativi	Motori grafici, ottimizzazione delle prestazioni
	Finlandia	New Media Design and Production – Aalto University	Media immersivi e interazione	Integrazione software–hardware
	Italia	Digital Media Engineering – Politecnico di Torino	Multimedia, sistemi interattivi	Computer graphics, real-time systems

Tipologia di competenza	Paese	Programma / Istituzione	Focus del programma	Ruolo dell'ingegneria informatica
Ricerca e analisi computazionale	Regno Unito	Digital Humanities – King's College London	Analisi computazionale di contenuti culturali	Data modeling, algoritmi di analisi
	Germania	Media Informatics – LMU Munich	Media digitali e informatica	Metodologie computazionali sperimentali
	Italia	Informatica Umanistica – Università di Pisa	Integrazione informatica–umanistica	Modellazione dati, strumenti software
Collaborazione transdisciplinare	Paesi Bassi	Creative Technology – University of Twente	Project-based learning	Coordinamento tecnico dei progetti
	Finlandia	Multidisciplinary Modules – Aalto University	Team interdisciplinari	Integrazione dei sistemi digitali
	Regno Unito	Computational Arts – Goldsmiths	Arte computazionale	Implementazione tecnica delle opere
	Italia	Design & Engineering – Politecnico di Milano	Progetti integrati design–tecnologia	Fattibilità tecnica e scalabilità

Tabella 3.2.1 – Analisi comparativa dei programmi universitari europei nell'ambito STEAM (riassunto)





Comparative Infographic of European STEAM curricula: Italia, Germania, Francia, Regno unito

La mappatura dei curricula europei nel settore STEAM e dei programmi focalizzati sull'interazione tra arte e tecnologia mostra come la formazione superiore stia attraversando una trasformazione profonda. I percorsi più innovativi integrano creativamente discipline tecnico-scientifiche con arti e design, riconoscendo nell'ingegneria informatica un ruolo chiave per l'implementazione di soluzioni digitali, la gestione di sistemi complessi e lo sviluppo di nuovi linguaggi espressivi basati sul digitale. Questa convergenza è destinata a crescere ulteriormente, in risposta alla domanda del mercato e alle esigenze di una società sempre più ibrida, culturale e tecnologica.

3.4 Conclusione

Il Capitolo 3 ha proposto un'analisi sistematica dei curricula e dei corsi universitari europei, con l'obiettivo di comprendere in che modo i percorsi formativi in ambito tecnologico — e in particolare nell'Ingegneria Informatica — stiano evolvendo verso modelli educativi transdisciplinari, in linea con le politiche e le strategie dell'istruzione superiore europea.

Attraverso una metodologia strutturata di raccolta e analisi dei dati, basata su tre fonti principali — documenti istituzionali e framework europei, syllabi universitari open-access e dati relativi ai progetti Erasmus+ — è stato possibile costruire un corpus documentale coerente e rappresentativo. L'applicazione di criteri espliciti di inclusione ed esclusione ha garantito la qualità e la comparabilità dei materiali analizzati, consentendo di distinguere tra curricula tradizionali di Ingegneria Informatica e percorsi che integrano esplicitamente dimensioni transdisciplinari, quali arte, design, scienze sociali e pratiche creative.

L'analisi dei documenti normativi e dei framework europei ha evidenziato il ruolo centrale dei descrittori Tuning e del Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF) come strumenti di riferimento per la progettazione curricolare orientata alle competenze. In questo contesto, l'Ingegneria Informatica emerge come disciplina chiave per l'implementazione di learning outcomes che combinano competenze tecniche avanzate

(programmazione, sistemi, intelligenza artificiale) con competenze trasversali, quali problem solving complesso, collaborazione interdisciplinare e capacità di integrazione tra linguaggi diversi.

Lo studio dei syllabi open-access ha permesso di osservare, da un lato, la persistenza di una struttura "classica" nei corsi di Ingegneria Informatica, fondata su solide basi matematiche e informatiche; dall'altro, l'introduzione progressiva di metodologie didattiche innovative, come il project-based learning, i laboratori interdisciplinari e l'uso di tecnologie immersive. Questi elementi rappresentano un ponte naturale verso approcci transdisciplinari, pur mantenendo il rigore scientifico e ingegneristico della disciplina.

L'analisi dei progetti Erasmus+ ha ulteriormente confermato il ruolo strategico dell'Ingegneria Informatica nei processi di innovazione curricolare, evidenziando come essa costituisca spesso l'infrastruttura tecnologica e metodologica che rende possibile l'integrazione tra discipline diverse. Nei progetti analizzati, l'ingegneria informatica funge da catalizzatore per la convergenza tra tecnologia, creatività e impatto sociale, favorendo la sperimentazione di nuovi modelli educativi in chiave STEAM.

Nel complesso, i risultati del capitolo mostrano come l'approccio transdisciplinare non sostituisca la formazione ingegneristica tradizionale, ma la arricchisca, ampliandone le prospettive applicative e formative. La metodologia adottata ha consentito di rendere visibili tali traiettorie evolutive, fornendo una base solida per la discussione critica e per le proposte sviluppate nel Capitolo 4. In questo senso, l'analisi condotta rappresenta un passaggio fondamentale per comprendere come l'Ingegneria Informatica possa contribuire in modo concreto e strutturato allo sviluppo di curricula universitari europei orientati all'innovazione, alla transdisciplinarità e alle sfide della società digitale contemporanea.

CAPITOLO 4 – Analisi critica e identificazione delle lacune

4.1 Valutazione critica delle pratiche transdisciplinari

L'analisi delle pratiche transdisciplinari adottate nei contesti educativi europei mette in evidenza un quadro articolato, caratterizzato da iniziative innovative ma anche da significative criticità strutturali e metodologiche. In assenza di un'integrazione progettuale profonda, l'approccio STEAM rischia di ridursi a una giustapposizione disciplinare priva di reale impatto cognitivo (Henriksen, 2014). La transdisciplinarità, pur rappresentando un modello pedagogico avanzato capace di integrare saperi eterogenei, si scontra con limiti operativi, organizzativi e culturali che ne ostacolano una diffusione sistemica. La transdisciplinarità richiede una trasformazione strutturale dei modelli educativi che raramente viene pienamente realizzata nelle istituzioni accademiche tradizionali (Nicolescu, 2014). Le pratiche transdisciplinari risultano spesso prive di adeguati meccanismi di valutazione, rendendo necessario l'impiego di strumenti digitali e analitici per misurarne l'efficacia formativa (Burnard et al., 2021). In questo scenario, **l'Ingegneria Informatica** non solo svolge un ruolo abilitante, ma contribuisce anche a rendere visibili tali lacune attraverso strumenti analitici, tecnologie digitali e processi di valutazione basati su dati.

La letteratura evidenzia come le pratiche transdisciplinari in ambito STEAM, pur caratterizzate da un elevato potenziale innovativo, presentino limiti strutturali (Nicolescu, 2014), criticità metodologiche (Henriksen, 2014) e una carenza di strumenti di valutazione sistemica, che possono essere affrontate attraverso l'apporto dell'Ingegneria Informatica e delle tecnologie digitali (Burnard et al., 2021).

4.1.1 Limiti nella progettazione dei curricula transdisciplinari

Nonostante la crescente attenzione verso modelli formativi come STEAM, molti programmi europei presentano ritardi nell'integrazione autentica tra discipline. Spesso l'approccio transdisciplinare si traduce in forme deboli di multidisciplinarità, dove le materie lavorano affiancate ma senza reale contaminazione metodologica. Perciò molti programmi educativi restano confinati in una multidisciplinarità di facciata, senza un'effettiva integrazione epistemologica tra i domini coinvolti (Nicolescu, 2014). In assenza di una riprogettazione curriculare profonda, l'approccio STEAM tende a tradursi in un affiancamento disciplinare piuttosto che in una reale integrazione metodologica (Henriksen & Mishra, 2015). La maggior parte dei curricula analizzati mostra un'integrazione limitata tra le discipline, con pratiche che restano prevalentemente multidisciplinari piuttosto che autenticamente transdisciplinari (Burnard et al., 2021). Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, e in particolare nei corsi afferenti all'area dell'Ingegneria Informatica, emergono dinamiche riconducibili alle criticità evidenziate in letteratura. Pur essendo presenti insegnamenti che affrontano tematiche affini all'approccio STEAM — quali interazione uomo-macchina, multimedia, visualizzazione dei dati e sistemi interattivi — tali contenuti risultano spesso collocati all'interno di singoli moduli disciplinari, senza una progettazione curriculare esplicitamente transdisciplinare.

Questa configurazione riflette una forma di **multidisciplinarità debole**, in cui le discipline contribuiscono in parallelo al percorso formativo senza una reale integrazione epistemologica e metodologica, come descritto da Nicolescu (2014). Analogamente a quanto osservato da Henriksen e Mishra (2015), l'elemento creativo e progettuale, pur presente, non sempre incide in modo strutturale sugli obiettivi formativi complessivi, rimanendo confinato a specifiche attività o progetti opzionali.

In linea con l'analisi di Burnard et al. (2021), anche nel caso genovese si riscontra una limitata sistematizzazione delle pratiche transdisciplinari, con una struttura curriculare che continua a essere fortemente organizzata per settori scientifico-disciplinari. Ciò rende complessa l'attuazione di percorsi STEAM pienamente integrati, capaci di connettere in modo organico competenze computazionali, progettuali e creative all'interno di un quadro unitario di apprendimento.

Questo scenario evidenzia come, pur in presenza di competenze e contenuti rilevanti, l'assenza di una progettazione curriculare transdisciplinare esplicita rappresenti una delle principali lacune da colmare per l'adozione matura del modello STEAM nei corsi di Ingegneria Informatica dell'Università di Genova.

Nonostante la diffusione dell'approccio STEAM, numerosi programmi universitari europei continuano a presentare una progettazione curriculare frammentata, in cui le discipline operano in parallelo senza una reale contaminazione metodologica. Tali limiti evidenziano una persistente confusione tra multidisciplinarità e transdisciplinarità (Nicolescu, 2014), una debolezza nella progettazione educativa (Henriksen & Mishra, 2015) e una mancata ristrutturazione sistemica dei curricula (Burnard et al., 2021).

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- fornisce strumenti per la *modellazione dei curricula*, analizzando coerenze, ridondanze e mancanze tramite sistemi digitali;
- permette di implementare piattaforme di progettazione didattica basate su ontologie e mappe concettuali computazionali;
- consente di simulare l'impatto di competenze emergenti (AI, cybersecurity, data science) sui piani di studio.

4.1.2 Evoluzione delle competenze digitali avanzate nella formazione docente (Aggiornato)

L'implementazione di approcci transdisciplinari basati sul modello STEAM richiede un progressivo ampliamento delle competenze didattiche e metodologiche in ambito digitale. In un contesto caratterizzato da rapida evoluzione tecnologica, l'aggiornamento continuo rappresenta un elemento strategico per garantire un'integrazione efficace tra linguaggi disciplinari, strumenti computazionali e metodologie innovative (OECD, 2019).

L'integrazione significativa delle tecnologie digitali nei processi formativi presuppone una sinergia tra competenze tecnologiche, pedagogiche e disciplinari, come evidenziato dal modello TPACK (Mishra & Koehler, 2006). Tale integrazione non riguarda soltanto l'utilizzo

degli strumenti, ma la loro incorporazione consapevole nella progettazione didattica, in modo da valorizzarne il potenziale trasformativo.

Nel contesto universitario, e in particolare nell'ambito dell'Ingegneria Informatica, la preparazione tecnico-scientifica dei docenti costituisce un punto di forza consolidato. Tuttavia, l'espansione verso pratiche pienamente transdisciplinari — quali la programmazione creativa, l'uso integrato di media digitali interattivi e l'applicazione di approcci progettuali ispirati al dialogo tra tecnologia e creatività — richiede percorsi strutturati di sviluppo professionale che accompagnino l'evoluzione delle metodologie didattiche.

Nel caso dell'Università degli Studi di Genova, l'offerta formativa presenta solide basi disciplinari e competenze avanzate in ambito tecnologico. L'integrazione sistematica di metodologie STEAM può tuttavia beneficiare di iniziative istituzionali coordinate volte a favorire ulteriormente il dialogo tra Ingegneria Informatica, design, arti digitali e comunicazione visiva, rafforzando il carattere trasversale dell'esperienza formativa.

A livello europeo, numerosi studi sottolineano come la formazione continua dei docenti universitari rappresenti un fattore chiave per sostenere l'innovazione pedagogica e l'adozione di tecnologie emergenti (OECD, 2019). Strumenti quali ambienti di sviluppo creativo, piattaforme di prototipazione interattiva e sistemi di realtà estesa (XR) offrono opportunità significative per ampliare le modalità di apprendimento, specialmente nei contesti orientati alla progettazione e alla sperimentazione.

In questa prospettiva, il rafforzamento di competenze legate al coding creativo e alla progettazione computazionale orientata alla creatività — elementi centrali del paradigma STEAM (Henriksen et al., 2016) — può contribuire ad ampliare le opportunità per gli studenti di sviluppare pensiero progettuale, capacità collaborative e competenze trasversali avanzate.

