

International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education

Trento, 11-12 giugno 2024

A cura di:
Camilla Fiorello, Silvia Galano,
Alessandro Salmoiraghi, Eugenio Tufino



UNIVERSITÀ
DI TRENTO



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

Pubblicato da
Università degli Studi di Trento
via Calepina, 14 - 38122 Trento
casaeditrice@unitn.it
www.unitn.it

International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education
Trento, 11-12 giugno 2024

Comitato scientifico:

Stefano Oss (Università di Trento)
Massimiliano Malgieri (Università di Pavia)
Giulia Tasquier (Università di Bologna)
Marta Carli (Università di Padova)
Giacomo Bozzo (Università della Calabria)
Claudio Fazio (Università di Palermo e PLS)
Silvia Galano (Università “Federico II” di Napoli)
Francesca Forno (Università di Trento)

Comitato organizzatore:

Marco Di Mauro (Università di Trento)
Camilla Fiorello (Università di Trento)
Lorenzo Miani (Università di Bologna)
Emma D’Orto (Università di Bologna)
Stefano Toffaletti (Università di Trento)
Alessandro Salmoiraghi (Università di Trento)
Anna Castiglione (Università di Trento)
Eva Elisa Dryden Silva (Università di Padova)
Giancarlo Artiano (Università della Campania “Luigi Vanvitelli”)
Eugenio Tufino (Università di Trento)

Comitato editoriale: Camilla Fiorello, Silvia Galano, Alessandro Salmoiraghi, Eugenio Tufino

Progetto grafico e impaginazione: Camilla Fiorello, Silvia Galano, Alessandro Salmoiraghi, Eugenio Tufino

Grafica di copertina: Alessandro Salmoiraghi

In copertina: Stefano Oss, “Il gruppo Brenta”

Copyright © 2025 gli Autori

ISBN 978-88-5541-147-9

DOI 10.15168/11572.473690

L’edizione digitale è rilasciata con licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale 

Indice

Prefazione	III
Introduzione	VII
Conference Proceedings	1
I Challenges and Future Trends of Sustainable Environmental Education	3
1 Parlare di sostenibilità oggi: esperimenti d'aula	5
2 Sostenibilità nella formazione secondaria degli insegnanti: promuovere l'apprendimento attivo e l'impegno attraverso la multidisciplinarietà	11
II Sustainability Competencies: the Role of Science Education Research	23
3 Modello pedagogico di CLIMADEMY per la formazione degli insegnanti sui cambiamenti climatici	25
4 Usare il GreenComp come strumento per analizzare attività educative multi-target: un caso studio sul riciclaggio di imballaggi	33
5 Il ruolo del pensiero narrativo e della narratività nell'educazione ai cambiamenti climatici	53
III The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability	61
6 Competenze di cittadinanza nella scuola primaria fra Digital Literacy e Intelligenza Artificiale	63

7 Teaching Ethics for Sustainability: Portuguese Science Teachers' Practices on Bioethics and Geoethicse	71
--	----

IV Gender equality and diversity in Education: a goal of social sustainability 89

8 Differenze di genere nelle scelte verso la Fisica: motivazioni, autoefficacia e stereotipi	91
9 Fostering Inclusion in Physics Education: A Proposal for Secondary School Students	125
10 Studio della relazione tra identità disciplinare e minaccia da stereotipo di genere negli studenti universitari STEM: il caso della Fisica	137
11 Mentoring in pratica. Coinvolgere le studenti nelle discipline STEM	151
12 Diversità di genere nelle discipline STEM: una sfida trasversale per l'insegnamento scientifico nelle scuole	161
13 Micro-aggressioni di genere all'università. Analisi del fenomeno e direzioni di ricerca psico-sociale	173

V Sustainable education: tackling educational poverty 181

14 Laboratorio per l'Educazione alla Scienza: Contrasting Educational Poverty Through Enhanced Scientific Education	183
---	-----

VI Educational perspectives on decision making for a sustainable future 191

15 Attivismo per la giustizia climatica: Motivazione, emozioni, abitudini	193
16 Essere agenti nell'età globale: implicazioni etiche e spunti per l'educazione scientifica	205
17 Sostenibilità: definizione, tecnologia e sfide educative	211

Prefazione

L'innovazione didattica e l'esperienza scolastica sono al centro di ogni speranza per un futuro sostenibile e desiderabile. In questo contesto, non si parla solamente e semplicemente di trasmissione meccanica di conoscenze, ma di un processo vitale attraverso cui valori, curiosità e immaginazione vengono costantemente rinnovati ed espansi. Inoltre, la sostenibilità non riguarda solo la protezione delle risorse fisiche del pianeta, ma anche la salvaguardia e il rafforzamento della capacità e del desiderio umano di comprendere, prendersi cura e agire con prudenza nel nostro mondo così complesso.

Questo volume raccoglie gli articoli e le riflessioni presentate all'International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education. L'evento ha riunito ricercatori impegnati a esplorare come la cura didattica, in particolare in un contesto scientifico, possa contribuire a costruire una civiltà sostenibile. Pur offrendo prospettive diverse, tutti i contributi condividono la convinzione che nessuna trasformazione ambientale o sociale possa avere successo senza un profondo cambiamento educativo e didattico.

Le scuole sono i primi laboratori di sostenibilità. Sono luoghi in cui si formano abitudini di pensiero e schemi di responsabilità e dove gli studenti imparano che la conoscenza è dinamica e continua: deve sempre essere messa in discussione e verificata in relazione all'esperienza. In questo senso, l'educazione scientifica svolge un ruolo unico: insegna non solo i fatti e la loro origine, ma anche come si acquisisce la conoscenza da una prospettiva metacognitiva. Permette agli studenti di mettere alla prova le idee attraverso le evidenze, di riconoscere e valorizzare l'incertezza e il dubbio, di distinguere il vero dal falso. In un mondo sempre più inondato di disinformazione e distorsione e profondamente distratto da social media invadenti e culturalmente impoverenti, tali abitudini di indagine critica rappresentano insieme un atto di resistenza e una fonte di speranza.

Gli insegnanti e gli educatori di ogni tipo sono al cuore di questa trasformazione. Il fatto che l'educazione alla sostenibilità rimanga uno slogan o diventi una realtà concreta e vissuta dipenderà dalla loro competenza, professionalità, passione e senso di missione. È quindi strategico sostenere i docenti attraverso una crescita professionale continua, offrendo formazione in servizio di alta qualità e opportunità di aggiornamento. Questo consente loro di rimanere al passo con le nuove conoscenze scientifiche, le innovazioni pedagogiche, i cambiamenti metodologici e il mondo in rapida evoluzione in cui vivono gli studenti. In questo senso, investire negli insegnanti significa investire nel futuro globale.

La sostenibilità non è solo ambientale: ha anche radici profondamente sociali. Una scuola veramente e intrinsecamente sostenibile deve riconoscere e promuo-

vere l'uguaglianza di genere e la diversità come condizioni di creatività, giustizia e intelligenza collettiva. Così come la biodiversità arricchisce un ecosistema, la diversità arricchisce la classe ampliando le prospettive, rafforzando la resilienza e accrescendo l'empatia. È insieme un imperativo etico e un prerequisito per la sostenibilità sociale che ogni studente, indipendentemente da genere, origine o identità, possa partecipare pienamente e in modo equo al processo di apprendimento. Un'educazione e una scuola che escludono o marginalizzano non possono sostenere una società democratica — semplicemente, non sono vera educazione e vera scuola.

Un'educazione sostenibile deve inoltre promuovere un senso di responsabilità condivisa e di giustizia sociale. La povertà educativa, l'impegno civico e l'uso etico della conoscenza sono legati in modo indissolubile alle questioni ambientali — fanno tutti parte dello stesso ecosistema della sostenibilità. Una scuola che ignora questi aspetti non può essere considerata sostenibile.

I contributi raccolti in questo volume ci invitano a riflettere attentamente su cosa significhi educare e insegnare nel presente e per il futuro. Ci ricordano che l'educazione sostenibile non è una materia aggiuntiva o un prodotto collaterale della scuola tradizionale; è piuttosto un approccio rinnovato, fondato sull'impegno verso i fatti, il pensiero critico, l'empatia e — soprattutto — l'azione. Essa motiva individui e comunità a immaginare e costruire un mondo accettabile, abitabile, significativo e piacevole.

Se c'è un messaggio che attraversa tutte queste pagine, è che scuola deve diventare un territorio e uno stile di vita sostenibile — capace di accrescere e rinnovare la conoscenza senza esaurire la fiducia; di suggerire l'azione senza diffondere paura e ansia; e di formare cittadini in grado di affrontare l'incertezza con la comprensione, lucidità e chiarezza, piuttosto che con la rinuncia o la negazione.

Stefano Oss
Trento, ottobre 2025

In collaborazione con



**UNIVERSITÀ
DI TRENTO**
Department of
Physics

Piano Strategico di Ateneo 2022-2027
dell'Università di Trento

L'università SALva il PianetA: promuovere la
partecipazione attiva della società civile alla
transizione verso un pianeta più sostenibile



Introduzione

Il presente volume raccoglie i contributi presentati durante l'*International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education*, svolto presso la School of Innovation dell'Università di Trento l'11 e 12 giugno 2024.

L'evento è stato organizzato dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento, in collaborazione con partner nazionali e internazionali, e ha ottenuto il marchio Eco-Eventi Trentino rilasciato dall'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA), in riconoscimento delle pratiche sostenibili adottate nella sua organizzazione e svolgimento.

Il workshop ha rappresentato un'occasione di confronto e riflessione sul ruolo cruciale dell'educazione nella realizzazione dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile. Ricercatori, docenti ed educatori si sono riuniti per discutere come i sistemi educativi possano rinnovarsi al fine di promuovere la cittadinanza scientifica, l'impegno civico e lo sviluppo di competenze per la sostenibilità.

Le discussioni hanno affrontato un ampio ventaglio di temi interconnessi, tra cui l'educazione ambientale, la psicologia climatica, la parità di genere, l'inclusione sociale e la lotta alla disinformazione climatica.

I contributi raccolti in questo volume riflettono queste discussioni e sono stati organizzati secondo le principali aree tematiche proposte dal comitato organizzatore:

- Challenges and Future Trends of Sustainable Environmental Education
- Sustainability Competencies: the Role of Science Education Research
- The Importance of Scientific Literacy in Fostering Education for Sustainability
- Gender Equality and Diversity in Education: A Goal of Social Sustainability
- Sustainable Education: Tackling Educational Poverty
- Educational Perspectives on Decision Making for a Sustainable Future

Il **primo capitolo**, *Challenges and Future Trends of Sustainable Environmental Education*, apre il volume riflettendo sul significato e sulle sfide dell'educazione alla sostenibilità, ponendo l'accento sul ruolo della ricerca e della formazione come strumenti per costruire una visione condivisa e operativa del concetto. I contributi evidenziano come la sostenibilità, ancora concetto fluido e multidimensionale, richieda un approccio educativo capace di integrare

saperi, linguaggi e prospettive disciplinari differenti. Le esperienze presentate – dall’ambito universitario alla formazione degli insegnanti – mostrano come il dialogo tra discipline e la progettazione congiunta di percorsi didattici possano favorire una comprensione più profonda dei temi legati al cambiamento climatico e stimolare comportamenti pro-climatici. Il capitolo delinea così la sostenibilità come orizzonte pedagogico e culturale, che unisce conoscenze scientifiche, dimensioni psicologiche e pratiche collaborative per promuovere un apprendimento attivo e trasformativo.

Il secondo capitolo, *Sustainability Competencies: the Role of Science Education Research*, indaga come la ricerca in didattica della scienza possa contribuire allo sviluppo delle competenze di sostenibilità, con particolare attenzione alla formazione dei docenti. Le prospettive raccolte convergono sull’idea che educare alla sostenibilità richieda un equilibrio tra rigore disciplinare e apertura interdisciplinare, integrando approcci teorici e strumenti operativi. Attraverso esempi di modelli pedagogici e analisi di casi, il capitolo mette in evidenza il potenziale del *GreenComp* come quadro di riferimento per la progettazione di attività educative orientate all’azione e alla riflessione critica. In questa prospettiva, la formazione degli insegnanti emerge come leva strategica per promuovere agency, immaginazione e valori di lungo periodo, elementi chiave per una cultura della sostenibilità.

Il terzo capitolo, *The Importance of Scientific Literacy in Fostering Education for Sustainability*, esplora la relazione tra competenze scientifiche, etiche e digitali nella costruzione di una cittadinanza sostenibile. Le riflessioni qui raccolte sottolineano come la sostenibilità non possa essere perseguita senza un’adeguata alfabetizzazione scientifica diffusa, capace di coniugare conoscenza, pensiero critico e responsabilità etica. Il capitolo mette in luce la necessità di superare barriere sistemiche e stereotipi che limitano l’accesso alla scienza, proponendo un’educazione STEM inclusiva e interdisciplinare. Parallelamente, la dimensione etica viene riconosciuta come componente essenziale per formare cittadini consapevoli del proprio ruolo nella gestione delle sfide globali – dalla salute alla tutela delle risorse naturali – e capaci di orientarsi in scenari complessi guidati dai principi dello sviluppo sostenibile.

Il quarto capitolo, *Gender Equality and Diversity in Education: A Goal of Social Sustainability*, affronta il tema delle disuguaglianze di genere nell’educazione scientifica come sfida cruciale per la sostenibilità sociale. I contributi raccolti convergono nel mostrare come fattori psicologici, culturali e istituzionali interagiscano nel modellare le scelte formative e professionali, in particolare nell’ambito della fisica e delle discipline STEM. Le ricerche presentate mettono in evidenza il peso di stereotipi, micro-aggressioni e meccanismi di esclusione spesso invisibili, che incidono sull’autoefficacia percepita e sul senso di appartenenza delle studentesse. Parallelamente, vengono esplorate strategie per rendere l’insegnamento della fisica più inclusivo e partecipativo, dal mentoring sensibile al genere alla costruzione di comunità scolastiche che valorizzino la diversità. L’insieme dei contributi suggerisce che promuovere l’uguaglianza di genere nell’educazione scientifica non significa solo riequilibrare la presenza femminile nelle STEM, ma anche ripensare in chiave critica i modelli di formazione e di cultura disciplinare, orientandoli verso contesti più equi, riflessivi e sostenibili.

Il quinto capitolo, *Sustainable Education: Tackling Educational Poverty*, af-

fronta il tema della povertà educativa come una delle principali sfide della sostenibilità sociale. L'educazione scientifica viene presentata come leva strategica per ridurre le disuguaglianze e favorire processi di inclusione, offrendo opportunità di apprendimento significative anche nei contesti più fragili. Il capitolo propone un modello collaborativo che mette in rete ricercatori, insegnanti, studenti e famiglie, promuovendo una comunità educativa impegnata a rafforzare la literacy scientifica e a sviluppare competenze STEAM come strumenti di emancipazione e partecipazione. La sostenibilità emerge così non solo come contenuto formativo, ma come diritto educativo fondamentale, che richiede sistemi capaci di garantire equità, qualità e accesso universale alla conoscenza scientifica.

Il **sesto capitolo**, *Educational Perspectives on Decision Making for a Sustainable Future*, affronta il tema dell'azione e della responsabilità individuale e collettiva di fronte alla crisi climatica, interrogando i processi decisionali che orientano il comportamento umano. I contributi riflettono su come la conoscenza, da sola, non basti a generare cambiamento, e su come emozioni, abitudini e senso di agency svolgano un ruolo cruciale nel tradurre la consapevolezza in azione. In questa prospettiva, l'educazione scientifica e civica è chiamata a formare cittadini capaci di comprendere la complessità etica e sistemica delle proprie scelte, sviluppando empatia, immaginazione e senso di responsabilità verso il futuro. Il capitolo invita a superare le visioni riduzioniste della sostenibilità, proponendo un approccio educativo più olistico, capace di connettere dimensioni cognitive, affettive e sociali nella costruzione di una cittadinanza attiva e sostenibile.

In conclusione, i sei capitoli che compongono questo volume offrono una panoramica articolata e complementare delle sfide e delle opportunità legate all'educazione alla sostenibilità. Attraverso approcci teorici e pratiche educative diverse, i contributi mostrano come la formazione scientifica, l'inclusione sociale, la riflessione etica e la consapevolezza emotiva possano confluire in una prospettiva comune: quella di un'educazione capace di promuovere una cittadinanza attiva, critica e responsabile nei confronti del futuro del pianeta.

La scelta di pubblicare i contributi in lingua italiana risponde all'esigenza di rendere il volume più accessibile e fruibile nel contesto della formazione degli insegnanti in Italia, valorizzando al tempo stesso la pluralità di prospettive e approcci che caratterizza la comunità scientifica nazionale.

Il comitato editoriale desidera, inoltre, esprimere la propria sincera gratitudine a tutti gli autori per il loro prezioso contributo, nonché ai partecipanti al workshop per l'interesse e il coinvolgimento dimostrati. Un ringraziamento speciale va all'Università di Trento, a *PLS Fisica*, *AgoraLab*, *Climademy* ed *Encompass* per la loro collaborazione, e ai comitati scientifico e organizzatore per la dedizione che ha reso possibile la realizzazione di questo evento.

Ci auguriamo che questa raccolta di lavori possa rappresentare uno stimolo e un punto di riferimento per ricercatori ed educatori impegnati nel promuovere un'educazione alla sostenibilità capace di generare apprendimento trasformativo e di contribuire a un futuro più equo e resiliente.

Il comitato editoriale
Trento, ottobre 2025

Conference proceedings

Parte I

Challenges and Future Trends of Sustainable Environmental Education

Parlare di sostenibilità oggi: esperimenti d'aula

M. G. Cantiani

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica,
Università di Trento

Abstract

Sustainability is still a fluid concept which requires to be better defined and explained in its key dimensions. In this regard, the role of research and education is of crucial importance today. The paper illustrates some experiments carried out by the author at the University of Trento, based on her own teaching experiences and on the activity within a university working group on sustainability. An educational experience aimed at getting teachers and students from different disciplines to talk about climate change is highlighted. Then the author makes some considerations on the challenging task of designing an interdepartmental course on sustainability.

Introduzione

“Cosa è per te la sostenibilità?”

Prova a rispondere a questa domanda: chiudi gli occhi, raccogliti in silenzio e fai un po' di spazio nella tua mente...pensa...cerca di mettere a fuoco il concetto e di esprimerlo attraverso la giusta formulazione...

Probabilmente hai già constatato che non è facile trovare una definizione efficace, completa e chiara, che esprima in modo soddisfacente l'idea di sostenibilità e che sia capace di rappresentarla nelle sue numerose sfaccettature.

La sostenibilità è un concetto fluido ed elusivo che, malgrado la sua popolarità, attende ancora una definizione e un'interpretazione esauriente delle sue dimensioni chiave, così da tenere conto di tutte le possibili interazioni, sinergie e antinomie [1, 2, 3, 4]. Un discorso sulla sostenibilità e sul suo corollario, lo sviluppo sostenibile, può essere fatto solo con un approccio decisamente multidisciplinare e scientificamente solido, come è ormai largamente riconosciuto sia dagli accademici che da chi opera nella pratica [5, 3]. Affrontarlo oggi diventa sempre più urgente. La data del 2030, infatti, si avvicina “pericolosamente” e siamo purtroppo ancora ben lontani dall'aver recepito e cercato di tradurre in azioni concrete i 17 obiettivi di sostenibilità individuati dalle Nazioni Unite [6].

A tale proposito, il ruolo della ricerca e dell'educazione è della massima importanza. L'educazione, in particolare, ha un'enorme responsabilità e un compito molto gravoso ma assai stimolante. In un mondo sempre più “globale” e sempre più interconnesso, il tema deve essere affrontato con un approccio sistemico che richiede lo sviluppo di un linguaggio capace di andare oltre le barriere delle diverse discipline.

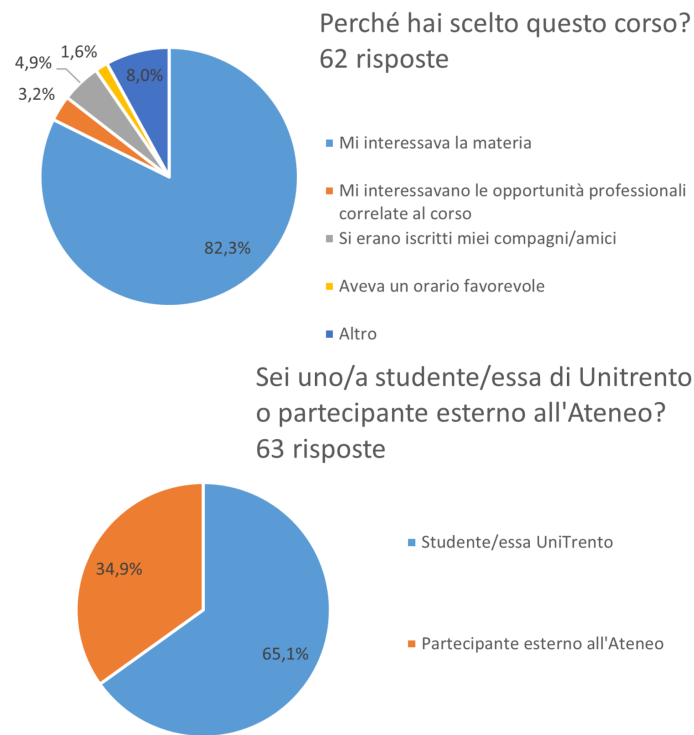


Figura 2: Alcune risposte dei partecipanti alla seconda edizione.

è pensato così a una proposta didattica più snella, da un credito, dedicata a tutti gli studenti dell'ateneo e aperta anche al pubblico, consistente in un ciclo di dieci seminari, ciascuno della durata di due ore, da proporre in orario serale. A ciascun docente si chiedeva di fare la propria presentazione con un linguaggio chiaro, accessibile a tutti e con un approccio volto a stimolare la discussione e una continua interazione con i partecipanti.

Nell'anno accademico 2022-2023 è stata sperimentata così la prima edizione del ciclo di seminari di "Introduzione ai cambiamenti climatici", che si proponeva di esplorare gli effetti della crisi climatica sugli ecosistemi del pianeta (fig. 1). I risultati, molto incoraggianti, hanno spinto a proporre, nel successivo anno accademico, una seconda edizione, che aveva come focus l'acqua. Grazie all'esperienza precedentemente maturata e ai suggerimenti dei partecipanti, raccolti con un apposito questionario, si è cercato di migliorare alcuni aspetti logistici e si è deciso di aprire ulteriormente agli esterni, sia in presenza, sia con collegamento online [8]. I partecipanti hanno mostrato di apprezzare l'iniziativa; in particolare, tra le motivazioni addotte dagli studenti per la frequenza, l'interesse per i temi trattati appariva al primo posto, mentre l'ottenimento del credito è risultato importante solo per un piccolo numero di persone (fig. 2).

È attualmente in corso la terza edizione del ciclo, che vede una partecipazione sempre più ampia della componente esterna e che sta suscitando, tra l'altro, molto interesse tra i media locali. Il tema prescelto per questa edizione, l'energia, è un tema estremamente ampio e complesso e l'organizzazione del ciclo è stata particolarmente delicata. Sicuramente anche in questa occasione ci sarà

molto da imparare dagli errori e dagli stimoli che verranno dai partecipanti. L'esperienza fin qui condotta è stata nel complesso positiva: gli studenti apprezzano l'opportunità di cimentarsi con materie non sempre famigliari, ma di cui riconoscono l'importanza, i cittadini portano uno stimolante contributo alla discussione e noi docenti facciamo un ottimo esercizio per coordinarci tra noi e riuscire a parlare di argomenti difficili con un linguaggio semplice e comprensibile a tutti. Forse a questo punto i tempi sono maturi per cominciare a progettare, facendo tesoro di quanto appreso, un corso sui cambiamenti climatici, più strutturato e articolato, senza mai però perdere di vista l'interdisciplinarietà e lo sguardo sul mondo esterno all'accademia [9].

2 A proposito di sostenibilità

La gravità della crisi climatica, che negli ultimi anni è divenuta palpabile ed evidente ormai a tutti, tende talvolta ad oscurare e a portare in qualche modo in secondo piano altre crisi ambientali connesse al modello di sviluppo occidentale: l'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo, la perdita di biodiversità, la gestione poco responsabile delle risorse naturali, solo per citarne alcune. Si tratta di problemi complessi e strettamente interconnessi così come, del resto, la questione ambientale è a sua volta legata, in modo inscindibile, alle altre dimensioni della sostenibilità. È praticamente impossibile oggi parlare in modo serio di sostenibilità con un approccio settoriale ed asettico, incapace di cogliere le relazioni che legano ogni singolo problema a una miriade di altri, all'interno di una complessa rete di situazioni e di eventi spesso dominati dall'incertezza e tra loro connessi da non sempre chiari rapporti di causa-effetto. Come comunicare tale complessità agli studenti? Come creare una comune base di conoscenze, come stimolare interazioni proficue tra di loro, valorizzando in ciascuno le proprie specifiche competenze? Come sviluppare un linguaggio trasversale, comprensibile a tutti? Queste sono le domande che mi pongo da tempo e che recentemente ho cominciato a dibattere nell'ambito del gruppo di lavoro educazione, attivo all'interno dell'Università di Trento. Progettare un corso interdipartimentale sulla sostenibilità, sulla scorta dell'esperienza dei seminari di Introduzione ai cambiamenti climatici, è sicuramente impresa non facile. I contenuti e l'organizzazione logistica di questo corso, così come gli aspetti legati alla valutazione devono essere attentamente discussi e soppesati. D'altra parte, le richieste che vengono dalle associazioni degli studenti a tale riguardo, costituiscono un importante incentivo a muoversi con convinzione verso questo obiettivo. Fin dal primo momento in cui ho cominciato a pensare a come fosse possibile integrare aspetti connessi alla sostenibilità all'interno di uno specifico corso, la mia principale preoccupazione è stata quella di capire quali fossero le opinioni e le aspettative degli studenti a tale riguardo. La prima questione che mi sono posta è stata: c'è un effettivo bisogno da parte degli studenti di trattare e sviluppare il concetto di sostenibilità in un apposito corso? Dal mio osservatorio privilegiato, costituito dal fatto di essere docente di Ecologia, ho visto cambiare molto nel tempo la percezione degli studenti e la loro sensibilità nei confronti delle tematiche ambientali. Da alcuni lavori di gruppo che sono solita proporre durante il corso, vedo emergere con sempre maggiore frequenza alcune parole chiave, tra cui "sostenibilità" e altri termini ad essa connessi (fig. 3). La risposta dunque

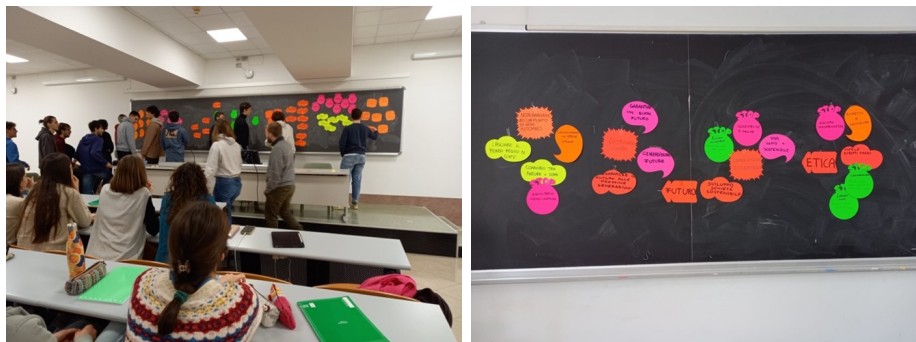


Figura 3: Momenti di un lavoro di gruppo all'inizio dell'a.a. 2024-2025.

è: sì, almeno per gli studenti che si iscrivono a Ingegneria per l'ambiente e il territorio, la sostenibilità è vista come un aspetto che deve essere affrontato.

Ed ecco la seconda domanda: qual è la loro idea di sostenibilità? Niente di più semplice che chiederlo direttamente. Prima di trattare significato, storia e principi dello sviluppo sostenibile in una specifica lezione, ho chiesto ai miei studenti dell'anno accademico 2023-2024 di scrivere, in un breve testo e con un breve tempo a disposizione, quale fosse la loro idea di sostenibilità. I risultati sono stati sorprendenti: tutti hanno preso il compito molto seriamente e molte delle idee che sono emerse da questo esercizio sono state per me un ottimo spunto di riflessione.

3 Alcuni proponimenti per il futuro

Prendere delle decisioni su un corso interdipartimentale sulla sostenibilità, identificare i contenuti essenziali e definirne in dettaglio la struttura non può prescindere dal tenere in attenta considerazione i bisogni e le opinioni degli studenti. A tale proposito un'opzione potrebbe essere quella di invitare i rappresentanti degli studenti a discutere in appositi gruppi di lavoro. In questo caso sarebbe però difficile avere una visione sufficientemente ampia da riflettere il sentire dell'intera popolazione studentesca. Traendo spunto allora dall'esercizio fatto a suo tempo nell'ambito del corso di Ecologia, ho pensato di sfruttarlo per allargare la platea, coinvolgendo studenti di tutti i corsi di laurea dell'ateneo e di tutti i livelli. L'idea, condivisa con alcuni colleghi, è quella di creare dei roll-up contenenti alcune delle idee espresse dai miei studenti, sotto forma di post-it, da situare all'ingresso dei diversi dipartimenti. Il poster, intitolato "La mia idea di sostenibilità", attualmente nella fase finale di preparazione, conterrà una breve spiegazione sull'origine dei testi riportati e un QR code che permetterà a chi lo desidera, di esprimere la propria personale idea di sostenibilità e di indicare quali argomenti ritiene interessante e prioritario che vengano trattati in un apposito corso interdipartimentale.

Scopo del poster è quello di stimolare prima di tutto la curiosità e suscitare consapevolezza sull'importanza del problema e quindi di raccogliere opinioni, informazioni e suggerimenti che possano aiutare a capire bisogni e aspettative degli studenti: una specie di bussola che permetta di orientarsi un po' nella

complessità del mondo dei giovani, che hanno oggi canali e strumenti per formare le loro proprie opinioni, molto diversi da quelli tradizionali di un tempo.

Riferimenti bibliografici

- [1] Mensah, J. “Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review”. In: *Cogent Social Sciences* 5.1 (gen. 2019). A cura di S. Ricart Casadevall. DOI: 10.1080/23311886.2019.1653531.
- [2] Muniz, R. N., Costa Júnior, C. T. da, Buratto, W. G., Nied, A. e González, G. V. “The Sustainability Concept: A Review Focusing on Energy”. In: *Sustainability* 15.19 (set. 2023), p. 14049. DOI: 10.3390/su151914049.
- [3] Schneider, F., Kläy, A., Zimmermann, A. B., Buser, T., Ingalls, M. e Messerli, P. “How can science support the 2030 Agenda for Sustainable Development? Four tasks to tackle the normative dimension of sustainability”. In: *Sustainability Science* 14.6 (mar. 2019), pp. 1593–1604. DOI: 10.1007/s11625-019-00675-y.
- [4] Vogt, M. e Weber, C. “Current challenges to the concept of sustainability”. In: *Global Sustainability* 2 (2019). DOI: 10.1017/sus.2019.1.
- [5] Plail, M. “Sustainability for all”. In: *Cell Reports Sustainability* 1.1 (gen. 2024), p. 100016. DOI: 10.1016/j.crsus.2024.100016.
- [6] United Nations, Department of Economic and Social Affairs - Sustainable Development. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015. URL: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/89/pdf/n1529189.pdf>.
- [7] Dixon, J. A. e Fallon, L. A. “The concept of sustainability: Origins, extensions, and usefulness for policy”. In: *Society & Natural Resources* 2.1 (gen. 1989), pp. 73–84. DOI: 10.1080/08941928909380675.
- [8] Cantiani, M. G. “Being effective when talking about Climate Change: an experience from the University of Trento (Italy)”. In: *Conference on Sustainable Energy Education – SEED 2024*. SEED2024. Universitat Politècnica de València, 5 lug. 2024, pp. 597–602. DOI: 10.4995/seed2024.2024.19007.
- [9] Cantiani, M. G. “Abbattere i muri - l’ecologia globale della porta accanto”. In: *UNITRENTOMAG* (4 mar. 2025). URL: <https://mag.unitn.it/editoriali/121281/abbattere-i-muri>.