Ruolo dell'Ingegneria Informatica

In questo scenario, l'Ingegneria Informatica può svolgere un ruolo strategico:

- nella progettazione di percorsi di sviluppo professionale per docenti orientati all'uso consapevole e innovativo delle tecnologie digitali;
- nell'introduzione e sperimentazione di tecnologie emergenti (AR/VR, coding creativo, laboratori di prototipazione digitale) a supporto di metodologie immersive e collaborative;
- nello sviluppo di strumenti e piattaforme user-friendly che facilitino l'adozione delle tecnologie anche in contesti non strettamente tecnici;
- nella promozione di sinergie interdisciplinari che valorizzino il dialogo tra competenze tecnologiche e dimensioni creative.

4.1.3 Accesso disomogeneo alle risorse tecnologiche

La presenza di infrastrutture tecnologiche varia in modo significativo tra i paesi e, spesso, tra regioni o istituzioni dello stesso sistema educativo. Questa disomogeneità limita la possibilità di sviluppare esperienze transdisciplinari avanzate, basate su laboratori digitali, simulatori o spazi di co-creazione. Le disuguaglianze infrastrutturali tra istituzioni educative europee limitano la possibilità di implementare approcci didattici innovativi e transdisciplinari basati sulle tecnologie digitali (European Commission, 2020). L'adozione di pratiche educative digitali avanzate richiede ambienti tecnologicamente attrezzati, la cui assenza compromette lo sviluppo di esperienze di apprendimento transdisciplinari (Redecker, 2017). Le esperienze STEAM più efficaci emergono in contesti dotati di spazi tecnologici dedicati alla sperimentazione e alla co-creazione, la cui disponibilità risulta spesso disomogenea nei sistemi educativi (Henriksen et al., 2016).

L'accesso disomogeneo alle risorse tecnologiche rappresenta una barriera significativa all'implementazione di pratiche educative transdisciplinari. Le disparità infrastrutturali tra istituzioni limitano lo sviluppo di laboratori digitali, ambienti di simulazione e spazi di co-creazione, elementi centrali del modello STEAM (European Commission, 2020). In assenza di infrastrutture adeguate, anche le competenze pedagogiche e digitali dei docenti risultano difficilmente valorizzabili (Redecker, 2017), riducendo l'efficacia delle pratiche che integrano tecnologia e creatività (Henriksen et al., 2016).

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, l'accesso alle risorse tecnologiche avanzate presenta caratteristiche di **disomogeneità interna**, rispecchiando una criticità diffusa a livello europeo. In particolare, mentre alcuni dipartimenti e laboratori afferenti all'area dell'Ingegneria Informatica dispongono di infrastrutture adeguate per lo sviluppo di attività computazionali avanzate, l'integrazione sistematica di tali risorse in percorsi didattici transdisciplinari orientati al modello STEAM risulta ancora parziale.

La disponibilità di laboratori digitali, ambienti di simulazione, piattaforme per la prototipazione interattiva e spazi di co-creazione è spesso concentrata in specifici contesti di ricerca o in progetti finanziati esternamente, limitando la possibilità di un accesso esteso e continuativo da parte degli studenti. Questa configurazione riduce l'impatto potenziale delle tecnologie digitali come strumenti abilitanti per l'integrazione tra Ingegneria Informatica, arti digitali e progettazione creativa, elementi centrali dell'approccio STEAM (European Commission, 2020).

Nel caso genovese, tale disomogeneità infrastrutturale incide direttamente sulla possibilità di sviluppare esperienze formative avanzate basate su metodologie hands-on, learning by doing e co-design interdisciplinare. Come evidenziato dal framework DigCompEdu, l'assenza di ambienti tecnologicamente attrezzati compromette l'efficacia delle pratiche didattiche innovative, anche in presenza di competenze digitali adeguate da parte dei docenti (Redecker, 2017).

Inoltre, la limitata diffusione di maker spaces e ambienti di sperimentazione condivisi riduce le opportunità di collaborazione tra studenti di Ingegneria Informatica e altri ambiti disciplinari, quali design, arti visive e comunicazione multimediale. Ciò ostacola la realizzazione di progetti tecno-artistici complessi, che rappresentano uno degli obiettivi chiave del modello STEAM e che richiedono spazi di co-creazione tecnologicamente avanzati (Henriksen et al., 2016).

Alla luce di queste considerazioni, il caso dell'Università di Genova evidenzia la necessità di una strategia istituzionale volta a ridurre le disuguaglianze infrastrutturali, promuovendo l'accesso diffuso a risorse tecnologiche condivise. Tale intervento risulterebbe cruciale per rafforzare il ruolo dell'Ingegneria Informatica come disciplina abilitante e connettiva all'interno di percorsi educativi transdisciplinari orientati allo STEAM.

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- contribuisce alla progettazione di ambienti digitali scalabili e aperti, riducendo i costi di adozione;
- sviluppa piattaforme cloud e soluzioni open-source che rendono accessibili laboratori virtuali anche in contesti a risorse limitate;
- promuove standard tecnologici interoperabili per favorire la cooperazione tra istituzioni.

4.1.4 Scarsa integrazione tra mondo accademico, industria e società

Sebbene la transdisciplinarità richieda un dialogo costante tra università, imprese e attori sociali, tale collaborazione risulta ancora frammentata. Molti programmi non prevedono attività di co-progettazione, hackathon, progetti collaborativi o partnership continuative con aziende tecnologiche. L'innovazione nei sistemi educativi e tecnologici emerge dall'interazione strutturata tra università, industria e attori sociali, la cui assenza limita lo sviluppo di approcci transdisciplinari efficaci (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). La frammentazione delle collaborazioni tra università e industria riduce l'impatto delle pratiche educative orientate all'innovazione e alla transdisciplinarità (European Commission, 2017). Le esperienze di apprendimento STEAM più significative emergono da contesti autentici di collaborazione con il mondo produttivo e sociale, raramente integrati in modo sistematico nei curricula universitari (Henriksen et al., 2016).

La scarsa integrazione tra mondo accademico, industria e società rappresenta una criticità rilevante per l'implementazione di pratiche transdisciplinari orientate allo STEAM. In assenza di partnership strutturate e continuative, le attività formative rischiano di rimanere teoriche e decontestualizzate. (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Tale frammentazione è riconosciuta anche a livello europeo, dove viene sottolineata la necessità di rafforzare il ruolo delle università all'interno degli ecosistemi di innovazione (European Commission, 2017). In questo scenario, la mancanza di esperienze collaborative autentiche limita lo sviluppo di competenze progettuali, creative e tecnologiche avanzate (Henriksen et al., 2016).

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, la relazione tra mondo accademico, industria e società presenta elementi di collaborazione consolidata soprattutto nell'ambito della ricerca applicata e del trasferimento tecnologico, ma risulta meno strutturata sul piano della didattica transdisciplinare orientata al modello STEAM. In particolare, nei corsi afferenti all'area dell'Ingegneria Informatica, le interazioni con il tessuto produttivo e con gli attori sociali sono spesso limitate a tirocini curriculari, collaborazioni episodiche o progetti di tesi, senza tradursi sistematicamente in esperienze formative integrate e continuative.

La mancanza di attività didattiche basate su co-progettazione, hackathon interdisciplinari, challenge industriali o laboratori congiunti riduce le opportunità per gli studenti di applicare le competenze computazionali in contesti reali e complessi, caratterizzati dall'interazione tra tecnologia, creatività e bisogni sociali. Tale configurazione si discosta dal modello della Triple Helix, secondo cui l'innovazione emerge dall'integrazione strutturata tra università, industria e società civile (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

Nel caso genovese, sebbene siano presenti eccellenze nei settori dell'ingegneria, dell'ICT e delle tecnologie digitali, queste non sempre confluiscono in percorsi didattici STEAM capaci di coinvolgere attivamente imprese tecnologiche, startup creative e istituzioni culturali del territorio. Come evidenziato dalla Commissione Europea, l'assenza di ecosistemi educativi aperti e collaborativi limita il ruolo dell'università come motore di innovazione e sviluppo sociale (European Commission, 2017).

Dal punto di vista dell'Ingegneria Informatica, tale criticità si traduce in una ridotta esposizione degli studenti a contesti progettuali autentici, nei quali competenze tecniche avanzate, creatività e capacità di collaborazione transdisciplinare possano essere sviluppate in modo integrato. L'approccio STEAM, che valorizza l'apprendimento situato e la progettazione orientata a problemi reali, richiederebbe invece una maggiore integrazione tra didattica universitaria e mondo esterno, attraverso esperienze di co-creazione e collaborazione continuativa (Henriksen et al., 2016).

In sintesi, il caso dell'Università di Genova evidenzia come il rafforzamento delle relazioni tra accademia, industria e società rappresenti una condizione essenziale per superare i limiti attuali delle pratiche transdisciplinari e per valorizzare pienamente il ruolo dell'Ingegneria Informatica all'interno di percorsi formativi STEAM orientati all'innovazione tecnologica e culturale.

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- facilita la creazione di *ecosistemi di innovazione* grazie a metodologie di project-based learning e open innovation;
- permette lo sviluppo di prototipi digitali utili a collegare ricerca e applicazioni reali;
- offre modelli per integrare l'etica digitale, la sostenibilità computazionale e l'impatto socio-tecnico nei progetti educativi.

4.1.5 Mancanza di strumenti di valutazione specifici per la transdisciplinarità

La valutazione dell'apprendimento transdisciplinare è complessa: richiede strumenti capaci di misurare competenze integrate, creatività, capacità di problem solving e processi collaborativi. Molte istituzioni utilizzano ancora metodi tradizionali che non catturano l'ampiezza di questi aspetti. I sistemi di valutazione tradizionali risultano inadeguati a misurare competenze complesse e integrate, quali creatività, collaborazione e problem solving, fondamentali nei contesti educativi transdisciplinari (OECD, 2018). La valutazione delle esperienze STEAM richiede strumenti capaci di cogliere processi creativi e progettuali, difficilmente misurabili attraverso approcci valutativi tradizionali (Henriksen et al., 2016). La valutazione in contesti transdisciplinari richiede approcci metodologici capaci di considerare la complessità e l'integrazione dei saperi, superando le metriche disciplinari convenzionali (Nicolescu, 2014).

La mancanza di strumenti di valutazione specifici per la transdisciplinarità rappresenta una criticità rilevante nell'adozione di modelli educativi STEAM. I metodi valutativi tradizionali risultano spesso inadeguati a misurare competenze complesse e integrate, quali creatività, problem solving e collaborazione (OECD, 2018). Inoltre, la natura processuale e progettuale delle attività STEAM richiede strumenti valutativi orientati ai processi piuttosto che ai soli risultati finali (Henriksen et al., 2016). In una prospettiva più ampia, la complessità intrinseca della transdisciplinarità impone il superamento di metriche disciplinari standard, adottando approcci valutativi capaci di cogliere l'integrazione dei saperi (Nicolescu, 2014).

Nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, la valutazione degli apprendimenti nei corsi afferenti all'Ingegneria Informatica e, più in generale, nelle discipline tecnico-scientifiche, è prevalentemente basata su strumenti tradizionali quali esami scritti, prove orali e valutazioni individuali focalizzate sulle conoscenze disciplinari. Sebbene tali strumenti risultino adeguati per misurare competenze tecniche specifiche, essi mostrano limiti significativi nel valutare apprendimenti transdisciplinari complessi, tipici dei percorsi orientati al modello STEAM.

In particolare, nei contesti didattici in cui vengono introdotte attività progettuali, laboratori interdisciplinari o progetti di tesi con componenti creative e applicative, la valutazione tende a concentrarsi sul prodotto finale piuttosto che sui processi di apprendimento. Questo approccio riduce la capacità di misurare competenze fondamentali quali il problem solving complesso, la collaborazione interdisciplinare, la creatività computazionale e la capacità di integrare linguaggi e metodologie eterogenee, elementi centrali dell'approccio STEAM (OECD, 2018).

Nel caso dell'Università di Genova, l'assenza di rubriche valutative condivise, strumenti di assessment formativo e metriche orientate ai processi progettuali rende difficile una valutazione sistematica delle competenze trasversali sviluppate dagli studenti di Ingegneria Informatica in attività transdisciplinari. Tale criticità riflette una problematica più ampia, evidenziata anche in ambito internazionale, secondo cui la valutazione della creatività e dei processi collaborativi richiede approcci qualitativi e multidimensionali raramente integrati nei sistemi accademici tradizionali (Henriksen et al., 2016).

Dal punto di vista epistemologico, la complessità dei percorsi transdisciplinari implica la necessità di superare modelli valutativi rigidamente disciplinari, adottando strumenti capaci di cogliere l'integrazione dei saperi e l'emergere di nuove competenze (Nicolescu, 2014). Nel contesto genovese, ciò suggerisce l'opportunità di sviluppare modelli di valutazione innovativi, supportati anche da strumenti digitali e analitici propri dell'Ingegneria Informatica, quali piattaforme di e-assessment, learning analytics e sistemi di valutazione basati su dati.

In sintesi, il caso dell'Università di Genova evidenzia come la mancanza di strumenti di valutazione specifici per la transdisciplinarità rappresenti un limite rilevante all'implementazione efficace del modello STEAM. Affrontare questa criticità risulterebbe essenziale per valorizzare pienamente le competenze integrate sviluppate dagli studenti e per rafforzare il ruolo dell'Ingegneria Informatica come disciplina abilitante nei processi di innovazione educativa.

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- consente di implementare *analisi dei dati educativi* (learning analytics) per monitorare processi e risultati;
- sviluppa sistemi intelligenti per valutazioni adattive e personalizzate;
- integra strumenti digitali che tracciano le interazioni tra studenti, l'uso delle tecnologie e le dinamiche collaborative.

4.2 Barriere istituzionali e culturali

Le pratiche transdisciplinari, pur rappresentando una delle prospettive più promettenti per l'innovazione educativa contemporanea, incontrano resistenze significative di natura istituzionale e culturale. Queste barriere, radicate nella struttura dei sistemi formativi e nei modelli mentali degli attori coinvolti, ostacolano la piena adozione di un approccio integrato tra discipline tecnico-scientifiche, artistiche e umanistiche. In questo scenario complesso, l'Ingegneria Informatica assume un ruolo strategico, sia come disciplina in grado di superare tali ostacoli attraverso tecnologie e metodologie innovative, sia come leva culturale che ridefinisce le competenze necessarie nel XXI

secolo. Le barriere istituzionali alla transdisciplinarità derivano da strutture accademiche rigidamente disciplinari e da modelli epistemologici che resistono all'integrazione dei saperi (Nicolescu, 2014). Le resistenze culturali alla piena integrazione tra arti e discipline tecnico-scientifiche rappresentano uno dei principali ostacoli all'adozione di modelli educativi STEAM (Henriksen, 2014). Le barriere organizzative e istituzionali all'interno delle università europee limitano l'adozione di pratiche educative innovative e transdisciplinari (European Commission, 2017).

Le barriere istituzionali e culturali rappresentano un ostacolo rilevante alla diffusione di pratiche transdisciplinari orientate allo STEAM. Tali resistenze sono spesso radicate in strutture accademiche rigidamente disciplinari e in modelli epistemologici tradizionali che faticano a riconoscere il valore dell'integrazione dei saperi (Nicolescu, 2014). A ciò si aggiungono barriere culturali legate alla separazione storica tra discipline tecnico-scientifiche e artistiche, che limitano il riconoscimento del contributo delle arti nei processi di innovazione tecnologica (Henriksen, 2014). A livello sistemico, infine, la mancanza di flessibilità organizzativa e di politiche istituzionali di supporto ostacola l'adozione di approcci educativi transdisciplinari nelle università europee (European Commission, 2017).

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, le barriere istituzionali e culturali all'adozione di pratiche transdisciplinari si manifestano principalmente nella struttura organizzativa dei corsi di studio e nei modelli tradizionali di progettazione curriculare. L'impostazione prevalentemente disciplinare dei percorsi formativi, in particolare nell'area dell'Ingegneria Informatica, riflette una suddivisione dei saperi che rende complessa l'integrazione sistematica di contributi provenienti da ambiti artistici, umanistici e culturali, elementi centrali del modello STEAM.

Dal punto di vista istituzionale, la rigidità dei regolamenti didattici, la separazione tra dipartimenti e la limitata flessibilità nella progettazione di insegnamenti condivisi rappresentano fattori che ostacolano la creazione di percorsi realmente transdisciplinari. Tali criticità sono coerenti con quanto evidenziato da Nicolescu (2014), secondo cui le strutture accademiche tradizionali tendono a privilegiare approcci disciplinari consolidati, mostrando resistenza verso modelli educativi che richiedono una ridefinizione dei confini epistemologici.

Sul piano culturale, anche nel contesto genovese persiste una separazione storica tra discipline tecnico-scientifiche e ambiti artistici e umanistici, che influisce sulla percezione del valore educativo dell'integrazione tra arte e tecnologia. Nei corsi di Ingegneria Informatica, le competenze creative e progettuali vengono spesso considerate complementari piuttosto che costitutive della formazione ingegneristica, limitando l'adozione di pratiche STEAM orientate allo sviluppo della creatività computazionale (Henriksen, 2014).

Inoltre, la mancanza di una strategia istituzionale esplicita volta a promuovere l'innovazione transdisciplinare nella didattica riduce il ruolo dell'università come attore centrale negli ecosistemi di innovazione territoriale. Come sottolineato dalla Commissione Europea, le università che non riescono a superare tali barriere

organizzative e culturali faticano a integrare efficacemente didattica, ricerca e collaborazione con il mondo produttivo e sociale (European Commission, 2017).

In questo scenario, l'Ingegneria Informatica può svolgere un ruolo chiave come disciplina abilitante, capace di favorire il superamento delle barriere istituzionali e culturali attraverso l'adozione di tecnologie digitali, metodologie computazionali e strumenti collaborativi. Tuttavia, nel caso dell'Università di Genova, la piena valorizzazione di questo potenziale richiede un cambiamento sistemico che coinvolga non solo i curricula, ma anche le pratiche organizzative e la cultura accademica, in linea con i principi del modello STEAM.

4.2.1 Strutture istituzionali rigide e resistenza al cambiamento

Molti sistemi educativi europei sono ancora organizzati secondo logiche disciplinari chiuse, basate su dipartimenti e percorsi di studio separati. Questa struttura gerarchica rende difficile la creazione di corsi congiunti, laboratori misti e percorsi che attraversano i confini tradizionali delle discipline. Le strutture istituzionali organizzate secondo logiche disciplinari rigide ostacolano la realizzazione di percorsi educativi transdisciplinari e l'integrazione dei saperi (Nicolescu, 2014). La rigidità delle strutture organizzative universitarie rappresenta uno dei principali fattori di resistenza all'adozione di modelli educativi innovativi e transdisciplinari (European Commission, 2017)

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- permette la progettazione di *ambienti di apprendimento digitali flessibili*, capaci di supportare percorsi modulari e interdisciplinari;
- offre strumenti per la gestione dei curricula, modellando connessioni tra aree diverse tramite piattaforme digitali intelligenti;
- stimola il cambiamento organizzativo attraverso l'introduzione di pratiche innovative (laboratori di co-design, hackathon, learning analytics).

4.2.2 Visione tradizionale delle discipline e scarso riconoscimento degli approcci emergenti

Molti attori istituzionali—docenti, dirigenti, organi accademici—tendono a considerare le discipline come compartimenti separati e autosufficienti. Questa visione ostacola l'adozione di metodologie transdisciplinari, percepite talvolta come deviazioni dalla "purezza" disciplinare o come pratiche scarsamente valutabili. La persistenza di una visione tradizionale delle discipline contribuisce a una resistenza culturale verso l'integrazione tra scienza, tecnologia e arti nei contesti educativi (Henriksen, 2014).

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- favorisce la contaminazione epistemologica, poiché integra naturalmente modelli matematici, ingegneristici, cognitivi e creativi;
- dimostra, attraverso applicazioni come AI, robotica, realtà aumentata e computational creativity, che l'innovazione nasce dall'interazione tra saperi;
- fornisce esempi concreti di progetti dove la transdisciplinarità è essenziale (design di interfacce, digital art, sistemi ciber-fisici, human-computer interaction).

4.2.3. Difficoltà nella formazione del personale docente

Il passaggio da una didattica disciplinare a una transdisciplinare richiede competenze pedagogiche, digitali e progettuali che molti docenti non possiedono. La formazione continua spesso non è adeguatamente supportata o incentivata dalle istituzioni. L'adozione di pratiche didattiche tecnologicamente e pedagogicamente integrate richiede competenze che spesso non vengono adeguatamente sviluppate nei percorsi di formazione dei docenti (Mishra & Koehler, 2006). La mancanza di politiche strutturate per la formazione continua dei docenti rappresenta un ostacolo significativo all'adozione di approcci educativi innovativi e transdisciplinari (OECD, 2019).

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, la formazione del personale docente rappresenta un nodo critico nel processo di transizione da modelli didattici tradizionali, fortemente disciplinari, a pratiche educative transdisciplinari orientate allo STEAM. Nei corsi afferenti all'Ingegneria Informatica, i docenti possiedono generalmente competenze tecniche elevate, ma incontrano difficoltà nell'integrare in modo sistematico competenze pedagogiche avanzate, strumenti digitali innovativi e metodologie progettuali di tipo creativo.

La formazione continua offerta a livello istituzionale risulta spesso frammentata e non sempre focalizzata sulle esigenze specifiche della didattica transdisciplinare. In particolare, l'adozione di approcci che combinino programmazione creativa, progettazione interattiva e collaborazione interdisciplinare richiede competenze che vanno oltre la preparazione accademica tradizionale del docente di Ingegneria Informatica. Come evidenziato dal modello TPACK, l'efficacia della didattica tecnologicamente avanzata dipende dall'integrazione equilibrata tra conoscenze disciplinari, pedagogiche e tecnologiche, integrazione che nel contesto genovese risulta ancora parziale (Mishra & Koehler, 2006).

Inoltre, la limitata presenza di incentivi istituzionali espliciti per la partecipazione a percorsi di formazione pedagogica avanzata riduce la motivazione dei docenti a sperimentare metodologie STEAM. Tale situazione riflette una criticità più ampia a livello europeo, dove la formazione continua del personale docente non è sempre allineata alle esigenze poste dalla trasformazione digitale e dalla transdisciplinarità (OECD, 2019).

Nel caso dell'Università di Genova, queste difficoltà incidono direttamente sulla capacità di progettare e implementare insegnamenti che integrino efficacemente Ingegneria Informatica, arti digitali e scienze umane. L'assenza di un programma strutturato di sviluppo professionale orientato allo STEAM limita il potenziale dell'ateneo di promuovere pratiche didattiche innovative e di valorizzare il ruolo dell'ingegneria informatica come disciplina ponte tra tecnologia, creatività e società.

In sintesi, il rafforzamento della formazione del personale docente emerge come una condizione essenziale per superare le barriere culturali e istituzionali individuate e per consentire all'Università di Genova di adottare in modo sistemico l'approccio STEAM nei percorsi di Ingegneria Informatica.

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- abilita programmi di formazione basati su simulazioni, piattaforme e-learning e strumenti collaborativi;
- introduce metodologie "learning-by-making" che rendono naturale la collaborazione tra discipline attraverso progetti concreti;
- supporta la valutazione delle competenze digitali dei docenti tramite sistemi di analytics e tracciamento.

4.2.4 Barriere culturali legate alla percezione della tecnologia

Esiste ancora una percezione dicotomica tra discipline umanistiche/artistiche e discipline tecnico-scientifiche. Questa distinzione culturale porta parte del corpo docente o degli studenti a percepire la tecnologia come estranea alla creatività o alla riflessione critica. La separazione culturale tra discipline scientifiche e umanistiche contribuisce a una visione dicotomica del sapere che ostacola l'integrazione tra tecnologia, creatività e riflessione critica (Snow, 1959). Le tecnologie digitali non rappresentano un dominio esclusivamente tecnico, ma costituiscono strumenti fondamentali per la produzione culturale e creativa contemporanea (Manovich, 2013).

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, le barriere culturali legate alla percezione della tecnologia si manifestano nella persistente distinzione tra ambiti tecnico-scientifici e umanistico-artistici, che influenza sia la progettazione dei curricula sia le pratiche didattiche. In particolare, nei corsi di Ingegneria Informatica, la tecnologia tende a essere interpretata prevalentemente come strumento funzionale e tecnico, mentre il suo potenziale come mezzo di espressione creativa, riflessione critica e produzione culturale risulta meno valorizzato.

Questa visione dicotomica riflette una separazione storica tra "due culture", scientifica e umanistica, che continua a incidere sulle rappresentazioni della conoscenza all'interno delle istituzioni accademiche (Snow, 1959). Nel caso genovese, tale separazione si traduce in una limitata integrazione tra insegnamenti di natura computazionale e ambiti quali arti digitali, comunicazione visiva, design dell'interazione

e studi culturali, riducendo le opportunità di sperimentazione transdisciplinare orientata allo STEAM.

Dal punto di vista culturale, una parte del corpo docente e degli studenti tende a percepire la tecnologia come estranea ai processi creativi e alla riflessione critica, rafforzando l'idea che tali dimensioni appartengano esclusivamente alle discipline umanistiche. Questa percezione limita il riconoscimento del valore educativo dell'Ingegneria Informatica come disciplina capace di contribuire attivamente alla produzione culturale e artistica attraverso strumenti digitali avanzati, come evidenziato da Manovich (2013).

Nel contesto dell'Università di Genova, il superamento di tali barriere culturali richiederebbe un ripensamento del ruolo della tecnologia nei percorsi formativi, valorizzandone la dimensione culturale e creativa all'interno dei corsi di Ingegneria Informatica. L'approccio STEAM offre in questo senso un quadro teorico e operativo utile per riconfigurare la tecnologia non solo come mezzo tecnico, ma come linguaggio espressivo e strumento critico capace di favorire il dialogo tra discipline e di arricchire i processi di insegnamento e apprendimento.

In sintesi, il caso genovese evidenzia come le barriere culturali legate alla percezione della tecnologia costituiscano un ostacolo rilevante all'adozione sistemica del modello STEAM. Affrontare tali resistenze rappresenta una condizione essenziale per rafforzare il ruolo dell'Ingegneria Informatica come disciplina ponte tra scienza, arte e cultura nel contesto universitario contemporaneo.