Sostenibilità nella formazione secondaria degli insegnanti: promuovere l'apprendimento attivo e l'impegno attraverso la multidisciplinarietà

C. Fiorello¹, M. Di Mauro¹, A. Salmoiraghi¹, S. Toffaletti¹,
P. Onorato¹, S. Oss¹

¹Dipartimento di Fisica, Università di Trento

Abstract

This study proposes a training course for secondary school teachers based on a multidisciplinary approach to sustainability to promote active pro-climate behaviour. The course aims to narrate sustainability in its multidimensionality: from climate change to energy issues, from economic and legal aspects to socio-anthropological perspectives. The aim is to offer teachers a richer and more articulated vision that can also be positively reflected in teaching practices. Particular attention is paid to those psychological factors recognised by climate psychology as key elements to foster engagement and action.

Introduzione

Negli ultimi anni, la parola “sostenibilità” è entrata sempre più spesso nel nostro vocabolario quotidiano, diventando un concetto chiave per affrontare le sfide che minacciano l'equilibrio tra le esigenze umane e la capacità degli ecosistemi di mantenere la loro funzionalità nel lungo periodo.

Sostenibilità è un concetto complesso la cui definizione ha molteplici sfumature e che riguarda ambiti in apparenza tra loro distanti: da quello ambientale a quello sociale, comprendendo anche quello economico [1]. Spesso, infatti, viene collegato al solo aspetto ambientale, ma riferirsi a questa sola prospettiva è riduttivo. I tre aspetti della sostenibilità, infatti, sono interconnessi e sono imprescindibili l'uno dall'altro. La sostenibilità sociale, per esempio, pone l'accento sulla giustizia, l'equità e la qualità della vita. Allo stesso tempo, la sostenibilità economica è essenziale affinché le strategie di cambiamento possano essere realizzate e mantenute nel tempo: non basta avere soluzioni ecologicamente valide se queste non sono economicamente sostenibili. Questa multidimensionalità è alla base dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite [2], un piano di azione che si pone degli obiettivi riguardo lo sviluppo sostenibile da raggiungere entro il 2030. Nello stesso documento viene messa in luce anche la grande importanza che ha il contesto scolastico nel raggiungimento di tali traguardi. Per raggiungere tali obiettivi, infatti, è importante formare le nuove generazioni ragionando sulle cause e sugli effetti del cambiamento climatico, promuovendo la consapevolezza di come affrontarlo attraverso azioni di mitigazione e adattamento [3]. Un

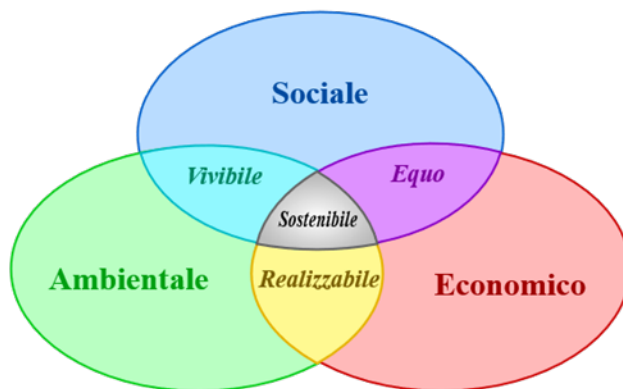


Figura 1: Diagramma sugli aspetti che compongono lo sviluppo sostenibile. Immagine di Johann Dréo - CC BY-SA 2.5.

approccio educativo efficace sulla sostenibilità si dovrebbe basare sullo sviluppo del pensiero sistemico, per favorire una comprensione integrata e una migliore connessione tra i diversi aspetti del problema [4]. Per fare ciò, i docenti sono una risorsa fondamentale perché potenziano le competenze degli studenti nel partecipare in modo consapevole e attivo ai processi decisionali [5]. I docenti, infatti, possono promuovere la capacità degli studenti di prendere decisioni informate e favorire lo sviluppo di una cittadinanza critica che possa permettere alle nuove generazioni di partecipare attivamente, nel proprio contesto, ai processi di cambiamento sostenibile.

Per tutti questi motivi, è importante che i docenti siano accompagnati nell'esplorazione di nuovi approcci didattici. In tal senso, la letteratura scientifica propone diverse strategie e strumenti che possono rivelarsi utili. Per esempio, l'implementazione dell'inquiry-based learning, l'integrazione tra educazione scientifica formale e informale e il coinvolgimento di istituzioni scientifiche, o l'utilizzo di dati reali provenienti da fonti scientifiche affidabili e aggiornate, come quelli raccolti da enti di ricerca [4]. Un altro aspetto utile può essere l'utilizzo di metodologie didattiche attive e coinvolgenti, come attività pratiche, discussioni guidate e applicazioni a contesti reali [5].

In questo contesto abbiamo deciso di progettare un corso di formazione che non si focalizzasse unicamente sugli aspetti della sostenibilità che vengono affrontati nell'ambito delle scienze fisiche, ma che abbracciasse anche le sue altre dimensioni. Il corso, infatti, si è sviluppato attorno a una sequenza insegnamento-apprendimento pensata per introdurre i principi fisici dell'effetto serra, a partire dalle concezioni degli studenti e dall'analisi dei loro modelli mentali [6]; tuttavia questo percorso è stato ampliato per offrire agli insegnanti una nuova visione del problema. Questo articolo nasce dall'esperienza di un percorso di formazione docenti sulla sostenibilità sviluppato con un approccio multidisciplinare. Propone riflessioni e strumenti utili a supportare gli insegnanti nella progettazione di percorsi didattici che, oltre a favorire la comprensione del fenomeno da parte degli studenti, tengano conto anche di fattori psicologici come

l'autoefficacia, la fiducia nelle istituzioni, il coinvolgimento emotivo, essenziali per promuovere comportamenti attenti al problema climatico [7].

Le domande che hanno guidato la nostra ricerca sono state:

1. In che modo il corso multidisciplinare sulla sostenibilità aiuta gli insegnanti della scuola secondaria a sviluppare lezioni capaci di incentivare comportamenti attenti al problema climatico?
2. Quali elementi del corso sono stati maggiormente valorizzati dagli insegnanti e quali aspetti necessitano di miglioramenti?

1 Quadro di riferimento

1.1 Modulo insegnamento delle basi fisiche dell'effetto serra

L'educazione alla sostenibilità si propone di fornire agli studenti strumenti per leggere criticamente la complessità delle crisi ambientali, sociali ed economiche, e per agire come cittadini. Non si tratta solo di trasmettere contenuti, ma di sviluppare una visione critica e sistemica del mondo, in modo da riuscire a comprendere le connessioni tra fenomeni naturali, sociali e scelte individuali o politiche. In questa cornice la didattica delle scienze, in particolare la didattica della fisica, gioca un ruolo fondamentale. La fisica permette non solo di comprendere alcuni fenomeni legati al cambiamento climatico e al ruolo dell'essere umano in questo processo, ma consente anche lo sviluppo del pensiero critico dello studente, promuovendo la capacità di analizzare criticamente dati, modelli e fonti, distinguendo tra spiegazioni scientifiche e convinzioni infondate. Pertanto, sebbene educazione alla sostenibilità e didattica della fisica siano due ambiti distinti, il loro dialogo è essenziale. Infatti, quando si parla di sostenibilità, è fondamentale parlare di cambiamento climatico e comprendere le basi fisiche che regolano i sistemi climatici. Comprendere questi meccanismi è essenziale per dare senso ai dati scientifici, valutare le proposte di mitigazione e adattamento e, più in generale, partecipare in modo informato alla vita pubblica.

Uno dei concetti chiave che riguardano il cambiamento climatico è l'effetto serra. Tuttavia, la letteratura evidenzia come alcuni concetti risultino particolarmente complessi per gli studenti, tra cui l'emissione di radiazione termica, l'interazione tra radiazione elettromagnetica e materia, e la selettività dei materiali rispetto alla trasparenza e all'assorbimento della radiazione [8, 9, 10]. Alcuni studi dimostrano, inoltre, come questo tema sia spesso semplificato o distorto nei materiali scolastici, generando concezioni errate negli studenti [11, 12]. Per aiutare gli studenti a capire meglio questi concetti, serve un percorso didattico mirato che tenga conto non solo dei contenuti scientifici ma anche dei processi di apprendimento.

In questa direzione si sviluppa il nostro corso di formazione per docenti, basato su una sequenza didattica elaborata dal nostro gruppo di ricerca e costantemente perfezionata sulla base dei risultati emersi dai questionari pre e post intervento [13, 6, 14]. La sequenza è articolata in due momenti principali. Nella prima parte, si introduce un modello ingenuo di bilancio energetico tra Sole e Terra, privo di atmosfera. Nella seconda parte, si aggiunge il ruolo selettivo

dell'atmosfera nell'assorbimento e nella trasmissione della radiazione, in funzione della lunghezza d'onda. In ogni fase, è fondamentale il lavoro sperimentale: gli studenti svolgono attività quantitative, con l'uso di dispositivi personali e simulazioni interattive, seguendo la metodologia Predict-Observe-Explain (POE) [15].

Questa sequenza, quindi, è stata utilizzata come base per la formazione dei docenti, poiché la comprensione dei concetti fisici è fondamentale per affrontare i temi della sostenibilità. Tuttavia, per rispecchiare appieno la complessità e la multidimensionalità di questo ambito, è stato necessario ampliare il nostro approccio, integrando prospettive e strumenti provenienti da altre discipline.

1.2 Contestualizzazione della sequenza didattica all'interno di un percorso multidisciplinare - psicologia climatica

Per affrontare in modo più completo la complessità della sostenibilità e per andare oltre la sola dimensione fisica, ci siamo concentrati su contributi provenienti da altri ambiti, come la psicologia climatica. Infatti la progettazione del corso è stata fatta seguendo come quadro teorico i fattori psicologici presentati come fondamentali per l'attivazione di comportamenti a favore del clima.

La letteratura scientifica nell'ambito della psicologia climatica ha esplorato ampiamente i meccanismi che influenzano l'azione collettiva per il clima, individuando molteplici fattori chiave legati all'attivismo ambientale [7]. Tra questi troviamo il coinvolgimento emotivo – come la paura per il futuro, la rabbia per l'inazione politica o la compassione verso chi subisce gli effetti della crisi climatica [16] – ma anche la percezione di efficacia collettiva, cioè la sensazione che le azioni del proprio gruppo possano davvero fare la differenza [17]. Altri aspetti importanti sono le norme sociali, ovvero quanto sentiamo che il nostro impegno per il clima sia condiviso e approvato da chi ci sta intorno [18] e la fiducia nelle istituzioni, che riguarda il credere che le scelte politiche possano essere efficaci [19].

Partendo dalle conoscenze offerte dalla letteratura [20], abbiamo ampliato e adattato la nostra sequenza didattica per offrire ai docenti un'esperienza formativa che rispecchiasse le loro esigenze e quelle del contesto trentino.

1.3 Verso una didattica multidimensionale della sostenibilità - Socio-Scientific Issues

L'integrazione delle basi fisiche dell'effetto serra con i contributi della psicologia climatica ha rappresentato un passaggio fondamentale per costruire un percorso formativo che rispecchiasse la complessità propria dell'educazione alla sostenibilità. È possibile, tuttavia, fare un ulteriore passo per fornire ai docenti strumenti per una progettazione didattica orientata alla cittadinanza scientifica, e in questo passaggio può tornare utile l'inquadramento teorico fornito dalla letteratura che si occupa anche della natura socio-scientifica delle questioni legate al cambiamento climatico, in particolare quella legata alle Socio-Scientific Issue (SSI). Infatti la letteratura internazionale [21, 22, 23] evidenzia come, per affrontare temi complessi, sia necessario non solo la comprensione dei modelli scientifici da parte degli studenti, ma anche la capacità degli insegnanti di facilitare gli stu-

denti nel collegare le conoscenze scientifiche con i propri valori, con le decisioni politiche che riguardano la società e con le domande etiche che queste decisioni comportano.

In particolare, Ke et al. [21] sottolineano che per aiutare gli studenti a sviluppare una vera comprensione dei problemi complessi che viviamo oggi, come quelli legati all'ambiente, è utile usare più tipi di modelli: quelli scientifici, che spiegano come funzionano i fenomeni naturali, e quelli socio-scientifici, che aiutano a collegare la scienza alla società, alla politica e ai valori. Questo implica che i docenti non solo conoscano tali modelli, ma siano anche formati per guidarne l'uso in classe, promuovendo un ambiente di apprendimento che valorizzi la complessità. Anche Sadler e Murakami [22] ribadiscono l'importanza del ruolo degli insegnanti quando si affrontano questioni socio-scientifiche: devono essere preparati non solo sul contenuto disciplinare, ma anche sugli aspetti sociali, e capaci di stimolare il confronto e la riflessione tra studenti. In questo quadro, la formazione degli insegnanti diventa centrale, perché sono le loro competenze didattiche, scientifiche ed etiche a fare davvero la differenza nell'apprendimento degli alunni.

Kumar et al. [23], nella loro revisione sistematica, offrono ulteriori spunti e mostrano come lavorare sulle Environmental Socio-Scientific Issues nei contesti educativi possa aiutare gli studenti a sviluppare competenze come l'argomentazione, la capacità di prendere decisioni e il pensiero critico. Ma perché tutto questo funzioni davvero, serve che gli insegnanti siano preparati ad affrontare questi temi in classe. Questo comporta non solo una formazione sui contenuti, ma anche una riflessione sul proprio ruolo professionale e su quello educativo rispetto alle sfide globali attuali.

Il nostro percorso formativo, quindi, nasce proprio per rispondere a queste esigenze, offrendo agli insegnanti strumenti teorici e pratici che uniscono le conoscenze disciplinari (come la fisica), la psicologia legata al cambiamento climatico e l'educazione alle SSI. L'obiettivo è aiutare i docenti non solo ad approfondire i contenuti, ma anche a sviluppare la capacità di progettare attività che stimolino negli studenti un pensiero critico, consapevole e responsabile verso i temi legati alla sostenibilità, promuovendo una visione integrata tra i suoi aspetti dimensionali.

2 Metodologia

Il corso di formazione docenti è stato progettato e sperimentato seguendo il metodo della *Design-Based Research* [24]. Essa si sviluppa attraverso 6 fasi principali, seguendo un approccio ciclico che permette di progettare, sperimentare e migliorare percorsi formativi. La prima fase consiste nella definizione degli obiettivi generali del percorso, dell'argomento e dei contenuti da trattare, ponendo attenzione al curriculum scolastico e alla tipologia dei docenti partecipanti. Nel nostro caso, il percorso viene proposto a docenti di tutte le discipline della scuola secondaria. La connessione con il curriculum risulta significativa in quanto l'educazione civica è stata recentemente reintrodotta come insegnamento, e le sue linee guida includono esplicitamente l'educazione alla sostenibilità come uno dei tre nuclei tematici fondamentali. Segue la fase in cui si analizzano le principali difficoltà che i docenti incontrano nell'insegnamento dei temi legati alla sostenibilità, nonché le soluzioni già presenti in letteratura o nella

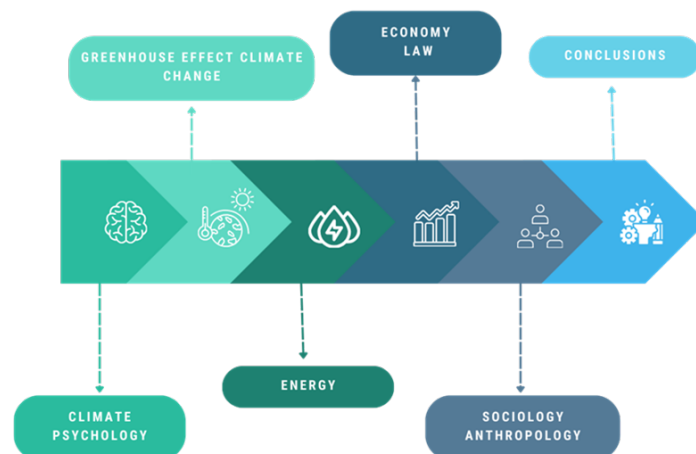


Figura 2: Suddivisione del corso in moduli.

pratica didattica. La terza fase è dedicata alla definizione degli obiettivi di apprendimento per i docenti. Nella fase successiva avviene la progettazione vera e propria con la strutturazione delle attività e dei contenuti. La penultima fase riguarda l'attuazione del corso. Infine, vi è la fase di valutazione dell'efficacia del percorso formativo. I risultati ottenuti in quest'ultimo punto fungono da base per l'ottimizzazione del ciclo successivo.

In questo lavoro mostriamo come è stato progettato e implementato il primo ciclo di formazione, i risultati ottenuti e le riflessioni da cui sono nate le proposte per migliorare il corso.

2.1 Progettazione e implementazione del corso

Proprio per la natura multidisciplinare della sostenibilità, questo corso è stato pensato e implementato da docenti universitari afferenti a diversi dipartimenti, ognuno con specifiche competenze nel settore legato alla sostenibilità. Dall'unione di diverse discipline e in collaborazione con IPRASE, l'ente che si occupa della formazione e dell'aggiornamento dei docenti della Provincia Autonoma di Trento, abbiamo sviluppato il corso *Educare alla complessità della sostenibilità: un approccio scientifico multidisciplinare* che si è tenuto a Rovereto (TN) da novembre 2023 a febbraio 2024 per un totale di 11 incontri da circa 3 ore ciascuno.

Il corso non si poneva come obiettivo quello di coprire in modo esaustivo tutti gli aspetti dell'educazione alla sostenibilità, quanto di offrire spunti pratici, contenuti e approcci didattici utili per i partecipanti. Il corso è stato articolato in più moduli. Ogni modulo si è focalizzato su tematiche specifiche, utilizzando un metodo coinvolgente e attivo. In ogni incontro, infatti, oltre all'esposizione frontale dei contenuti da parte dei docenti, sono anche state proposte attività laboratoriali, dibattiti e condivisione di esperienze. I moduli sono presentati in dettaglio nella Tabella 1. Per valutare l'efficacia del corso sono stati utilizzati

Modulo	Tema	Obiettivi	Metodologie
1. Introduzione	Attivazione della comunicazione e del pensiero critico	Stimolare gli insegnanti a far diventare gli studenti agenti di cambiamento; affrontare fattori psicologici legati al comportamento sostenibile	Discussione, esempi pratici
2. Effetto Serra e Cambiamento Climatico	Fondamenti scientifici del cambiamento climatico	Fornire strumenti scientifici agli insegnanti per introdurre il concetto di cambiamento climatico	Spiegazioni, gruppi di lavoro
3. Energia e Decarbonizzazione	Energia fossile e rinnovabile; decarbonizzazione	Comprendere l'importanza dell'energia e le strategie di decarbonizzazione	Analisi di casi, dibattiti
4. Aspetti Economici e Giuridici	Economia lineare e circolare; ruolo delle istituzioni	Spiegare i modelli economici e il ruolo delle istituzioni nella sostenibilità	Casi studio, esempi pratici
5. Aspetti Socio-antropologici della Sostenibilità	Cambiamento sistemico e politiche sostenibili	Esaminare come il cambiamento locale possa innescare politiche sostenibili globali	Discussioni di gruppo, analisi
6. Conclusioni	Psicologia e pensiero critico nel contesto della comunicazione attivista	Integrare tutti gli elementi in un quadro complessivo di comunicazione attivista e pensiero critico	Sintesi, riflessioni finali

Tabella 1: Tabella riassuntiva del corso, suddivisa per moduli.

LEZIONE ATTIVANTE
TEMA: ENERGIA E DECARBONIZZAZIONE
FATTORI TARGET: NORMA SOCIALE EFFICACIA IMMAGINAZIONE
CONTENUTI (parte frontale): - Fonti primarie di energia - Utilizzi energetici per settori - Litri equivalenti di gasolio per ogni fonte di energia - Fattore di capacità degli impianti → ridondanza di produzione (generazione e consumi non piatti)
ATTIVITA' (laboratorio): 1. JERRY CAN (calcolo consumi energetici) con calcoli alla lavagna interattivi: ogni studente calcola il proprio Jerry Can e poi si fa una media della classe (FATTORE norma sociale e efficacia) 2. CALCOLO PRONTA ECOLOGICA (con sito internet per vedere l'Overshoot Day): gli studenti vengono divisi in 3 gruppi; ogni studente impersonifica un ministro (energia, ecologia, welfare) e devono compilare il calcolo dell'impronta ecologica come se fosse quella del "cittadino tipo" della comunità che rappresentano. Lo scopo è cercare di ridurre l'impronta ecologica in modo verosimile (FATTORE efficacia e immaginazione)

Figura 3: Esempio di elaborato proposto da un docente.

due strumenti di raccolta dati: un piano didattico progettato dai docenti e un questionario di gradimento del corso. Nell'ultimo incontro è stato chiesto ai docenti di creare un'unità didattica partendo da una tematica tra quelle affrontate durante il corso, che includesse contenuti e attività, indicando i fattori psicologici che intendevano potenziare. Per valutare il gradimento del corso, i docenti hanno compilato un questionario composto da domande aperte e da quesiti strutturati secondo una scala Likert, suddivisi nelle seguenti macroaree: organizzazione dell'attività formativa, soddisfazione per i contenuti, considerazioni sui formatori, utilità e ricadute nell'attività formativa.

3 Risultati

Dall'analisi del contenuto delle lezioni progettate dai docenti a fine corso sono emerse alcune riflessioni interessanti. I docenti, infatti, hanno prediletto tematiche di tipo scientifico per le loro lezioni, come aspetti legati al cambiamento climatico o alla transizione energetica. Tuttavia sono state inserite all'interno della parte laboratoriale metodologie didattiche e attività proposte in altri moduli, come per esempio il calcolo dell'impronta ecologica, dibattiti all'interno della classe o discussioni di gruppo.

Questo suggerisce che i partecipanti abbiano recepito l'importanza di integrare conoscenze scientifiche e dimensioni più trasversali, come la riflessione



Figura 4: Esempio di attività proposta ai docenti.

critica e la partecipazione attiva. L’inserimento di attività come i dibattiti e le simulazioni indica una volontà di far emergere anche la dimensione civica e sociale della sostenibilità, in linea con gli obiettivi del corso.

È inoltre possibile osservare che le attività proposte riflettono l’implementazione intenzionale dei fattori psicologici considerati nella progettazione della lezione. Per esempio, il fattore “Fiducia nelle istituzioni” è stato messo in relazione con un’attività come la presentazione del lavoro svolto in aula ai rappresentanti del Comune di Rovereto (TN). Allo stesso modo, il fattore “Immaginazione” è stato pensato associato a un’attività di riflessione su scenari futuri possibili, sulla base delle scelte umane fatte rispetto alle emissioni di gas serra. Infine, il rafforzamento del fattore “Norma sociale” è implementato tramite iniziative di istituto come le campagne di sensibilizzazione promosse all’interno della scuola.

Dai questionari emerge un giudizio complessivamente positivo sul corso, apprezzato per l’organizzazione, la qualità dei contenuti e la preparazione dei formatori. I partecipanti hanno ritenuto il corso ben strutturato, con materiali curati e spiegazioni chiare e puntuali. Mediamente i docenti hanno trovato l’esperienza formativa interessante, tuttavia alcuni hanno sottolineato che, pur trovando i contenuti stimolanti, il loro utilizzo in classe potrebbe richiedere ulteriori riflessioni o strumenti. In questi casi è stato suggerito l’utilizzo di moduli più brevi e ancora più focalizzati sull’applicazione scolastica. Infine, è emersa qualche criticità rispetto allo sviluppo delle competenze collaborative e al lavoro di gruppo.

4 Conclusioni

In conclusione, l’esperienza del primo ciclo di formazione ha evidenziato il valore di un approccio multidisciplinare nel sostenere gli insegnanti nella progettazione di lezioni che promuovono negli studenti un atteggiamento attento alla sostenibilità mantenendo una base scientifica.

Il coinvolgimento di esperti provenienti da ambiti diversi ha contribuito a rendere il percorso più ricco e aderente alla complessità del tema, offrendo spunti

concreti su come collegare tra loro conoscenze scientifiche, strumenti educativi, e considerazioni sui comportamenti e sulle responsabilità individuali e collettive.

A partire dai risultati ottenuti in questo primo ciclo è stato progettato un secondo corso, più breve, che valorizzasse i docenti come parte attiva del percorso tramite spazi di confronto e attività a gruppi. Infatti la struttura multidisciplinare è stata mantenuta, ma il formato è stato rivisto per renderlo più agile. Il corso è stato condensato in due giornate consecutive: la prima giornata è stata dedicata all'approfondimento dei contenuti teorici; la seconda, invece, si è focalizzata sulla progettazione e sulla sperimentazione di attività didattiche.

Questa nuova organizzazione ha permesso di rispondere in modo più diretto alle esigenze espresse dai partecipanti nel mio ciclo, rendendo l'esperienza formativa più fluida, intensa e centrata sugli obiettivi pratici del corso.

Riferimenti bibliografici

- [1] Brundtland, G. H. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. UN, 1987.
- [2] United Nations. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015.
- [3] UNESCO. *Education for sustainable development: a roadmap*. UNESCO, 2020. DOI: 10.54675/yfre1448.
- [4] Blonder, R., Benny, N. e Jones, M. G. "Teaching Self-Efficacy of Science Teachers". In: *The Role of Science Teachers' Beliefs in International Classrooms*. SensePublishers, 2014, pp. 3–15. DOI: 10.1007/978-94-6209-557-1_1.
- [5] Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A. e Chaves, W. A. "Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research". In: *Environmental Education Research* 25.6 (ago. 2017), pp. 791–812. DOI: 10.1080/13504622.2017.1360842.
- [6] Toffaletti, S., Di Mauro, M., Rosi, T., Malgieri, M. e Onorato, P. "Guiding Students towards an Understanding of Climate Change through a Teaching-Learning Sequence". In: *Education Sciences* 12.11 (ott. 2022), p. 759. DOI: 10.3390/educsci12110759.
- [7] Castiglione, A., Brick, C., Holden, S., Miles-Urdan, E. e Aron, A. R. "Discovering the psychological building blocks underlying climate action—a longitudinal study of real-world activism". In: *Royal Society Open Science* 9.6 (giu. 2022). DOI: 10.1098/rsos.210006.
- [8] Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S. e Charusombat, U. "Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change". In: *Climatic Change* 104.3–4 (gen. 2010), pp. 481–507. DOI: 10.1007/s10584-009-9786-9.
- [9] Jarrett, L. "Investigating secondary school students' understanding of climate change". Publication Title: Thesis, University of Wollongong. Tesi di dott. 2013.

- [10] Besson, U., De Ambrosis, A. e Mascheretti, P. “Studying the physical basis of global warming: thermal effects of the interaction between radiation and matter and greenhouse effect”. In: *European Journal of Physics* 31.2 (feb. 2010). Publisher: IOP Publishing, pp. 375–388. DOI: 10.1088/0143-0807/31/2/015.
- [11] Toffaletti, S., Di Mauro, M e Onorato, P. “A review of the Greenhouse Effect and Climate Change in High School Textbooks”. In: *Journal of Physics: Conference Series* 2750.1 (apr. 2024), p. 012011. DOI: 10.1088/1742-6596/2750/1/012011.
- [12] Liu, S.-C. “Using drawings to examine undergraduate students’ mental models of the greenhouse effect: a factor analysis approach”. In: *International Journal of Science Education* 43.18 (nov. 2021), pp. 2996–3017. DOI: 10.1080/09500693.2021.2004466.
- [13] Onorato, P., Malgieri, M., Rosi, T., Salmoiraghi, A., Oss, S. e De Ambrosis, A. “Insegnare le basi fisiche dell’effetto serra e del riscaldamento globale - Teaching the physical basis of greenhouse effect and global warming”. In: *Giornale di Fisica* 62 (2021), 67–93. DOI: 10.1393/gdf/i2021-10400-4.
- [14] Toffaletti, S., Di Mauro, M., Malgieri, M., Rosi, T., Tufino, E., Onorato, P. e Oss, S. “A teaching-learning sequence about climate change: From theory to practice”. In: *American Journal of Physics* 91.9 (set. 2023), pp. 676–684. DOI: 10.1119/5.0137089.
- [15] White, R. e Gunstone, R. *Probing Understanding*. Routledge, apr. 2014. DOI: 10.4324/9780203761342.
- [16] Bamberg, S., Rees, J. H. e Schulte, M. “Environmental protection through societal change”. In: *Psychology and Climate Change*. Elsevier, 2018, pp. 185–213. DOI: 10.1016/b978-0-12-813130-5.00008-4.
- [17] Roser-Renouf, C., Maibach, E. W., Leiserowitz, A. e Zhao, X. “The genesis of climate change activism: from key beliefs to political action”. In: *Climatic Change* 125.2 (giu. 2014), pp. 163–178. DOI: 10.1007/s10584-014-1173-5.
- [18] Fielding, K. S., McDonald, R. e Louis, W. R. “Theory of planned behaviour, identity and intentions to engage in environmental activism”. In: *Journal of Environmental Psychology* 28.4 (dic. 2008), pp. 318–326. DOI: 10.1016/j.jenvp.2008.03.003.
- [19] Saikkonen, I. A.-L. e Christensen, H. S. “Guardians of Democracy or Passive Bystanders? A Conjoint Experiment on Elite Transgressions of Democratic Norms”. In: *Political Research Quarterly* 76.1 (mar. 2022), pp. 127–142. DOI: 10.1177/10659129211073592.
- [20] Castiglione, A. “Climate activism: what we know and what more we need to learn. A psychological and sociological review”. In: (nov. 2020). DOI: 10.31234/osf.io/7brz3_v1.
- [21] Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L. e Friedrichsen, P. J. “Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues”. In: *Science & Education* 30.3 (apr. 2021), pp. 589–607. DOI: 10.1007/s11191-021-00206-1.

- [22] Sadler, T. D. e Murakami, C. D. “Socio-scientific Issues based Teaching and Learning. Hydrofracturing as an Illustrative context of a Framework for Implementation and Research”. In: *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 14.2 (2014).
- [23] Kumar, V., Choudhary, S. K. e Singh, R. “Environmental socio-scientific issues as contexts in developing scientific literacy in science education: A systematic literature review”. In: *Social Sciences & Humanities Open* 9 (2024), p. 100765. DOI: 10.1016/j.ssaho.2023.100765.
- [24] Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J. e Gutierrez-Berraondo, J. “Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level”. In: *Physical Review Physics Education Research* 13.2 (dic. 2017), p. 020139. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.13.020139.

Parte II

Sustainability Competencies: the Role of Science Education Research

Modello pedagogico di CLIMADEMY per la formazione degli insegnanti sui cambiamenti climatici

O. Levrini¹, G. Tasquier¹, P. Fantini¹, S. Casalone¹, E. D’Orto¹,
L. Miani¹, C. Rossi¹, S. Satanassi¹, D. Stavrou², E. Michailidi²,
I. Metaxas², L. Riuttanen³, J. Lavonen³, K. Lauri³, S. Lintuvaara³,
J. Taurinen³, J. Friedrichsen³, A. Ginoudi⁴, T. Tsaknia⁵,
G. Bellentani⁶, F. Martinelli⁶, S. Zampetti⁶, N. Kalivitis²,
M. Kanakidou²

¹Department of Physics and Astronomy “A. Righi”, University of
Bologna, Via Irnerio 46, 40126, Bologna, Italy

²University of Crete, Gallos University Campus, 74100,
Rethymnon, Greece

³University of Helsinki, PL 4 (Yliopistonkatu 3), 00014 University
of Helsinki, Finland

⁴Regional Directorate of Primary and Secondary Education of
Crete, Knosou Av. 6, 71306, Heraklion, Greece

⁵Ellinogermaniki Agogi, Dimitriou Panagea Str. 153 51, Pallini
Attikis, Greece

⁶Fondazione Golinelli, Via Paolo Nanni Costa, 14, 40133 Bologna,
Italy

Abstract

La formazione dei giovani è considerata uno degli strumenti più efficaci per contrastare il cambiamento climatico. Ciononostante, la formazione degli insegnanti resta un problema aperto: di quali risorse e sostegno formativo necessitano i docenti per integrare il cambiamento climatico nei loro programmi? Quali sfide pone l’educazione al clima e quali trasformazioni istituzionali, disciplinari e relazionali sono necessarie? Il progetto CLIMADEMY, un Erasmus+ Teacher Academy, propone un modello pedagogico che risponda alle esigenze dei docenti, posizionandosi tra formazione disciplinare e innovazione interdisciplinare. Questo contributo ne presenta la struttura e le risorse didattiche, delineando prospettive di ricerca e implicazioni istituzionali.