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- ridefinisce la tecnologia come *risorsa espressiva*, non solo tecnica: dalla digital fabrication all'arte computazionale;
- rende evidente come l'ingegneria informatica sia un linguaggio creativo capace di ampliare l'espressività artistica (AR/VR, generative design, interaction design);
- promuove una cultura del "pensiero computazionale" come forma di creatività logica e progettuale, integrabile con arti e scienze.

4.2.5. Carenza di politiche istituzionali dedicate alla transdisciplinarità

In molti paesi europei mancano strategie sistemiche che riconoscano ufficialmente il valore dei percorsi transdisciplinari. Le iniziative esistenti sono spesso affidate alla buona volontà delle singole scuole o università. In assenza di politiche educative sistemiche, l'adozione di approcci innovativi e transdisciplinari rimane frammentata e fortemente dipendente da iniziative isolate delle singole istituzioni (European Commission, 2020). Il riconoscimento e il supporto istituzionale delle competenze trasversali richiedono politiche educative esplicite e una governance adeguata a livello sistemico (OECD, 2018).

Ruolo dell'ingegneria informatica:

- offre dati e analisi per supportare decisioni politiche basate su evidenze (data-informed policymaking);
- contribuisce alla progettazione di framework digitali che monitorano l'impatto delle esperienze transdisciplinari;
- favorisce la standardizzazione di modelli efficaci, facilitandone la scalabilità e la replicabilità a livello nazionale e internazionale.

4.3 Necessità di modelli didattici integrativi

L'emergere di approcci educativi transdisciplinari come lo STEAM ha reso evidente la necessità di modelli didattici capaci di integrare in modo organico competenze tecnologiche, creative, scientifiche e progettuali. Le trasformazioni socio-tecnologiche degli ultimi decenni — dall'intelligenza artificiale alla realtà aumentata, dalle piattaforme collaborative alla fabbricazione digitale — richiedono infatti un quadro educativo flessibile, dinamico e in grado di rispondere alle esigenze di una società sempre più interconnessa e guidata dai dati.

Il pensiero computazionale rappresenta una competenza trasversale fondamentale, applicabile a molteplici domini disciplinari e centrale per la progettazione di modelli educativi integrativi (Wing, 2006). I modelli didattici orientati allo STEAM richiedono strutture flessibili in grado di integrare competenze tecnologiche, creative e progettuali all'interno di ambienti di apprendimento complessi (Henriksen et al., 2016).

In questo scenario, l'ingegneria informatica svolge un ruolo strutturale e strategico. Non si tratta solo di una disciplina tecnica, ma di un ambito che fornisce l'infrastruttura concettuale, metodologica e operativa necessaria per costruire modelli didattici realmente integrativi. La progettazione di sistemi, l'analisi dei dati, la modellazione di processi, la capacità di interagire con hardware e software complessi e la capacità di sviluppare applicazioni interattive rappresentano competenze centrali per sostenere ambienti di apprendimento innovativi.

Ad esempio, nel contesto dell'Università degli Studi di Genova, la necessità di adottare modelli didattici integrativi emerge in modo evidente dall'evoluzione dei percorsi

formativi afferenti all'Ingegneria Informatica e dalle crescenti richieste di competenze trasversali provenienti dal mondo professionale e sociale. Sebbene i curricula presentino una solida impostazione tecnico-scientifica, l'integrazione sistematica di competenze creative, progettuali e interdisciplinari risulta ancora limitata e spesso affidata a singole iniziative didattiche o a esperienze extracurricolari.

Le trasformazioni socio-tecnologiche in atto, caratterizzate dalla diffusione di intelligenza artificiale, sistemi interattivi, piattaforme collaborative e ambienti di realtà estesa, richiedono modelli formativi capaci di superare la tradizionale separazione tra teoria e pratica, nonché tra discipline. Nel caso genovese, l'adozione di modelli didattici integrativi potrebbe consentire di valorizzare maggiormente le competenze tipiche dell'Ingegneria Informatica — quali il pensiero computazionale, la modellazione di sistemi complessi e l'analisi dei dati — come strumenti trasversali applicabili anche a contesti creativi e culturali (Wing, 2006).

Attualmente, la struttura dei corsi e le modalità di erogazione della didattica non sempre favoriscono un approccio flessibile e orientato alla progettazione integrata. L'assenza di laboratori didattici esplicitamente concepiti come spazi di sperimentazione transdisciplinare limita la possibilità di sviluppare ambienti di apprendimento STEAM in cui tecnologia, creatività e progettualità possano dialogare in modo organico. Come sottolineato da Henriksen et al. (2016), l'efficacia dei modelli STEAM dipende dalla presenza di strutture didattiche capaci di sostenere processi creativi e collaborativi, elementi che nel contesto genovese potrebbero essere ulteriormente potenziati.

In questo scenario, l'Ingegneria Informatica assume un ruolo strategico come disciplina abilitante per la costruzione di modelli didattici integrativi. Le competenze relative alla progettazione di sistemi software, allo sviluppo di applicazioni interattive e all'analisi dei dati possono costituire la base per ambienti di apprendimento innovativi, in grado di integrare contributi provenienti da altre discipline. Tuttavia, per realizzare pienamente questo potenziale, l'Università di Genova dovrebbe adottare un approccio sistemico alla progettazione didattica, orientato allo STEAM e supportato da politiche istituzionali, infrastrutture adeguate e modelli valutativi coerenti.

In sintesi, il caso dell'Università di Genova evidenzia come la necessità di modelli didattici integrativi rappresenti non solo una risposta alle sfide tecnologiche contemporanee, ma anche un'opportunità strategica per rafforzare il ruolo dell'Ingegneria Informatica come fulcro di percorsi formativi transdisciplinari, in linea con i principi del modello STEAM.

4.3.1 Supporto alla creazione di ecosistemi didattici ibridi e multimodali

I modelli integrati richiedono ambienti in cui studenti e docenti possano sperimentare conoscenze combinando linguaggi differenti: visuale, computazionale, narrativo, fisico e digitale. L'integrazione di modalità comunicative multiple favorisce la costruzione di ambienti di apprendimento più efficaci e flessibili, in grado di supportare processi cognitivi complessi (Mayer, 2009). Gli ambienti di apprendimento digitali e ibridi

permettono di progettare esperienze educative che integrano linguaggi e pratiche disciplinari differenti (Laurillard, 2012).

L'ingegneria informatica contribuisce a:

- progettare piattaforme e ambienti digitali per l'apprendimento collaborativo;
- integrare tecnologie come AR/VR, simulazioni interattive, sistemi IoT e robotica educativa;
- creare infrastrutture interoperabili che facilitano l'interscambio tra discipline.

La capacità di progettare sistemi scalabili e accessibili consente di superare i confini disciplinari tradizionali e introdurre forme di apprendimento basate su esperienze immersive e processi progettuali condivisi.

4.3.2 Fondamento tecnico per l'interdisciplinarità applicata

La transdisciplinarità richiede strumenti che permettano di integrare dati, modelli e approcci provenienti da campi differenti. Il pensiero computazionale fornisce una base concettuale condivisa per affrontare problemi complessi provenienti da domini disciplinari differenti (Wing, 2006). I metodi computazionali consentono di integrare dati, modelli e processi provenienti da diversi domini disciplinari, supportando approcci applicativi interdisciplinari (Denning & Tedre, 2019).

L'ingegneria informatica offre:

- metodologie computazionali per analisi e modellizzazione di fenomeni complessi;
- strumenti per la prototipazione rapida (es. digital fabrication, microcontrollori, sistemi embedded);
- framework di sviluppo che rendono realizzabili progetti STEAM con forte componente creativa.

Questo permette di passare da un approccio puramente teorico alla costruzione di soluzioni reali, operative e sperimentabili, rafforzando la dimensione laboratoriale e progettuale dell'apprendimento.

4.3.3 Promozione di competenze chiave per le professioni future

I modelli didattici integrativi non devono solo facilitare l'interazione tra discipline, ma devono sviluppare competenze richieste dal mercato del lavoro, tra cui:

- pensiero computazionale e capacità di problem solving;
- progettazione di sistemi intelligenti e interattivi;
- alfabetizzazione digitale avanzata;
- comunicazione tra team multidisciplinari.

I modelli educativi orientati al futuro devono promuovere competenze trasversali quali creatività, pensiero critico, problem solving e competenze digitali, in risposta alle trasformazioni del mercato del lavoro (OECD, 2018). L'integrazione delle arti nei percorsi STEM contribuisce allo sviluppo di competenze creative e progettuali fondamentali per le professioni tecnologiche emergenti (Henriksen, 2014).

L'ingegneria informatica contribuisce direttamente alla costruzione di queste competenze, mettendo gli studenti nella condizione di comprendere e governare le tecnologie che sempre più influenzano processi produttivi, creativi e sociali.

4.3.4 Facilitazione dell'adozione di modelli adattivi e personalizzati

Le tecnologie e i metodi dell'ingegneria informatica supportano lo sviluppo di:

- sistemi di apprendimento adattivo basati su AI;
- analisi dei learning analytics per personalizzare percorsi formativi;
- strumenti digitali che monitorano l'evoluzione delle competenze.

Questi elementi sono essenziali in modelli didattici integrativi che aspirano a rispondere alle esigenze specifiche degli studenti e alle loro diverse modalità di apprendimento.

4.4 Ruolo della tecnologia digitale e dell'AI

L'evoluzione della tecnologia digitale e dell'intelligenza artificiale sta trasformando profondamente i sistemi formativi contemporanei, rendendo sempre più evidente la necessità di integrare strumenti computazionali avanzati nei modelli didattici. In questo contesto, l'ingegneria informatica assume un ruolo centrale, non solo come disciplina tecnica, ma come infrastruttura metodologica e progettuale che permette di tradurre le innovazioni digitali in pratiche educative efficaci, scalabili e orientate alla transdisciplinarità.

Le tecnologie di intelligenza artificiale possono supportare modelli educativi complessi e personalizzati, favorendo l'integrazione di competenze scientifiche, tecnologiche e creative nei contesti di apprendimento (Luckin et al., 2016).

Il pensiero computazionale rappresenta una competenza fondamentale per affrontare problemi complessi in diversi ambiti disciplinari, costituendo un ponte metodologico tra tecnologia, scienza e creatività (Wing, 2006).

4.4.1 La tecnologia digitale come catalizzatore di integrazione disciplinare

La digitalizzazione non si limita a fornire strumenti per l'apprendimento, ma abilita forme radicalmente nuove di interazione tra discipline tradizionalmente considerate separate. Attraverso piattaforme collaborative, ambienti immersivi e strumenti di prototipazione digitale, gli studenti possono esplorare concetti scientifici, artistici e tecnici in un unico spazio operativo. Le tecnologie digitali consentono la creazione di spazi di apprendimento condivisi in cui pratiche artistiche, scientifiche e tecnologiche convergono, rendendo possibile una reale integrazione disciplinare secondo l'approccio STEAM (Peppler & Wohlwend, 2018). Gli ambienti digitali basati su software costituiscono spazi operativi transdisciplinari in cui conoscenze tecniche, scientifiche e artistiche possono essere esplorate simultaneamente (Manovich, 2013).

L'ingegneria informatica contribuisce direttamente a:

- progettare e gestire infrastrutture digitali modulari e interoperabili;
- integrare sistemi di realtà aumentata (AR) e virtuale (VR) che permettono esperienze di apprendimento multimodali;
- sviluppare interfacce intuitive e accessibili che facilitano il dialogo tra competenze tecniche e creative.

Questi elementi rendono possibile la costruzione di percorsi formativi ibridi capaci di connettere scienza, tecnologia, arte e design in modo fluido e coerente.

4.4.2 L'intelligenza artificiale come motore di personalizzazione e analisi dei processi formativi

L'intelligenza artificiale sta introducendo un nuovo paradigma educativo basato sulla capacità dei sistemi di adattarsi dinamicamente ai bisogni degli studenti. Gli algoritmi di machine learning permettono di analizzare i pattern di apprendimento, identificare lacune, suggerire contenuti personalizzati e prevedere difficoltà future. Le tecniche di learning analytics e data mining educativo consentono di modellare i processi di apprendimento degli studenti e di adattare dinamicamente i percorsi formativi alle loro esigenze individuali (Baker & Inventado, 2014). L'intelligenza artificiale offre nuove opportunità per personalizzare l'apprendimento e supportare lo sviluppo di

competenze integrate, rendendo i processi educativi più adattivi e basati sui dati (Holmes et al., 2019).

Il ruolo dell'ingegneria informatica è determinante in almeno tre direzioni:

a. Progettazione di sistemi adattivi intelligenti

Gli ingegneri informatici sviluppano architetture AI-driven in grado di:

- personalizzare i contenuti didattici;
- monitorare il progresso in tempo reale;
- costruire percorsi educativi su misura.

b. Analisi e gestione dei dati educativi (learning analytics)

La formazione moderna genera una quantità crescente di dati. L'ingegneria informatica rende possibile:

- estrarre conoscenza dai dati informatici rende data mining;
- costruire dashboard interpretative utili per docenti e studenti;
- garantire la sicurezza e la qualità dei dataset attraverso protocolli di cybersecurity.

c. Automazione intelligente delle attività educative

Sistemi basati su AI possono supportare:

- valutazione automatica e feedback immediato;
- tutoring virtuale intelligente;
- creazione di contenuti didattici dinamici e generativi.

Questi strumenti migliorano l'efficienza del processo formativo e liberano tempo per attività creative, progettuali e transdisciplinari.

4.4.3 Impatto sulla transdisciplinarità nel modello STEAM

La digitalizzazione e l'AI amplificano la natura transdisciplinare del modello STEAM, poiché permettono di integrare:

- modelli computazionali per analizzare fenomeni complessi (fisici, sociali, artistici);
- strumenti creativi digitali (grafica, audio, simulazioni, visualizzazioni);
- robotica, sensoristica e IoT, essenziali per connettere ambienti fisici e digitali;
- applicazioni di AI generativa, che aprono nuovi spazi di esplorazione tra arte, design e tecnologia.

La transdisciplinarità emerge come risposta alla complessità dei sistemi contemporanei, richiedendo strumenti cognitivi e tecnologici capaci di attraversare i confini disciplinari tradizionali (Nicolescu, 2014). Le tecnologie digitali amplificano la transdisciplinarità nel modello STEAM, creando ambienti di apprendimento in cui creatività, pensiero computazionale e conoscenza disciplinare convergono (Henriksen & Mishra, 2015).

L'ingegneria informatica offre il linguaggio comune che consente a queste componenti di dialogare, traducendo concetti disciplinari in modelli eseguibili, interoperabili e sperimentabili.

4.4.4 Responsabilità, etica e governance dei sistemi intelligenti

L'introduzione dell'AI nei contesti educativi solleva questioni etiche significative: bias algoritmici, protezione dei dati, trasparenza dei processi decisionali e rischio di dipendenza da sistemi automatizzati. L'adozione dell'intelligenza artificiale richiede un approccio etico integrato che consideri responsabilità, trasparenza e impatto sociale fin dalle fasi di progettazione dei sistemi (Floridi et al., 2018). I sistemi di intelligenza artificiale devono essere progettati e utilizzati secondo principi di affidabilità, trasparenza e rispetto dei diritti fondamentali, specialmente nei contesti educativi (European Commission, 2019).

L'ingegneria informatica contribuisce a mitigare tali criticità attraverso:

- progettazione etica dei sistemi;
- implementazione di protocolli di sicurezza e privacy-by-design;
- sviluppo di modelli trasparenti e interpretabili;
- promozione della digital literacy per studenti e docenti.

Questa dimensione è essenziale affinché la tecnologia rimanga uno strumento al servizio dell'apprendimento e non un fattore di disuguaglianza.

CAPITOLO 5 – Linee guida per l'istruzione transdisciplinare

5.Introduzione di Moduli STEAM Obbligatori per la Formazione Transdisciplinare in Ingegneria informatica

5.1 Proposta di framework educativo

La crescente complessità dei problemi sociali, scientifici ed economici richiede approcci formativi capaci di integrare saperi differenti e di superare i confini disciplinari tradizionali. In questo contesto, un framework educativo transdisciplinare deve essere strutturato per favorire la collaborazione tra ambiti eterogenei, la costruzione condivisa della conoscenza e la capacità degli studenti di affrontare problemi reali attraverso metodologie di integrazione cognitiva. L'ingegneria informatica, con la sua forte componente metodologica e tecnologica, svolge un ruolo cruciale nel rendere attuabile e scalabile tale modello. La transdisciplinarità fornisce una metodologia per affrontare la complessità dei problemi reali attraverso l'integrazione di differenti livelli di conoscenza e di pratiche disciplinari (Nicolescu, 2010).

I framework educativi STEAM favoriscono l'integrazione cognitiva e la collaborazione tra discipline, rendendo possibile un apprendimento orientato alla risoluzione di problemi complessi (Henriksen et al., 2016).

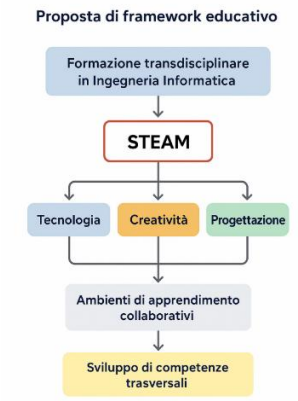


Figura 1 – Modello sintetico di integrazione STEAM nella formazione in Ingegneria Informatica.
Lo schema rappresenta un framework educativo in cui l'approccio STEAM funge da elemento centrale per connettere tecnologia, creatività e progettazione, promuovendo ambienti di apprendimento collaborativi e orientati allo sviluppo di competenze trasversali in un'ottica transdisciplinare.

5.1.1 Principi fondativi del framework

Il framework proposto si basa su quattro principi fondamentali:

1. **Integrazione disciplinare** – Le discipline vengono interpretate non come compartimenti stagni, ma come risorse cognitive da ricombinare dinamicamente per affrontare problemi complessi. Promuove una concezione non gerarchica delle conoscenze, in cui matematica, informatica, scienze naturali, arti e design concorrono alla costruzione di competenze complesse. In tale contesto, **l'ingegneria informatica** svolge una funzione di sintesi, fornendo modelli computazionali, architetture hardware–software e strumenti di simulazione capaci di rendere interoperabili i diversi domini disciplinari.

2. **Aspetti metodologici**– si basa sull'adozione di strategie didattiche attive, quali il *Problem-Based Learning*, il *Project-Based Learning* e il *Challenge-Based Learning*, ampiamente consolidate nell'ambito dell'ingegneria. Tali approcci favoriscono l'apprendimento esperienziale, la collaborazione interdisciplinare e lo sviluppo di competenze progettuali avanzate. In questo contesto, l'ingegneria informatica contribuisce in modo significativo alla strutturazione dei processi di progettazione, implementazione e validazione delle soluzioni, garantendo rigore metodologico e replicabilità.
3. **Aspetti tecnologici**– comprende l'impiego di infrastrutture digitali avanzate, quali ambienti di sviluppo software, piattaforme di simulazione, sistemi Internet of Things, strumenti di realtà aumentata e virtuale e applicazioni basate su intelligenza artificiale. L'Ingegneria Informatica assume qui un ruolo determinante nella selezione, integrazione e ottimizzazione delle tecnologie, assicurando l'affidabilità, la scalabilità e la sostenibilità delle soluzioni educative proposte.
4. Un ulteriore elemento qualificante del framework è rappresentato dagli **aspetti creativi e umanistici**, che valorizza l'integrazione delle arti e del design come fattori essenziali per lo sviluppo del pensiero critico, della creatività e della consapevolezza etica. In questo ambito, l'ingegneria informatica contribuisce alla progettazione di sistemi interattivi e interfacce centrate sull'utente, favorendo un approccio *human-centered* alla tecnologia.

L'ingegneria informatica contribuisce direttamente a ciascuno di questi principi, fornendo metodi sistematici, strumenti digitali avanzati e modelli concettuali utili per la strutturazione del sapere transdisciplinare.

5.1.2 Articolazione del framework

Il framework educativo si struttura su tre livelli operativi – infrastrutturale, metodologico e applicativo – ciascuno dei quali beneficia dell'apporto dell'ingegneria informatica.

Nel modello STEAM, l'ingegneria informatica costituisce l'asse portante dei livelli infrastrutturale, metodologico e applicativo del framework educativo, fornendo le architetture digitali, gli strumenti di progettazione computazionale e i processi di integrazione necessari a rendere operativa la transdisciplinarità tra scienze, tecnologia, arti e ingegneria (Henriksen, Mishra & Mehta, 2015). *Un framework educativo transdisciplinare efficace richiede una stratificazione operativa in cui le infrastrutture tecnologiche, le metodologie didattiche attive e le applicazioni progettuali siano strettamente interconnesse; in tale prospettiva, l'ingegneria informatica svolge un ruolo abilitante nel collegare i diversi livelli del modello STEAM, trasformando l'integrazione disciplinare in pratiche didattiche concrete e scalabili* (Yakman & Lee, 2012).

Livello 1: infrastrutturale – Ecosistemi digitali integrati

Un'istruzione transdisciplinare efficace richiede piattaforme digitali capaci di integrare materiali, dati e strumenti provenienti da diversi domini disciplinari. L'ingegneria informatica consente di progettare e implementare:

- ambienti di apprendimento digitalizzati basati su cloud, che consentono l'accesso ubiquo ai contenuti;
- sistemi informativi modulari capaci di aggregare risorse da fonti differenti (dataset scientifici, strumenti software, simulazioni);
- laboratori virtuali e ambienti di simulazione per permettere esperimenti interdisciplinari in contesti controllati;
- infrastrutture AI-driven per personalizzare percorsi formativi e suggerire risorse pertinenti in base ai profili degli studenti.

Tali sistemi permettono agli studenti di interagire con contenuti provenienti da ambiti diversi (ad esempio ingegneria, biologia, economia, scienze umane e sociali) in modalità coordinata e semplificano la gestione della complessità informativa tipica dei processi transdisciplinari.

Livello 2: metodologico – Approcci computazionali e processi di integrazione

La dimensione metodologica è fondamentale per la transdisciplinarità, e l'ingegneria informatica offre strumenti e concetti chiave per formalizzare, gestire e integrare conoscenze eterogenee. Tra i contributi più rilevanti:

- modellazione computazionale di sistemi complessi, utile per rappresentare e studiare fenomeni che emergono dall'interazione di molteplici variabili (ad es. modelli socio-tecnici, simulazioni agent-based, digital twins);
- metodologie di data-driven reasoning, attraverso cui analisi statistiche, machine learning e data mining supportano l'estrazione di pattern dalle diverse discipline coinvolte;

- standard di interoperabilità semantica, come ontologie e knowledge graphs, che consentono di collegare concetti appartenenti a domini differenti;
- approcci ingegneristici al problem solving, basati su decomposizione funzionale, design thinking, ingegneria dei requisiti e valutazione iterativa.

Grazie a questi strumenti, il framework educativo può adottare un rigore metodologico che facilita l'aggregazione e la correlazione delle conoscenze provenienti dai vari ambiti disciplinari.

Livello 3: applicativo – Progetti transdisciplinari e learning-by-doing

Il livello applicativo rappresenta il cuore della proposta e consiste nell'introduzione sistematica di progetti transdisciplinari guidati da problemi reali.
Esempi di applicazioni includono:

- analisi dei rischi ambientali integrando ingegneria informatica, scienze naturali e discipline socioeconomiche;
- progettazione di sistemi di monitoraggio basati su IoT, che richiedono competenze informatiche, ingegneristiche, etiche e organizzative;
- sviluppo di strumenti di supporto decisionale che impiegano tecniche di intelligenza artificiale, utili in ambiti come la sanità pubblica, la pianificazione urbana o la gestione delle risorse;
- percorsi di innovazione e imprenditorialità che combinano design, business, tecnologia e impatto sociale.

In questi progetti, l'ingegnere informatico svolge un ruolo centrale: fornisce soluzioni tecnologiche, modelli di calcolo e metodologie di analisi che permettono di integrare contributi provenienti da diverse discipline in un'unica architettura progettuale coerente.

5.1.3 Benefici attesi del framework

L'adozione del framework proposto comporta diversi benefici:

- **Maggiore capacità di affrontare problemi complessi**, grazie alla combinazione di analisi qualitativa e quantitativa.
- **Sviluppo di competenze trasversali**, come pensiero critico, creatività e cooperazione interdisciplinare.
- **Potenziale innovativo elevato**, derivante dall'intersezione di domini diversi sostenuta dalle tecnologie digitali.
- **Accesso a un apprendimento personalizzato**, reso possibile dall' ingegneria informatica e dai sistemi intelligenti.

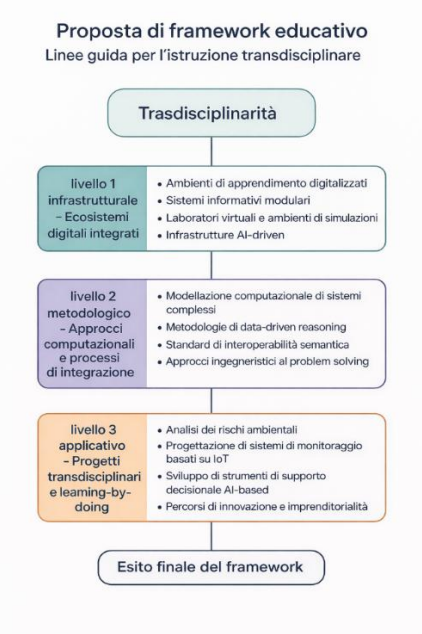


Figura 2 – Framework educativo transdisciplinare per l'integrazione del modello STEAM in Ingegneria Informatica.
Lo schema illustra una struttura articolata su tre livelli operativi – infrastrutturale, metodologico e applicativo – connessi verticalmente dal principio guida della trasdisciplinarità. Il livello infrastrutturale definisce gli ecosistemi digitali integrati e le infrastrutture AI-driven; il livello metodologico introduce approcci computazionali e processi di integrazione cognitiva; il livello applicativo traduce tali elementi in progetti transdisciplinari basati su learning-by-doing. L'interazione sistemica tra i tre livelli conduce all'esito finale del framework, inteso come trasformazione didattica orientata all'innovazione e all'integrazione disciplinare.

In sintesi, il framework educativo proposto rappresenta un modello scalabile, sostenibile e coerente con le esigenze della società contemporanea, nel quale l'ingegneria informatica funge da abilitatore strutturale, metodologico e operativo.