Introduzione

La formazione dei giovani è considerata uno degli strumenti più efficaci per contrastare il cambiamento climatico [1]. Un interesse crescente verso l’educazione

al cambiamento climatico è manifestato da decisori politici, comunità di ricerca e settore educativo. Ciononostante, la formazione degli insegnanti resta un problema aperto e complesso. Alcune domande di ricerca particolarmente urgenti sono: di quali materiali e sostegno formativo hanno bisogno i docenti delle scuole secondarie per integrare il cambiamento climatico nel loro insegnamento? Quali sfide pone l'educazione al cambiamento climatico agli insegnanti di scienze e all'ecosistema scolastico? Quali trasformazioni istituzionali, disciplinari, epistemologiche e relazionali sono necessarie per includere il cambiamento climatico nei programmi scolastici e, quindi, nella formazione degli insegnanti?

Questi interrogativi sono al cuore di CLIMADEMY, un Erasmus+ Teacher Academy, il cui obiettivo è offrire un riferimento per la formazione degli insegnanti sul cambiamento climatico, le sue cause, i suoi impatti e le azioni di mitigazione. Il consorzio è composto da sette partner di quattro Paesi: le Università di Creta (coordinatori: Maria Kanakidou e Nikos Kalivitis), Bologna, Brema, Helsinki, la Direzione Regionale per l'Istruzione Primaria e Secondaria di Creta, la scuola greco-tedesca "Ellinogermaniki Agogi" e la Fondazione Golinelli.

Il contributo si concentra su uno dei risultati del progetto: il modello pedagogico sviluppato per rispondere alle esigenze dei docenti e per posizionare CLIMADEMY in relazione alle domande sopra esposte.

1 Le esigenze dei/lle docenti: risultati da focus group

Nel progetto CLIMADEMY, il modello pedagogico è stato costruito partendo da un'indagine qualitativa con focus group, a cui hanno partecipato 41 docenti e futuri docenti coinvolti nel progetto [2]. Le discussioni dei focus group sono state trascritte e analizzate attraverso un'analisi tematica bottom-up, che ha permesso di identificare quattro principali categorie di esigenze:

Disciplinari L'esigenza di arricchire e migliorare la conoscenza disciplinare e di ridefinire il senso di "expertise" dei docenti.

Educativo-pratici La necessità di disporre di risorse utilizzabili ma flessibili e aperte.

Di orientamento Il bisogno di obiettivi e valori condivisi che guidino le scelte didattiche degli insegnanti.

Istituzionali La necessità di un sistema scolastico che offra supporto e risponda in modo adeguato alle istanze sociali.

Come previsto, i docenti hanno spesso evidenziato il bisogno di nuove e aggiornate conoscenze interdisciplinari, specialmente su temi connessi alla sostenibilità. In particolare, hanno espresso che i tradizionali confini disciplinari li rendono poco preparati ad affrontare temi emergenti, generando incertezze epistemologiche e metodologiche.

Oltre alla necessità di acquisire nuove conoscenze interdisciplinari, i docenti hanno evidenziato il bisogno di risorse che siano adattabili, sempre aggiornate e in grado di colmare il divario generazionale in termini di competenze ambientali

e di alfabetizzazione digitale. Alcuni docenti hanno insistito sul fatto che tali risorse dovrebbero essere progettate soprattutto per gli studenti, i quali possiedono competenze diverse e, per certi aspetti, più avanzate rispetto agli insegnanti stessi. Una docente tedesca ha descritto una prospettiva intergenerazionale sull'urgenza del cambiamento climatico:

“Penso che i giovani abbiano sufficiente energia, potenziale e forse anche idee per far sì che (il clima) possa invertire la rotta velocemente... Noi, come insegnanti, possiamo formarli e dare input per cercare soluzioni.”

Un tema ricorrente nei focus group è stata la volontà di incidere sulle convinzioni, i valori e le azioni degli studenti. I docenti riconoscono che trasmettere semplicemente conoscenze fattuali non è più sufficiente: serve anche sviluppare strategie per influenzare il modo in cui gli studenti percepiscono e affrontano le sfide del mondo reale.

Infine, i docenti hanno evidenziato quanto, per affrontare il cambiamento climatico a scuola, sia necessaria una forma di supporto istituzionale. All'interno dei focus group hanno infatti sottolineato con forza come l'interdisciplinarietà coinvolga non solo i contenuti e i metodi di insegnamento, ma anche la progettazione del curriculum e le riforme istituzionali (organizzazione degli orari, modalità di valutazione, sostegno amministrativo).

2 Il modello pedagogico

Il quadro emerso rivela come il cambiamento climatico tocchi il nucleo dell'identità professionale dei docenti, spesso legata alla competenza disciplinare nella propria materia. Le discipline non sono soltanto modi di organizzare la conoscenza nei libri di testo: la competenza disciplinare è, tradizionalmente, la struttura portante che definisce il rapporto intergenerazionale e le relazioni con i colleghi a scuola. L'educazione al cambiamento climatico richiede di ripensare il proprio rapporto con la conoscenza, la didattica, la relazione con gli studenti e i colleghi, nonché le stesse strutture istituzionali in cui è necessario muoversi.

2.1 Struttura generale

Il modello pedagogico di CLIMADEMY è stato progettato per sostenere i docenti nelle quattro principali dimensioni emerse dalle loro necessità:

Dimensione epistemica e cognitiva Guidare i docenti nel problematizzare le barriere disciplinari risalenti ai modelli di organizzazione della conoscenza del XIX secolo e nel cercare, all'interno delle proprie discipline, contributi utili a preparare gli studenti ad affrontare temi complessi di rilevanza sociale.

Dimensione pedagogica Aiutare i docenti a creare ambienti di apprendimento efficaci e coinvolgenti, così da favorire negli studenti un senso di “agency” e di speranza attiva.

Dimensione relazionale Sostenere i docenti nella costruzione di autentici percorsi interdisciplinari così da aiutarli ad abitare “zone di confine” tra discipline [3], nella convinzione che la collaborazione multidisciplinare possa diventare una sorgente di nuova vitalità professionale.

Dimensione istituzionale Sostenere i docenti nel ricercare spazi e tempi utili per interventi interdisciplinari all'interno delle scuole, in un contesto normativo che spesso presenta barriere strutturali.

Sulla base di queste considerazioni, abbiamo delineato il modello pedagogico di CLIMADEMY come un insieme di quadri teorici, esempi di risorse e pratiche, elaborati dalla ricerca nel campo della didattica delle scienze. Questo insieme di quadri sostiene gli insegnanti nel:

1. Analizzare e rigenerare la conoscenza disciplinare.
2. Vivere esperienze di apprendimento inclusivo e partecipativo.
3. Co-progettare, co-imparare e co-insegnare in “zone di confine” interdisciplinari.
4. Mettere in discussione barriere istituzionali tra discipline.
5. Condividere valori e obiettivi sociali, politici ed epistemici.

2.2 La selezione di risorse basate su evidenze di ricerca

2.2.1 Dimensione epistemico-cognitiva

Come guida nella dimensione epistemico-cognitiva, per aiutare i docenti ad analizzare la struttura dei contenuti tenendo conto delle esigenze educative, CLIMADEMY ha scelto il *Model of Educational Reconstruction* (MER) [4]. Questo modello cerca di rendere l'insegnamento della scienza più accessibile e significativo attraverso un'analisi approfondita dei contenuti, la comprensione delle prospettive di studenti e insegnanti e la progettazione di ambienti di apprendimento adeguati. Il termine ricostruzione si riferisce infatti alla necessità di analizzare alcuni aspetti della conoscenza scientifica – concetti chiave, principi e processi della scienza, nonché il loro significato in ambienti extrascolastici – al fine di renderla più significativa; il concetto di ricostruzione educativa si riferisce alla necessità di integrare l'analisi della struttura dei contenuti con le esigenze educative. Il MER è pertanto proposto come principale riferimento per progettare nuovi materiali e per selezionare e valutare materiali già esistenti. In alcuni workshop sono state adottate delle varianti integrative al MER, come il modello di *Educational Reconstruction for Teacher Education* (ERTE) e una versione modificata dello strumento *Content Representation* (CoRe), che include l'uso di strumenti digitali nell'insegnamento-apprendimento dei temi legati al clima [5]. Da questa ricostruzione emergono due messaggi chiave:

Messaggio chiave 1 Bilanciare la conoscenza scientifica e le difficoltà di apprendimento degli studenti: nella pianificazione didattica, è necessario prestare uguale attenzione sia ai contenuti scientifici, sia alle variabili cognitive e affettive degli studenti (interessi, difficoltà di apprendimento, atteggiamenti), così come alle loro esperienze pregresse.

Messaggio chiave 2 Rendere la struttura dei contenuti più ricca rispetto alla semplice conoscenza scientifica: contrariamente all'idea tradizionale di “semplificazione”, il contenuto per l'insegnamento deve essere più ricco e contestualizzato, non solo più semplice. Dopo avere identificato le idee

fondamentali del contenuto scientifico, basandosi anche sulle conoscenze pregresse degli studenti e competenze da sviluppare, occorre arricchire il contenuto scientifico con contesti che siano significativi per gli studenti [4].

All'interno del progetto, sono stati coinvolti ricercatori in ambito scientifico – come, ad esempio, chimici e fisici dell'atmosfera – per costruire un solido quadro di conoscenze sui fattori che determinano il cambiamento climatico. Negli hub poi, docenti e formatori hanno lavorato insieme per rielaborare e approfondire tali conoscenze con l'obiettivo di aiutare gli studenti a comprendere i concetti di base, dare senso alle informazioni e sviluppare modi di pensare sostenibili. Per raggiungere questo obiettivo si è dato vita anche a laboratori didattici che, attraverso la pratica del *co-teaching*, hanno promosso l'interdisciplinarietà intrecciando saperi e linguaggi dell'area scientifica e di quella umanistica nella convinzione che l'educazione consapevole di una cultura della sostenibilità si costruisce e si rafforza negli anni della formazione scolastica con il dialogo sinergico tra conoscenze e competenze dei diversi ambiti disciplinari. Questo punto è stato particolarmente curato nell'Hub Italiano.

2.2.2 Dimensione pedagogica

Per guidare i docenti nella progettazione di attività didattiche da realizzare in classe, CLIMADEMY adotta principalmente due tipologie di modelli:

1. ***Participant framework e modello di mentoring MERID***: Selezionati per stimolare, durante le attività di formazione, riflessioni su come si distribuisce la conoscenza in classe, chi interviene, quali ruoli assumono docente e studenti [5].
2. ***Study and Research Paths for Teacher Education***: (SRPs-TE) Un modello operativo proposto nel quadro della teoria antropologica del didattico (ATD) [6]. Questo modello organizza i processi di co-apprendimento, co-progettazione e co-insegnamento in quattro fasi:
 - **Docenti come esploratori**: obiettivo di questa fase è stimolare il confronto iniziale, esplorare conoscenze pregresse e creare una base comune di discussione. I docenti rispondono a domande, condividono obiettivi, idee ed esperienze (brainstorming), esplorano ciò che già sanno (panoramica dello stato dell'arte). Questa fase aiuta a rompere il ghiaccio e a far emergere percezioni e conoscenze sui temi trattati.
 - **Docenti come studenti**: obiettivo di questa fase è far vivere ai docenti l'esperienza dell'apprendimento dal punto di vista degli studenti. I docenti partecipano a lezioni e attività come se fossero studenti, familiarizzando con nuovi contenuti e metodologie didattiche. Questa fase aiuta a mettersi nei panni degli studenti così da comprendere meglio le loro difficoltà e adattare le proprie strategie didattiche.
 - **Docenti come analisti**: obiettivo di questa fase è riflettere sulle attività vissute nelle fasi precedenti, analizzandole in profondità. I docenti esaminano criticamente materiali, metodi e strategie educative, discutendo i punti di forza e di criticità. Questa fase, proprio per l'analisi "meta" dei materiali e delle attività sperimentate, aiuta gli insegnanti a sviluppare una visione più ampia e consapevole della didattica.

- **Docenti come progettisti:** obiettivo di questa fase è applicare quanto appreso per progettare attività didattiche adattabili al proprio contesto. I docenti, infatti, elaborano e adattano attività per la propria classe, tenendo conto dei vincoli istituzionali. Possono anche analizzare esperienze reali di altri insegnanti. Questa fase è cruciale perché permette di trasformare la “teoria” in “pratica”, confrontandosi con i limiti del sistema scolastico.

2.2.3 Dimensioni relazionali e istituzionali

I quadri epistemico-cognitivi e pedagogici, sebbene inizialmente accolti con interesse, mostrano maggiori criticità quando invitano a mettere in discussione le strutture disciplinari come forma di organizzazione delle dimensioni relazionali e istituzionali. Il cambiamento climatico è un tema intrinsecamente “inter-multi-trans-disciplinare” e richiede a docenti e formatori di sviluppare competenze di co-apprendimento, co-progettazione e co-insegnamento. Per sostenere i docenti nello sviluppo di tali competenze, abbiamo adottato il quadro di riferimento proposto da Akkerman e Bakker [3], in cui le “zone di confine” (*boundary zones*) tra diverse discipline, pratiche, comunità o contesti di apprendimento diventano spazi di collaborazione e ibridazione di pratiche.

Studi specifici mostrano quanto sia delicato abitare una “zona di confine”, imparare a riconoscere i meccanismi di attraversamento di tali confini. Questo significa: riconoscere e comprendere le differenze tra le “diverse zone” (discipline, pratiche, comunità, ...); trovare modi per far funzionare insieme pratiche e conoscenze diverse; riflettere sulle differenze e su come queste influenzino la propria comprensione; sviluppare nuove pratiche o modi di pensare che combinano elementi delle “diverse zone” per attivare processi di “*othering*” e “*perspective making and taking*” [3]. È un processo che porta con sé sfide e difficoltà ma anche l’opportunità di aprire nuovi spazi istituzionali, osservando un cambiamento significativo nella cultura scolastica.

2.2.4 Dimensione socioculturale

Le discussioni più interessanti con i docenti riguardano questa sfera: come orientarsi nella società odierna e condividere le competenze che l’istruzione dovrebbe contribuire a sviluppare. CLIMADEMY ha elaborato un framework di competenze articolato in quattro aree, ispirato al GreenComp [7], integrato da conoscenze, abilità e atteggiamenti specifici sul cambiamento climatico.

Così come nel GreenComp, il framework di competenze CLIMADEMY sottolinea l’importanza di affrontare le competenze in modo sistemico e la necessità di:

- Dare rilievo alla costruzione di valori.
- Ampliare l’indagine scientifica per abbracciare la complessità e superare l’approccio riduzionista.
- Introdurre il futures thinking, ossia la capacità di immaginare e progettare scenari futuri.
- Articolare l’agency nelle sue dimensioni individuali, collettive e politiche, problematizzando la “speranza dannosa” e il senso di impotenza.

3 Conclusioni

L'educazione al cambiamento climatico richiede un profondo ripensamento delle tradizionali strutture disciplinari e delle pratiche didattiche nelle scuole [8]. Il modello pedagogico proposto da CLIMADEMY, basato su quadri teorici solidi e su risorse didattiche sperimentate, mira a sostenere i docenti nelle diverse dimensioni (epistemica, pedagogica, relazionale, istituzionale e socioculturale). L'esperienza dei focus group mostra come i docenti, se adeguatamente sostenuti, possano sviluppare nuove competenze disciplinari e interdisciplinari, arricchire la propria professionalità e incidere positivamente sulle convinzioni e le azioni dei/lle loro studenti/esse. Il cambiamento climatico è un tema globale e trasversale, che interpella la responsabilità collettiva di scuole, atenei e organizzazioni educative. In tal senso, CLIMADEMY intende costituire uno spazio collaborativo europeo in cui riflettere, sperimentare e co-creare pratiche educative capaci di incidere sulle sfide del presente e del futuro.

Riferimenti bibliografici

- [1] European Parliament. *European Parliament resolution of 14 March 2019 on climate change – a European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy in accordance with the Paris Agreement*. 2019. URL: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0217_EN.html.
- [2] Rossi, C. “Pedagogical model for teacher education on climate change within the European CLIMADEMY project”. Tesi di laurea mag. Università di Bologna, 2023.
- [3] Akkerman, S. F. e Bakker, A. “Boundary Crossing and Boundary Objects”. In: *Review of Educational Research* 81.2 (giu. 2011), pp. 132–169. DOI: 10.3102/0034654311404435.
- [4] Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. e Parchmann, I. “The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science1”. In: *Science Education Research and Practice in Europe*. SensePublishers, 2012, pp. 13–37. DOI: 10.1007/978-94-6091-900-8_2.
- [5] Loughran, J., Mulhall, P. e Berry, A. “Exploring Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education”. In: *International Journal of Science Education* 30.10 (ago. 2008), pp. 1301–1320. DOI: 10.1080/09500690802187009.
- [6] Michailidi, E. e Stavrou, D. “Mentoring in-service teachers on implementing innovative teaching modules”. In: *Teaching and Teacher Education* 105 (set. 2021), p. 103414. DOI: 10.1016/j.tate.2021.103414.
- [7] European Commission. Joint Research Centre. *GreenComp, the European sustainability competence framework*. LU: Publications Office, 2022. DOI: 10.2760/13286.

- [8] Levrini, O., Pietrocola, M. e Erduran, S. “Breaking Free from Laplace’s Chains: Reimagining Science Education Beyond Determinism”. In: *Science & Education* 33.3 (mag. 2024), pp. 489–494. DOI: 10.1007/s11191-024-00528-w.

Usare il GreenComp come strumento per analizzare attività educative multi-target: un caso studio sul riciclaggio di imballaggi

L. Miani

Department of Physics and Astronomy “A. Righi”, University of
Bologna, Via Irnerio 46, 40126, Bologna, Italy

Abstract

The paper describes the analysis of the sustainability training activities conducted by CONAI, the Italian National Packaging Consortium (Consorzio Nazionale Imballaggi). The research presented in the paper enquires about the relationship between sustainability and education in formal, non-formal, and informal contexts. In particular, the focus is on how GreenComp, the European sustainability framework developed by the JRC, can serve as an assessment tool to explore the potential for developing sustainability competences in educational activities. The results suggest a need to focus more deeply on future-oriented activities to promote agency and sustainable values.

Introduzione

L’educazione alla sostenibilità ricopre un ruolo molto importante nel processo formativo che studenti di tutte le fasi si trovano a percorrere nei loro anni scolastici. L’importanza di questo tema è elevata in questa epoca storica, segnata irrimediabilmente da cambiamenti climatici, instabilità economiche e politiche, e sfide sociali su più livelli. La parola sostenibilità è stata usata in diversi modi negli anni, e in letteratura sono presenti molti studi che hanno cercato di rintracciarne la natura, le origini e i diversi significati che le sono stati attribuiti. In particolare, nel campo dell’educazione alla sostenibilità, è molto importante capire qual è lo scopo principale, il contesto in cui se ne parla e le diverse modalità con cui ci si possono condurre attività educative e formative.

L’obiettivo di questo lavoro è quello di esplorare le attività di educazione e formazione alla sostenibilità e all’economia circolare condotte dal Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI). Questo studio nasce come parte integrante della ricerca di dottorato dell’autore, e ha il fine ultimo di studiare e capire quali sono le potenziali competenze di sostenibilità messe in campo dalle attività di educazione e formazione del consorzio. Questi risultati hanno un duplice valore: da una parte mostrano le attività che sono e possono essere messe in atto al fine di educare e formare alla sostenibilità, e allo stesso tempo mostrano come l’educazione scientifica possa fornire i mezzi necessari per parlare e affrontare questi temi. Le competenze di sostenibilità prese a riferimento sono quelle descritte all’interno del GreenComp, il framework di competenze di sostenibilità prodotto

dal Joint Research Centre della Comunità Europea [1]. Come verrà descritto successivamente, le competenze chiave sono sviluppate attorno a termini chiave per l'educazione scientifica quali, ad esempio, la complessità, il *problem framing* e il *critical thinking*. Lo scopo finale di questo lavoro è quello di collegare e favorire una conversazione tra ricerca, insegnamento e *stakeholders* locali rispetto alle pratiche della sostenibilità, alla loro implementazione e alle loro conseguenze per il mondo che viviamo, dentro e fuori dalla scuola.

Il lavoro è strutturato nel seguente modo. Nella sezione 1 presento la letteratura relativa al campo dell'educazione alla sostenibilità in contesti formali, non formali e informali, per poi concentrarmi specificamente sulla descrizione di CONAI, a partire dalla sua fondazione, dal suo ruolo nel sistema italiano del riciclo e dalla sua struttura. Nella sezione 2 introduco la metodologia adottata per condurre la ricerca sulle attività formative dell'azienda. Nella sezione 3 presento i risultati dell'analisi, mentre nella sezione 4 descrivo le conclusioni e le possibili raccomandazioni per adottare una prospettiva globale di educazione alla sostenibilità attraverso la descrizione di due nuove attività possibili.

I materiali utilizzati per condurre questa analisi sono principalmente report e documenti preparati dal consorzio per comunicare i propri risultati, assieme alle informazioni acquisite attraverso i due cicli di interviste [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

1 Theoretical framework, contesto di ricerca e domande di ricerca

1.1 Education for sustainability

Come indicato dal report finale delle nazioni unite sul decennio 2005-2014 dedicato all'educazione per lo sviluppo sostenibile, è necessario che tutti i membri della società – governi, settore privato, società civile e persone nel mondo – facciano la loro parte per raggiungere un futuro equo e sostenibile [11]. Parlare però di sostenibilità in senso lato può essere fuorviante e a tratti dannoso, visto il largo utilizzo che è stato fatto del termine negli ultimi decenni. Come già indicato da Jacobs [12] diversi anni fa, i termini sostenibilità e sviluppo sostenibile sono stati dominanti nel campo delle politiche ambientali a partire dal “Brundtland report” [13], documento prodotto dalla Commissione delle Nazioni Unite sull'Ambiente e sullo Sviluppo all'interno del quale si stabilisce il concetto di sviluppo sostenibile come l'area sotto la quale sia necessario lavorare per raggiungere gli obiettivi della protezione ambientale e dello sviluppo economico. Il problema principale di questa definizione sta nella sua grande capacità di accogliere tanti diversi modi di lavorare nel campo della sostenibilità, evitando di ragionare su cosa sia veramente necessario che sia sostenuto [14]. Il concetto di sviluppo sostenibile, come indicato da Bonnett, rischia di essere troppo generico, e permette a molti attori e stakeholder di muoversi al suo interno senza effettivamente chiarire in quale modo la loro azione promuova attività, comportamenti e attitudini sostenibili.

Questa discussione, che va avanti da diversi decenni, trova una sua risonanza nel campo educativo, in quanto le indicazioni nazionali e locali risentono in maniera molto profonda del clima culturale, economico e politico che circonda il mondo scolastico. L'educazione assume un ruolo decisivo nell'educare e formare

le future generazioni rispetto ai temi climatici e ambientali, e il modo con cui questa viene portata avanti deve essere consapevole del mondo reale che la circonda. La capacità di conoscere il mondo esterno non è necessaria solamente all'introduzione dei soggetti nel mondo del lavoro, ma diventa fondamentale per poter permettere loro di comprendere, agire e modificare le dinamiche del sistema, specialmente quelle che hanno portato alle attuali condizioni in termini di consumo di risorse e inquinamento.

Il concetto di sostenibilità, come evidente, comprende diverse dimensioni al suo interno. Generalmente ci si riferisce a tre dimensioni principali, anche chiamati pilastri: ambientale, economico, e sociale. La formulazione basata sui tre pilastri non ha un'origine ben chiara, come riportato da Purvis e colleghi [15], ma viene generalmente utilizzata per rappresentare le tre aree principali su cui è necessario concentrarsi per far sì che le decisioni e le azioni intraprese siano effettivamente sostenibili.

Da un punto di vista educativo la comunità europea, attraverso il suo *Joint Research Center* (JRC), ha di recente prodotto un framework, chiamato GreenComp [1], sulle competenze necessarie per vivere e crescere in maniera sostenibile. Il framework si colloca in una lunga serie di studi e ricerche condotte per mettere assieme le principali competenze necessarie per educare e formare alla sostenibilità, ed è stato prodotto attraverso un processo di dialogo iterativo assieme a ricercatori, educatori e stakeholders. Nel framework vengono proposte quattro principali aree di competenze, ognuna contenente tre competenze:

- embodying sustainability values (valuing sustainability, supporting fairness, promoting nature);
- embracing complexity in sustainability (systems thinking, critical thinking, problem framing);
- envisioning sustainable futures (futures literacy, adaptability, exploratory thinking);
- acting for sustainability (political agency, collective action, individual initiative).

Dalla data della sua pubblicazione il framework è stato adottato come linea guida principale in termini di educazione alla sostenibilità per la scrittura di progetti europei, e diversi network e gruppi di lavoro stanno portando avanti la conversazione per metterlo in pratica, ad esempio attraverso il network *Education for Climate* (<https://education-for-climate.ec.europa.eu/community/>).

Nello studio che viene presentato in questo articolo il GreenComp è stato utilizzato come strumento di analisi per valutare la vicinanza e la corrispondenza di una serie di attività educative e formative rispetto alle indicazioni del framework di competenze, e quindi della comunità europea. Le attività analizzate in questo caso sono portate avanti da CONAI, il Consorzio Nazionale Imballaggi, e variano in tipologia tra educazione formale, non formale e informale.

1.2 Il Sistema CONAI

Il CONAI, Consorzio Nazionale Imballaggi, è nato nel 1997 a seguito del Decreto Ronchi (D.Lgs. 22/97), sostituito nel 2006 dal Decreto Legislativo “Norme in materia ambientale” (D.Lgs. 152/06 e successivi aggiornamenti). Il suo

compito è quello di gestire il recupero e il riciclo degli imballaggi nella loro totalità e di perseguire gli obiettivi di riciclo e recupero fissati dalla normativa europea. La gestione operativa del recupero degli imballaggi per ogni singolo materiale è affidata a sette Consorzi specifici: Ricrea (acciaio), CiAl (alluminio), Comieco (carta), Rilegno (legno), Corepla (plastica), Biorepack (bioplastica), CoReVe (vetro). Questi sette Consorzi di Materiali sono affiancati da altri quattro consorzi indipendenti. Pertanto, il “sistema CONAI” è un sistema di consorzi a livello nazionale, che costituisce un caso unico in Europa in termini di normative, struttura e gestione operativa e finanziaria.

Il CONAI, i sette Consorzi di Materiale e i quattro Consorzi indipendenti hanno stipulato una convenzione quadriennale con l’Associazione Nazionale dei Comuni Italiani (ANCI), al fine di garantire la copertura dei costi derivanti dai servizi di raccolta differenziata, trasporto, selezione e altre operazioni preliminari dei rifiuti di imballaggio, nonché le modalità di raccolta degli stessi rifiuti per le attività di riciclo e recupero. Si tratta di un sistema autofinanziato che ha raggiunto gli obiettivi prefissati ai costi più bassi d’Europa, investendo anche notevoli risorse nell’informazione ai cittadini.

Questo sistema, istituito per legge e affidato alle aziende, ha segnato la trasformazione da una gestione basata sulle discariche a un sistema integrato basato sulla prevenzione, il riciclaggio e il recupero energetico dei rifiuti di imballaggio, poi esteso ad altri rifiuti. La struttura complessiva lavora su 9 diversi SDGs (*Quality education; Affordable and clean energy; Decent work and economic growth; Industry, innovation and infrastructure; Reduced inequalities; Sustainable cities and communities; Responsible consumption and production; Climate action; Life on land*) e 5 programmi specifici.

CONAI si muove all’interno delle normative europee del Green Deal europeo (che promuove un’economia climaticamente neutrale, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva) e del Piano d’Azione per la Nuova Economia Circolare del 2020, che mira a conservare il più a lungo possibile il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse nell’economia e a minimizzare la produzione di rifiuti.

Come descritto in precedenza, uno degli obiettivi del CONAI è quello di formare e educare stakeholder, tecnici, cittadini ed esperti a conoscere e rispettare le più recenti indicazioni europee in termini di smaltimento e riciclo dei rifiuti. Per fare ciò, il consorzio ha sviluppato negli anni diverse attività per raggiungere questi obiettivi, differenziate su diverse età e diversi target group.

L’obiettivo di questo lavoro di ricerca è quello di analizzare la potenzialità di ciascuna attività educativa e formativa condotta da CONAI di sviluppare competenze di sostenibilità (ad esempio competenze di gestione del rischio e dell’incertezza, capacità di previsione, pensiero sistemico, uso di simulazioni e capacità di costruire scenari, capacità decisionali, etc.) utilizzando il GreenComp come strumento di analisi e valutazione.

2 Metodi

Lo studio riportato in questo articolo si basa su un periodo di studio di sei mesi condotto assieme al Consorzio CONAI. La ricerca condotta ha voluto studiare come le attività formative svolte dai diversi esperti del consorzio insieme a realtà territoriali, aziende e scuole, possano contribuire a sviluppare competenze di sostenibilità e a promuovere valori legati alla sostenibilità. Tutto il lavoro è

stato svolto prestando attenzione alla dimensione interdisciplinare delle attività analizzate e al loro contesto.

Il lavoro si è diviso in tre fasi. Nella prima fase ho raccolto di informazioni sulle attività di orientamento, formazione e comunicazione messe in atto dal Consorzio sui temi della sostenibilità ambientale, attraverso interviste, analisi di documenti e osservazione diretta delle pratiche. Le interviste sono state condotte con rappresentanti delle principali aree del Consorzio, con l'obiettivo di mappare le attività messe in atto nel contesto della formazione alla sostenibilità. Le interviste semi-strutturate sono state condotte online. Dopo aver posto alcune domande introduttive, come il *background* di ciascun intervistato e il suo ruolo all'interno dell'azienda, sono passato a concentrarmi su domande riguardanti il cambiamento, le competenze, le pratiche e le attività, con le seguenti domande:

- Che tipo di cambiamento intende promuovere la vostra area in relazione ai diversi obiettivi?
- Secondo voi, quali sono le competenze che devono essere promosse e sviluppate nel vostro gruppo target per ottenere il cambiamento a cui mirate?
- Come lavorate per costruire e sviluppare questo tipo di competenze?
- Quali attività svolgete nei vostri progetti per promuovere queste competenze?
- Quali valori cercate di promuovere attraverso la realizzazione di queste attività?
- Questi valori, secondo lei, sono tipici delle aree o sono trasversali a tutte?

In totale sono state condotte 10 interviste, della durata di circa 50 minuti ognuna. Come primo passo, ho proceduto alla sistematizzazione e alla categorizzazione di tutte le attività formative per target, argomento e obiettivo principale. Questo processo si è reso necessario perché il primo ciclo di interviste e la lettura delle trascrizioni hanno mostrato come il consorzio si stesse muovendo su diversi fronti e a diversi livelli per perseguire la propria educazione alla sostenibilità, ma né i report né le interviste hanno rivelato una visione sistemica di tutte le attività svolte. Di conseguenza, ho individuato 4 target principali: scuole e università, stakeholder e partner, tecnici e funzionari pubblici, e giornalisti. In totale sono state rilevate 8 attività principali (Figura 1).

Una volta identificate le tipologie di attività in base ai diversi target ho iniziato l'analisi vera e propria, guidata da due domande di ricerca principali:

RQ1 Le attività formative presentate da CONAI sono allineate con i rapporti europei in termini di competenze di sostenibilità?

RQ2 Le attività sono finalizzate a sviluppare le competenze di base per le transizioni green seguendo le indicazioni del GreenComp?

Per fare ciò, sono partito dalle definizioni di ogni competenza presenti nel framework e ho trasformato ogni definizione in una domanda guida. Questa operazione ha avuto lo scopo di creare uno strumento di valutazione abbastanza vicino alle definizioni del GreenComp e abbastanza flessibile da poter essere declinato a seconda dell'argomento da valutare. Riporto l'elenco completo delle domande guida prodotte per condurre l'analisi in Tabella 1.

Embodying sustainability values	
Valuing sustainability: To reflect on personal values; identify and explain how values vary among people and over time, while critically evaluating how they align with sustainability values	Valuing sustainability: What kind of values are promoted? How do they align with sustainability values and ethics?
Supporting fairness: To support equity and justice for current and future generations and learn from previous generations for sustainability	Supporting fairness: Do the CONAI training activities support equity and justice for all generations?
Promoting nature: To acknowledge that humans are part of nature; and to respect the needs and rights of other species and of nature itself in order to restore and regenerate healthy and resilient ecosystems	Promoting nature: Are the CONAI training activities capable of promoting respect towards other species and nature itself to restore and regenerate healthy ecosystems?
Embracing complexity in sustainability	
Systems thinking: To approach a sustainability problem from all sides; to consider time, space and context in order to understand how elements interact within and between systems	Systems thinking: Do CONAI training activities help tackle sustainability problems from all sides and focus on how the elements interact within and between systems?
Critical thinking: To assess information and arguments, identify assumptions, challenge the status quo, and reflect on how personal, social and cultural backgrounds influence thinking and conclusions	Critical thinking: Are CONAI training activities useful for promoting reflections about information, assumptions and the influence of social and personal backgrounds on thinking and conclusions?
Problem framing: To formulate current or potential challenges as a sustainability problem in terms of difficulty, people involved, time and geographical scope, in order to identify suitable approaches to anticipating and preventing problems, and to mitigating and adapting to already existing problems	Problem framing: Do CONAI training activities help to formulate challenges as sustainability problems based on social, economic and territorial aspects to anticipate and prevent present and future challenges?
Envisioning sustainable futures	
Futures literacy: To envision alternative sustainable futures by imagining and developing alternative scenarios and identifying the steps needed to achieve a preferred sustainable future	Futures literacy: Are CONAI training activities capable of generating alternative sustainable futures through imagination and the development of scenarios?
Adaptability: To manage transitions and challenges in complex sustainability situations and make decisions related to the future in the face of uncertainty, ambiguity and risk	Adaptability: Do CONAI training activities help in managing transitions and challenges and in making future decisions in the face of uncertainty, risk and ambiguity?
Exploratory thinking: To adopt a relational way of thinking by exploring and linking different disciplines, using creativity and experimentation with novel ideas or methods	Exploratory thinking: Do CONAI training activities facilitate the adoption of a relational way of thinking by using creativity and experimentation?
Acting for sustainability	
Political agency: To navigate the political system, identify political responsibility and accountability for unsustainable behaviour, and demand effective policies for sustainability	Political agency: Do CONAI training activities help in identifying political responsibility and accountability?
Collective action: To act for change in collaboration with others	Collective action: Are CONAI training activities useful for promoting action for change in collaboration with others?
Individual initiative: To identify own potential for sustainability and to actively contribute to improving prospects for the community and the planet	Individual initiative: Do CONAI training activities contribute to identify one own potential to actively improve one's role in the community?

Tabella 1: Definizioni delle competenze di sostenibilità GreenComp (a sinistra); versione TASC CONAI (a destra).



Figura 1: Elenco delle attività formative svolte dal CONAI, suddivise per target.

L'insieme delle domande guida è stato denominato TASC (Tool for Assessing Sustainable Competences). Il TASC è uno strumento polivalente a più campi, progettato per essere utilizzato in contesti diversi. Le domande fanno riferimento a una radice comune, ma possono essere modificate molto facilmente nel caso in cui sia necessario ricontestualizzarle. In questo caso, sono state applicate alle attività formative del CONAI, mentre in un precedente lavoro sono state utilizzate nel campo del rilevamento e dell'attribuzione di eventi estremi [16]. Per rappresentare in maniera semplice e diretta quali competenze sono maggiormente enfatizzate da ciascuna attività, ad ogni analisi TASC è stato affiancato un semplice grafico che riassume le quattro aree di competenza principali e le 12 competenze di GreenComp (Figura 2).

La terza fase del lavoro si è concentrata sulla co-progettazione di possibili moduli didattici per contesti di educazione formale o non formale, mirati a collegare in maniera più diretta ed efficace il contesto scolastico e quello sociale e locale. Queste proposte sono suggerite al termine della sezione successiva.



Figura 2: Grafico riassuntivo associato al TASC per evidenziare il tipo di competenze attivate da ogni attività.

3 Risultati

In questa sezione riporto i risultati dell’analisi, descrivendo brevemente ognuna delle 8 attività di formazione e educazione condotte da CONAI.

3.1 Riciclo di classe

Il primo progetto descritto è chiamato “Riciclo di Classe”, e rappresenta un esempio significativo di educazione alla sostenibilità rivolto alle scuole primarie italiane. Nato con l’obiettivo di avvicinare i bambini ai temi del riciclo e della raccolta differenziata, il progetto adotta un approccio educativo che combina didattica, creatività e partecipazione attiva. Inserito nel Piano di Rigenerazione Scuola e collegato all’insegnamento dell’Educazione Civica, il percorso educativo si articola in una serie di attività che uniscono momenti di riflessione in classe con esperienze artistiche e narrative. Nel corso degli anni, il progetto ha utilizzato diversi linguaggi per comunicare ai più piccoli il valore della sostenibilità ambientale. Inizialmente, una storia illustrata ambientata nella città immaginaria di “Riciclonia” ha permesso agli studenti di scoprire il funzionamento ideale di un sistema di raccolta differenziata e di affrontare, attraverso la narrazione, le sfide dell’educazione ambientale. Successivamente, l’attenzione si è spostata sul teatro, con la creazione dello spettacolo “Dipende da noi”, un’opera che racconta le vicende di una famiglia impegnata a difendere un’antica casa di campagna minacciata da speculazioni edilizie. In questo contesto, gli studenti scoprono i “personaggi” della scena – sette materiali da imballaggio (Acciaio, Alluminio, Bioplastica, Carta, Legno, Plastica e Vetro) – che rappresentano simbolicamente le possibilità di trasformazione offerte dal riciclo.

Attraverso un’esperienza educativa che integra gioco, narrazione e lavoro di gruppo, il progetto promuove l’adozione di comportamenti responsabili e favorisce la costruzione di una cittadinanza ambientale attiva. I bambini sono chiamati non solo a comprendere i principi della raccolta differenziata, ma anche a metterli in pratica concretamente, sviluppando competenze legate alla sostenibilità, alla cooperazione e alla creatività.

Dal punto di vista delle competenze europee per la sostenibilità delineate nel GreenComp Framework, “Riciclo di Classe” si colloca principalmente nelle aree dedicate all’incarnare i valori della sostenibilità (A1), immaginare futuri sostenibili (A3) e agire per la sostenibilità (A4). In particolare, l’attività stimola lo sviluppo di capacità quali la valorizzazione della sostenibilità ambientale, la promozione della natura, il pensiero esplorativo, l’iniziativa individuale e l’azione collettiva. Il teatro, come forma di espressione inclusiva, consente agli studenti di confrontarsi e collaborare, ma anche di riflettere criticamente sui propri comportamenti quotidiani, trasformando l’educazione ambientale in un’esperienza concreta, coinvolgente e trasformativa.

3.2 Progetto PCTO

Il progetto PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l’Orientamento), pensato per gli studenti della scuola secondaria di secondo grado, si configura come un’opportunità formativa per avvicinare i giovani alle professioni legate alla sostenibilità e all’economia circolare, con un focus specifico sul riciclo degli imballaggi. Si tratta di un corso online della durata di 40 ore, sviluppato in

collaborazione con CONAI e i consorzi di filiera, che mira a offrire uno sguardo ampio e sistemico sulle dinamiche ambientali, economiche e sociali legate al ciclo dei materiali.

L'attività si svolge interamente su una piattaforma di e-learning e propone contenuti multidisciplinari articolati in diversi moduli. Uno dei punti di forza è l'approfondimento dei cosiddetti *green jobs*, le professioni emergenti connesse alla transizione ecologica, offrendo agli studenti strumenti per orientarsi in un panorama lavorativo in continua evoluzione. Oltre a questo, il percorso formativo presenta esempi concreti di campagne di comunicazione ambientale, come "Rinascimento per l'ambiente", e progetti educativi come "Riciclo di classe", per evidenziare come la sostenibilità possa permeare diversi ambiti professionali, dalla comunicazione alla logistica, dalla consulenza ambientale alla gestione dei rifiuti.

I contenuti del corso puntano a sviluppare negli studenti una comprensione critica delle relazioni tra attori e processi coinvolti nella gestione sostenibile delle risorse. Viene infatti evidenziato il ruolo strategico che stakeholder pubblici, privati e territoriali svolgono nel costruire politiche e pratiche ambientali efficaci. La struttura del corso permette così agli studenti di avvicinarsi ai temi della sostenibilità non in maniera astratta o settoriale, ma come parte di un sistema complesso di interazioni economiche, culturali e istituzionali.

In termini di GreenComp, il progetto attiva un ampio spettro di competenze. Oltre all'area legata all'incarnare i valori della sostenibilità (A1), in cui si lavora su elementi come l'equità e la promozione della natura, il corso permette di affrontare con particolare efficacia l'area dell'abbracciare la complessità (A2), sviluppando competenze come il pensiero sistemico, il pensiero critico e la capacità di inquadramento dei problemi. Inoltre, l'esposizione a scenari futuri e alla dimensione professionale della sostenibilità consente di rafforzare anche l'area connessa ai all'immaginazione di futuri sostenibili (A3), attraverso l'adattabilità e il pensiero esplorativo, e infine all'agire per la sostenibilità (A4), grazie alla promozione dell'iniziativa individuale, dell'azione collettiva e dell'agenzia politica.

L'attività PCTO utilizza quindi una struttura formativa obbligatoria come strumento per introdurre riflessioni e conoscenze cruciali in ambito ambientale, trasformando un adempimento scolastico in un'opportunità educativa per formare cittadini più consapevoli e orientati all'azione sostenibile. Il progetto dimostra come l'educazione alla sostenibilità possa diventare parte integrante dell'orientamento scolastico e professionale, offrendo ai giovani un set di competenze fondamentali per affrontare con responsabilità e spirito critico le sfide del futuro.

3.3 Manuale sull'Economia circolare

Il progetto del manuale accademico "Economia circolare: la sfida del packaging", curato da Alessia Acampora e Carlo Alberto Pratesi [17], nasce come iniziativa editoriale del CONAI in occasione del venticinquesimo anniversario dalla sua fondazione. Si tratta di un'opera corale, redatta con il contributo di oltre trenta docenti universitari provenienti da atenei italiani di eccellenza, tra cui il Politecnico di Milano, l'Università Bicocca, la Scuola Superiore Sant'Anna, l'Università della Tuscia, Roma Tre e l'Università della Basilicata. Il manuale rappresenta una sintesi rigorosa e aggiornata delle conoscenze e delle pratiche

maturate in Italia in tema di economia circolare, con particolare attenzione al ruolo degli imballaggi e del sistema consortile del riciclo. Pensato come strumento didattico per studenti universitari – sia di ambito tecnico-scientifico che umanistico – e per professionisti del settore ambientale, il volume si articola in due sezioni principali. La prima affronta in maniera teorica e normativa il concetto di economia circolare, approfondendone i modelli, le politiche europee, gli strumenti operativi e il ruolo cruciale dei consumatori. La seconda parte entra invece nello specifico del settore degli imballaggi, affrontando tematiche come la progettazione ecologica, la governance dei rifiuti e il ciclo integrato di gestione. Ogni capitolo è costruito come un contributo scientifico autonomo, sottoposto a peer review, che unisce la solidità accademica all’esperienza operativa di CONAI.

La prospettiva adottata è fortemente interdisciplinare: diritto, economia, management, scienze merceologiche e ingegneria convergono per restituire una visione sistemica delle sfide e delle opportunità offerte dalla transizione circolare. Il manuale fornisce un quadro completo del contesto italiano, e si inserisce nel dibattito internazionale attraverso l’analisi della letteratura e il confronto tra teoria e prassi. In questo senso, rappresenta una risposta concreta alla crescente domanda di materiali formativi in grado di affrontare la complessità del tema degli imballaggi in chiave sostenibile.

La presentazione del manuale, realizzata in diverse università italiane, si configura come parte integrante del progetto. Durante questi eventi, oltre agli autori e ai docenti, è stata coinvolta anche *Randstad Research*, che ha illustrato i risultati della ricerca “Le 200 professioni dell’economia circolare”, fornendo un’utile panoramica sui green jobs emergenti. Queste occasioni hanno quindi permesso non solo di promuovere il manuale come strumento di apprendimento, ma anche di sensibilizzare gli studenti sulle nuove opportunità professionali legate alla sostenibilità.

Dal punto di vista delle competenze GreenComp, l’attività attiva tutte e quattro le aree chiave. La dimensione valoriale della sostenibilità (A1) viene stimolata attraverso la riflessione su temi di equità e responsabilità ambientale. L’intero impianto del manuale si fonda sull’area “Abbracciare la complessità” (A2), promuovendo competenze come il pensiero sistemico, il pensiero critico e l’inquadramento dei problemi. Nella misura in cui il manuale incoraggia a riflettere su scenari futuri, normative e modelli di governance, risulta attivata anche l’area “Immaginare futuri sostenibili” (A3), con enfasi su alfabetizzazione al futuro, adattabilità e pensiero esplorativo. Infine, la partecipazione attiva degli studenti nei momenti di presentazione e discussione stimola lo sviluppo di un’azione politica (A4), rendendoli protagonisti informati e consapevoli del cambiamento. In sintesi, il manuale accademico “Economia circolare: la sfida del packaging” rappresenta uno strumento educativo capace di coniugare rigore scientifico, operatività e divulgazione. Contribuisce inoltre a colmare un vuoto nei percorsi formativi accademici, promuovendo una cultura della sostenibilità fondata sulla conoscenza, la partecipazione e la responsabilità condivisa.

3.4 GreenJobs

La quarta attività, intitolata “GreenJobs – La gestione dei rifiuti tra diritto e tecnologia”, è un corso di alta formazione post-laurea rivolto principalmente a giovani neolaureati tra i 25 e i 30 anni, residenti o provenienti da università del

Centro-Sud Italia. Il progetto nasce con l'obiettivo di promuovere le competenze e le professioni legate all'economia circolare, offrendo una preparazione specifica sia sul piano normativo che su quello tecnico, con un focus particolare sulla gestione dei rifiuti e sul sistema consortile italiano.

Il corso è gratuito per i partecipanti ed è organizzato dal CONAI in collaborazione con diverse università del Sud Italia (Basilicata, Reggio Calabria, Palermo e Campania) e con il supporto di consorzi di filiera e aziende del settore del riciclo. La formazione si svolge in modalità online, con lezioni in diretta webinar articolate in 24 moduli per un totale di 72 ore (suddivise su 12 giorni, nell'arco di quattro settimane), e si conclude con un incontro in presenza per la consegna degli attestati. Durante il percorso formativo vengono fornite anche slide, materiali di approfondimento e casi studio, resi disponibili attraverso una piattaforma digitale. Il corso si distingue per il suo approccio multidisciplinare: la parte normativa affronta i temi legati alla legislazione ambientale, alle responsabilità e agli obblighi connessi al trattamento dei rifiuti, mentre la parte tecnica approfondisce i processi di gestione integrata, il riciclo dei materiali, le certificazioni ambientali e le opportunità di business legate all'economia circolare.

Questa attività mira a sviluppare competenze fondamentali per la sostenibilità, in linea con il framework GreenComp. In particolare, il corso lavora sul sostenere l'equità, il pensiero sistemico, il pensiero critico, la capacità di inquadrare i problemi, l'alfabetizzazione al futuro, il pensiero esplorativo e la capacità di agire a livello politico. Il corso si propone quindi come uno strumento concreto per formare nuove figure professionali qualificate in grado di contribuire attivamente alla transizione ecologica del Paese, con un'attenzione particolare al riequilibrio territoriale tra Nord e Sud.

3.5 Formazione consorziati

Questa attività formativa è rivolta principalmente ai membri del sistema consortile CONAI, ossia imprese, società e associazioni di categoria che fanno parte del Consorzio Nazionale Imballaggi. L'obiettivo è fornire strumenti concreti e aggiornati per comprendere e applicare correttamente gli obblighi normativi connessi alla gestione degli imballaggi e al contributo ambientale, oltre a valorizzare le opportunità offerte dall'adesione al consorzio.

La formazione si svolge attraverso seminari in presenza, webinar tematici e la produzione di linee guida operative. Gli eventi formativi hanno una durata variabile – da una a quattro ore – e coinvolgono personale tecnico e amministrativo delle aziende consorziate, ma anche dirigenti e rappresentanti delle associazioni, a seconda della rilevanza dell'argomento trattato.

I temi affrontati comprendono l'applicazione del Contributo Ambientale CONAI (CAC), gli aggiornamenti normativi come l'obbligo di etichettatura ambientale (entrato in vigore nel 2023) e l'attuazione della direttiva europea SUP sulla plastica monouso. Per ciascun argomento vengono proposte linee guida dettagliate, esempi pratici, FAQ, materiali di approfondimento e momenti di confronto diretto con gli stakeholder. In particolare, il supporto fornito da CONAI mira a chiarire le procedure da seguire, le sanzioni previste, i soggetti coinvolti e gli articoli di imballaggio interessati dalle nuove normative. L'approccio adottato integra aspetti normativi e valoriali, promuovendo nei partecipanti la conoscenza tecnica e la consapevolezza del ruolo svolto dal sistema consortile

nella transizione ecologica. Le competenze che vengono sviluppate attraverso questa attività sono riconducibili a diverse aree del quadro europeo GreenComp, in particolare: valorizzare la sostenibilità, sostenere l'equità, pensiero sistemico, inquadramento dei problemi, agenzia politica e azione collettiva.

Il punto di forza di questa attività è la sua capillarità: grazie alla diffusione degli eventi su tutto il territorio nazionale e alla pubblicazione dei materiali online, si riesce a raggiungere un pubblico molto ampio, facilitando la condivisione di buone pratiche, il confronto tra professionisti e l'aggiornamento continuo delle aziende rispetto a un contesto normativo in costante evoluzione.

3.6 CONAI Community

La *CONAI Community* è una piattaforma digitale nata per offrire supporto, aggiornamenti e opportunità di confronto a tutti gli attori della filiera degli imballaggi interessati ai temi della raccolta differenziata, del contributo ambientale e dell'economia circolare. Attiva ufficialmente dal 2022, la piattaforma rappresenta un ambiente di networking professionale, in cui aziende, associazioni di categoria, consulenti e anche cittadini possono interagire, condividere esperienze e trovare informazioni utili legate al mondo CONAI.

Organizzata in forma simile a un social network, la Community permette agli utenti di creare un profilo personale, commentare, pubblicare post e partecipare attivamente alla vita della rete. Si tratta quindi di uno spazio dinamico che mira a favorire il dialogo e la costruzione collettiva di conoscenze e buone pratiche. I contenuti, infatti, vengono pubblicati seguendo un Piano Editoriale Digitale aggiornato ogni due settimane, con il supporto di un team grafico che cura anche la parte visiva dei post e dei video.

Tra i temi affrontati vi sono: etichettatura ambientale degli imballaggi, novità normative, contributo ambientale, progetti per l'economia circolare, strumenti per l'eco-design, accordo ANCI-CONAI, eventi internazionali, green jobs e molto altro. Una sezione importante della piattaforma è dedicata alla consultazione pubblica di documenti, come le linee guida sulla direttiva SUP o il vademecum per l'etichettatura digitale. Questo coinvolgimento diretto degli utenti permette a CONAI di raccogliere feedback e proposte da parte di chi lavora ogni giorno nel settore.

La Community si inserisce all'interno dell'ecosistema formativo dell'Accademia CONAI, fungendo da spazio interattivo e collaborativo che affianca le attività formative più tradizionali. Il suo valore aggiunto sta nella capacità di unire i membri della rete CONAI in un ambiente partecipativo, favorendo l'emersione di competenze trasversali legate alla visione di sistema, all'approccio collaborativo e alla capacità di agire in modo responsabile all'interno di un modello di economia circolare.

Dal punto di vista delle competenze, la piattaforma supporta lo sviluppo di pensiero sistemico, inquadramento dei problemi, pensiero esplorativo, azione collettiva e iniziativa individuale, in linea con le aree GreenComp "Abbracciare la complessità" (A2), "Immaginare futuri sostenibili" (A3) e "Agire per la sostenibilità" (A4).

3.7 Formazione tecnici comunali

CONAI, in collaborazione con l'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani (ANCI), ha avviato un programma di formazione mirato per i tecnici comunali, nell'ambito dell'accordo quadriennale che regola la gestione dei rifiuti di imballaggio. Questo accordo permette ai Comuni di collaborare con i Consorzi di filiera per il ritiro e il riciclo dei rifiuti, fornendo così un supporto strutturato per garantire una gestione efficiente dei materiali riciclabili.

Il piano formativo sviluppato da CONAI si estende su due anni e si compone di varie attività educative pensate per coinvolgere non solo i tecnici comunali, ma anche altri attori del settore, come le aziende di raccolta e i cittadini. Ogni anno vengono organizzati seminari di formazione in tutte le regioni italiane, uno per ciascun capoluogo, che hanno come obiettivo principale quello di fornire informazioni dettagliate sull'accordo ANCI-CONAI e sulle sue applicazioni pratiche. Durante questi seminari, che si svolgono sia in presenza che online, vengono trattati temi centrali come il funzionamento delle convenzioni, la gestione della raccolta differenziata e le opportunità offerte ai Comuni. Ogni anno, inoltre, vengono approfonditi temi specifici, come ad esempio la normativa sui rifiuti, la direttiva sui SUP (*Single Use Plastics*) e la gestione degli appalti.

Un evento importante è l'evento annuale sull'economia circolare, che rappresenta un'opportunità di aggiornamento su temi attuali legati alla sostenibilità. Ogni anno, infatti, l'evento affronta un tema centrale, come il *Deposit Return System* (DRS), che riguarda il deposito cauzionale per la restituzione di bottiglie e contenitori, o altre innovazioni legate all'economia circolare. Questo evento offre anche la possibilità di ascoltare esperti e amministratori locali su come diversi Comuni stanno affrontando e implementando soluzioni innovative nella gestione dei rifiuti. Accanto a questi, vengono organizzati anche webinar tematici su singoli materiali di imballaggio, come la plastica, il metallo, il vetro e la carta, per approfondire le tecniche e le normative relative al loro riciclo. Tali webinar, gestiti in collaborazione con esperti del settore, offrono anche spazi di confronto tra i partecipanti, rispondendo alle domande più frequenti e promuovendo una maggiore comprensione delle sfide e delle soluzioni adottabili in materia di gestione dei rifiuti.

Per le zone del Sud Italia, che registrano difficoltà nella gestione della raccolta differenziata, CONAI ha previsto seminari speciali pensati per supportare i Comuni in queste aree, aiutandoli a sviluppare sistemi di raccolta più efficienti. Inoltre, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), viene offerto un supporto alle comunità locali per aiutare i Comuni del Sud a intercettare i fondi e a pianificare progetti di miglioramento nella gestione dei rifiuti. L'obiettivo principale di tutte queste attività è quello di informare e formare i tecnici comunali, in particolare i responsabili del servizio di raccolta dei rifiuti, su come funzionano i processi di raccolta differenziata e riciclo, quali sono le normative in vigore e come ottimizzare i servizi per rendere più efficiente l'intero sistema. L'informazione offerta durante i seminari e i webinar aiuta i partecipanti a comprendere non solo gli aspetti normativi, ma anche le sfide pratiche che si presentano nel processo di raccolta e riciclo dei rifiuti. I materiali formativi, come le slide, sono disponibili online e possono essere consultati anche dopo gli eventi, consentendo ai partecipanti di avere un continuo punto di riferimento. In questo contesto formativo, vengono sviluppate diverse competenze che spaziano dal pensiero sistemico, che aiuta a comprendere come

ogni azione nella gestione dei rifiuti impatti sul sistema complessivo, all'azione collettiva, che sottolinea l'importanza della collaborazione tra i vari attori, tra cui i cittadini, le amministrazioni locali e le aziende. Inoltre, l'obiettivo è anche quello di sensibilizzare i tecnici sulla necessità di promuovere equità e sostenibilità nelle politiche di gestione dei rifiuti, incoraggiando un impegno responsabile e partecipativo da parte di tutti gli attori coinvolti.

In conclusione, il programma di formazione CONAI per i tecnici comunali rappresenta un'importante occasione di aggiornamento e sensibilizzazione per i responsabili dei servizi di raccolta rifiuti, promuovendo una gestione più efficiente dei rifiuti e contribuendo al raggiungimento degli obiettivi di economia circolare in Italia. Grazie a questo tipo di formazione, i Comuni sono in grado di implementare soluzioni più efficaci e sostenibili, riducendo l'impatto ambientale e migliorando la qualità della raccolta differenziata.

3.8 Formazione giornalisti

Negli ultimi anni, il CONAI ha sviluppato attività formative dedicate agli iscritti all'Ordine dei giornalisti, progettate per contribuire al conseguimento dei crediti di formazione professionale continua previsti dalla legge. Questi seminari, che si svolgono in diverse regioni italiane, offrono ai giornalisti un'opportunità per approfondire tematiche legate alla gestione dei rifiuti di imballaggio e al riciclo, e per acquisire competenze necessarie a comunicare correttamente queste problematiche al pubblico. Ogni seminario ha una durata di quattro ore e coinvolge diversi relatori, sia interni che esterni al CONAI, che offrono una panoramica dettagliata sul funzionamento del sistema di raccolta differenziata in Italia.

Gli incontri sono anche arricchiti dalla partecipazione di esperti provenienti dal mondo istituzionale e accademico, che condividono le loro conoscenze sul ruolo che il CONAI e i vari consorzi di filiera svolgono nel processo di raccolta e riciclo dei rifiuti. I seminari sono organizzati in diverse città italiane, e gli eventi precedenti si sono tenuti a Palermo e Milano, con l'intento di raggiungere tutti i giornalisti iscritti agli Ordini regionali. L'obiettivo principale di questi seminari è quello di fornire una visione chiara e comprensiva del sistema di gestione dei rifiuti in Italia, dei risultati ottenuti, e delle politiche europee in ambito di riciclo.

Un esempio di questi incontri è stato quello tenutosi a Firenze nell'aprile del 2023, in cui il seminario, intitolato "Riciclo ed economia circolare. Il modello Italia che fa scuola in Europa: come funziona e come viene comunicato", ha trattato il modello italiano di gestione dei rifiuti, analizzando i dati e i risultati ottenuti da CONAI e dalle filiere di riciclo. Durante l'evento, i partecipanti hanno avuto l'opportunità di confrontarsi con i dirigenti del consorzio e con esperti esterni, acquisendo informazioni utili sia per la comprensione dei processi di riciclo che per la diffusione corretta di tali informazioni sui media.

Queste attività formative sono pensate per fornire informazioni teoriche e per formare i giornalisti su come comunicare efficacemente il funzionamento del sistema di raccolta differenziata e riciclo, evitando inesattezze e disinformazione. In questo modo, il seminario contribuisce a garantire una corretta diffusione delle conoscenze relative alla sostenibilità ambientale e alla gestione dei rifiuti, elementi essenziali per la sensibilizzazione del pubblico sui temi dell'economia circolare.

Dal punto di vista delle competenze, questi seminari permettono ai giornalisti di sviluppare una solida comprensione dei processi di riciclo e della normativa in vigore, attivando competenze in ambito di sostenibilità, pensiero sistemico e azione collettiva. Inoltre, la formazione offre loro gli strumenti necessari per trattare temi complessi legati all'ambiente con un approccio critico e consapevole, contribuendo a una migliore informazione sul funzionamento del sistema di gestione dei rifiuti. In particolare, il seminario stimola competenze come il pensiero critico, il pensiero sistemico e la capacità di comunicare informazioni complesse in modo chiaro ed efficace.

In definitiva, questi seminari rappresentano un'importante occasione di aggiornamento professionale per i giornalisti, fornendo loro non solo un quadro dettagliato delle politiche ambientali italiane ed europee, ma anche gli strumenti necessari per comunicare in modo responsabile ed efficace le tematiche legate al riciclo e alla sostenibilità. Con questa iniziativa, il CONAI si propone di rafforzare la diffusione delle informazioni corrette e di qualità sui temi della raccolta differenziata, favorendo una maggiore consapevolezza tra il pubblico e promuovendo il rispetto delle normative ambientali.

4 Conclusione e discussione

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di mostrare come il quadro delle competenze di sostenibilità GreenComp possa essere utilizzato come strumento di analisi per effettuare una valutazione qualitativa di attività di educazione e formazione alla sostenibilità. In particolare, il lavoro mostra come lo strumento, costituito dalle domande guida ottenute dalle definizioni delle varie competenze, possa riuscire a riportare una visione complessiva del potenziale di sviluppo delle competenze di sostenibilità di ogni particolare attività. L'obiettivo principale di questa analisi è stato quindi non solo quello di effettuare una valutazione delle attività del CONAI per verificare in che modo esse fossero in grado di attivare le varie competenze, ma anche quello di sviluppare uno strumento utile per la progettazione e la costruzione di percorsi formativi e educativi che attivino contemporaneamente tutte le aree di competenza del GreenComp (Figura 3). Come si può vedere dalla Figura 3, in generale, le 8 attività formative riescono a intercettare e attivare tutte le competenze descritte nel GreenComp (Figura 3.6). Alcune competenze sono presenti in quasi tutte le attività, come il *systems thinking*, il *problem framing* e la *political agency*. Un po' meno presenti sono *supporting fairness*, *exploratory thinking* e l'*individual initiative*. La *collective action* e il *critical thinking* sono presenti nella metà o poco più delle attività. Gli aspetti legati a *valuing sustainability*, *promoting nature*, *futures literacy* e *adaptability*, invece, sono meno presenti, cioè sono attivati in circa un terzo o un quarto delle attività. Da questa panoramica, si può osservare che la zona arancione (*embodying sustainability values*) e la zona verde (*envisioning sustainable futures*) sono le meno attivate.

A questo proposito, alla fine del lavoro di analisi sono state ideate due possibili nuove attività, mirate a coprire le dimensioni meno toccate. La prima attività è il *CONAI Future Lab*, Un laboratorio per immaginare un domani sostenibile. Il CONAI Future Lab è un'attività formativa pensata per le scuole secondarie di secondo grado, che unisce educazione alla sostenibilità, cittadinanza attiva e visione del futuro. Il laboratorio propone un approccio interdisciplinare,

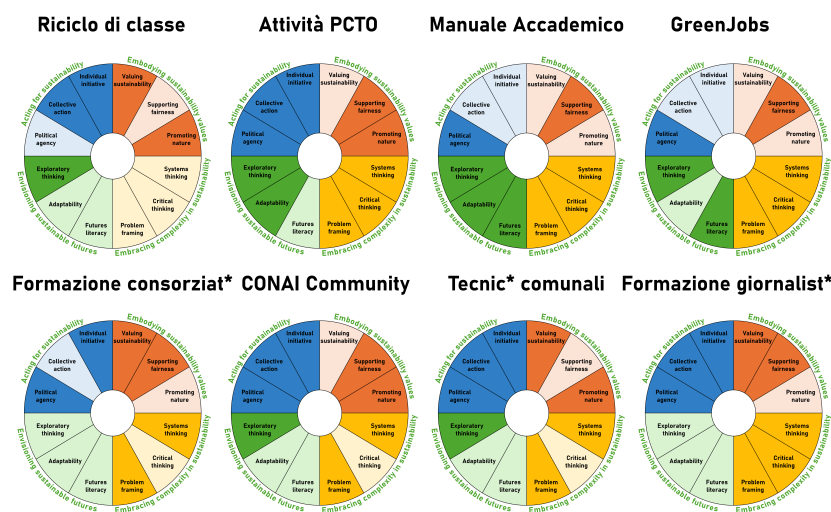


Figura 3: Insieme dei grafici TASC riassuntivi per ogni attività.

dove studenti e studentesse sono guidati a riflettere sul presente e a immaginare scenari alternativi per il futuro, affrontando temi cruciali come il cambiamento climatico, il riciclo e la gestione dei rifiuti.

Strutturato in tre fasi – comprendere, riflettere e immaginare – il laboratorio stimola il pensiero critico, la capacità di gestire l'incertezza e l'ambiguità, e l'alfabetizzazione al futuro. Grazie a contributi di esperti tecnici, ricercatori e professionisti della comunicazione, gli studenti imparano a leggere la complessità dei sistemi ambientali e a immaginare transizioni ecologiche possibili, sostenibili e desiderabili. Questa attività promuove valori fondamentali per una cittadinanza consapevole, stimolando la creazione di scenari futuri sostenibili, capaci di ispirare azioni concrete nel presente. Le competenze attivate (GreenComp) puntano alla valorizzazione della sostenibilità, alla resilienza e all'adattabilità, preparando i giovani a un ruolo attivo nella trasformazione del mondo.

La seconda attività è *CONAI Natura*, un'attività che mira a riavvicinare i cittadini alla natura attraverso scelte consapevoli. L'iniziativa CONAI Natura è un'attività rivolta ai cittadini di tutte le età, concepita per rafforzare il legame tra azioni quotidiane e benessere degli ecosistemi. Gli incontri, promossi in collaborazione con comuni e associazioni locali, offrono uno spazio di dialogo tra istituzioni e comunità sul tema del riciclo, dell'impatto ambientale e delle buone pratiche legate alla raccolta differenziata. Attraverso testimonianze, confronti e materiali informativi, i partecipanti sono accompagnati a comprendere le conseguenze ambientali delle proprie scelte e a riconoscere il valore della natura come bene comune da proteggere e rigenerare. L'obiettivo è attivare consapevolezza collettiva e senso di responsabilità, promuovendo una cultura ecologica radicata nei territori e capace di generare cambiamento.