5.2 Esempi di moduli didattici tecno-artistici

Nel contesto dell'istruzione transdisciplinare, i **moduli didattici tecno-artistici** rappresentano uno strumento operativo fondamentale per l'implementazione concreta del modello STEAM, consentendo l'integrazione sistematica tra **ingegneria informatica, discipline artistiche e processi creativi**. Tali moduli sono progettati per favorire l'apprendimento attivo e significativo attraverso attività che combinano **pensiero computazionale, progettazione ingegneristica e produzione espressiva**, superando la tradizionale separazione tra ambiti tecnico-scientifici e umanistici.

I moduli didattici basati su pratiche di making e progettazione digitale favoriscono un apprendimento attivo in cui competenze tecnologiche e creative si sviluppano in modo integrato (Peppler et al., 2016). I media computazionali rappresentano uno spazio progettuale condiviso in cui processi ingegneristici e pratiche artistiche convergono, rendendo possibile una didattica tecno-artistica integrata (Manovich, 2013).

Dal punto di vista dell'**ingegneria informatica,** questi moduli si basano sull'utilizzo di architetture hardware-software, ambienti di sviluppo e sistemi interattivi che fungono da piattaforme abilitanti per la sperimentazione creativa. L'obiettivo non è soltanto l'acquisizione di competenze tecniche, ma lo sviluppo di capacità di **modellazione, astrazione, integrazione di sistemi e problem solving complesso**, applicate a contesti progettuali multidimensionali.

Nel contesto dell'Università di Genova, l'introduzione di moduli didattici tecno-artistici rappresenterebbe un'evoluzione significativa rispetto all'attuale impostazione prevalentemente tecnico-disciplinare dei corsi di Ingegneria Informatica. Pur disponendo di solide competenze in ambito informatico, ingegneristico e scientifico, l'offerta formativa tende infatti a privilegiare approcci analitici e specialistici, lasciando uno spazio limitato a pratiche progettuali che integrino dimensioni creative, espressive e culturali.

L'adozione di moduli tecno-artistici, ispirati al modello STEAM, potrebbe valorizzare le infrastrutture già presenti nell'Ateneo — come laboratori informatici, competenze in software engineering, data visualization, realtà virtuale e intelligenza artificiale — mettendole in dialogo con ambiti quali il design, la comunicazione visiva, le arti digitali e le scienze umane. In questo senso, l'Ingegneria Informatica fungerebbe da **ponte epistemologico e tecnologico**, fornendo gli strumenti computazionali necessari per trasformare processi creativi in sistemi interattivi, applicazioni e prototipi digitali.

Nel caso genovese, tali moduli potrebbero inoltre favorire una maggiore collaborazione interdipartimentale, coinvolgendo strutture afferenti all'area umanistica, architettonica o del design, superando la tradizionale separazione tra saperi tecnici e artistici. Questa integrazione risulterebbe coerente con le esigenze di un territorio caratterizzato da una forte vocazione tecnologica e industriale, ma anche da una crescente domanda di competenze legate all'innovazione creativa, alla comunicazione digitale e alla progettazione di esperienze interattive.

Infine, l'introduzione di moduli tecno-artistici all'Università di Genova consentirebbe di allineare l'offerta formativa agli standard europei più avanzati in ambito STEAM, rafforzando la preparazione degli studenti verso profili professionali ibridi. Tali profili, sempre più richiesti dal mercato del lavoro, richiedono infatti la capacità di integrare pensiero computazionale, progettazione ingegneristica e sensibilità creativa — una sintesi che i moduli tecno-artistici sono particolarmente efficaci nel promuovere.

Un primo esempio significativo è costituito dai **moduli di creative coding**, nei quali la programmazione viene utilizzata come linguaggio espressivo. Attraverso l'impiego di framework e ambienti come *Processing*, *p5.js* o *OpenFrameworks*, gli studenti progettano artefatti visivi, installazioni digitali o animazioni generative. In questo contesto, concetti fondamentali dell'ingegneria informatica quali strutture dati, algoritmi, gestione degli eventi e architetture software modulari vengono applicati alla creazione artistica, favorendo una comprensione profonda e contestualizzata dei principi computazionali.

Un secondo ambito rilevante riguarda i **moduli di interaction design e physical computing**, basati sull'integrazione di microcontrollori, sensori e attuatori con elementi artistici e di design. L'utilizzo di piattaforme come *Arduino*, *Raspberry Pi* o sistemi embedded consente agli studenti di sviluppare installazioni interattive, dispositivi espressivi o prototipi esperienziali. In tali moduli, l'ingegneria informatica assume il ruolo di struttura portante, attraverso la progettazione dei sistemi di controllo, la gestione dei flussi di dati e l'integrazione hardware-software, mentre l'arte contribuisce alla definizione dell'esperienza utente e della dimensione comunicativa del progetto.

Ulteriori esempi includono i **moduli di modellazione e fabbricazione digitale**, nei quali strumenti di progettazione assistita (CAD), stampa 3D e tecnologie di prototipazione rapida vengono utilizzati per realizzare oggetti o installazioni a forte valenza estetica e funzionale. In questo caso, il contributo dell'ingegneria informatica si manifesta nella gestione dei processi digitali, nell'ottimizzazione dei modelli computazionali e nella simulazione dei comportamenti dei sistemi, mentre l'approccio artistico orienta le scelte formali e simboliche.

Particolarmente rilevanti sono anche i **moduli basati su realtà aumentata e realtà virtuale**, che combinano sviluppo software, grafica computazionale e narrazione immersiva. Tali attività permettono di affrontare temi complessi quali la visualizzazione dei dati, la simulazione di sistemi e l'interazione uomo-macchina, offrendo agli studenti l'opportunità di applicare competenze avanzate di programmazione, progettazione di architetture software e gestione delle prestazioni in ambienti immersivi.

Nel complesso, gli esempi di moduli didattici tecno-artistici evidenziano come l'approccio STEAM consenta di valorizzare **l'ingegneria informatica non solo come disciplina tecnica**, ma come **elemento integratore** capace di connettere creatività, tecnologia e pensiero sistemico. Tali moduli favoriscono la formazione di profili professionali flessibili e interdisciplinari, in grado di affrontare problemi complessi, progettare soluzioni innovative e operare efficacemente nei contesti della società digitale e dell'industria culturale contemporanea.

5.3 Suggerimenti per la formazione dei docenti

L'implementazione efficace di modelli educativi transdisciplinari basati sull'approccio **STEAM** richiede un profondo ripensamento dei percorsi di **formazione dei docenti**, in particolare nei contesti dell'istruzione superiore e dell'educazione tecnico-scientifica. La centralità delle tecnologie digitali e dei sistemi computazionali impone infatti un'evoluzione del profilo docente, che deve acquisire competenze non solo disciplinari, ma anche metodologiche, tecnologiche e sistemiche. In questo contesto, **l'ingegneria informatica** svolge un ruolo determinante nel definire contenuti, strumenti e strategie per una formazione docente adeguata alle esigenze della società digitale.

La formazione dei docenti deve integrare conoscenze disciplinari, pedagogiche e tecnologiche al fine di sostenere pratiche didattiche innovative e interdisciplinari (Mishra & Koehler, 2006).

La formazione dei docenti orientata allo STEAM deve promuovere competenze creative e tecnologiche che permettano di progettare ambienti di apprendimento transdisciplinari (Henriksen et al., 2016).

Un primo elemento chiave riguarda lo sviluppo di **competenze digitali avanzate**, che vadano oltre l'uso strumentale delle tecnologie educative. I docenti coinvolti in percorsi STEAM devono possedere una comprensione di base dei principi dell'ingegneria informatica, quali architetture hardware–software, programmazione, gestione dei dati e sicurezza informatica. Tali competenze consentono di utilizzare consapevolmente piattaforme digitali, ambienti di simulazione e sistemi intelligenti, garantendo affidabilità, riproducibilità e rigore scientifico nelle attività didattiche.

Dal punto di vista metodologico, la formazione dei docenti dovrebbe includere l'acquisizione di **approcci didattici in parte ispirati all'ingegneria dei sistemi**, come il *Problem-Based Learning*, il *Project-Based Learning* e il *Design Thinking*. Queste metodologie, ampiamente utilizzate nell'ambito dell'ingegneria informatica, favoriscono la progettazione di percorsi formativi orientati alla risoluzione di problemi complessi e multidimensionali. Il docente assume così il ruolo di facilitatore e progettista dell'apprendimento, capace di guidare gli studenti attraverso fasi di analisi, modellazione, implementazione e validazione delle soluzioni.

Un ulteriore aspetto fondamentale riguarda la **formazione interdisciplinare e transdisciplinare** dei docenti. In un modello STEAM maturo, l'insegnante deve essere in grado di dialogare efficacemente con professionisti e colleghi provenienti da ambiti diversi, condividendo un linguaggio comune basato su concetti computazionali e modelli formali. L'ingegneria informatica, grazie alla sua natura integrativa, fornisce strumenti concettuali — come l'astrazione, la modularità e l'interoperabilità — che facilitano la collaborazione tra discipline scientifiche, artistiche e umanistiche.

La formazione docente dovrebbe inoltre includere una componente significativa dedicata all'**utilizzo di tecnologie emergenti**, quali intelligenza artificiale, Internet of Things, realtà aumentata e virtuale, e fabbricazione digitale. In questo ambito, l'Ingegneria Informatica contribuisce alla comprensione dei meccanismi di funzionamento di tali tecnologie, evitando un approccio meramente applicativo o superficiale. Ciò permette ai docenti di progettare esperienze didattiche fondate su basi tecniche solide, favorendo al contempo l'innovazione pedagogica.

Particolare attenzione deve essere riservata anche agli aspetti **etici, di sicurezza e di sostenibilità** legati all'uso delle tecnologie digitali. La formazione dei docenti in ambito STEAM dovrebbe includere moduli dedicati all'etica dell'intelligenza artificiale, alla protezione dei dati e alla progettazione responsabile dei sistemi tecnologici. Il contributo dell'ingegneria informatica risulta essenziale per fornire strumenti di valutazione del rischio, modelli di sicurezza e criteri di progettazione sostenibile, elementi imprescindibili per una didattica consapevole e responsabile.

Infine, si raccomanda l'adozione di **percorsi di formazione continua**, supportati da piattaforme digitali e comunità di pratica, che consentano ai docenti di aggiornare costantemente le proprie competenze. In tale prospettiva, l'ingegneria informatica può facilitare la creazione di ambienti di apprendimento adattivi e data-driven, capaci di monitorare i progressi formativi e di personalizzare i percorsi di aggiornamento.

In sintesi, i suggerimenti per la formazione dei docenti delineati in questa sezione evidenziano come **l'ingegneria informatica** rappresenti un elemento strategico per l'implementazione dell'approccio STEAM. Attraverso l'integrazione di competenze tecniche, metodologiche e sistemiche, la formazione docente diventa il fattore abilitante per la realizzazione di un'istruzione transdisciplinare efficace, sostenibile e orientata all'innovazione, in grado di rispondere alle sfide educative e tecnologiche del futuro.

5.4 Strategie di valutazione dell'apprendimento transdisciplinare

La valutazione dell'apprendimento in un contesto transdisciplinare basato sul modello STEAM rappresenta una sfida metodologica di particolare rilevanza, poiché richiede il superamento dei tradizionali strumenti di misurazione disciplinare a favore di approcci capaci di cogliere la **complessità dei processi cognitivi, progettuali e collaborativi** attivati dagli studenti. Ad esempio, nell'ambito dell'**ingegneria informatica**, tali strategie devono essere in grado di valutare non solo l'acquisizione di competenze tecnico-informatiche, ma anche la capacità di integrarle efficacemente con dimensioni creative, progettuali e riflessive.

Un primo principio guida della valutazione transdisciplinare è l'adozione di **criteri multidimensionali**, che considerino simultaneamente conoscenze, competenze e atteggiamenti. In particolare, la valutazione deve includere: (i) competenze tecniche specifiche dell'ingegneria informatica, quali programmazione, progettazione di sistemi, gestione di architetture hardware-software e analisi dei dati; (ii) competenze trasversali, tra cui problem solving complesso, pensiero critico, collaborazione interdisciplinare e comunicazione efficace; (iii) dimensioni creative ed espressive, legate alla capacità di tradurre concetti computazionali in artefatti significativi dal punto di vista estetico e funzionale.

In questo contesto, assumono un ruolo centrale le **rubriche di valutazione analitiche**, progettate per rendere espliciti i criteri di giudizio e garantire trasparenza e coerenza nel processo valutativo. Le rubriche consentono di articolare il livello di padronanza delle competenze su più dimensioni, permettendo una valutazione comparabile tra studenti e progetti differenti. In ambito STEAM, tali strumenti risultano particolarmente efficaci per valutare prodotti complessi, come prototipi interattivi, applicazioni software, installazioni digitali o sistemi cyber-fisici.

Un ulteriore elemento fondamentale è rappresentato dalla **valutazione autentica**, che si basa su compiti di realtà e progetti applicativi. Invece di prove esclusivamente teoriche, gli studenti sono valutati attraverso la progettazione, lo sviluppo e la presentazione di artefatti concreti, spesso realizzati in contesti collaborativi. Questo approccio consente di osservare in modo diretto l'applicazione delle competenze dell'ingegneria

informatica in situazioni realistiche, valutando la capacità di affrontare vincoli tecnici, requisiti funzionali e aspetti estetico-comunicativi.