Il futuro, in questo contesto, non è solo un orizzonte da immaginare, ma uno spazio da costruire insieme, a partire da scelte concrete nel presente. Le competenze GreenComp stimulate abbracciano sia la sfera individuale (pensiero critico, adattabilità) sia quella collettiva (azione partecipativa, promozione della

natura, equità), rafforzando una cittadinanza ecologica attiva e inclusiva.

In conclusione, le attività educative e formative condotte da CONAI rappresentano un fondamentale strumento per sensibilizzare e aggiornare tutti i soggetti coinvolti nel processo di gestione dei rifiuti e nel riciclo degli imballaggi. Attraverso lezioni, corsi, eventi, seminari e webinar rivolti a studenti, laureati, professionisti, tecnici comunali, giornalisti e altre categorie professionali, il CONAI si impegna a diffondere una comprensione approfondita del sistema consortile e delle normative in vigore, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e l'efficacia della raccolta differenziata e del riciclo in Italia. Queste iniziative non solo forniscono informazioni essenziali per la gestione operativa dei rifiuti, ma contribuiscono anche a promuovere una maggiore consapevolezza collettiva sulla sostenibilità, l'economia circolare e il ruolo fondamentale che ciascun attore svolge nel raggiungimento degli obiettivi ambientali. L'approccio integrato di CONAI, che coinvolge sia le amministrazioni locali che i professionisti del settore dell'informazione, rappresenta un esempio di come la formazione continua possa favorire una gestione più informata, efficace e responsabile del ciclo dei rifiuti, contribuendo al contempo alla costruzione di un futuro più sostenibile.

Il rapporto tra formazione e educazione nelle attività condotte dal CONAI si configura come complementare e sinergico, con una netta distinzione tra i due concetti, ma con un'integrazione che potenzia i risultati finali. In questo contesto la formazione è fortemente orientata a fornire competenze pratiche e specifiche. Le attività formative, come seminari e webinar, sono destinate a professionisti, tecnici e giornalisti, e mirano a trasmettere conoscenze operative, aggiornamenti normativi e best practices relative alla gestione dei rifiuti e all'economia circolare. L'obiettivo principale è quello di rendere i partecipanti più competenti e preparati nell'affrontare le sfide quotidiane del loro lavoro, migliorando l'efficacia dei sistemi di raccolta differenziata e di riciclo. Ad esempio, i seminari per i tecnici comunali offrono un'istruzione mirata sul funzionamento delle convenzioni ANCI-CONAI, sulla gestione degli appalti e su come implementare soluzioni tecniche specifiche, mentre i seminari per i giornalisti li equipaggiano con le conoscenze necessarie per comunicare in modo corretto e preciso i temi della sostenibilità e del riciclo.

D'altra parte, gli aspetti educativi si riferiscono a un processo più ampio e di lungo periodo, che mira a promuovere una consapevolezza diffusa e una cultura sostenibile. L'aspetto educativo delle attività di CONAI va oltre la trasmissione di conoscenze specifiche e cerca di sensibilizzare i partecipanti sull'importanza di comportamenti responsabili verso l'ambiente. La piattaforma della comunità CONAI, così come il corso sui GreenJobs, ad esempio, non è solo un luogo di scambio professionale, ma anche un ambiente che stimola la riflessione collettiva sul futuro sostenibile, aiutando tutti gli attori coinvolti a comprendere come le loro azioni possano influenzare l'intero sistema di gestione dei rifiuti. In questo senso, l'educazione è vista come il processo di costruzione di una mentalità condivisa sulla sostenibilità, che va oltre l'aggiornamento tecnico e si radica nelle scelte quotidiane.

Quindi, mentre la formazione si concentra sul fornire strumenti concreti e informazioni tecniche, l'educazione ha un respiro più ampio, cercando di formare una mentalità e una coscienza collettiva incentrata sul rispetto per l'ambiente e sull'importanza della transizione verso un modello di economia circolare. Le due tipologie di attività si integrano, creando un ciclo continuo: la formazione permette di applicare in modo corretto le conoscenze acquisite, mentre l'edu-

cazione stimola il desiderio di continuare a imparare e migliorare, rendendo il sistema complessivo più dinamico e reattivo alle sfide future.

Acknowledgements

Ringrazio per questo lavoro svolto la disponibilità e l'attenzione rivolta da tutti i responsabili di area del Consorzio CONAI coinvolti per la fase di interviste, per i confronti successivi e per l'interesse verso la ricerca condotta, con un ringraziamento speciale in particolare per Chiara Morbidini.

Riferimenti bibliografici

- [1] European Commission. Joint Research Centre. *GreenComp, the European sustainability competence framework*. LU: Publications Office, 2022. DOI: 10.2760/13286.
- [2] CONAI. *Packaging recovery in Italy: The CONAI system*. 2015.
- [3] CONAI. *Futuro comune. Innovazione, bellezza, sostenibilità*. 2016.
- [4] CONAI. *Programma generale di prevenzione e di gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio. Relazione generale consuntiva 2021*. 2021.
- [5] CONAI. *Green Economy Report 2021. Rapporto di sostenibilità*. 2021.
- [6] CONAI. *Per uno sviluppo della raccolta differenziata nel Centro-Sud. Il supporto di CONAI, i suoi risultati e gli impianti da realizzare*. 2021.
- [7] CONAI. *Fare circolare. Istituzioni, aziende e consumatori insieme per un futuro più sostenibile*. 2022.
- [8] CONAI-ANCI. *Accordo di Programma Quadro per la gestione dei rifiuti di imballaggio conferiti al servizio pubblico*. 2018.
- [9] CONAI. *Centro Studi per l'economia circolare, Attuazione della Direttiva SUP: quali le ricadute nel settore imballaggi in Italia? Principali evidenze del decreto legislativo 196 dell'8 novembre 2021*. 2022.
- [10] Ministero della Transizione Ecologica. *Linee guida sull'etichettatura degli imballaggi ai sensi dell'art. 2019 comma 5 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.* 2022.
- [11] UNESCO. *Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014). Final report*. 2017.
- [12] Jacobs, M. "Sustainable Development as a Contested Concept". In: *Fairness and Futurity*. Oxford University PressOxford, apr. 1999, pp. 21–45. DOI: 10.1093/0198294891.003.0002.
- [13] Brundtland, G. H. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. UN, 1987.
- [14] Bonnett, M. "Education for Sustainability as a Frame of Mind". In: *Environmental Education Research* 8.1 (feb. 2002), pp. 9–20. DOI: 10.1080/13504620120109619.
- [15] Purvis, B., Mao, Y. e Robinson, D. "Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins". In: *Sustainability Science* 14.3 (set. 2018), pp. 681–695. DOI: 10.1007/s11625-018-0627-5.

- [16] Miani, L. e Levrini, O. “Analysing the Storyline Approach’s Competence-Developing Potential for Climate Change in Science Education”. In: *Teaching and Learning Physics Effectively in Challenging Times*. Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 253–266. DOI: 10.1007/978-3-031-72541-8_17.
- [17] Acampora, A. e Pratesi, C. A. *Economia circolare. La sfida del packaging*. Franco Angeli, 2023.

Il ruolo del pensiero narrativo e della narratività nell'educazione ai cambiamenti climatici

E. D'Orto, G. Tasquier

Department of Physics and Astronomy “A. Righi”, University of Bologna, Via Irnerio 46, 40126, Bologna, Italy

Abstract

Climate change education demands approaches that integrate scientific knowledge with personal and societal sense-making. This contribution introduces the “narrativity pyramid,” a theoretical tool designed to scaffold the interplay between paradigmatic and narrative thinking. The model outlines four (+1) layers of narrativity, each supporting different cognitive and educational processes. Developed through theoretical elaboration and refined in school-based interventions with students and teachers, the pyramid helps bridge logical reasoning with imagination, fostering both critical understanding and reflective agency.

Introduzione

La complessità del cambiamento climatico (CC) richiede approcci educativi innovativi in grado di sviluppare consapevolezza critica e orientare comportamenti sostenibili [1, 2, 3, 4]. In questo panorama, le narrazioni sono state studiate in diversi ambiti dell'educazione e della comunicazione della scienza, e si sono dimostrate efficaci nel veicolare concetti complessi in modo accessibile ed emotivamente coinvolgente [5, 6]. Ad esempio, è stato mostrato come l'inserimento di elementi narrativi, come ad esempio storie di comunità che hanno sperimentato eventi meteo estremi o scenari immaginari ambientati in futuri possibili, possa aiutare a radicare dati e concetti scientifici in contesti significativi, stimolando l'empatia, l'interesse e la partecipazione attiva degli studenti [7, 8]. Tuttavia, allo stesso tempo sono stati identificati dei limiti nel cosiddetto “narrative effect” [6] e nella capacità delle narrazioni moderne di descrivere aspetti integrali del CC come il “non-umano”, gli eventi estremi e i lunghi orizzonti temporali [9], concetti che vengono invece ben affrontati e rappresentati dalle scienze dure del Clima. L'ipotesi alla base di questo studio è che i punti di forza e i limiti delle narrazioni per l'educazione al CC possano essere affrontati e gestiti allineandosi alla teoria dei due modi di pensiero di Bruner [10], che teorizza il pensiero narrativo e logico-scientifico (paradigmatico) come processi cognitivi complementari, entrambi indispensabili per descrivere e conoscere il mondo che ci circonda [10]. Anche nel contesto dell'educazione al cambiamento climatico entrambi i pensieri sembrano validi e necessari, ma allo stesso tempo singolarmente insufficienti. In luce di quanto finora discusso, la domanda di ricerca che ha guidato il nostro lavoro è stata la seguente:

1. In che modo l'integrazione del pensiero narrativo e paradigmatico può essere sostenuta e resa operativa in contesti educativi dedicati al cambiamento climatico?

In questo studio proponiamo uno strumento teorico-operativo sviluppato per affrontare in modo sistematico la questione dell'integrazione tra pensiero narrativo e paradigmatico nell'educazione al cambiamento climatico. Questo modello permette di riconoscere e articolare, su più livelli, le peculiarità e le potenzialità epistemiche ed educative del pensiero narrativo, delineando un quadro che ne supporta l'interazione con il pensiero paradigmatico. L'obiettivo non è semplicemente valorizzare le narrazioni come strumenti di motivazione e maggiore coinvolgimento, ma di esplorarne il ruolo nel facilitare processi complessi di costruzione del senso (*sense-making*) e di posizionamento riflessivo rispetto all'azione climatica (*agency*) in contesti educativi.

1 Quadro teorico: pensiero narrativo, pensiero paradigmatico e narratività

L'elaborazione del quadro teorico che ha guidato questo lavoro di ricerca si fonda su due concetti chiave fondamentali. Il primo concetto chiave è legato alle teorie di Jerome Bruner [10], secondo cui esistono due modalità fondamentali con cui la mente umana organizza l'esperienza:

- Il pensiero paradigmatico costruisce senso tramite la formulazione di leggi e modelli astratti, la ricerca di relazioni causali verificabili e l'uso sistematico di dati empirici;
- Il pensiero narrativo, invece, costruisce significato ponendo l'accento sull'azione, la temporalità e la "verosimiglianza" dell'esperienza umana, individuale o collettiva.

Secondo Bruner, i due tipi di pensiero non sono riducibili l'uno all'altro perché rispondono a esigenze cognitive differenti e sono complementari perché insieme permettono una comprensione più completa della realtà. Nel contesto della CCE orientata al futuro [11, 12] bilanciarli significa mettere in dialogo due necessità:

- Avere una visione oggettiva delle meccaniche complesse della natura, capire ciò che è scientificamente possibile e sfidare punti di vista antropocentrici (pensiero paradigmatico);
- Esplorare tutto ciò che è immaginabile, fare esperienza verosimile e posizionarsi in relazione a cosa sia soggettivamente (individualmente, collettivamente o come società) significativo (pensiero narrativo).

Per operare questo bilanciamento abbiamo esplorato un secondo concetto chiave: la "narratività". Tale concetto è stato introdotto nell'ambito della narratologia e citato da alcuni studi in didattica delle scienze che si sono occupati di narrazione [13, 14, 7]. Nell'ottica proposta da Ryan [13], è possibile distinguere il concetto di "essere una narrazione" da quello di "possedere narratività": un artefatto "è" una narrazione se è stato esplicitamente prodotto per evocare

uno script narrativo nella mente del fruitore; un artefatto “possiede” narrazionalità quando, indipendentemente dall’intenzione autoriale, presenta elementi sufficienti a generare una percezione di sviluppo narrativo. In questo senso, la narrazionalità non è un attributo binario ma una scala e la narrazione viene vista come una costruzione stratificata, dove ogni livello implica i precedenti e si complessifica aggiungendo nuovi elementi e caratteristiche. Il nostro approccio ha esplorato la narrazionalità non solo come lente per analizzare e caratterizzare un artefatto, ma per orientare il pensiero narrativo e metterlo in dialogo con quello paradigmatico.

2 Background empirico: implementazioni e casi studio

Il tool che presenteremo nel prossimo paragrafo, sviluppato per rispondere alla RQ1, è emerso non solo come risultato di un’elaborazione teorica, ma è stato progressivamente costruito, testato e raffinato attraverso diverse sperimentazioni, partite da un lavoro di tesi magistrale [15, 16] e progressivamente raffinate e approfondite per un progetto di dottorato [17, 18]. Durante tali sperimentazioni sono stati coinvolti studenti di scuola superiore e insegnanti (in servizio e in formazione) in diversi contesti educativi [16]. Un esempio emblematico è la riprogettazione dell’attività chiamata FyouTURES [19, 20]. In tale contesto il concetto della narrazionalità, e un tool primordiale basato su di essa, si è dimostrato utile sia come framework analitico per individuare i tipi di pensiero attivati dall’attività stessa, sia come strumento progettuale per ristrutturare l’esperienza educativa in modo da valorizzare progressivamente e consapevolmente il dialogo tra i due tipi di pensiero. L’attività includeva già alcuni elementi latenti di narrazionalità, ma era focalizzata sullo sviluppo del pensiero paradigmatico in forma di system thinking. L’introduzione di un video iniziale ha messo in luce le capacità della pratica del *worlding* [21, 22]. In particolare, l’introduzione di un mondo narrativo più verosimile, ha stimolato il pensiero anticipatorio e attivato un posizionamento emotivo e riflessivo mancante nella versione precedente dell’attività. Inoltre, l’introduzione di report con elementi narrazionalità ha stimolato molti studenti a sfruttare i “gap” dei dati quantitativi come opportunità per esplorare le proprie preoccupazioni, i dilemmi etici e i propri desideri, trasformandoli in leve narrative per l’azione. Infine, sempre attraverso i report, alcuni studenti hanno saputo riformulare le tre forme di incertezza climatica (epistemica, aleatoria, riflessiva) – concetti chiave dell’attività, proposti in modo puramente paradigmatico nella versione precedente – in termini esperienziali, evidenziando le potenzialità narrative dell’intrecciare il landscape dell’azione con quello della coscienza, come descritto da Bruner [10]. Questa e le precedenti sperimentazioni hanno quindi svolto un ruolo cruciale nell’esplorare e mettere a fuoco il ruolo del pensiero narrativo e della narrazionalità in contesti educativi differenti e ha contribuito alla definizione di un framework in grado di evidenziare i punti chiave e gli strumenti specifici che quest’ultima può offrire alla future-oriented CCE [11].

3 La piramide della narratività

Di seguito presentiamo il tool sviluppato per rispondere alla RQ1 e chiamato “piramide della narratività” [17]. Come mostrato in Fig. 1, la piramide teorizza una scala di narratività a quattro livelli, più un “livello zero” esterno, corrispondente al pensiero paradigmatico quando questo è privo di narratività. Ciascun livello non si limita ad aggiungersi al precedente, ma vi si collega in maniera complessa, integrando nuovi elementi narrativi specifici che ampliano e diversificano le possibilità didattiche attivate dal pensiero narrativo nella CCE.

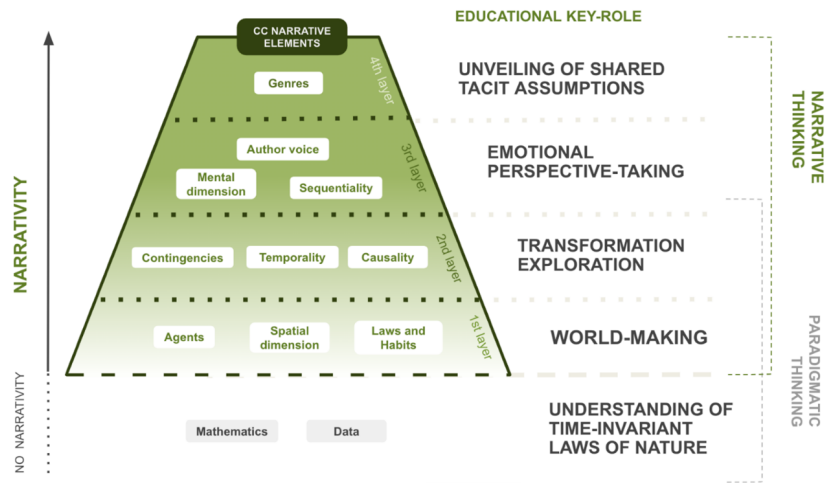


Figura 1: Piramide della narratività per l’educazione al cambiamento climatico (CCE). Questa figura illustra la struttura multilivello sviluppata basandosi sul concetto di “narratività” per supportare l’integrazione dei pensieri narrativo e paradigmatico per la CCE [17].

Le linee tratteggiate che separano i livelli da un lato riconoscono la narratività come uno spettro, dall’alto lato presentano una discretizzazione, già riconosciuta dai *literary studies*, che risulta utile a scopo didattico per affrontare specifiche necessità della CCE, procurando uno *scaffolding* del *sense-making* e dell’*agency*. Di seguito il dettaglio dei livelli:

- Il *livello 0* si focalizza sul pensiero paradigmatico senza narratività, ovvero quel pensiero che, facendo uso predominante di logica matematica e dati quantitativi, mira a costruire le leggi universali e invarianti della natura. Tale pensiero è legato a capacità cognitive quali quelle di astrarre, generalizzare e operare il ragionamento simbolico. Nel contesto della CCE, questo livello è cruciale per fornire una comprensione rigorosa delle dinamiche fisiche e sistemiche del cambiamento climatico, ancorando l’immaginazione a basi scientifiche solide.

La narratività prende avvio dal livello 1, punto di partenza per la costruzione di storie e pensiero narrativo coerente. In ambito educativo, la possibilità di “salire” lungo la piramide mantenendo un legame con il livello 0 consente

di sviluppare forme narrative ancorate alla verificabilità scientifica. Ne è un esempio la storia naturale, che integra strutture narrative pur restando entro i confini del pensiero paradigmatico. Analogamente, alcuni approcci innovativi nelle scienze del clima adottano strategie simili [23, 14]. I livelli che possiedono narratività sono i seguenti:

- Il *livello 1* concerne il *world-making*, ovvero la costruzione di un mondo plausibile con le sue regole, attori e condizioni ambientali e sociali. In ambito educativo, ciò consente agli studenti di situare le conoscenze scientifiche in contesti concreti e abitabili, interpretando il presente e immaginando futuri coerenti e credibili.
- Il *livello 2* riguarda l'esplorazione della trasformazione, che introduce la dimensione temporale e permette di ragionare per eventi, considerando contingenze e causalità. Questo livello è fondamentale per sviluppare un pensiero causale e controfattuale, aiutando gli studenti a comprendere i nessi tra passato, presente e futuro climatico.
- Il *livello 3* aggiunge le prospettive soggettive, mettendo in gioco emozioni, valori, decisioni e conflitti etici. In CCE, ciò è essenziale per favorire il posizionamento personale e collettivo, stimolando la riflessione critica sull'agency e sulla responsabilità.
- Infine, si raggiunge il livello 4, dei generi narrativi, che incornicia la narrazione all'interno di codici estetici e culturali, svelando assunti ed impliciti che influenzano il nostro modo di vedere il mondo e di agire in esso. L'uso consapevole dei generi permette agli studenti di riconoscere e decostruire narrazioni dominanti, coltivando pensiero critico e immaginazione trasformativa.

In questa prospettiva, gli elementi narrativi introdotti a ogni livello non agiscono solo come dispositivi di *engagement*, ma svolgono un ruolo di ponte epistemico tra pensiero narrativo e paradigmatico: creano spazi intermedi di riflessione in cui dati, esperienze e visioni del mondo possono dialogare e co-evolvere in modo fruttuoso [18, 17].

4 Conclusioni

L'educazione al cambiamento climatico si confronta con sfide epistemologiche, emotive e sociali che richiedono modalità di pensiero capaci di integrare rigore scientifico e partecipazione soggettiva [24, 3]. Questo studio ha esplorato come tale integrazione possa essere sostenuta affrontando la questione di come il pensiero narrativo e quello paradigmatico possano coesistere e interagire in modo fruttuoso. La risposta teorico-operativa proposta si è concretizzata nella piramide della narratività [17], uno strumento che attraverso una struttura multilivello basata sul concetto di narratività [13, 14] rende visibili e accessibili diverse "step" significativi in cui risulti fruttuoso mettere in dialogo la narrazione con il linguaggio e le pratiche della scienza.

Le sperimentazioni condotte, in particolare la riprogettazione dell'attività FyouTURES [15, 16, 20], hanno mostrato come l'inserimento mirato di elementi narrativi possa ampliare la profondità dell'esperienza educativa: dalla lettura

neutra dei dati si passa a una loro elaborazione situata, che interseca vissuti, valori e visioni del mondo. In questo senso, la piramide non agisce solo come modello teorico, ma come strumento progettuale capace di guidare l'ideazione di attività che sollecitano negli studenti non solo il pensare, ma anche il collocarsi e l'immaginare [22, 25, 12].

Nel medio termine, il modello potrà essere ulteriormente consolidato attraverso studi longitudinali e il suo impiego potrà essere esteso alla formazione degli insegnanti [26], come strumento per riflettere sulle proprie pratiche, progettare attività più sensibili alla pluralità dei modi di conoscere e stimolare un atteggiamento educativo capace di tenere insieme conoscenza, immaginazione e responsabilità [15, 16, 20].

Riferimenti bibliografici

- [1] Moser, S. C. “Communicating climate change: history, challenges, process and future directions”. In: *WIREs Climate Change* 1.1 (dic. 2009), pp. 31–53. DOI: 10.1002/wcc.11.
- [2] Hulme, M. *Why We Disagree about Climate Change: Understanding Controversy, Inaction and Opportunity*. Cambridge University Press, apr. 2009. DOI: 10.1017/cbo9780511841200.
- [3] UNESCO. *Getting every school climate-ready: How countries are integrating climate change issues in education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2021. DOI: <https://doi.org/10.54675/NBHC8523>. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379591> (visitato il giorno 01/07/2025).
- [4] European Commission. Joint Research Centre. *GreenComp, the European sustainability competence framework*. LU: Publications Office, 2022. DOI: 10.2760/13286.
- [5] Carvalho, A. e Burgess, J. “Cultural Circuits of Climate Change in U.K. Broadsheet Newspapers, 1985–2003”. In: *Risk Analysis* 25.6 (nov. 2005), pp. 1457–1469. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2005.00692.x.
- [6] Soares, S., Gonçalves, M., Jerónimo, R. e Kolinsky, R. “Narrating science: Can it benefit science learning, and how? A theoretical review”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 60.9 (feb. 2023), pp. 2042–2075. DOI: 10.1002/tea.21851.
- [7] Avraamidou, L. e Osborne, J. “The Role of Narrative in Communicating Science”. In: *International Journal of Science Education* 31.12 (giu. 2009), pp. 1683–1707. DOI: 10.1080/09500690802380695.
- [8] Green, M. C. e Brock, T. C. “The role of transportation in the persuasiveness of public narratives.” In: *Journal of Personality and Social Psychology* 79.5 (nov. 2000), pp. 701–721. DOI: 10.1037/0022-3514.79.5.701.
- [9] Ghosh, A. *The Great Derangement: Climate Change and the Unthinkable*. Penguin Books India: Delhi, 2016.
- [10] Bruner, J. S. *Actual minds, possible worlds*. Master and use copy. Digital master created according to Benchmark for Faithful Digital Reproductions of Monographs and Serials, Version 1. Digital Library Federation, December 2002. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 2011. 201 pp.

- [11] Laherto, A., Levrini, O. e Erduran, S. “Editorial: Future-oriented science education for agency and sustainable development”. In: *Frontiers in Education* 8 (mar. 2023). DOI: 10.3389/feduc.2023.1155507.
- [12] Levrini, O., Tasquier, G., Barelli, E., Laherto, A., Palmgren, E., Branchetti, L. e Wilson, C. “Recognition and operationalization of Future-Scaffolding Skills: Results from an empirical study of a teaching–learning module on climate change and futures thinking”. In: *Science Education* 105.2 (gen. 2021), pp. 281–308. DOI: 10.1002/sce.21612.
- [13] Ryan, M.-L. “On the theoretical foundations of transmedial narratology”. In: *Narratology beyond literary criticism: Mediality, disciplinarity* (2008), pp. 1–24.
- [14] Norris, S. P., Guilbert, S. M., Smith, M. L., Hakimelahi, S. e Phillips, L. M. “A theoretical framework for narrative explanation in science”. In: *Science Education* 89.4 (2005), pp. 535–563. DOI: 10.1002/sce.20063.
- [15] D’Orto, E. e Tasquier, G. “Mocku for Change: An Explorative Study on the Use of “Mockumentary” as a New Language for Climate Change Education”. Tesi di laurea mag. Bologna, Italy: Alma Mater Studiorum - University of Bologna, 2021.
- [16] De Zuani Cassina, F., D’Orto, E., Tasquier, G., Fantini, P. e Levrini, O. “Enhancing relevance and authenticity in school science: design of two prototypical activities within the FEDORA project”. In: *Frontiers in Education* 8 (set. 2023). DOI: 10.3389/feduc.2023.1085526.
- [17] D’Orto, E. e Tasquier, G. “Narrativity and Climate Change Education: Design of an Operative Approach”. In: *Sustainability* 17.4 (feb. 2025), p. 1587. DOI: 10.3390/su17041587.
- [18] D’Orto, E. e Tasquier, G. “Principles for a balanced narrative-paradigmatic approach for climate change education.” In: *Proceedings of the 17th International Conference of the Learning Sciences*. A cura di I. S. of the Learning Sciences. 2025, 2979–2981. URL: <https://repository.isls.org/handle/1/11661>.
- [19] De Zuani Cassina, F., Miani, L. e D’Orto, E. *FyouTURES: board game to create future scenarios*. en. 2024. DOI: 10.5281/ZENODO.13820082.
- [20] Miani, L., De Zuani Cassina, F. e Levrini, O. “Raising Awareness on the Complexity of Decision-making through Climate Change Education”. In: *Research in Science Education* (giu. 2025). DOI: 10.1007/s11165-025-10266-w.
- [21] Herman, D. “Narrative Ways of Worldmaking”. In: *Narratology in the Age of Cross-Disciplinary Narrative Research*. Walter de Gruyter, set. 2009, pp. 71–87. DOI: 10.1515/9783110222432.71.
- [22] Cheng, I. *Emissary’s Guide to Worlding*. Metis Suns: New York, 2018.
- [23] Shepherd, T. G. et al. “Storylines: an alternative approach to representing uncertainty in physical aspects of climate change”. In: *Climatic Change* 151.3–4 (nov. 2018), pp. 555–571. DOI: 10.1007/s10584-018-2317-9.

- [24] Veland, S., Scoville-Simonds, M., Gram-Hanssen, I., Schorre, A. K., Khou-
ry, A. E., Nordbø, M. J., Lynch, A. H., Hochachka, G. e Bjørkan, M.
“Narrative matters for sustainability: the transformative role of storytel-
ling in realizing 1.5°C futures”. In: *Current Opinion in Environmental
Sustainability* 31 (2018), pp. 41–47. DOI: 10.1016/j.cosust.2017.12.0
05.
- [25] Shepherd, T. G. e Lloyd, E. A. “Meaningful climate science”. In: *Climatic
Change* 169.1–2 (nov. 2021). DOI: 10.1007/s10584-021-03246-2.
- [26] Levrini, O. et al. “Pedagogical model for teacher education on climate
change”. In: *Proceedings of the 4th World Conference on Physics Educa-
tion (GIREP-ICPE-EPEC)* (2024). In pubblicazione.

Parte III

The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability

Competenze di cittadinanza nella scuola primaria fra Digital Literacy e Intelligenza Artificiale

P. Sapia^{1,2}, G. Bozzo^{1,2}

¹Dipartimento di Matematica e Informatica (DeMaCS), Università
della Calabria

²AgoràLAB - Laboratorio per la disseminazione della cultura
Tecnico-Scientifica, Università della Calabria

Abstract

Sustainability represents a complex and critical challenge for contemporary societies. In this context, STEM education plays a crucial role in shaping informed and competent citizens, capable of actively contributing to sustainable development. This paper explores the concept of sustainable STEM education, understood as a structural, widespread, and enduring form of scientific literacy. The paper highlights the need to overcome systemic barriers, such as stereotypes, which undermine the equity and inclusiveness of science education. Starting from the meaning of sustainability, the paper analyses the necessary conditions to build an interdisciplinary educational system capable of addressing the challenges of the 21st century.

Introduzione

Nel XXI secolo, l'umanità si trova ad affrontare una molteplicità di sfide globali che spaziano dal cambiamento climatico alla disuguaglianza sociale, dalle trasformazioni tecnologiche ai conflitti di natura geopolitica. In questo contesto in rapido mutamento, il concetto di sostenibilità ha acquisito una centralità indiscutibile nelle agende politiche, educative ed economiche [1]. Tuttavia, per promuovere uno sviluppo sostenibile autentico e duraturo, è indispensabile dotare le nuove generazioni di strumenti cognitivi, culturali e valoriali che permettano loro di interpretare criticamente la realtà e di contribuire attivamente alla sua trasformazione.

In questo scenario, l'educazione STEM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica) viene sempre più riconosciuta come un motore fondamentale per affrontare le transizioni ecologica e digitale e per garantire la resilienza delle società future [2]. Essa non solo fornisce le competenze tecniche necessarie al mercato del lavoro, ma può anche contribuire a sviluppare una cittadinanza scientificamente alfabetizzata, capace di partecipare al dibattito pubblico e di orientarsi in un mondo complesso e interconnesso [3, 4, 5, 6].

Tuttavia, questa visione rischia di rimanere incompiuta se l'educazione STEM non viene ripensata alla luce di principi di equità, inclusione e giustizia sociale. Infatti, gli attuali sistemi educativi, sia in Europa che a livello globale, continuano a riflettere e riprodurre barriere strutturali che limitano l'accesso e la

permanenza nei percorsi STEM di ampie fasce della popolazione, in particolare le donne, gli studenti e le studentesse con basso status socio-economico e gruppi minoritari [7]. Nonostante l'importanza strategica delle competenze scientifiche, solo una minoranza delle nuove generazioni in Europa intraprende carriere STEM, e il divario è ancora più marcato tra i soggetti socialmente ed economicamente svantaggiati.

Uno dei principali ostacoli all'ampliamento equo della partecipazione STEM è rappresentato dalla persistenza di stereotipi culturali e sociali profondamente radicati. Questi stereotipi influenzano la percezione pubblica della scienza e degli scienziati fin dalla giovane età, consolidando immagini distorte e limitanti del mondo scientifico [8, 9, 10, 11, 12]. Il problema non riguarda solo la rappresentazione dei soggetti, ma anche quella delle discipline: la scienza viene spesso descritta come fredda, impersonale, difficile, destinata solo a pochi "geni", e quindi percepita come distante dalla quotidianità e dall'esperienza comune [3, 4, 10].

In risposta a queste sfide, si fa sempre più strada la necessità di un'educazione STEM "sostenibile", capace cioè di sviluppare competenze integrate – scientifiche, tecniche, umanistiche – che siano accessibili a tutti, culturalmente rilevanti e orientate alla trasformazione sociale. In particolare, la prospettiva di una "*STEM Education Literacy*" (*STEM EduLit*) propone una visione sistemica e trasversale dell'alfabetizzazione scientifica, fondata sull'inclusione, la partecipazione e il pensiero critico [2, 3, 4, 5, 6].

L'obiettivo di questo contributo è quindi quello di delineare un quadro teorico e operativo per un'educazione STEM sostenibile, analizzando i principali ostacoli culturali (come gli stereotipi) e le potenzialità pedagogiche per promuovere una cittadinanza scientifica attiva e giusta. A tal fine, si farà riferimento a evidenze empiriche e teorie provenienti da diversi ambiti disciplinari, con un'attenzione particolare all'intersezione tra educazione, sostenibilità e giustizia sociale.

1 Che cos'è la sostenibilità

La sostenibilità è diventata una parola chiave nei discorsi pubblici, politici ed educativi contemporanei. Tuttavia, nonostante il suo utilizzo diffuso, il termine è spesso soggetto a interpretazioni riduttive o vaghe. Nella sua accezione più ampia e consolidata, la sostenibilità fa riferimento alla capacità di soddisfare i bisogni presenti senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri, integrando le dimensioni ambientale, economica e sociale dello sviluppo umano [1].

Nel contesto delle scienze di base, questa visione è stata ribadita con forza dall'*International Year of Basic Sciences for Sustainable Development* [1], promosso da UNESCO e IUPAP. Le scienze fondamentali – spesso sottovalutate nelle politiche pubbliche – costituiscono la base di conoscenze dalla quale emergeranno le innovazioni future necessarie per affrontare le sfide globali [1]. Le scienze di base, per loro natura esplorative, curiose e a lungo termine, svolgono un ruolo cruciale nella costruzione di un sapere sostenibile, capace di generare soluzioni sistemiche e dialogo interculturale.

La sostenibilità, tuttavia, non può essere confinata alla sola dimensione ambientale, è necessario sviluppare una comprensione più profonda della relazione

tra scienza e società, che superi l'idea di scienza come dominio neutrale o tecnocratico [3, 4]. La sostenibilità, in questa prospettiva, deve essere concepita anche come giustizia sociale, equità epistemica e democratizzazione dell'accesso al sapere scientifico. Questo implica una co-costruzione tra scienza e cittadini, in cui il sapere tecnico è accompagnato da riflessioni critiche sui valori, le responsabilità e le implicazioni etiche della conoscenza scientifica.

In ambito educativo, l'integrazione delle diverse dimensioni della sostenibilità richiede un ripensamento radicale dei curricula, delle metodologie e degli approcci formativi. Il rapporto *STEM Education for the Future* prodotto dalla *National Science Foundation* (2020) sottolinea l'urgenza di sviluppare un ecosistema educativo che includa tutte le fasce della popolazione, promuovendo competenze interdisciplinari, creatività e partecipazione. Secondo il documento, "la sostenibilità della formazione scientifica non riguarda solo il contenuto, ma anche l'accesso, la motivazione e l'inclusione" [2].

Questa visione è condivisa anche dal secondo Osservatorio STEM della Fondazione Deloitte [7], che evidenzia come le disuguaglianze sociali ed economiche, accentuate dalla pandemia di Covid-19, abbiano avuto un impatto negativo sulle scelte educative delle nuove generazioni. Le disuguaglianze di genere e di status socioeconomico rappresentano barriere significative all'accesso ai percorsi STEM, e ne mettono in discussione la sostenibilità complessiva. Il rapporto propone un approccio STE(A)M, che integra le arti e le scienze umane all'interno delle discipline tecniche, come strategia per promuovere un'educazione più resiliente, significativa e sostenibile.

Un ulteriore elemento da considerare riguarda l'alfabetizzazione scientifica e tecnologica (*Scientific Literacy*) come dimensione imprescindibile della sostenibilità [5, 6]. Le percezioni stereotipate della scienza e degli scienziati, spesso trasmesse fin dalla prima infanzia, possono scoraggiare la partecipazione e generare un senso di estraneità nei confronti del sapere scientifico [8, 11, 12]. Promuovere una visione della scienza più inclusiva, dialogica e culturalmente significativa diventa quindi una condizione necessaria per garantire la sostenibilità della cittadinanza scientifica.

2 Il ruolo strategico dell'educazione STEM

L'educazione STEM è sempre più considerata un pilastro fondamentale per affrontare le sfide globali del XXI secolo. Essa non si limita a fornire competenze tecniche o a soddisfare esigenze del mercato del lavoro, ma può contribuire attivamente alla formazione di cittadini capaci di comprendere criticamente il mondo e di agire in maniera consapevole nei confronti delle grandi transizioni in corso, sia ambientali sia sociali [2, 3, 4, 5, 6]. Le scienze, infatti, non sono entità astratte o neutre, ma costruzioni storicamente e culturalmente situate, interconnesse con le dinamiche di potere, le ideologie e i valori delle società in cui si sviluppano. Per questo motivo, l'educazione scientifica non può limitarsi alla trasmissione di contenuti, ma deve includere anche una riflessione critica sulla natura della scienza (*Nature of Science*, NOS), sul suo ruolo sociale e sulle sue implicazioni etiche [3, 4].

A livello internazionale, istituzioni come la *National Science Foundation* (NSF) e la *Commissione Europea* riconoscono che l'educazione STEM deve essere ripensata in modo sistemico, per essere più inclusiva, innovativa e centrata

sulle persone. Nel rapporto *STEM Education for the Future* [2], si afferma con forza che l’alfabetizzazione scientifica non deve essere prerogativa di pochi, ma un diritto universale, capace di promuovere equità, giustizia e partecipazione democratica. A tal fine, l’educazione STEM deve evolvere verso modelli pedagogici che stimolino la creatività, il pensiero critico e la collaborazione interdisciplinare, fin dalla scuola primaria e lungo tutto l’arco della vita.

Tuttavia, la realtà attuale mostra un divario preoccupante tra le aspirazioni strategiche e i risultati concreti. Come evidenziato dall’Osservatorio STEM della Fondazione Deloitte [7], solo una minoranza di studenti e studentesse in Europa intraprende percorsi universitari in ambito STEM, e tra questi persistono forti disuguaglianze legate al genere, alla provenienza socio-economica e geografica. Ad esempio, le donne continuano a essere sottorappresentate nelle aree tecniche e ingegneristiche, e molto spesso le persone provenienti da contesti svantaggiati faticano ad accedere a corsi avanzati o ad attività extracurricolari significative.

Questo problema non è solo quantitativo, ma anche qualitativo: la percezione delle STEM da parte di studenti e studentesse è spesso influenzata da una narrazione stereotipata, secondo cui le discipline scientifiche sarebbero “difficili”, “noiose” o “riservate ai geni” [8, 10]. Queste rappresentazioni si consolidano già durante l’infanzia e l’adolescenza, attraverso immagini mediali, discorsi scolastici e sociali, e persino nelle interazioni con insegnanti e famiglie [8, 9]. Il risultato è una progressiva esclusione simbolica di molti discendenti dalla cultura scientifica, che li porta a percepire la scienza come “non per me”.

Tali dinamiche producono effetti concreti in termini di orientamento scolastico e scelte professionali. L’indagine internazionale DAST (*Draw-A-Scientist-Test*) [13], aggiornata nel 2025, ha individuato alcuni profili ricorrenti fortemente stereotipati nei disegni dei bambini e delle bambine riguardo agli scienziati [8, 10, 11]. Gli stereotipi costituiscono strutture cognitive semplificanti, spesso inconsapevoli, che agiscono come filtri nella rappresentazione del mondo e che si radicano precocemente nel processo di socializzazione. Lunghi dall’essere meri pregiudizi individuali, essi rappresentano costrutti culturali collettivi, rafforzati dai media, dalle narrazioni educative, dai contenuti scolastici e perfino dalle interazioni quotidiane con genitori, insegnanti e pari. Queste immagini stereotipate non sono prive di conseguenze. Diversi studi, tra cui l’Osservatorio STEM della Fondazione Deloitte [7], evidenziano come tali rappresentazioni contribuiscano a generare un senso di estraneità nei confronti delle STEM, in particolare tra le ragazze e tra le persone provenienti da contesti socio-economicamente svantaggiati. Se la scienza è vista come un dominio maschile, competitivo e riservato a menti eccezionali, diventa facile per molti escludersi fin da subito da tale orizzonte. Questo fenomeno è noto anche come “autoselezione”, e comporta una riduzione delle aspirazioni e della motivazione, indipendentemente dalle capacità effettive.

Il problema non si limita alla dimensione del genere. Le rappresentazioni pubbliche della scienza escludono spesso altri gruppi minoritari, come persone con disabilità, studenti provenienti da aree rurali, immigrati e individui adulti in riqualificazione [3, 4]. La costruzione sociale della figura dello “scienziato ideale” risponde a modelli storici ed estetici specifici, spesso maschili, bianchi, occidentali [11, 12, 13], che si riflettono nei testi scolastici, nei materiali didattici e nei media. Questo restringe l’orizzonte delle possibilità educative e professionali, contribuendo alla riproduzione delle disuguaglianze.

Un approccio orientato alla sostenibilità deve considerare il ruolo degli stereotipi come ostacolo sistemico e affrontarlo con strategie pedagogiche consapevoli, inclusive e trasformative.

3 Costruire un'educazione STEM strutturale, diffusa e durevole

Alla luce delle sfide analizzate finora, diventa imprescindibile costruire un'educazione STEM che sia non solo efficace dal punto di vista cognitivo, ma anche strutturalmente equa, culturalmente inclusiva e pedagogicamente trasformativa. Una tale educazione deve radicarsi in un paradigma di sostenibilità profonda, non come accessorio concettuale, ma come fondamento epistemico e operativo. L'educazione scientifica, per essere realmente sostenibile, deve diventare un ecosistema aperto e interconnesso, in grado di coinvolgere attivamente tutti gli attori (studenti e studentesse, insegnanti, famiglie, comunità, imprese, istituzioni) lungo tutto l'arco della vita e in tutti i contesti formativi, formali e non formali [2, 3]. Tale modello deve superare l'approccio trasmissivo centrato sui contenuti, per abbracciare una visione della conoscenza come costruzione collettiva, critica e situata.

Uno degli elementi chiave di questo ecosistema è l'integrazione tra le diverse aree disciplinari, in particolare tra scienze, tecnologie, arti e scienze umane, secondo un approccio STE(A)M che consenta di valorizzare l'interdisciplinarietà, la creatività e la riflessione etica. Come sottolinea il secondo Osservatorio STEM della Fondazione Deloitte [7], questo approccio interdisciplinare risulta essenziale per rispondere alle esigenze di un mercato del lavoro in continua evoluzione, ma anche per promuovere una cultura scientifica più accessibile e rilevante. La costruzione di profili professionali flessibili e capaci di affrontare la complessità richiede, infatti, competenze cognitive, emotive e sociali integrate, che non possono essere sviluppate all'interno di percorsi rigidamente settoriali.

Un'educazione STEM strutturale deve inoltre affrontare in modo esplicito le disuguaglianze sistemiche che attraversano il campo educativo. È necessario progettare interventi mirati che promuovano l'equità di accesso e di successo nei percorsi scientifici, tenendo conto delle molteplici dimensioni dell'inclusione: genere, status socioeconomico, disabilità, provenienza geografica e culturale. Le politiche educative devono abbandonare la logica del "merito astratto" per valorizzare invece il potenziale di ciascuno, in funzione delle opportunità effettive offerte dal contesto [7]. In tal senso, la lotta agli stereotipi non può essere delegata alla buona volontà di singoli docenti, ma deve essere incorporata nei curricula, nella formazione iniziale e continua degli insegnanti, nella produzione dei materiali didattici e nella comunicazione istituzionale.

È altresì cruciale considerare l'importanza della continuità educativa. La STEM EduLit non può esaurirsi in singoli progetti scolastici o in iniziative occasionali di divulgazione, ma deve rappresentare una traiettoria educativa duratura, che accompagni gli individui dalla prima infanzia fino all'età adulta. Come evidenziato dalla National Science Foundation [2], l'apprendimento scientifico deve essere personalizzato, contestuale e orientato alla scoperta, sfruttando le potenzialità delle tecnologie digitali per rendere l'esperienza educativa più motivante e accessibile. L'adozione di ambienti di apprendimento flessibili e

interattivi, sia reali che virtuali, può favorire una partecipazione più ampia e diversificata, contribuendo a ridurre il divario digitale e a democratizzare l'accesso alla conoscenza.

Infine, per essere realmente diffusa e durevole, l'educazione STEM deve rafforzare il legame tra scienza e cittadinanza. La promozione di competenze scientifiche deve andare di pari passo con lo sviluppo del pensiero critico, della consapevolezza sociale e della responsabilità civica [3, 4]. Una *STEM EduLit* sostenibile non si misura solo in termini di contenuti appresi, ma nella capacità di comprendere e valutare in modo autonomo le implicazioni scientifiche delle grandi questioni del nostro tempo, dal cambiamento climatico all'intelligenza artificiale, dalla salute pubblica alle disuguaglianze globali. In questa prospettiva, lo scopo della *STEM EduLit* non è solo formare tecnici o ricercatori, ma cittadini competenti, etici e partecipativi.

In sintesi, costruire un'educazione STEM strutturale, diffusa e durevole significa ridefinire le finalità della formazione scientifica in chiave democratica e trasformativa. Significa rimettere al centro l'equità, la pluralità dei saperi, la centralità dei soggetti, la continuità educativa e l'impatto sociale del sapere. Solo attraverso questa svolta paradigmatica sarà possibile rispondere alla sfida della sostenibilità con strumenti all'altezza della sua complessità.

4 Conclusioni

L'educazione STEM sostenibile rappresenta oggi una necessità pedagogica, culturale e politica imprescindibile per affrontare in modo sistemico le sfide complesse del XXI secolo. In un mondo attraversato da transizioni ecologiche, digitali e sociali sempre più rapide, il ruolo della scienza e della tecnologia non può essere ridotto a una funzione puramente strumentale o tecnico-economica. Al contrario, diventa urgente ripensare l'educazione scientifica come spazio di formazione integrale della persona e della cittadinanza, capace di promuovere competenze critiche, etiche e partecipative. In questa prospettiva, le STEM non sono solo discipline accademiche, ma orizzonti culturali e civili che modellano il modo in cui interpretiamo, abitiamo e trasformiamo il mondo [2, 3, 4].

Tuttavia, perché l'educazione STEM possa davvero contribuire a costruire società più giuste, inclusive e sostenibili, è necessario affrontare con decisione gli ostacoli strutturali che ne minano l'efficacia e l'equità. In particolare, il ruolo pervasivo degli stereotipi di genere, sociali e culturali ampiamente documentato dalla letteratura e dalle indagini empiriche [7, 11, 12, 13], costituisce una barriera invisibile ma potente, che condiziona profondamente l'accesso alle carriere scientifiche, le aspirazioni formative e l'immaginario collettivo intorno alla scienza. Contrastare questi stereotipi non è solo un atto di giustizia simbolica, ma una condizione necessaria per garantire l'universalità dell'alfabetizzazione scientifica.

L'analisi condotta in questo contributo ha evidenziato l'importanza di concepire la sostenibilità non solo come principio ambientale, ma come paradigma educativo multidimensionale, che integra giustizia sociale, equità epistemica e responsabilità intergenerazionale. Tale visione richiede un profondo ripensamento dei curricula, delle metodologie didattiche, delle politiche di orientamento e dei criteri di valutazione del sapere, ponendo al centro la formazione di soggetti

capaci di comprendere la natura della scienza, di interrogare i suoi presupposti e di partecipare attivamente alla costruzione del bene comune.

Una *STEM EduLit* strutturale, diffusa e durevole, non può nascere da interventi episodici o da logiche di emergenza, ma da un investimento strategico e continuativo. Questo implica, tra le altre cose, la formazione continua dei/delle docenti, il coinvolgimento delle famiglie e delle comunità e l'uso consapevole delle tecnologie educative.

Come suggerisce l'esperienza dell'*International Year of Basic Sciences for Sustainable Development* [1], il sapere scientifico non è solo un patrimonio da trasmettere, ma un linguaggio da condividere, un processo da co-costruire, un'occasione per alimentare il dialogo tra persone, culture e generazioni. È necessario riconoscere il carattere sociale, relazionale e trasformativo della conoscenza scientifica: solo costruendo ponti tra scienza e società sarà possibile affrontare con lucidità e responsabilità le crisi del presente e immaginare futuri desiderabili.

In conclusione, l'educazione STEM sostenibile non è un lusso per élite illuminate, ma una condizione essenziale per la sopravvivenza democratica, ecologica e culturale delle nostre società. Investire in una tale educazione significa investire nel futuro, non solo nel senso economico o tecnologico, ma nel senso più profondo e umano della parola.

Riferimenti bibliografici

- [1] Spiro, M. "The International Year of Basic Sciences for Sustainable Development 2022: We Need It More Than Ever". In: *Chemistry International* 43.3 (lug. 2021), pp. 40–40. DOI: 10.1515/ci-2021-0317.
- [2] Honey, M., Alberts, B., Bass, H., Castillo, C., Lee, O., Strutchens, M. M., Vermillion, L. e Rodriguez, F. *STEM Education for the Future: A Visioning Report*. A cura di National Science Foundation. 2020. URL: <https://nsf-gov-resources.nsf.gov/files/STEM-Education-2020-Visioning-Report.pdf>.
- [3] Hansson, L. e Yacoubian, H. A. "Nature of Science for Social Justice: Why, What and How?" In: *Nature of Science for Social Justice*. Springer International Publishing, 2020, pp. 1–21. DOI: 10.1007/978-3-030-47260-3_1.
- [4] Yacoubian, H. A. "Scientific literacy for democratic decision-making". In: *International Journal of Science Education* 40.3 (dic. 2017), pp. 308–327. DOI: 10.1080/09500693.2017.1420266.
- [5] Sapia, P. "Educazione civica e alfabetizzazione scientifica". In: *L'ECO della scuola nuova* LXXIV (2019), pp. 12–14.
- [6] Bozzo, G., Felicetti, F., Masiello, D. e Sapia, P. "Integrare la Literacy scientifica nell'educazione alla cittadinanza". In: *L'ECO della scuola nuova* LXXX.1 (2025).

- [7] *Osservatorio STEM: Rethink STE(A)M education. A sustainable future through scientific, tech and humanistic skills*. Fondazione Deloitte, 2022. URL: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone2/it/it/docs/about/2024/2022_Osservatorio_STEM_FondazioneDeloitte.pdf.
- [8] Brumovska, T. J., Carroll, S., Javornicky, M. e Grenon, M. “Brainy, Crazy, Supernatural, Clumsy and Normal: Five profiles of children’s stereotypical and non-stereotypical perceptions of scientists in the Draw-A-Scientist-Test”. In: *International Journal of Educational Research Open* 3 (2022), p. 100180. DOI: 10.1016/j.ijedro.2022.100180.
- [9] Hudson, L. “The Stereotypical Scientist”. In: *Nature* 213.5073 (gen. 1967), pp. 228–229. DOI: 10.1038/213228a0.
- [10] Tintori, A. e Palomba, R. “The most common stereotypes about science and scientists: what scholars know”. In: *Turn on the light on science: A research-based guide to break down popular stereotypes about science and scientists*. Ubiquity Press, feb. 2017, pp. 1–18. DOI: 10.5334/bba.b.
- [11] Sapia, P., Battaglia, O. R., Fazio, C. e Bozzo, G. “From DAST to DPFS: an overview and preliminary results of a national survey on the perception of science in primary school”. In: *Connecting Physics Education Research and Practice*. A cura di M. Michellini, I. Testa e S. Esposito. Springer, 2025.
- [12] Bozzo, G., Battaglia, O. R., Fazio, C., Galano, S., Testa, I. e Sapia, P. “National “Draw a Person Doing Science” survey: Development perspectives”. In: *Il Nuovo Cimento C* 48 (2025), 1–13. DOI: 10.1393/ncc/i2025-25282-y.
- [13] Chambers, D. W. “Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test”. In: *Science Education* 67.2 (apr. 1983), pp. 255–265. DOI: 10.1002/sce.3730670213.

Teaching Ethics for Sustainability: Portuguese Science Teachers' Practices on Bioethics and Geoethics

M. Paz, C. Vasconcelos

Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR) & Science Teaching Unit, Faculty of Sciences of the University of Porto (FCUP), Portugal

Abstract

Integrating ethical reflection into science education is crucial to fostering students' awareness of their responsibilities in addressing current global challenges. This study investigates how Portuguese Natural Sciences and/or Biology and Geology teachers perceive and implement bioethical and geoethical topics in their classrooms, based on survey responses from 56 educators. While bioethics is included in the 12th-grade Biology curriculum, neither bioethics nor geoethics are explicitly addressed in the broader Portuguese science programs. Nevertheless, teachers report incorporating ethical discussions on topics such as health, reproduction, genetic heritage, sustainability of Earth systems, and the responsible use of natural resources. These themes are strongly aligned with several United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), including SDG 3 (Good Health and Well-being), SDG 12 (Responsible Consumption and Production), SDG 13 (Climate Action), SDG 14 (Life Below Water), and SDG 15 (Life on Land). Participants emphasized the value of introducing bioethical and geoethical discussions from an early stage in education, recognizing their potential to enhance students' critical thinking and engagement with real-world issues. However, they also identified significant barriers, including overloaded curricula and a lack of time. The findings underscore the need for structured professional development and curricular support to help teachers embed bioethics and geoethics more effectively in science education. By doing so, educators can better prepare students to address complex bioethical and geoethical dilemmas and contribute to more informed, just, and sustainable societies.

Introduction

In a world facing unprecedented ethical challenges, from genetic editing to the exploitation of natural resources, educating citizens from an early age is imperative to make informed and responsible decisions. To achieve this, students must develop a comprehensive set of competencies—encompassing knowledge, skills, attitudes, and values—that enable them to critically analyse and respond to evolving global challenges [1]. These competencies should not only focus on scientific and technical knowledge but also incorporate ethical reasoning and

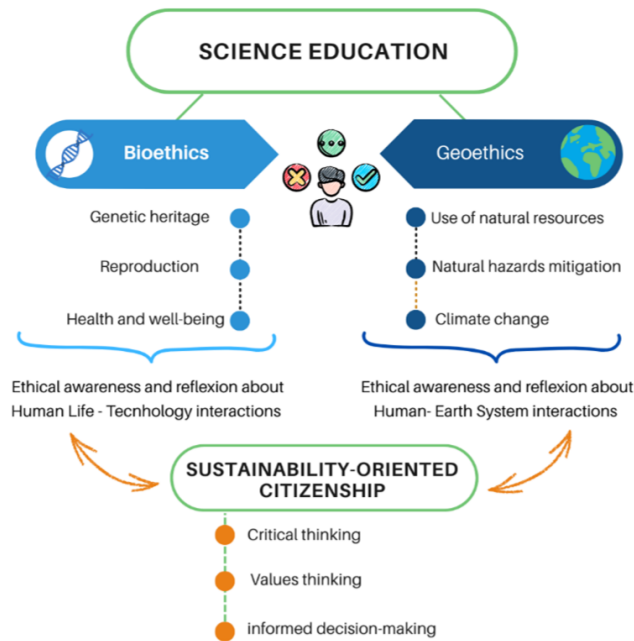


Figure 1: Connections between Bioethics, Geoethics and Science Education for Sustainability.

value-based decision-making, ensuring that students are equipped to address the intricate and often ethically charged dilemmas of the future [2]. Thus, for science education to be truly transformative, it must go beyond factual knowledge and actively integrate ethical perspectives [3, 4, 5]. The inclusion of ethics within science curricula encourages students to consider not only how scientific advancements occur but also their broader implications, ensuring a responsible and informed engagement with scientific and technological developments [6], and enabling them to see science as a tool for meaningful participation in democratic and community life [7]. Bazzul [8] also frames science education as a space for ethical and political agency, inviting learners to question societal norms and imagine alternative, more just futures. These perspectives underscore the urgency of embedding ethical reasoning, particularly through the lens of Bioethics and Geoethics, into science curricula, cultivating students' capacity to engage critically and responsibly with the challenges of our time, as presented in Figure 1.

Bioethics focuses on ethical issues in biological sciences, medicine, and biotechnology, addressing critical concerns such as genetic engineering, medical consent, biodiversity conservation, and the equitable distribution of healthcare resources [9, 10]. By incorporating bioethical discussions into science education, students can develop a deeper awareness of the societal impacts of scientific progress and learn to engage in responsible decision-making regarding biotechnological innovations, health and respect for others [11].

Geoethics provides an ethical foundation concerning the relationship between humans and the Earth system [12]. It involves reflecting on the values

that should guide our behaviors and practices whenever they have an impact on the Earth system [12, 13]. Teaching geosciences within the framework of geoethics is essential for guiding students to consider the ethical implications of their actions in relation to the Earth system, thereby promoting a more holistic view of the planet and contributing to its sustainability [14, 15].

Within this framework, bioethics and geoethics serve as essential pedagogical tools to cultivate values-thinking, a key sustainability competence [16], and to prepare students to confront the complex, value-laden challenges of our time. Integrating these ethical dimensions into the science curriculum is thus not only pedagogically enriching but also crucial to forming scientifically literate, ethically aware citizens capable of contributing to a more sustainable and equitable world. As acknowledged by Barth [17], the transition to sustainability is based on constant negotiation and social learning processes. As agents of change [18, 19], teachers play a fundamental role in achieving this goal.

Despite the recognized importance of bioethics and geoethics, their integration into middle and secondary education remains limited in the Portuguese educational system [20]. In pre-college education, bioethics is addressed only within specific contexts, such as 12th-grade Biology, and it is not consistently embedded across different levels of science education. By its turn, geoethics receives even less attention.

Considering this theoretical background, this study examines the perceptions and practices of Portuguese natural sciences teachers regarding the integration of bioethics and geoethics in science teaching, identifying the challenges and opportunities for incorporating these frameworks into classroom practice.

1 Methodology

Based on the theoretical framework and research objectives, a survey was conducted using a structured online questionnaire (Appendix). The instrument consisted of 21 questions, including 17 multiple-choice items and four open-ended questions, which focused on the teaching of Bioethics and Geoethics. To ensure content validity, the questionnaire was reviewed by two specialists in science education and a middle and secondary school teacher with over 20 years of classroom experience. Reliability was assessed through a test-retest procedure, in which three Natural Sciences and/or Biology and Geology teachers completed the questionnaire twice, with a 14-day interval between responses.

This descriptive study relied on a convenience sample of 56 middle and secondary school teachers ($n = 56$) who teach Natural Sciences and/or Biology and Geology. Data analysis was conducted using IBM SPSS Statistics© (version 29). A sociodemographic profile of the participants is presented in Table 1.

The participants were predominantly female ($n = 45$; 80.4%), and nearly half were between the ages of 41 and 50 ($n = 26$; 46.4%). Most responding teachers had extensive teaching experience, with only 12 ($n = 12$; 21.4%) having taught for less than five years, while nearly half ($n = 27$; 48.2%) had over 20 years of teaching experience.

Regarding their academic background, the majority reported a degree in Biology and Geology ($n = 23$; 41.1%), followed by those with a background in Biology ($n = 21$; 37.5%). Eleven teachers had a background in Geology ($n = 11$; 19.6%), and only one held a qualification for teaching in lower secondary

Sociodemographic data		n	%
Gender	female	45	80.4
	male	11	19.6
Age	21-30	7	12.5
	31-40	6	10.7
	41-50	26	46.4
	51-60	12	21.4
	>60	5	8.9
	<5	12	21.4
Years of service	5-10	1	1.8
	11-15	8	14.3
	16-20	8	14.3
	>20	27	48.2
Academic background	Biology	21	37.5
	Geology	11	19.6
	Biology and Geology	23	41.1
	Mathematics and Natural Sciences	1	1.8
Type of school	public	44	78.6
	private	12	21.4

Table 1: Characterization of the sample of teachers participating in the study.

education (2nd Cycle of Basic Education), specializing in Mathematics and Natural Sciences ($n = 1$; 1.8%). Most participating teachers worked in public education ($n = 44$; 78.6%), while twelve taught in private schools ($n = 12$; 21.4%).

2 Results and Discussion

Except for the 12th-grade Biology course, bioethics is not explicitly included in the essential learning outcomes for Natural Sciences or Biology and Geology. Similarly, geoethics is not part of the essential learning outcomes for any compulsory education subjects in Portugal. However, the participating teachers in this study reported addressing bioethical topics (Q1, $n = 54$; 96.4%) and geoethical topics (Q10, $n = 48$; 85.7%), as shown in Table 2.

Regarding the frequency of addressing bioethical or geoethical topics, most teachers indicated doing so occasionally, between three and five times per academic year, for both bioethics ($n = 29$; 51.8%) and geoethics ($n = 25$; 44.6%). A little over a quarter of the respondents reported exploring bioethical and geoethical themes regularly ($n = 15$; 26.8%), at least six times per year. A smaller number of participants indicated that they rarely discussed such topics, two or fewer times per academic year, with similar results for bioethics ($n = 10$; 17.8%) and geoethics ($n = 8$; 14.3%) topics, as presented in Table 2.

The participants were also asked about the criteria they consider most important when selecting bioethical (Q3) or geoethical (Q11) topics. Responses were similar for both themes and are presented in Table 3. However, concerning bioethics, teachers more frequently cited the development of competencies

Question	Answer	n	%
Q1. Approach to bioethical topics.	Yes	54	96.4
	No	2	3.6
Q2. Frequency of addressing bioethical topics.	Rarely	10	17.8
	Occasionally	29	51.8
	Regularly	15	26.8
Q9. Approach to geoethical topics.	Yes	48	85.7
	Occasionally	8	14.3
Q10. Frequency of addressing geoethical topics.	Rarely	8	14.3
	Occasionally	25	44.6
	Regularly	15	26.8

Table 2: Responses of the participants to questions (Q1, Q2, Q9, and Q10).

Question	Most frequent answers	n	%
Q3. Which criteria do you consider when selecting a bioethical topic to address in the classroom?	Development of competencies	37	66.1
	Proximity to students' reality	27	48.2
	Fit into the subject programme	24	42.9
Q11. Which criteria do you consider when selecting a geoethical topic to address in the classroom?	Proximity to students' reality	28	50.0
	Development of competencies	26	46.4
	Fit into the subject programme	24	42.9

Table 3: Most used criteria by teachers in selecting a bioethical or geoethical topic (Q3 and Q11).

($n = 37$; 66.1%), followed by proximity to students' reality ($n = 27$; 48.2%). For geoethical topics, proximity to students' context was the most cited criterion ($n = 28$; 50%), followed closely by the development of competencies ($n = 26$; 46.4%). The possibility of aligning the topic with the curriculum ranked third for both bioethical and geoethical themes ($n = 24$; 42.9%).

The next question aimed to identify the curriculum topics in Natural Sciences and/or in Biology and Geology that teachers address through the lens of bioethical (Q4) or geoethical (Q12) issues. The most frequently mentioned topics are detailed in Table 4.

Participants in this study reported addressing these topics in all grade levels, except for bioethics in the 7th grade and geoethics in the 9th and 12th grades. These exceptions can be explained by the Portuguese curriculum content. For 7th-grade Natural Sciences, the content is exclusively related to geological sciences, which makes it challenging to incorporate bioethical issues. Conversely, in 9th-grade Natural Sciences, the content focuses entirely on health and the human body, making it more challenging to address geoethical issues. Table 4 analysis reveals that teachers use bioethics and geoethics to teach several topics aligned with sustainability and Sustainable Development Goals [21], namely

Question	Most frequent answers	School n		%
		grade		
Q4. Which topics from the Natural Sciences or Biology and Geology curriculum do you usually teach using the analysis of bioethical issues? (Please also indicate the grade level).	Individual and community health; Transmission of life	9	35	62.5
	Reproduction and fertility manipulation; Genetic heritage	12	29	51.8
	Cellular growth and differentiation; Reproduction	11	21	37.5
	Sustainability of the Earth	8	21	37.5
Q12. Which topics from the Natural Sciences or Biology and Geology curriculum do you usually teach using the analysis of geoethical issues? (Please also indicate the grade level).	Earth in transformation	7	30	53.6
	Sustainability of the Earth	8	27	48.2
	Sustainable use of geology resources	11	26	46.4
	Geology and methods	10	16	28.6

Table 4: Topics identified by teachers as relevant for bioethics and geoethics discussions [Q4 and Q12].

number 3 (Good Health and Well-being), 12 (Responsible Production and Consumption), 13 (Climate Action), 14 (Life Below Water), and 15 (Life on Land). While sustainability is often approached through scientific and technical perspectives, incorporating ethical dimensions can foster deeper critical thinking, responsible decision-making, and engagement with environmental and societal challenges [22].

The subsequent questions explored how teachers approach bioethical and geoethical topics in the classroom, including strategies for introducing these topics (Q5 and Q13), methods for promoting student participation (Q6 and Q14), challenges encountered (Q7 and Q15), and methods for evaluating student learning (Q8 and Q16). The three most frequent responses for each question regarding bioethical issues are presented in Table 5.