Accanto alla valutazione del prodotto finale, risulta essenziale considerare anche la **valutazione del processo di apprendimento**. In un'ottica transdisciplinare, il percorso progettuale assume un valore formativo pari, se non superiore, al risultato conclusivo. Strumenti quali diari di bordo, portfolio digitali e report di progetto permettono di documentare le scelte progettuali, le iterazioni, gli errori e le strategie di miglioramento adottate dagli studenti. Tali evidenze risultano particolarmente rilevanti per l'ingegneria informatica, dove la capacità di iterare e ottimizzare soluzioni rappresenta una competenza chiave.

La **valutazione formativa** assume un ruolo strategico nell'ambito STEAM, favorendo un feedback continuo e orientato al miglioramento. Attraverso revisioni periodiche, sessioni di peer review e momenti di confronto interdisciplinare, gli studenti possono riflettere criticamente sul proprio lavoro e sviluppare consapevolezza metacognitiva. Questo approccio contribuisce a rafforzare l'autonomia e la responsabilità dello studente nel processo di apprendimento.

Infine, un aspetto innovativo della valutazione transdisciplinare riguarda l'integrazione di **strumenti digitali e analitiche dell'apprendimento**. Piattaforme di e-learning, ambienti collaborativi e sistemi di controllo di versione del codice consentono di tracciare il contributo individuale e di gruppo, fornendo dati oggettivi a supporto della valutazione. Nell'ambito dell'ingegneria informatica, tali strumenti permettono di monitorare parametri quali la qualità del codice, la frequenza delle iterazioni e la gestione dei repository, integrando la valutazione qualitativa con indicatori quantitativi.

In sintesi, le strategie di valutazione dell'apprendimento transdisciplinare nel modello STEAM richiedono un approccio sistemico, capace di integrare **valutazione tecnica, creativa e di processo**. Per una tesi magistrale in ingegneria informatica, tali strategie rappresentano un elemento chiave per garantire coerenza tra obiettivi formativi, metodologie didattiche e risultati di apprendimento, contribuendo alla formazione di professionisti in grado di operare efficacemente in contesti complessi, innovativi e interdisciplinari.

5.5 Linee guida per future implementazioni Erasmus+

Le future implementazioni di programmi Erasmus+ orientati all'istruzione transdisciplinare basata sul modello STEAM rappresentano un'opportunità strategica per rafforzare l'innovazione didattica e la cooperazione internazionale nel settore dell'ingegneria informatica. In tale prospettiva, è fondamentale definire linee guida che consentano di progettare interventi sostenibili, scalabili e coerenti con gli obiettivi di modernizzazione dell'istruzione superiore promossi dall'Unione Europea.

Un primo elemento chiave riguarda la **progettazione di curricula condivisi e modulari**, capaci di integrare competenze ingegneristiche avanzate con contributi provenienti dalle arti, dalle scienze sociali e dalle discipline umanistiche. I programmi Erasmus+ dovrebbero favorire la creazione di moduli didattici flessibili, riconoscibili tramite sistemi di crediti interoperabili (ECTS), che consentano agli studenti di ingegneria informatica di sviluppare competenze tecniche approfondite (programmazione, sistemi embedded, intelligenza artificiale, Internet of Things) in un contesto autenticamente transdisciplinare.

Un secondo aspetto rilevante concerne il **ruolo della mobilità fisica e virtuale**. Le future iniziative Erasmus+ dovrebbero combinare mobilità tradizionale con modelli di *blended mobility*, sfruttando piattaforme digitali collaborative e ambienti di apprendimento virtuali. Nell'ambito di ingegneria informatica, tali strumenti permettono di realizzare progetti distribuiti, in cui studenti e docenti di diversi Paesi cooperano allo sviluppo di sistemi software e hardware complessi, simulando contesti di lavoro internazionali tipici dell'industria tecnologica.

La **collaborazione strutturata tra università, centri di ricerca, FabLab e partner industriali** costituisce un ulteriore pilastro delle implementazioni future. I progetti Erasmus+ dovrebbero promuovere ecosistemi di apprendimento che mettano in relazione il mondo accademico con quello produttivo e culturale, favorendo l'accesso a infrastrutture tecnologiche avanzate e a casi di studio reali. In questo contesto, l'ingegneria informatica assume il ruolo di infrastruttura abilitante, fornendo le competenze necessarie per la prototipazione, l'analisi dei dati e lo sviluppo di soluzioni digitali innovative.

Particolare attenzione deve essere dedicata alla **formazione e al coordinamento del corpo docente** coinvolto nei progetti Erasmus+. Le future implementazioni dovrebbero prevedere programmi di aggiornamento professionale specifici sull'approccio STEAM, sulle metodologie didattiche attive e sull'uso di tecnologie digitali avanzate. Per i docenti di ingegneria informatica, ciò implica non solo il consolidamento delle competenze tecniche, ma anche lo sviluppo di capacità di mediazione interdisciplinare e progettazione didattica integrata.

Un ulteriore ambito di intervento riguarda la **valutazione dell'impatto e la disseminazione dei risultati**. I progetti Erasmus+ dovrebbero includere indicatori chiari per misurare l'efficacia delle attività transdisciplinari in termini di apprendimento, occupabilità e sviluppo di competenze chiave. La diffusione di *best practices*, linee guida operative e risorse open access risulta essenziale per garantire la replicabilità delle esperienze e il loro adattamento a contesti educativi differenti.

Infine, le future implementazioni Erasmus+ dovrebbero essere orientate a principi di **inclusività, sostenibilità e responsabilità sociale**. L'integrazione del modello STEAM nell'ingegneria informatica deve contribuire a ridurre le disuguaglianze di accesso alle competenze digitali, promuovere la partecipazione di gruppi sottorappresentati e

favorire lo sviluppo di tecnologie eticamente responsabili. In questo senso, i programmi Erasmus+ possono fungere da catalizzatori per la formazione di ingegneri informatici consapevoli del ruolo sociale e culturale delle tecnologie digitali.

In conclusione, le linee guida per future implementazioni Erasmus+ delineano un quadro strategico in cui **l'ingegneria informatica,** integrata nell'approccio STEAM, assume una funzione centrale nello sviluppo di percorsi formativi innovativi, collaborativi e orientati alle sfide globali. Tali iniziative rappresentano un elemento chiave per la costruzione di uno Spazio Europeo dell'Istruzione capace di rispondere alle esigenze di una società sempre più digitale e interconnessa.

Conclusioni

La presente tesi ha esplorato il modello STEAM come quadro interpretativo e operativo per l'evoluzione dell'istruzione superiore, con particolare riferimento all'Ingegneria

Informatica come disciplina cardine nei processi di integrazione transdisciplinare. L'analisi condotta nei diversi capitoli ha mostrato come le trasformazioni tecnologiche, sociali e culturali in atto richiedano un ripensamento profondo dei modelli formativi tradizionali, soprattutto nei percorsi ingegneristici orientati al digitale.

Dal punto di vista teorico, l'approfondimento dei modelli multidisciplinari, interdisciplinari e transdisciplinari ha permesso di collocare l'Ingegneria Informatica in una posizione strategica: essa non si limita a fornire strumenti tecnici, ma contribuisce alla costruzione di linguaggi comuni tra discipline diverse, rendendo possibile l'integrazione tra astrazione matematica, progettazione tecnologica e dimensione creativa. In questo senso, l'ingegneria informatica emerge come una disciplina-ponte, capace di sostenere la complessità dei sistemi contemporanei.

L'analisi del modello STEAM ha evidenziato come l'introduzione strutturata delle arti nei percorsi STEM non rappresenti un elemento accessorio, bensì un fattore abilitante per lo

sviluppo di competenze chiave quali il pensiero progettuale, la creatività computazionale e la sensibilità verso l'esperienza utente. Le applicazioni tecnologiche analizzate — dalla realtà aumentata e virtuale al creative coding e alla digital fabrication — confermano il ruolo centrale dell'Ingegneria Informatica nel rendere operativa questa integrazione, fornendo infrastrutture, metodologie e ambienti di sviluppo capaci di connettere domini eterogenei.

Lo studio dei curricula e dei corsi universitari europei ha mostrato una progressiva convergenza verso modelli formativi orientati alle competenze, in cui l'ingegneria informatica assume una funzione strutturante. I risultati emersi dall'analisi documentale e dai dati Erasmus+ indicano che, pur in presenza di approcci ancora eterogenei, si sta affermando una visione dell'ingegnere informatico come professionista in grado di operare in contesti complessi, collaborativi e transdisciplinari. Tuttavia, tale trasformazione risulta spesso implicita e non sempre tradotta in scelte curricolari sistematiche.

Alla luce di queste considerazioni, il contributo principale di questa tesi risiede nell'aver evidenziato come l'Ingegneria Informatica possa evolvere da disciplina prevalentemente tecnica a motore di integrazione culturale e progettuale all'interno del modello STEAM. In prospettiva futura, ciò implica la necessità di una progettazione curricolare più consapevole, capace di valorizzare metodologie attive, collaborazione interdisciplinare e

valutazione orientata alle competenze, senza rinunciare al rigore formale che caratterizza la disciplina.

In conclusione, l'ingegneria informatica si configura come un ambito privilegiato per sperimentare e consolidare approcci transdisciplinari nell'istruzione superiore. L'adozione critica del modello STEAM può contribuire a formare ingegneri informatici non solo competenti dal punto di vista tecnico, ma anche capaci di interpretare e progettare il cambiamento tecnologico in modo responsabile, creativo e sostenibile.

Bibliografia

- Adam, S. (2004). *Using Learning Outcomes: A Consideration of the Nature, Role, Application and Implications for European Education*. Edinburgh: Scottish Executive.
- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). *Educational Data Mining and Learning Analytics*. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning Analytics: From Research to Practice*. Springer.
- Berry, D. M., & Fagerjord, A. (2017). *Digital Humanities: Knowledge and Critique in a Digital Age*. Cambridge: Polity Press.
- Bertalanffy, V. (1968). General System Theory: Foundations, Development, Applications.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). Maidenhead: Open University Press.
- Bologna Working Group on Qualifications Frameworks. (2005). *A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area*. Copenhagen: Ministry of Science, Technology and Innovation.
- Bowen, G. A. (2009). *Document Analysis as a Qualitative Research Method.* Qualitative Research Journal, 9(2), 27–40.
- Burnard, P., Colucci-Gray, L., Dillon, S., & Sæther, E. (2021). *Creativity, Culture and Education: Exploring Cultural Intersections*. London: Routledge.
- Burnard, P., Colucci-Gray, L., Dillon, S., & Lindley, J. (2021). *Transdisciplinarity in Education: A Critical Review of Practice*. Studies in Science Education, 57(1), 1–38.
- Capra, Luisi. (2014). Vita e Natura. Una visione sistemica. Aboca.
- Capra, Luisi. (2014). The Systems View of Life: A Unifying Vision (Cambridge University Press).
- Candy, L., & Edmonds, E. (2011). *Interacting: Art, Research and the Creative Practitioner*. Faringdon: Libri Publishing.
- Ciotti, F., & Tomasi, F. (2016). *Digital Humanities and the Textual Heritage*. In *Digital Scholarly Editing: Theories and Practices*. Open Book Publishers.
- Dag, H. (2014). Twisting knobs and connecting things: Rethinking Technology & Creativity in the 21st Century.
- Denning, P. J. (2017). *Remaining Trouble Spots with Computational Thinking*. Communications of the ACM, 60(6), 33–39.

- Denning, P. J. (2017). *Computational Thinking in Science, Technology, and Society*. In *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*. Cambridge University Press.
- Denning, P. J., & Tedre, M. (2019). *Computational Thinking*. MIT Press.
- Denning, P. J., & Tedre, M. (2019). *Computational Thinking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- de Vries, M. J. (2018). *Technology Education: An International History*. Cham: Springer.
- European Commission. (2017). *European Qualifications Framework for lifelong learning (EQF)*. Publications Office of the European Union. https://europass.europa.eu/en/european-qualifications-framework-eqf.
- European Commission. (2017). *Strengthening Innovation in Europe's Universities: The Role of Universities in Innovation Ecosystems*. Brussels.
- European Commission. (2018). *Erasmus+ Programme Guide*. Brussels.
- European Commission/EACEA/Eurydice. (2018). *The European Higher Education Area in 2018: Bologna Process Implementation Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission. (2019). *Erasmus+ Annual Report 2018*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission. (2019). *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence.
- European Commission. (2020). *Erasmus+ Programme Guide*. Brussels : European Commission.
- European Commission. (2020). *Digital Education Action Plan 2021–2027: Resetting Education and Training for the Digital Age*. Brussels.
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., et al. (2018). *AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society*. Minds and Machines, 28(4), 689–707.
- González, J., & Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report. Phase One*. Bilbao: University of Deusto.
- González, J., & Wagenaar, R. (2005). *Tuning Educational Structures in Europe II: Universities' Contribution to the Bologna Process*. Bilbao: University of Deusto.
- Halinen, I., Harmanen, M., & Mattila, P. (2016). *Making Sense of Complexity of the World Today: Why Finland Is Introducing Multiliteracy in Basic Education*. In *Improving Schools*, 19(1), 3–18.