In the next Table 6, the most frequent responses for each question concerning geoethical topics are presented. Regarding strategies for introducing bioethical topics in the classroom (Q5), the most referred approach was the use of multimedia resources ($n = 32$; 57.1%), followed by analyzing news articles or scientific papers ($n = 26$; 46.4%) and group discussions ($n = 23$; 41.1%). For geoethical topics (Q13), teachers most frequently mentioned group discussions ($n = 28$; 50.0%), followed using multimedia resources ($n = 23$; 41.1%) and analysing news articles or scientific papers ($n = 21$; 37.5%). To encourage student participation in bioethical topics (Q6), teachers reported promoting critical analysis of presented information ($n = 17$; 30.3%), encouraging students to express their opinions and viewpoints ($n = 16$; 28.6%), and fostering open debates on different perspectives ($n = 13$; 23.2%). For geoethical topics (Q14), teachers used similar strategies with slightly varying frequencies. Participants reported that they encourage students to express their opinions and viewpoints ($n = 16$; 28.6%), promote critical analysis of information ($n = 12$; 21.4%), and facilitate debates with diverse perspectives ($n = 12$; 21.4%).

Not surprisingly, participants identified the extensive curriculum as the great-

Question	Most frequent answers	n	%
Q5. How do you usually introduce a bioethical topic in the classroom? (select at most the two options that most apply to you)	Use of multimedia resources	32	57.1
	Analysis of news or scientific articles	26	46.4
	Group discussions	23	41.1
Q6. When addressing bioethical issues, how do you encourage your students' participation in the classroom?	Encouraging them to express their opinions and views	17	30.3
	Promoting critical analysis of the information presented	16	28.6
	Encouraging debates open to different perspectives	13	23.2
Q7. In your opinion, what is the main constraint or challenge you face when addressing bioethical issues with your classes?	Extension of curriculum/lack of time	42	75.0
	Lack of maturity of students	8	14.3
	Inexperience/reduced knowledge on how to approach complex issues in the classroom	4	7.1
Q8. How do you evaluate your students' learning in relation to bioethical issues? (please choose the alternative that best applies)	Participation in debates or discussions	36	64.3
	Oral group presentations	10	17.9
	Participation in projects or practical work	3	5.4

Table 5: Most common responses to questions about strategies used to address bioethical topics in the classroom [Q5 to Q8].

est constraint in exploring bioethical (Q7, $n = 42$; 75.0%) and geoethical (Q15, $n = 38$; 67.9%) topics. This finding aligns with previous studies highlighting curriculum overload as a barrier to addressing controversial topics in the classroom [10, 23, 24].

For evaluating students' learning, teachers indicated using student participation in debates/discussions as the primary method for both bioethical (Q8, $n = 36$; 64.3%) and geoethical (Q16, $n = 31$; 55.4%) topics. These findings suggest that debates are perceived as an effective way to assess skills such as argumentation and critical thinking, which can be enhanced through the exploration of controversial and ethically charged topics [25, 26]. Additionally, these competencies are advocated as vital for developing sustainability [27].

Regarding teachers' professional development in this area (Q17 to Q19), only a small number of teachers reported having participated in training sessions specifically on bioethics or geoethics ($n = 6$; 10.7%). Of these, four had attended training exclusively on bioethics ($n = 4$; 7.1%), while two had training in both bioethics and geoethics ($n = 2$; 3.6%). All teachers who had participated in such training considered it relevant to their teaching practice (Q18; $n = 6$; 100%). As one participant (P1) noted:

"It allowed me to update my knowledge and become more aware of

Question	Most frequent answers	n	%
Q13. How do you usually introduce a geoethical topic in the classroom? (select at most the two options that most apply to you)	Group discussions	28	50.0
	Use of multimedia resources	23	41.1
	Analysis of news or scientific articles	21	37.5
Q14. When addressing geoethical issues, how do you encourage your students' participation in the classroom?	Encouraging them to express their opinions and views	16	28.6
	Promoting critical analysis of the information presented	12	21.4
	Encouraging debates open to different perspectives	12	21.4
Q15. In your opinion, what is the main constraint or challenge you face when addressing geoethical issues with your classes?	Extension of curriculum/lack of time	38	67.9
	Lack of maturity of students	7	12.5
	Lack of available educational resources	3	5.4
Q16. How do you evaluate your students' learning in relation to bioethical issues? (please choose the alternative that best applies)	Participation in debates or discussions	31	55.4
	Oral group presentations	8	14.3
	Participation in projects or practical work	4	7.1

Table 6: Most common responses to questions about strategies used to address geoethical topics in the classroom [Q13 to Q16].

Question	Answers	n	%
Q17. Have you ever undertaken specific professional training to address bioethical or geoethical issues in primary and/or secondary education?	Only in Bioethics	4	7.1
	Only in Geoethics	0	0.0
	In Bioethics and Geoethics	2	3.6
	Not applicable	50	89.3
Q19. Indicate the reason why you have never completed training in bioethics and geoethics.	Lack of training offers close to my place of work and/or residence	22	39.3
	Lack of low-cost/free training offers available	16	28.6
	Lack of time	9	16.1
	I don't need training in the area, since I am up to date on the subject	3	5.4

Table 7: Teachers' professional training in bioethics and geoethics.

the consequences and boundaries that should be set regarding human actions on the environment. With this principle in mind, I aim to help my students develop the same sense of responsibility”.

Nevertheless, as presented in Table 7, most teachers had not attended training in these areas ($n = 50$; 89.3%). The main reasons given for this fact were the lack of nearby ($n = 22$; 39.3%) or affordable ($n = 16$; 28.6%) training opportunities and lack of time ($n = 9$; 16.1%). Only three participants stated that they did not need training in this area ($n = 3$; 5.4%). Chi-square tests were conducted to examine potential associations between selected demographic variables and teachers' responses regarding their professional training in Bioethics and Geoethics. No statistically significant associations were found between type of school (public vs. private) and participation in professional training ($\chi^2 = 1.833$; $p = 0.323$), nor between gender and attending professional training ($\chi^2 = 1.643$; $p = 0.334$), or age of the teacher and having done professional development in these themes ($\chi^2 = 4.222$; $p = 0.377$). The lack of continuous professional development among teachers is recognised as a barrier to effective teaching and learning processes [19]. Considering that many respondents had over 20 years of teaching experience, the low number of teachers with training in bioethics and geoethics is concerning. Consistent with other studies [25], this situation may indicate, as noted by Solomon and collaborators [10], that most secondary science teachers are not adequately prepared to address ethical issues in the classroom, which can impact students' learning outcomes within these fields. The data suggest the need for more structured and cross-cutting training in bioethics and geoethics, enabling teachers to integrate these dimensions critically and in context within science education.

Finally, most teachers expressed the view that bioethical and geoethical issues should be introduced at an early age, as revealed in Table 8.

Most participants ($n = 32$; 57.1%) indicated that bioethical and geoethical issues should be introduced before students enter the second basic education cycle. This perspective aligns with the recommendations of several authors who

Question	Answers	n	%
Q20. At what stage of education do you believe students should start addressing ethical issues, particularly bioethics and geoethics?	Preschool	12	21.4
	Elementary	20	35.7
	2 nd cycle	7	12.5
	3 rd cycle	14	25.0
	Secondary	3	5.4

Table 8: Teachers’ opinions on the appropriate age to start addressing bioethical and geoethical issues [Q20].

advocate for the early integration of these topics in school curricula, emphasising the importance of fostering ethical awareness and responsibility from a young age [28, 29, 30]. The students’ level of maturity, ability to understand more complex topics, knowledge level, and relevance of the subject matter are the factors cited by teachers to justify the final question (Q21). Teachers who consider it essential to address these topics with younger age groups emphasize the need to adapt the content to the target audience’s age. As one participant (P4) states, “I believe that students, starting from preschool, can develop some awareness of the value of human life’s uniqueness through age-appropriate educational activities, within a framework that highlights the importance of biodiversity and geodiversity, for example”. Other responses from teachers who selected the 1st Cycle of Basic Education, like (P17), stated: “The age of students in primary school is ideal for starting to build critical thinking and skills of respect for others, including non-human living beings”; or (P19) “These topics should be introduced early in students’ education and explored in greater depth over time. Active and well-reasoned student participation in class discussions and debates requires practice and learning, which in turn requires time”; or even (P41) “The sooner students come into contact with these reflective themes, the easier it will be for them to develop the skills necessary for deeper and more serious discussion and reflection on these issues”. These answers reveal the importance teachers attribute to these themes, both in terms of exploring bioethical and geoethical issues to increase knowledge and for developing skills such as responsibility, argumentation, and critical thinking.

Another two teachers (P9) and (P56), who picked the 3rd Cycle of Basic Education and Secondary Education, respectively, justified their choice by stating “At this stage, they already have some argumentation skills and scientific knowledge” and “Maturity, as younger students do not understand the concept of ethics”, indicating some of the challenges of addressing complex themes with younger students that are also reported in the specialty literature [31].

Statistical chi-square tests were also conducted to examine associations between some demographic variables and teachers’ responses concerning when they considered bioethical and geoethical issues should be introduced in education. No statistically significant associations were found between the type of school and the better age to introduce bioethical and geoethical topics ($\chi^2 = 0.267$, $p = 0.522$), nor the age of the teacher and the better age to start addressing these issues ($\chi^2 = 4.821$, $p = 0.306$). However, a statistically significant association was found between the teacher’s gender and the perceived appropriate age to introduce Bioethics and Geoethics ($\chi^2 = 12.967$, $p = 0.006$), with male teachers more likely to indicate that these topics should only be addressed at

the secondary level. This suggests potential gender-based differences in how teachers view the developmental readiness of students to engage with ethical issues in science education, which is in line with other authors' findings [32]. In their study about teachers' perspectives about socioscientific issues (SSI) in the classroom, Sadler and collaborators found that most female teachers supported the teaching of complex and ethically laden SSI. They often integrated ethics as an inherent part of science, using contextualised examples that blended scientific and ethical questions. In contrast, male teachers were more likely to oppose or feel ambivalent about SSI integration, tending to view science and ethics as separate disciplines, choosing a more abstract approach that may be more difficult for younger students to understand.

This finding should inform future investigations to explore in greater depth how gender-related beliefs and professional experiences shape teachers' approaches to ethics in science education and how these differences may influence students' opportunities to engage in ethical reflection from an early age.

Finally, several responses emphasised the critical connection between Bioethics, Geoethics, and Sustainability. For example, one teacher (P18) noted that integrating these ethical frameworks is vital "so that the future and integrity of the Earth become priorities for generations to come, especially in a society that is often self-centred and unaware of these issues". Another educator (P27) highlighted that "values such as bioethics and geoethics constitute fundamental dimensions in cultivating a sense of belonging, respect, and sustainability". These reflections demonstrate how teachers view Bioethics and Geoethics education not only as a means to develop scientific literacy but also to promote a more conscientious and sustainable society, a perspective also recognised by other authors [9, 13, 33, 34, 35, 36]. Ultimately, as Shrivastava and collaborators advocate [37], "knowledge should inspire people to both reflect and act" - a principle that reinforces the importance of equipping teachers with the tools to foster (bio-) and (geo)ethical reflection and responsible action through science education, empowering students to engage critically with the challenges of our time and contribute meaningfully to a more just and sustainable world.

3 Conclusion

This study highlights teachers' awareness of integrating bioethical and geoethical issues into science education. Despite systemic challenges, such as curriculum overload, lack of time and limited training, teachers already incorporate these themes and believe they should be introduced early in students' educational pathways. These findings suggest a need for more structured professional development that effectively empowers educators to address Bioethics and Geoethics in science teaching.

Although the investigation is limited by its convenience sample, it provides valuable insights into current pedagogical practices in Portugal. Future research involving broader samples is essential to confirm these trends and explore strategies for including these topics systematically into science education.

Embedding Bioethics and Geoethics in science teaching is not just a pedagogical choice but a transformative act that fosters students to become responsible, critical, and engaged citizens, ultimately capable of contributing to a more just, sustainable, and humane global society.

Acknowledgements

This research was supported by: (i) the Strategic Funding (refs. UIDB/04423/-2020 and 509 UIDP/04423/2020) through national funds provided by the Portuguese National Funding Agency for Science, Research, and Technology (Fundação para a Ciência e a Tecnologia [FCT]); and (ii) the FCT through a Ph.D scholarship (reference 2021.06518.BD) titled “Curricular integration of bio and geoethics in science teaching: contributions for participatory citizenship through project-oriented learning”.

References

- [1] *Reimagining Education, Realising Potential*. OECD, Apr. OECD. DOI: 10.1787/b44e2c39-en.
- [2] Powell, W. A., Newton, M. H., and Zeidler, D. L. “Impact of Socioscientific Issues on Middle School Students’ Character and Values for Global Citizenship”. In: *Socioscientific Issues-Based Instruction for Scientific Literacy Development*. IGI Global, 2021, pp. 56–91. DOI: 10.4018/978-1-7998-4558-4.ch003.
- [3] Klopfer, L. E. and Aikenhead, G. S. “Humanistic science education: The history of science and other relevant contexts”. In: *Science Education* 106.3 (Jan. 2022), pp. 490–504. DOI: 10.1002/sce.21700.
- [4] McCrory, A. and Reiss, M. J. *The place of ethics in science education: Implications for practice*. Bloomsbury Publishing, 2023.
- [5] Zeidler, D. L. and Nichols, B. H. “Socioscientific issues: Theory and practice”. In: *Journal of Elementary Science Education* 21.2 (Mar. 2009), pp. 49–58. DOI: 10.1007/bf03173684.
- [6] Garrecht, C., Czinczel, B., Kretschmann, M., and Reiss, M. J. “Should We Be Doing It, Should We Not Be Doing It, Who Could Be Harmed?: Addressing Ethical Issues in Science Education”. In: *Science & Education* 32.6 (May 2022), pp. 1761–1793. DOI: 10.1007/s11191-022-00342-2.
- [7] Teshera-Levy, J., Alam, I., Corwin, L., and Dauer, J. M. “Developing a conceptual model for students’ scientific civic engagement self-concept”. In: *International Journal of Science Education* (Feb. 2025), pp. 1–22. DOI: 10.1080/09500693.2024.2449220.
- [8] Bazzul, J. “Science Education as a Site of Struggle”. In: *Ethics and Science Education: How Subjectivity Matters*. Springer International Publishing, 2016, pp. 1–6. DOI: 10.1007/978-3-319-39132-8_1.
- [9] UNESCO. *Universal Declaration of Bioethics and Human Rights*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2005. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000142825/PDF/142825eng.pdf.multi.page=80>.
- [10] Solomon, M. Z., Vannier, D., Chowning, J. T., Miller, J. S., and Paget, K. F. “The Pedagogical Challenges of Teaching High School Bioethics: Insights from the Exploring Bioethics Curriculum”. In: *Hastings Center Report* 46.1 (Jan. 2016), pp. 11–18. DOI: 10.1002/hast.532.

- [11] Rizvi, D. and Shekhani, S. “Bioethics and adolescents: a comparative analysis of student views and knowledge regarding biomedical ethics”. In: *International Journal of Ethics Education* 8.1 (Nov. 2022), pp. 165–176. DOI: 10.1007/s40889-022-00157-3.
- [12] Peppoloni, S. and Di Capua, G. “Introduction: Geoethics for the future”. In: *Geoethics for the Future*. Elsevier, 2024, pp. xxi–xxxi. DOI: 10.1016/b978-0-443-15654-0.00034-7.
- [13] Bobrowsky, P., Cronin, V. S., Di Capua, G., Kieffer, S. W., and Peppoloni, S. *The Emerging Field of Geoethics*. Oct. 2017. DOI: 10.1002/9781119067825.ch11.
- [14] Ribeiro, T. and Vasconcelos, C. “Non-formal secondary students’ education to develop environmental insight”. In: *Episodes* 47.4 (May 2024), pp. 753–765. DOI: 10.18814/epiiugs/2024/02404s01.
- [15] Vasconcelos, C. and Orion, N. “Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability”. In: *Sustainability* 13.3 (Jan. 2021), p. 1316. DOI: 10.3390/su13031316.
- [16] Redman, A. and Wiek, A. “Competencies for Advancing Transformations Towards Sustainability”. In: *Frontiers in Education* 6 (Nov. 2021). DOI: 10.3389/feduc.2021.785163.
- [17] Barth, M. “Teaching and Learning in Sustainability Science”. In: *Sustainability Science*. Springer Netherlands, 2016, pp. 325–333. DOI: 10.1007/978-94-017-7242-6_27.
- [18] Farioli, F. and Mayer, M. “Breaking the Mold: Educators as Agents of Change”. In: *Competences in Education for Sustainable Development*. Springer International Publishing, 2022, pp. 85–91. DOI: 10.1007/978-3-030-91055-6_11.
- [19] United Nations. *Transforming the teaching profession: Recommendations and summary of deliberations of the United Nations Secretary-General’s High-Level Panel on the Teaching Profession*. International Labour Office. 2024.
- [20] Paz, M. and Vasconcelos, C. “Beyond The Classroom: Empowering Learners In Bio And Geoethics With Engaging Non-Formal Resources”. In: *11th SWS International Scientific Conferences on SOCIAL SCIENCES - ISCSS Proceedings 2024, Vol 11, issue2*. Vol. 11. ISCSS2024. SGEM WORLD SCIENCE, Oct. 2024, pp. 159–166. DOI: 10.35603/sws.iscss.2024/s08/50.
- [21] United Nations. *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2015.
- [22] Paz, M. and Vasconcelos, C. “Scientific Literacy to Address Sustainability: A Study on Deep-Sea Mining Education with Adolescents from a Social Care Institution”. In: *Sustainability* 17.2 (Jan. 2025), p. 688. DOI: 10.3390/su17020688.
- [23] Barrue, C. and Albe, V. “Citizenship Education and Socioscientific Issues: Implicit Concept of Citizenship in the Curriculum, Views of French Middle School Teachers”. In: *Science & Education* 22.5 (Jan. 2013), pp. 1089–1114. DOI: 10.1007/s11191-012-9571-4.

- [24] Kilinc, A., Demiral, U., and Kartal, T. “Resistance to dialogic discourse in SSI teaching: The effects of an argumentation-based workshop, teaching practicum, and induction on a preservice science teacher”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 54.6 (Jan. 2017), pp. 764–789. DOI: 10.1002/tea.21385.
- [25] Chowning, J. T., Griswold, J. C., Kovarik, D. N., and Collins, L. J. “Fostering Critical Thinking, Reasoning, and Argumentation Skills through Bioethics Education”. In: *PLoS ONE* 7.5 (May 2012). Ed. by J. F. Turens, e36791. DOI: 10.1371/journal.pone.0036791.
- [26] Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., and Sadler, T. D. “Selecting Socio-scientific Issues for Teaching: A Grounded Theory Study of How Science Teachers Collaboratively Design SSI-Based Curricula”. In: *Science & Education* 28.6–7 (July 2019), pp. 639–667. DOI: 10.1007/s11191-019-00065-x.
- [27] European Commission. Joint Research Centre. *GreenComp, the European sustainability competence framework*. LU: Publications Office, 2022. DOI: 10.2760/13286.
- [28] Balatsou, M. and Theologou, K. “Promoting Bioethical Literacy in Primary Education: The European Reality and the Case of Greece”. In: *International Journal of Childhood Education* 2.4 (Dec. 2021), pp. 42–51. DOI: 10.33422/ijce.v2i4.188.
- [29] D’Addezio, G. “25 Years of INGV’s Education and Outreach: Bridging Science and Society”. en. In: (2025). DOI: 10.13127/JGSG-66.
- [30] Nunes, R., Duarte, I., Santos, C., and Rego, G. “Education for values and bioethics”. In: *SpringerPlus* 4.1 (Feb. 2015). DOI: 10.1186/s40064-015-0815-z.
- [31] Ike, C. G. and Anderson, N. “A proposal for teaching bioethics in high schools using appropriate visual education tools”. In: *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine* 13.1 (July 2018). DOI: 10.1186/s13010-018-0064-1.
- [32] Sadler, T. D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M., and Allspaw, K. M. “Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 43.4 (Mar. 2006), pp. 353–376. DOI: 10.1002/tea.20142.
- [33] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., and Pereira, S. M. “Teaching bioethics in high schools”. In: *Health Education Journal* 76.4 (Feb. 2017), pp. 507–513. DOI: 10.1177/0017896917690566.
- [34] Koupatsiaris, A. A. and Drinia, H. “Expanding Geoethics: Interrelations with Geoenvironmental Education and Sense of Place”. In: *Sustainability* 16.5 (Feb. 2024), p. 1819. DOI: 10.3390/su16051819.
- [35] Moorthy, R., Selvadurai, S., Gill, S. S., and Gurunathan, A. “Sustainable Societal Peace through the Integration of Bioethics Principles and Value-Based Education”. In: *Sustainability* 13.6 (Mar. 2021), p. 3266. DOI: 10.3390/su13063266.

- [36] Paz, M., Abrunhosa, M. L., and Vasconcelos, C. “Teaching Geoethics and Groundwater Sustainability Through a Project-Based Approach”. In: *Advances in Geoethics and Groundwater Management: Theory and Practice for a Sustainable Development*. Springer International Publishing, 2021, pp. 367–370. DOI: 10.1007/978-3-030-59320-9_76.
- [37] Shrivastava, P., Stafford Smith, M., O’Brien, K., and Zsolnai, L. “Transforming Sustainability Science to Generate Positive Social and Environmental Change Globally”. In: *One Earth* 2.4 (Apr. 2020), pp. 329–340. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.04.010.

Appendix

Questionnaire applied to Natural Sciences and Biology and Geology Teachers.

Domain	Question
Bioethics	Q1. Bioethics involves ethical reflection on issues related to the life sciences. Considering this general definition, do you usually address bioethical issues in the teaching of Natural Sciences or Biology and Geology?
	Q2. How often do you explore bioethical issues in your classes?
	Q3. Which criteria do you consider when selecting a bioethical topic to address in the classroom? (select at most the two options that most apply to your case) a. Proximity to students' reality (their context) b. Be integrated into the curriculum of the subject you teach c. Opportunity to develop skills (critical thinking, argumentation, decision making) d. Availability of resources and materials provided in the school manual e. Availability of adequate resources and materials prepared by the teacher or other colleagues f. Other
	Q4. Which topics from the Natural Sciences or Biology and Geology curriculum do you usually teach using the analysis of bioethical issues? (Please also indicate the grade level).
	Q5. How do you usually introduce a bioethical topic in the classroom? (select at most the two options that most apply to you) a. Group discussion b. Use of multimedia resources (videos or documentaries) c. Carrying out practical and/or experimental activities d. Analysis of news or scientific articles e. Use of the school manual f. Carrying out field trips g. Other
	Q6. When addressing bioethical issues, how do you encourage your students' participation in the classroom? a) Encouraging them to express their opinions and views a. Encouraging debates open to different perspectives b. Promoting critical analysis of the information presented c. Encouraging them to base their opinions on scientific evidence d. Other
	Q7. In your opinion, what is the main constraint/challenge you face when addressing bioethical issues with your classes? a. Extension of curriculum/lack of time b. High number of students in classes c. Lack of maturity of students d. Lack of available educational resources e. Inexperience/reduced knowledge on how to approach complex issues with several plausible solutions in the classroom f. Other

	Q8. How do you evaluate your students' learning in relation to bioethical issues? (please choose the alternative that best applies) a. Traditional written assessments (tests, class questions) b. Individual oral presentations c. Oral presentations of group work d. Projects or practical work e. Participation in debates or discussions f. Individual written work g. Group written work h. Other
Geoethics	Q9. Geoethics is a disciplinary area that focuses on reflecting on the values that should underlie behaviors and practices, whenever these may interfere with the way in which human beings relate to the Earth system. Considering this general definition, do you usually address geoethical issues in the teaching of Natural Sciences or Biology and Geology?
	Q10. How often do you explore geoethical issues in your classes?
	Q11. Which criteria do you consider when selecting a geoethical topic to address in the classroom? (select at most the two options that most apply to your case) a. Proximity to students' reality (their context) b. Be integrated into the curriculum of the subject you teach c. Opportunity to develop skills (critical thinking, argumentation, decision making) d. Availability of resources and materials provided in the school manual e. Availability of adequate resources and materials prepared by the teacher or other colleagues f. Other
	Q12. Which topics in the Natural Sciences or Biology and Geology curriculum do you usually teach using analysis of issues that fall within the scope of geoethics? (please also indicate the year of schooling)
	Q13. How do you usually introduce a geoethical topic in the classroom? (select at most the two options that most apply to your case) a. Group discussion b. Use of multimedia resources (videos or documentaries) c. Carrying out practical and/or experimental activities d. Analysis of news or scientific articles e. Use of the school manual f. Carrying out field trips g. Other
	Q14. When addressing geoethical issues, how do you encourage your students' participation in the classroom? a. Encouraging them to express their opinions and views b. Encouraging debates open to different perspectives c. Promoting critical analysis of the information presented d. Encouraging them to base their opinions on scientific evidence e. Other

Bio- and Geoethics	Q15. In your opinion, what is the main constraint/challenge you face when addressing geoethical issues with your classes?
	a. Extension of curriculum/lack of time
	b. High number of students in classes
	c. Lack of maturity of students
	d. Lack of available educational resources
	e. Inexperience/reduced knowledge on how to approach complex issues with several plausible solutions in the classroom
	f. Other
	Q16. How do you evaluate your students' learning in relation to geoethical issues? (please choose the alternative that best applies)
	a. Traditional written assessments (tests, class questions)
	b. Individual oral presentations
Bio- and Geoethics	c. Oral presentations of group work
	d. Projects or practical work
	e. Participation in debates or discussions
	f. Individual written work
	g. Group written work
	h. Other
	Q17. Have you ever undertaken specific professional training on your own initiative to address bioethical or geoethical issues in primary and/or secondary education?
	Q18. Was the training relevant to your teaching practice? Please justify.
	Q19. Indicate the reason why you have never completed training in bioethics and geoethics.
Bio- and Geoethics	a. I do not consider the training topic relevant to my teaching practice
	b. I don't need training in the area, since I am up to date on the subject.
	c. Lack of time
Bio- and Geoethics	d. Lack of training offers close to my place of work and/or residence
	e. Lack of low-cost/free training offers available
	f. Other
Bio- and Geoethics	Q20. At what stage of education do you believe students should start addressing ethical issues, particularly bioethics and geoethics?
	Q21. Please justify your choice to the previous question.

Parte IV

Gender equality and diversity in Education: a goal of social sustainability

Differenze di genere nelle scelte verso la Fisica: motivazioni, autoefficacia e stereotipi

M. Malgieri¹, R. Bonino², A. De Ambrosis¹, E. Morandi²,
S. Valentinetti³, S. Oss⁴, T. Rosi⁴, P. Onorato⁴

¹Dipartimento di Fisica, Università di Pavia, Via Bassi, 6, 27100
Pavia, Italia

²Dipartimento di Fisica, Università di Torino, Via Giuria 1, 10125
Torino, Italia

³Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, Via
Irnerio 46, 40126 Bologna, Italia

⁴Dipartimento di Fisica, Università di Trento, Via Sommarive, 14,
38123 Trento, Italia

Abstract

This study analyzes gender differences in the orientation towards Physics among high school and first-year university students in Italy, focusing on internal factors like motivation, attitudes, and beliefs, and external factors such as stereotypes and social influences. Using data from four Italian universities, we examined the gender composition in Physics courses and the disciplinary distribution within research areas by analyzing 468 master's theses from the last decade. The results show that female students predominantly focus on experimental and applied sectors. We also collected responses from 605 high school students and 213 first-year university students through a questionnaire based on expectancy-value theory. Self-efficacy emerged as the factor most influenced by gender and a key determinant in orientation choices. We observed that external stereotypes and conditioning play a significant role, also contributing to male disaffection towards humanities. The analysis allowed us to identify distinct orientation profiles by gender and discipline, providing insights to understand female underrepresentation in STEM and the intra-disciplinary horizontal segregation in university Physics courses.

1 Introduzione

La Fisica è una delle discipline in cui il genere femminile risulta sottorappresentato sia tra gli studenti che tra i ricercatori. Il problema della scarsa presenza femminile nelle discipline STEM coinvolge praticamente tutto il mondo. Infatti, su scala globale, le donne rappresentano meno del 30% dei ricercatori nelle discipline scientifiche [1]. Quindi, uno degli obiettivi a livello globale per il XXI secolo è quello di raggiungere la parità di genere per i ricercatori nelle discipline STEM: incoraggiare la partecipazione delle donne alle discipline STEM è un obiettivo chiave dell'Agenda 2030 dell'UNESCO per lo sviluppo sostenibile [2].

In Italia, un forte divario di genere è ancora presente tra gli studenti iscritti ai corsi universitari nelle discipline STEM [3]. Dati recenti mostrano che la prevalenza di studenti maschi nei corsi scientifici è favorita anche da un progressivo allontanamento di questi studenti dalle discipline umanistiche e, secondo alcuni esperti, il problema nasce ben prima dell'università, già alla fine della scuola secondaria di primo grado [4].

La “questione del genere” non si limita alla sotto-rappresentanza femminile in ingresso ai corsi di laurea STEM, ma coinvolge anche il seguito della vita dei nostri studenti. Da un lato, si osserva che una serie di fattori, interni ed esterni, ostacolano l'accesso delle donne ai livelli apicali della carriera accademica; dall'altro, è evidente come vi sia una maggiore concentrazione di donne o uomini in determinati settori della Fisica.

Molte ricerche sono state condotte in passato per analizzare le ragioni della disparità di genere, che sta attualmente ricevendo una crescente attenzione anche da parte della comunità dei ricercatori in Physics Education e Science Education [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Più recentemente Maries e Singh [9] hanno fornito una revisione della ricerca sulla diversità, equità e inclusione negli ambienti di apprendimento della fisica a livello universitario, concentrandosi su donne e studenti appartenenti a minoranze etniche e razziali. Gli autori sottolineano l'importanza di creare ambienti di apprendimento più inclusivi e accoglienti per tutti gli studenti.

Fino agli anni '80, la letteratura tendeva a concentrarsi prevalentemente su fattori psicologici, valori e preferenze, come i diversi modelli di socializzazione di ragazzi e ragazze [11, 12], e influenze e aspettative familiari [13]. In tempi più recenti, altri fattori hanno ricevuto maggiore attenzione da parte dei ricercatori, come i background individuali (spesso con particolare attenzione all'etnia e allo status socioeconomico), gli stereotipi di genere e i pregiudizi.

Gli studi di genere in ambito scientifico, e in particolare nella fisica, hanno evidenziato come gli stereotipi di genere influenzino l'identità disciplinare degli studenti. Ad esempio, Amodeo et al. [14] hanno investigato l'effetto degli stereotipi di genere sull'identità scientifica degli studenti delle scuole superiori, scoprendo che l'adesione alle norme di ruolo maschili e il rifiuto del sessismo ostile hanno un impatto significativo sull'identità disciplinare in fisica, biologia e chimica. Secondo altri ricercatori, gli stereotipi rivestono un ruolo significativo sia nell'orientamento sia nelle performance. Si è osservato che, da un lato, il rischio di confermare uno stereotipo negativo rivolto al proprio gruppo può minare le prestazioni accademiche degli studenti che vi appartengono; dall'altro, i modelli sociali identificano spesso lo scienziato o l'ingegnere con la figura del maschio bianco. Tuttavia, alcuni di questi stereotipi, ancora vivi nella nostra società, sono stati smentiti da vari studi. Una ricerca condotta su studenti americani ha confutato come non supportata o irrilevante qualsiasi spiegazione della performance nelle discipline scientifiche basata sulle differenze biologiche tra uomini e donne e ha concentrato l'attenzione su altri fattori [12]. In particolare [15, 16], hanno suggerito che i risultati degli studenti non abbiano una significativa correlazione con il genere e che le differenze tra le culture abbiano un'incidenza maggiore rispetto a quella tra i sessi. I ricercatori hanno mostrato che la capacità matematica e scientifica degli studenti non presenta differenze di genere significative nei livelli scolari (fino alla fine della scuola secondaria). Tuttavia, alcune ricerche focalizzate sulla comprensione di concetti o sulle prestazioni a

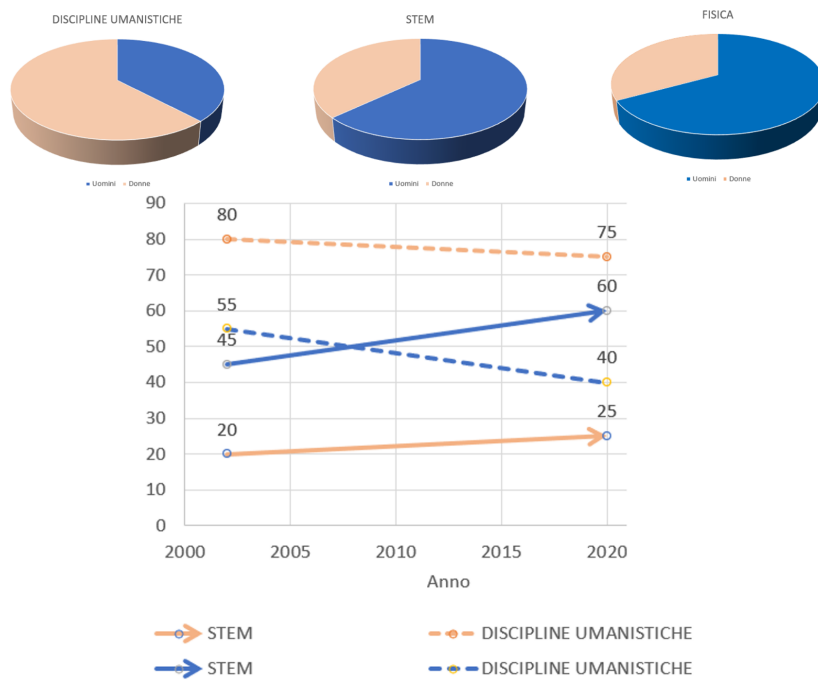


Figura 1: Le donne rappresentano il 37% della popolazione studentesca nelle discipline STEM, il 62% in quelle umanistiche e il 33% in fisica. I dati raccolti presso l'Università di Torino nel 2020 mostrano due aspetti significativi: nell'arco di 20 anni il rapporto tra gli iscritti STEM tra U e D è rimasto pressoché costante (60% U, 40% D). Un'analisi più dettagliata mostra come la scelta universitaria per genere sia cambiata nel tempo: nel 2002 tra le ragazze il 20% sceglieva un percorso STEM e l'80% SH oggi il 25% STEM e il 75% SH. Per i ragazzi la differenza è più significativa: nel 2002 55% SH e 45% STEM oggi 60% STEM 40% SH.

livello universitario indicano che gli uomini superano significativamente le donne nelle performance [17, 18].