- Henriksen, D. (2014). *Full STEAM Ahead: Creativity in Excellence*. The STEAM Journal, 1(2), Article 15.
- Henriksen, D. (2014). *Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices*. The STEAM Journal, 1(2).
- Henriksen, D., & Mishra, P. (2015). *We Teach Who We Are: Creativity and Technology in the Classroom*. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Springer.
- Henriksen, D., & Mishra, P. (2015). *We Teach Who We Are: Creativity in the Classroom*. Journal of Education, 195(3), 1–12.
- Henriksen, D., Mishra, P., & the Deep-Play Research Group. (2016). *Infusing Creativity and Technology in 21st Century Education: A Systemic View for Change.* Educational Technology & Society, 19(3), 27–37.
- Henriksen, D., Mishra, P., & the Deep-Play Research Group. (2016). *Rethinking Technology & Creativity in the 21st Century*. TechTrends, 60(3), 246–253.
- Henriksen, D., Mishra, P., & the Deep-Play Research Group. (2016). *Infusing Creativity and Innovation into Education: A Framework for Integrative STEAM Learning*. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Springer.
- Henriksen, D., Mishra, P., & Mehta, R. (2015). *Infusing creativity and technology in education: A framework for integrative STEAM learning*. **TechTrends**, 59(6), 35–43. https://doi.org/10.1007/s11528-015-0896-1.
- Henriksen, D., Henderson, M., & Creely, E. (2019). *Creativity and Technology in Education: An Introduction*.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Jantsch, E. (1970). *Technological Planning and Social Futures. New York, Wiley.*
- Jantsch, E. (1972). Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. Policy Sciences, Volume 1, Issue 1, p. 403-428.
- Jahnke, I., Norqvist, L., & Olsson, A. (2017). *Digital Didactical Designs: Transforming Learning in Higher Education*. In *Proceedings of the 11th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2016)*, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), vol. 10474. Springer.

- Klein, J. T. (2010). A Taxonomy of Interdisciplinarity. In R. Frodeman et al. (Eds.), The Oxford Handbook of Interdisciplinarity. Oxford University Press.
- Klein, J. T. (2013). The Transdisciplinary Moment(um). *Integral Review: A Transdisciplinary & Transcultural Journal*, 2013, Vol. 9, No. 2, pp. 190-199.
- Klein, J. T. (2004). *Interdisciplinarity and Complexity: An Evolving Relationship*. E:CO, 6(1–2), 2–10.
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology*. Routledge.
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education, 69*(6), 44–49.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016).
- Manovich, L. (2013). *Software Takes Command*. New York: Bloomsbury Academic.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marzocca, F. (2014). Il nuovo approccio scientifico verso la transdisciplinarità. Rivista ATOPON Ottobre 2014 Mythos Edition Pag 16-20.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR). (2015). *Piano Nazionale Scuola Digitale (PNSD)*. Roma: MIUR.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054.
- Morin, E. (1999). *La testa ben fatta*.
- Nicolescu, B. (2008). *Transdisciplinarity: Theory and Practice*. Hampton Press.
- Nicolescu, B. (2010). *Methodology of Transdisciplinarity – Levels of Reality, Logic of the Included Middle and Complexity*. Transdisciplinary Journal of Engineering & Science, 1(1), 19–38.
- Nicolescu, B. (2014). Il Manifesto della Transdisciplinarità. Armando Siciliano Editore.
- Nicolescu, B. (2014). *From Modernity to Cosmodernity: Science, Culture, and Spirituality*. SUNY Press.

- Nicolescu, B. (2014). *Methodology of Transdisciplinarity – Levels of Reality, Logic of the Included Middle and Complexity*. Springer.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *OECD Skills Outlook 2019: Thriving in a Digital World*. Paris: OECD Publishing.
- O'Neill, G. (2015). *Curriculum Design in Higher Education: Theory to Practice*. Dublin: UCD Teaching & Learning.
- Parkes, J., & Harris, M. B. (2002). *The Purposes of a Syllabus*. College Teaching, 50(2), 55–61.
- Paul, C. (2015). *Digital Art* (3rd ed.). London: Thames & Hudson.
- Peppler, K., & Wohlwend, K. (2018). *Theorizing the nexus of STEAM practice*. Arts Education Policy Review, 119(2), 88–99.
- Peppler, K., Halverson, E. R., & Kafai, Y. B. (2016). *Makeology: Makerspaces as Learning Environments*. Routledge.
- Piaget, J. (1970). *Interdisciplinarity: Teaching and Research Problems in Universities*.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). *A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda*. Computers & Education, 147, 103778.
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Rienties, B., Hernández Nanclares, N., Jindal-Snape, D., & Alcott, P. (2014). *The Role of Cultural Background in a Collaborative Learning Environment*. International Journal of Intercultural Relations, 41, 95–108.
- Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2011). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Scott, J. (1990). *A Matter of Record: Documentary Sources in Social Research*. Cambridge: Polity Press.
- Senge, P. (2006). The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization.
- Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge University Press.

- Teichler, U. (2015). *Higher Education and the World of Work: Conceptual Frameworks, Comparative Perspectives, Empirical Findings*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Wiek et al. (2012). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development.
- Wilson, S., & van Ruiten, S. (2013). *Share Handbook for Artistic Research Education*. Amsterdam: ELIA.
- Wing, J. M. (2006). *Computational Thinking*. Communications of the ACM, 49(3), 33–35.
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: : An Overview of Creating a Model of Integrative Education*. *Virginia Polytechnic Institute and State University*.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). *Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea*. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(6), 1072–1086.

RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia più profonda gratitudine a quanti hanno reso possibile il raggiungimento di questo traguardo, supportandomi lungo il percorso formativo.

Innanzitutto, rivolgo il mio grazie a **Dio ed ai miei antenati**, per la forza, la salute e la guida che mi hanno concesso in ogni momento della mia vita e durante l'intero percorso universitario.

La mia gratitudine più grande va alla mia famiglia. Un ringraziamento speciale va a mio fratello maggiore, **Dieudonne Lapa** che mi ha ispirato e sostenuto nella scelta di questo percorso, grazie a chi mi sono trovato in Italia. è sempre stato per me e per noi un modello. **A mio papà Mouafo Martin radice della famiglia Mouafo**, che ormai è con noi e non ha mai dimenticato l'importanza dei miei impegni, chiedendomi come stava andando l'università e come andavano gli esami. Alla mia mamma **Diffo Anne** che mi ha cresciuta, ispirata e sostenuta sin da bambino. Ai miei fratelli e sorelle **(Fernand, Grace, Annie, Dino, Falone**), che mi hanno chiesto costantemente aggiornamenti per quanto riguardano studi e salute e mi hanno fornito supporto morale. Grazie per le vostre benedizioni, per l'amore incondizionato, per aver creduto in me e per aver reso possibili i miei studi. Siete la mia forza e vi voglio tanto bene.

Un ringraziamento speciale al mio MENTOR accademico **Cyrus Gaudry Mbougueng** l'incoraggiamento, il sostegno accademico, consigli durante i momenti di maggiore stress e impegno. La sua presenza è stata fondamentale.

Ringrazio particolarmente la famiglia **DEMARCO**, un pensiero va diretto ad **ANNA DEMARCO (Cognata)** come chiamo affettuosamente ed a **MAMA CARMELA** per la loro gentilezza, il loro affetto, la loro pazienza, la loro umiltà, il loro sostegno soprattutto emozionale durante questo traguardo.

Ringrazio speciale alle seguenti Donne piene di maturità e saggezza (**Mariette Nguepi, Manuela Sonna, Raissa Sorelle Tchamou, Larissa Ngabessi, Menguetcham Elisabeth, Christelle Kouda, Amelie Habit, Maya, Camilia, Tewo Yolande, Minalore Ines, Pauline Kamdem, Nelly Nkouanang, Nelly Kamdoum, Aicha Mvuh Chinmoun, Christelle Mba Junie, Vanessa Chancelle Mowoua, infine Diana Dacdem che avrebbe potuto essere una sorella maggiore)**.

Ringrazio particolare alla compaesana **Christelle Keyanfe** per i suoi consigli, l'attenzione, la gentilezza. Ti voglio un mondo

Ringrazio particolare alla Black Diamond **LYNDA DONGMO YVAN** per il suo affetto, amore e visione d'insieme.

Ringrazio profondo alla **Wouenkam Nkemene Sorelle chiamato MVP** per la sua pazienza, il suo amore indefettibile, i suoi consigli

Ringrazio speciale ad una amica di sempre **Isabelle Hokmeni** dall'Università di Dschang

Ringrazio di cuore a **NGUEFACK DEMAFO GINESTE ZE BEST** la mia gemella in un'altra vita

Ringrazio di cuore a **Nelly Nadia Nawessi** e la bella, semplice e intelligente **Suzi Pascale Mbougang.**

Ringrazio profondo a **Larissa Ngabessi** figlia degna della tribù Bana in Camerun, per il suo affetto, la considerazione al dilla delle divergenze e gli auguri fatti durante questo cammino.

Ringrazio sentitamente il mio Relatore, **Gualtiero Volpe** per la sua disponibilità, l'alta competenza e i preziosi consigli che hanno guidato e arricchito il mio lavoro di tesi, trasformando un progetto in un risultato concreto.

Ringrazio speciale ad una amica di sempre **Ntemdemgnou Mafodonzang Aicha**

Ringrazio speciale agli amici di sempre **Meli Momo Guy, Tchitchoua Peugueu Sedric Depasy , Fomagnoua Etienne, Nietcho Kemadjou , Tchamen Djiappi Borel, Saker Badjo, Hermann Sonwa Nodem, Franck Kenang Mandel, Alex Tsague.**

Ringrazio speciale a **Francis Dallias Tadjufo** per la sua onesta, sincerità, saggezza, maturità.

Ringrazio di nuovo il mio fratello maggiore **Martial Fernand Nguemene Mouafo** per la sua lucidità, razionalità, e il lavoro che fa in background per la nostra famiglia

Ringrazio ancora la mia sorella minore **Grace Jenne Fomekong Mouafo** che chiamo affettuosamente "Grande mere" per la Sua maturità, lucidità, comprensione, il senso della giustizia e lo spirito materno.

Ringrazio speciale a mio cugino **Elvis Talongang** che chiamiamo **"Le Garant "e Le Filtreur"** per la Sua maturità, lucidità, comprensione, il senso della giustizia, gentilezza.

Esprimo la mia gratitudine a tutto il Corpo Docente del Corso di Laurea Magistrale in ingegneria informatica dell'Università di Genova, che con la sua didattica e professionalità ha posto le basi della mia formazione.

Un ringraziamento speciale alla famiglia **Tchinda** (**Merlin Fonkoua** detto Voix metal crome e sua moglie **Elysa**) per il loro sostegno in uno dei momenti critici della mia vita. Vi sarò sempre grato.

Ringrazio profondo ad **Audrey Mbody Endalle chiamata "Endy"**, per l'anima di bimba, per l'amore, la volontà, la fede in me e la spinta data per sempre andare avanti. È stata una bussola in questo traguardo. Non lo dimenticherò mai.

Ringrazio di cuore **Sandra Djiele** della sua amicizia di lunga data (Asiago casa dello studente)

Ringrazio di cuore i miei amici e colleghi di corso, con cui ho condiviso lezioni, notti di studio, esami e progetti, **(Xia Chenghao**, **Grzegorz Mikulski, Davide Cipolla**

e tutti i Camerunesi del nostro percorso**),** le gioie di questo percorso e la mensa. Siete stati un fondamentale supporto psicologico, educativo e di accompagnamento.

Siete tanti e non posso citarvi tutti, ma il vostro supporto e la vostra amicizia sono stati indispensabili.

Ringrazio speciale alla famiglia **Kagho** ed estesa (Sandra, Fany, Kelly & Gael, Emmerance & Jacque Charelle, Valdez) senza il quale questo viaggio non sarebbe esistito

Ringrazio di cuore alla Famiglia **Lemfack** in particolare al mio padrino **Gerard Dumas** e sua moglie **Ornella.**

Ringrazio Speciale agli amici del centro italiano dell'università di Dschang , **Franck Kenang, Daniline Kamgue Chouasso , Hermann Sonwa chiamato anche Shao & JetLee, Raissa Sonkoue, Mireille Ella Morguem, Franck Kouamo, Debun Nguetsa, Mariane Edy Kamsu Magne, Mope Christelle, Stella** che sono stati il punto di partenza di questa lunga e soddisfacente avventura. Vi voglio tanto Bene e più di quanto pensiate.

Ringrazio ai gruppi **Genova Family**, **Calcio Genova** (in particolare a **Ezechiel Djago** spero consolideremmo questo riavvicinamento) anche senza saperlo sono stati un rifugio, un contenitore dove sfogavo la maggiore parte dello stress.

Un ringraziamento a queste persone meravigliose **Sedric Depasy, Fomagnoua Etienne, Cyrus Gaudry Mbougueng, Tchinda Fonkoua Merlin, Meli momo guy, Gerard Dumas Lemfack, Fred Fongang, Floriane Ngumo chiamata anche "Magni", Elvis Talongang detto anche "le Filtreur", Kengne Bibiane, Francky Arnaud Kamgaing Noubissi.**

Sicuramente dimenticherò alcuni. Ma stiate tranquilli avete in modo o l'altro impattato positivamente questo traguardo che è anche vostro. Grazie di cuore a tutti.

Didier Charly Fogha Mouafo