In anni recenti, una parte della ricerca sul gender gap nelle STEM si è orientata ad analizzare fattori affettivi e motivazionali, riassunti dall'asserzione che "le ragazze mostrano un maggiore interesse per le persone, mentre i ragazzi mostrano più interesse per le cose". Vari ricercatori hanno evidenziato come le studentesse siano riluttanti a dedicarsi alle scienze fisiche e all'ingegneria perché percepiscono queste discipline come poco rilevanti e adeguate ai propri valori personali [19]. Lo studio ha identificato "tre profili di scelta": il profilo estrinseco che enfatizza principalmente l'utilità (materiale, sociale o morale) della scelta, il profilo intrinseco che enfatizza principalmente l'interesse e il divertimento e un profilo intermedio, intrinseco ed estrinseco. Da questo studio risulta che le ragazze sono sottorappresentate nel profilo intrinseco, che è quello che maggiormente caratterizzerebbe l'identità del fisico. Più recentemente Catena e Testa [20] hanno analizzato le differenze di genere negli atteggiamenti verso la fisica, utilizzando la Semiotic Cultural Psychological Theory (SCPT). Hanno identificato quattro significati generalizzati della fisica e hanno trovato una

significativa sovrapposizione tra le ragazze e il cluster che percepisce la fisica come difficile e irrilevante per la società.

Nell'ambito delle ricerche sulle motivazioni, Doucette e Singh [21] hanno esaminato l'equità di genere nei laboratori di fisica, descrivendo le differenze basate sul genere nelle opportunità di utilizzare l'attrezzatura di laboratorio e nei risultati motivazionali. Accanto alle motivazioni intrinseche ed estrinseche, molti studi hanno mostrato l'importanza della percezione di sé. Secondo la teoria dell'aspettativa-valore, persistenza e prestazione in una disciplina possono essere spiegate dalle credenze degli individui su quanto bene si cimenteranno in una particolare attività e dalla misura in cui gradiscono l'attività [22].

1.1 Il gender gap nelle STEM: il caso italiano. Segregazione verticale, orizzontale tra discipline e intradisciplinare

La segregazione verticale nelle discipline STEM in Italia evidenzia un significativo divario di genere. Solo il 35% degli studenti in ingresso sono donne, percentuale che cresce fino al 40% nei ricercatori post-dottorato, ma diminuisce drasticamente al 15% tra i professori di prima fascia [23]. Per quanto riguarda la segregazione orizzontale intradisciplinare, i dati raccolti presso le università di Trento e Pavia mostrano che l'84% delle studentesse di Fisica sceglie tesi sperimentali, con una marcata concentrazione in settori come la Fisica applicata alla Biologia e alla Medicina, considerati più femminili. La segregazione orizzontale tra discipline rivela che, nonostante le donne rappresentino oltre il 55% degli studenti universitari, sono solo il 35% nelle discipline STEM, con una stabilità al 33% in Fisica nell'ultimo decennio. Parallelamente, si osserva una crescente disaffezione degli uomini verso le discipline umanistiche, con una riduzione dal 55% al 40% negli ultimi vent'anni. Questa disomogenea presenza femminile si riverbera nella distribuzione per aree disciplinari degli strutturati nel mondo accademico evidente quando si prende in esame la presenza femminile in ciascun SSD a livello nazionale. Si nota infatti che c'è una significativa differenza tra settori disciplinari: la componente femminile è molto bassa nel settore FIS02, ovvero fisica teorica, dove le ricercatrici sono intorno al 10% del totale. Molto più significativa è la presenza femminile in altri settori in particolare nel settore FIS07, settore più sperimentale, in cui c'è una maggiore presenza di scienziate coinvolte nella ricerca, ad esempio nel campo biomedicale.

2 Il quadro teorico

Il quadro generale della Expectation-Value Theory (EVT), introdotto da Eccles e colleghi, funge da modello teorico per comprendere le scelte relative ai risultati analizzando i "fattori motivazionali e sociali che influenzano obiettivi e comportamenti" [8]. Le aspettative si riferiscono alle convinzioni sulla competenza e sull'aspettativa di successo, mentre il valore si concentra sui motivi per cui gli individui si impegnano nelle diverse attività.

La teoria dell'aspettativa-valore è stata originariamente sviluppata per comprendere la motivazione degli individui nel raggiungimento degli obiettivi [24] in ambito generale. A partire dagli anni '80, il modello è stato trasferito nel campo dell'istruzione [25] e presto è diventato uno dei principali paradigmi

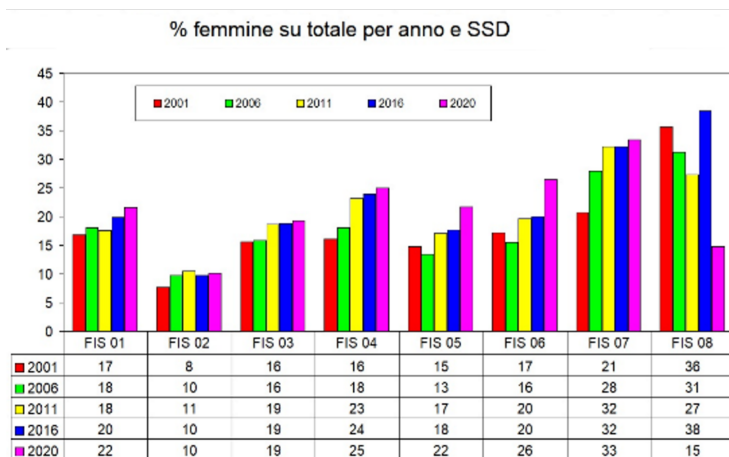
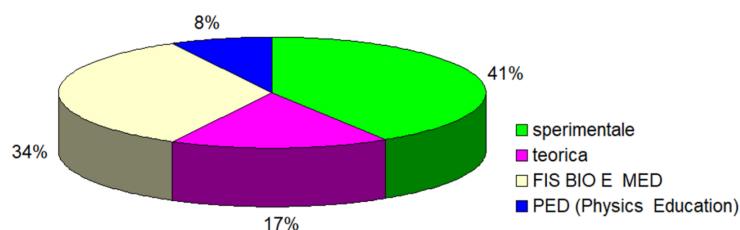


Figura 2: In alto: la percentuale di studentesse nelle diverse aree della fisica consente l'analisi della segregazione orizzontale, ovvero di come la presenza femminile sia più marcata in alcune aree che in altre: analisi delle tesi magistrali in Fisica tra il 2011 e il 2019 discusse presso l'Università di Trento e l'Università di Pavia, catalogate per settori disciplinari. Più dell'80% delle studentesse si laurea con una tesi sperimentale. L'analisi fatta sui progetti di ricerca nel Dottorato mostra risultati analoghi a quelli delle tesi di Laurea. Le aree di ricerca sperimentali sono preferite dalle studentesse e molto significativa è la presenza di studentesse nell'area della Fisica applicata alla Biologia e alla Medica, superiore al 50% del totale di laureati. In basso: percentuale di donne strutturate per anno e distribuzione per aree disciplinari. La componente femminile è molto bassa nel settore FIS02, ovvero fisica teorica, dove le ricercatrici sono intorno al 10% del totale. Molto più significativa è la presenza femminile in altri settori in particolare nel settore FIS07 in cui c'è una maggiore presenza di scienziate nel campo biomedicale.

interpretativi nel contesto degli studi di genere nell'istruzione. EVT fornisce un quadro completo per lo studio della scelta educativa e professionale, basato su attitudini, aspettative, valori soggettivi e obiettivi di vita [26]. Secondo l'EVT, credenze, atteggiamenti motivazionali, obiettivi, aspettative di successo e atteggiamenti in classe sono collegati all'orientamento degli studenti.

In particolare, secondo EVT, l'interesse può essere fortemente determinato dalle credenze degli studenti sulla loro capacità, cioè dall'auto-efficacia [22]. Questa relazione può agire anche nella direzione opposta: l'autoefficacia può essere influenzata dall'interesse degli studenti e può influire sui risultati di apprendimento [27]. In tal senso Malespina e Singh [28] hanno studiato l'interazione tra pari e l'autoefficacia, scoprendo che i gruppi di genere omogeneo sono più benefici per le studentesse rispetto ai gruppi misti.

Il nostro studio si basa sulle idee della EVT, ponendo l'accento su componenti come l'autoefficacia e includendo fattori come stereotipi e condizionamenti sociali e culturali. In questa sezione, introduciamo i principali costrutti (dimensioni) che hanno guidato questa ricerca.

2.1 L'autoefficacia

Il costrutto di **autoefficacia** nasce da una prospettiva cognitiva in cui apprendimento e motivazione sono descritti in termini di auto-valutazioni delle esperienze passate e dell'impostazione di obiettivi futuri [29]. L'autoefficacia si riferisce alla percezione della propria capacità di organizzare ed eseguire azioni necessarie per raggiungere un obiettivo specifico. Le aspettative personali influenzano l'impegno e la perseveranza nel perseguire i propri obiettivi. Inizialmente sviluppata da Bandura, dagli anni '80 l'autoefficacia è stata utilizzata per prevedere il successo accademico, con studi che hanno evidenziato la sua correlazione positiva con il rendimento e la percezione delle opzioni accademiche disponibili [29, 30]. Un esempio è il questionario **Self-Efficacy for Science (SEFS)**, progettato per studenti di infermieristica, che ha rivelato differenze di genere significative in compiti di fisica applicata [30]. Le credenze di autoefficacia si basano su quattro fonti principali:

- **Esperienze di padronanza:** successi passati che rafforzano la percezione di competenza.
- **Esperienze vicarie:** osservazione di modelli di ruolo, particolarmente influenti per le ragazze in STEM [31].
- **Persuasione sociale:** incoraggiamenti da figure significative come insegnanti e genitori.
- **Reazioni fisiologiche:** stati emotivi e fisici che influenzano la fiducia nelle proprie capacità.

Mentre i ragazzi si affidano maggiormente alle esperienze di padronanza, le ragazze traggono forza dalle esperienze vicarianti e dalla persuasione sociale [32]. Tuttavia, persistono differenze di genere a favore dei ragazzi nella STEM self-efficacy, nonostante un rendimento accademico paragonabile [24, 33], contribuendo alla sottorappresentanza femminile in campi come l'ingegneria e la fisica.

Talvolta le esperienze di padronanza sono state riconosciute come il fattore più influente e il più forte predittore dell'autoefficacia. Alcuni ricercatori [34, 35] hanno ipotizzato che le esperienze di padronanza siano l'unico significativo predittore dell'autoefficacia nelle discipline scientifiche tra i ragazzi delle scuole medie o superiori. Altri studi hanno invece congetturato che non solo le esperienze di padronanza, ma anche le convinzioni sociali, le esperienze vicarie e gli stati emotivi degli studenti [36, 37] abbiano un ruolo determinante sulla loro auto-efficacia nella scienza [34, 35]. Uno studio preliminare condotto in Italia nel 2019 con 85 studenti di scuola superiore ha mostrato che esperienze di padronanza e risposta emotiva caratterizzano più significativamente l'autoefficacia degli studenti e delle studentesse [38].

2.2 Le motivazioni e la teoria dell'autodeterminazione

In passato, alcuni studi sul disequilibrio di genere si sono concentrati sugli aspetti motivazionali. In particolare, uno studio norvegese [19] sulle differenze di genere nei corsi di fisica ha mostrato che, sebbene sia le studentesse che gli studenti di fisica siano generalmente fortemente motivati dall'interesse e dalla curiosità per la fisica, nonché dal desiderio di una carriera intrinsecamente appagante, le studentesse tendono a identificarsi prevalentemente con un profilo "estrinseco". Ciò significa che sono interessate a discipline (o sottodiscipline all'interno della fisica) per le loro implicazioni sociali e applicazioni nel servire obiettivi sociali. Questo ha una potenziale connessione significativa con quanto osservato nei nostri studi riportati nella sezione II: una maggiore presenza femminile in alcuni campi (come la Fisica Biomedica e la Didattica). I dati ottenuti nello stesso studio hanno rivelato che ci sono fattori importanti che influenzano le aspettative degli studenti riguardo al futuro impiego. Tra questi fattori, è emersa una differenza significativa tra maschi e femmine in ciò che gli autori identificano come idealismo, cioè il desiderio di aiutare gli altri, considerare lo sviluppo sostenibile, la giustizia e la protezione ambientale, svolgere un lavoro importante per la società e lavorare in un campo coerente con le proprie convinzioni e valori. Le studentesse hanno generalmente espresso la convinzione che l'idealismo fosse significativamente più importante per loro rispetto ai loro colleghi maschi, quindi il diverso "grado di idealismo" potrebbe spiegare la segregazione orizzontale intra-disciplinare. In questo lavoro, miriamo a indagare questo e altri aspetti della motivazione.

Ma cosa si intende per motivazione? La motivazione, in generale, è lo stato interiore che spiega perché un individuo intraprende o non intraprende un'azione volta a raggiungere un certo obiettivo. Per fornire un quadro ampio e completo degli aspetti motivazionali, abbiamo basato il nostro lavoro su diversi studi di Deci e Ryan sulla Self-Determination Theory (SDT) [39, 40]. Questi autori sono accreditati con il costrutto della motivazione intrinseca rispetto alle motivazioni estrinseche.

A questi autori si deve il costrutto di motivazione intrinseca contrapposta alle motivazioni estrinseche. Partendo dall'idea di internalizzazione della motivazione sono state individuate tre grandi categorie: l'assenza di motivazione verso un'attività (A-motivazione), la motivazione intrinseca e la motivazione estrinseca. La motivazione intrinseca è il desiderio di agire in una certa maniera per se stessi e per essere efficaci ed efficienti. Si cerca quindi di agire per il divertimento, l'interesse, la curiosità, l'auto-espressione, la sfida con se stessi. La

motivazione estrinseca si riferisce all'impegno nell'attività per motivi strumentali come ricevere premi e riconoscimenti dall'esterno, evitare punizioni o critiche, o raggiungere un obiettivo personalmente apprezzato. La motivazione intrinseca stimola il desiderio di successo, mentre quella estrinseca porta alla riduzione del piacere nello svolgimento dell'attività e, quindi, a prestazioni peggiori, se non all'abbandono dell'attività stessa. Data la varietà di "ragioni strumentali", possono essere classificati diversi sottotipi di motivazione estrinseca, che differiscono nella loro "internalizzazione"¹.

In definitiva, nel nostro lavoro i fattori motivazionali determinanti nelle scelte universitarie e lavorative sono stati classificati nelle seguenti sei grandi categorie:

- (i) **Aspettativa di divertimento.**
- (ii) **Idealismo:** ovvero le implicazioni sociali dell'attività lavorativa.
- (iii) **Regolazione estrinseca materiale:** l'aspettativa di una retribuzione adeguata o di una stabilità lavorativa.
- (iv) **Regolazione sociale-estrinseca:** cioè il riconoscimento sociale di un'occupazione all'interno della società.
- (v) **Regolazione introiettata:** una forma di motivazione relativamente dominante in cui il comportamento è regolato da sanzioni interne e/o pressioni dirette a raggiungere la ricompensa (ad esempio, miglioramento dell'ego e orgoglio)².
- (vi) **Regolazione intrinseca:** ovvero la ricerca di soddisfazione personale.

2.3 Carriera e Lavoro

Diversi studi mostrano che i valori associati alle future carriere differiscono tra ragazzi e ragazze: le ragazze preferiscono occupazioni che permettono loro di interagire con le persone, mentre i ragazzi preferiscono occupazioni che coinvolgono il lavoro con oggetti, macchine e strumenti [41]. Inoltre, le donne attribuiscono maggiore valore ai lavori che permettono di aiutare gli altri e di beneficiare la società, mentre gli uomini attribuiscono maggiore valore ai lavori che permettono di raggiungere obiettivi individualistici. Un altro fattore che influenza le scelte di vita è, almeno tradizionalmente, l'anticipazione dei bisogni futuri della famiglia: le donne danno maggiore importanza al sacrificio della carriera per la famiglia rispetto agli uomini [42] e percepiscono le carriere STEM come incompatibili con il raggiungimento di un equilibrio desiderato tra lavoro e famiglia.

¹L'internalizzazione si riferisce all'assunzione di un'attività guidata dal valore o dagli obiettivi che inizialmente era regolata da fattori esterni, come ricompense o punizioni, in modo che diventi regolata internamente [39]. Una prima forma di regolazione estrinseca, che è completamente non internalizzata è la "regolazione esterna", in cui il comportamento è controllato e causato dall'esterno, che qui non discuteremo. Tra le altre motivazioni estrinseche individuiamo quella dovuta alla considerazione del mondo esterno (sociale) e quella invece legata alla stabilità economica (materiale).

²In questo caso l'individuo ha internalizzato la regolazione del comportamento ma non l'accetta completamente come propria.

2.4 Stereotipi

In alcune ricerche preliminari, è stato osservato che, in generale, le sfide che le donne affrontano nello sviluppo di un'identità scientifica sono spesso dovute a pregiudizi sociali e stereotipi [43]. Questi aspetti sono stati esaminati attraverso vari studi, sia nel contesto delle scuole medie e superiori [44] sia in quello universitario [45]. Gli stereotipi sociali negativi e le generalizzazioni su chi può avere successo in fisica e in altre discipline STEM [46, 47, 48] possono ridurre il senso di appartenenza delle donne e minare la loro autostima, impedendo loro di formare una propria identità scientifica. Questi preconcetti, che riguardano la competenza degli studenti, favoriscono principalmente gli studenti maschi rispetto alle studentesse [49]. In generale, essere un genio o eccezionalmente intelligente è una caratteristica attribuita ai ragazzi [50]. Fin dall'infanzia, nella nostra società, ragazzi e ragazze sono esposti a queste visioni di "intelligenza fissa", ad esempio in fisica, e iniziano a interiorizzarle [51]. Pertanto, molti ricercatori ritengono che le generalizzazioni e gli stereotipi basati sul genere possano avere un'influenza sostanziale sul meccanismo di formazione di un'identità fisica.

3 Domande di ricerca

Al fine di affrontare la domanda generale su quali siano i fattori determinanti del disequilibrio di genere ci siamo posti 7 principali domande:

1. Quanto incide l'autoefficacia in Fisica sulle scelte di orientamento? Quali fattori hanno un ruolo più determinante nel generare l'autoefficacia? È significativa la differenza di genere per l'autoefficacia?
2. Quanto gli studenti pensano che conciliare lavoro e vita privata inciderà sulle loro scelte professionali e sulla loro carriera? Può questo avere conseguenze significative sull'orientamento?
3. Persistono tra gli studenti stereotipi di genere e sono significativamente diversi per i ragazzi e le ragazze?
4. Come incidono l'influenza e le aspettative di insegnanti e familiari sulle scelte degli studenti?
5. In che misura gli studenti di fisica considerano importanti le motivazioni intrinseche e estrinseche? Che ruolo hanno aspetti come la realizzazione di sé, l'idealismo e la sicurezza del lavoro in una futura occupazione e quali sono le loro aspirazioni professionali? Incidono su questo le differenze tra studenti di sesso femminile e maschile? e tra studenti di scuola secondaria e matricole di fisica?
6. È possibile individuare profili tipici di uno studente/studentessa di fisica sulla base delle motivazioni e della percezione di competenza? Si possono identificare un profilo "femminile" ed un profilo "maschile"? Quale si avvicina maggiormente al "profilo identitario dello studente di Fisica"?
7. I profili motivazionali hanno una qualche incidenza sulla segregazione orizzontale tra le discipline e all'interno della disciplina? È possibile identificare profili di scelta distinti in base all'importanza che gli studenti di scuola secondaria attribuiscono a diversi fattori di aspettativa-valore?

4 Metodologia

4.1 Panoramica

Questo studio è stato condotto utilizzando metodi di ricerca quantitativa per analizzare i dati di un sondaggio. Lo strumento di indagine, scala, è stato costruito utilizzando domande provenienti da vari lavori precedenti.

4.2 Lo strumento per misurare i tratti distintivi: la costruzione della scala

Abbiamo sviluppato due questionari, che sono stati somministrati, uno agli studenti e alle studentesse di fisica del primo anno, l'altro agli studenti e alle studentesse delle scuole superiori dei due ultimi anni. I questionari si basavano su un modello che combinava il costrutto di auto-efficacia con la teoria dell'aspettativa-valore. La scala è stata strutturata sulla base di alcuni costrutti (aree generative) ipotizzati sulla base delle precedenti ricerche. È stata costruita una batteria di "frasi stimolo" (item) che rilevano opinioni e permettono di sondare gli aspetti "latenti" dell'atteggiamento. Gli item sono riportati in 7.

Più in dettaglio sono state indagate l'autoefficacia, le motivazioni e la presenza di stereotipi e condizionamenti legati all'influenza di fattori esterni, come la famiglia e gli insegnanti, nella scelta di una futura vita professionale.

Per quanto riguarda l'autoefficacia sono stati indagati 3 dei 4 fattori individuati da Bandura (il fattore delle esperienze vicarie è stato escluso sulla base dei risultati di un pilot test somministrato ad un piccolo campione di 85 studenti da cui è emerso che il fattore non è rilevante). Gli item (1-8) sono stati rielaborati a partire dall'indagine sull'autoefficacia e l'identità in fisica sviluppata da Kost-Smith e collaboratori, Physics Self-Efficacy Survey (PSES), che misura l'autoefficacia negli usuali quattro costrutti identificati da Bandura.

La seconda dimensione di analisi riguarda i fattori motivazionali delle scelte universitarie e le aspettative che gli studenti e studentesse hanno nei confronti del futuro e del mondo del lavoro al fine di categorizzare i profili psicologici di studentesse e studenti, individuando differenze significative che possono essere determinanti nell'indirizzare le scelte universitarie.

La terza dimensione da analizzare concerne la vita privata ovvero la possibilità di conciliare le esigenze della carriera e la cura della famiglia.

L'ultima dimensione riguarda gli stereotipi sui ruoli di genere, spesso diffusi in gran parte della società, studenti compresi, la percezione della presenza di pregiudizi discriminatori nei confronti delle donne nella scienza e l'idea, più o meno fondata, che vi siano discriminazioni di genere nei confronti delle donne in particolare in alcuni settori per la vita lavorativa. Quindi abbiamo proposto alcune affermazioni di carattere abbastanza generale che riguardano gli stereotipi sui ruoli di genere e sulle inclinazioni maschili e femminili. Vogliamo trovare riscontro di alcune idee ancora diffuse nella società come quella che per la donna sia importante realizzarsi prevalentemente nella vita familiare mentre per l'uomo nella vita professionale, o come lo stereotipo che esistano ruoli femminili come quello dell'insegnante o il pregiudizio che le donne siano meno inclini alle discipline scientifiche.

Per aiutarci nell'interpretazione delle risposte abbiamo considerato oltre al genere le scelte di studio verso cui si indirizzano gli studenti. Le domande rivolte agli studenti delle scuole consentono più scelte (o nessuna scelta), quelle per gli universitari prevedono una sola scelta possibile. Gli item sull'orientamento sono riportati in Appendice 7.

4.3 Contesto e Partecipanti

Lo studio si è svolto nell'ambito di un progetto nazionale (PIANO LAUREE SCIENTIFICHE – PLS) con finalità di orientamento che da anni vede una collaborazione dei gruppi di ricerca afferenti a diversi dipartimenti di fisica e di docenti e istituzioni scolastiche. Sono state coinvolte 4 sedi universitarie del nord Italia. Hanno partecipato all'indagine su base volontaria e in forma assolutamente anonima più di 800 studenti.

Il campione potrebbe non risultare rappresentativo poiché in alcune sedi solo una percentuale relativamente piccola di studenti universitari (il 30%) ha compilato il questionario, introducendo un possibile bias nelle misure. Tuttavia, la composizione di genere del campione analizzato è perfettamente in linea con la composizione della popolazione degli studenti di Fisica a livello nazionale, quindi sebbene il campione di questo primo studio non sia grande (circa 200 matricole di fisica e 600 studenti di scuola secondaria di secondo grado) la ricerca fornisce dati interessanti e indicazioni importanti per il lavoro futuro.

Per quanto riguarda gli studenti di scuola secondaria, la popolazione totale è di 605 individui, di cui il 58,4% sono donne mentre per le matricole universitarie, la popolazione totale è di 213 individui, con una percentuale di donne pari al 27,2%, una percentuale in linea con quella delle iscritte ai CdL in Fisica in Italia.

5 Risultati

I dati sono stati analizzati confrontando le medie tra i generi per ciascuno degli aspetti affettivi e motivazionali. L'analisi fattoriale delle componenti principali è stata condotta sulle risposte grezze e ha mostrato come le singole domande siano allineate con i cinque costrutti attesi durante la progettazione della scala. L'analisi fattoriale è stata utilizzata per ottenere una comprensione concettuale più parsimoniosa dei dati, identificando i costrutti latenti sottostanti per gli elementi misurati, che possono essere correlati o meno tra loro [52, 53]. Questo metodo stima il modello di relazioni tra fattori comuni e ciascuna variabile misurata per comprendere meglio la struttura delle correlazioni, riassumendo infine le interrelazioni tra le variabili per facilitare la concettualizzazione [54].

Data la natura esplorativa dell'analisi, è stata scelta una rotazione obliqua. A differenza della rotazione ortogonale, che forza i fattori a essere non correlati, la rotazione obliqua permette ai fattori di essere sia correlati che non correlati, rendendola adatta alla ricerca educativa dove i costrutti latenti nei dati delle scienze sociali tendono a essere correlati [53]. L'analisi fattoriale esplorativa è stata condotta utilizzando SPSS. La fattibilità statistica dell'analisi è risultata accettabile, con una misura di adeguatezza del campionamento di Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) di 0,755, e il test di sfericità di Bartlett significativo. Seguendo le raccomandazioni di Comrey, sono stati rimossi gli elementi con basse comunaltà ($< 0,30$) per ridurre la distorsione [55]. Le variabili che non correlavano con

le altre sono state scartate analizzando la matrice di correlazione utilizzando la correlazione item-totale. Le comunalità tipiche nelle scienze sociali variano da 0,40 a 0,70, con comunalità “alte” pari a 0,80 o superiori [56]. Basandosi su questa regola, due elementi (25 e 26 nella Tabella A.1 sono stati rimossi. L’affidabilità e la consistenza interna sono state stimate calcolando l’ α di Cronbach, che variava tra 0,73 e 0,78, a seconda del set di elementi selezionato.

L’analisi fattoriale ha identificato cinque fattori principali:

1. Autoefficacia: Fattore più forte (7 item, $\alpha = 0,83$), rappresentato da Padronanza e Attivazione emotiva. Correlato all’orientamento verso la ricerca in Fisica e Matematica, alla Physics Identity e al divertimento in Fisica. Solo gli item su Padronanza e Risposta emotiva (1-4) sono stati confermati come caratterizzanti.
2. Motivazioni: Include 5 item ($\alpha = 0,68$), ma con bassa coerenza interna. Gli item riflettono motivazioni individuali, che saranno analizzate separatamente.
3. Condizionamento sociale: Comprende 4 item ($\alpha = 0,74$) legati alla persuasione sociale. Originariamente ipotizzato come parte dell’autoefficacia, risulta invece quasi scorrelato.
4. Stereotipi: Costituito da 4 item sugli stereotipi di genere o disciplinari ($\alpha = 0,74$).
5. Aspettative tra famiglia e carriera: Include 4 item su influenze esterne (famiglia e lavoro), ma presenta bassissima coerenza interna. Sebbene progettato come ortogonale, risulta correlato alle motivazioni.

La discussione che segue si basa su questi costrutti.

5.1 Genere e orientamento: il campione degli studenti della scuola secondaria

Analizzando il campione degli studenti delle scuole secondarie possiamo mettere in relazione il genere, con le preferenze di orientamento. Dalla figura 3 osserviamo come alcuni studenti delle scuole secondarie non avessero già formato un’idea sul loro futuro, ma tra coloro che hanno indicato una o più opzioni molti aspiravano ad iscriversi a medicina (in particolare donne, il 36%), studiare discipline umanistiche (in particolare donne, il 37%), o ingegneria (in particolare maschi il 45%). Solo una piccola percentuale dei maschi (8%) e delle donne (12%) aspira a diventare insegnante mentre il 14% dei maschi e il 5% delle ragazze non intende proseguire gli studi.

Il campione può essere confrontato con quello dello studio di [19] dove il 32% è indirizzato verso professioni ingegneristiche, il 31% verso le professioni sanitarie e il 18% verso studi di tipo non scientifico.

5.2 Genere e orientamento: il campione degli studenti universitari

Analizzando il campione degli studenti universitari, possiamo mettere in relazione il genere con le preferenze di orientamento e confrontarci con i dati già

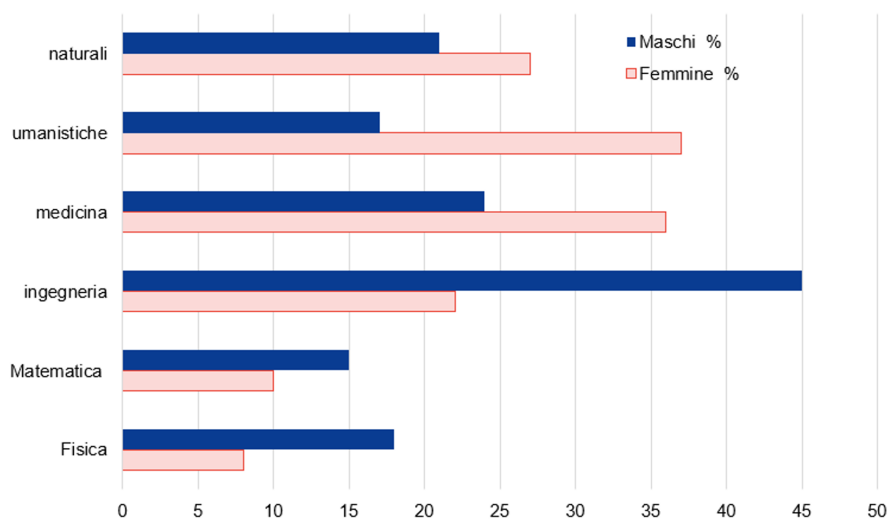


Figura 3: Risultati sulle scelte di orientamento degli studenti delle scuole secondarie. Tra le ragazze, il 37% ha espresso interesse per le discipline umanistiche, seguite dal 36% che preferisce medicina e professioni sanitarie. Le scienze naturali sono scelte dal 27%, mentre l'ingegneria e la fisica sono meno popolari, con rispettivamente il 22% e l'8%. Per i ragazzi, l'ingegneria è la scelta predominante con il 45%, seguita dalla fisica con il 18%. Le preferenze per medicina e professioni sanitarie, discipline umanistiche e scienze naturali sono rispettivamente del 24%, 17% e 21%. Considerando il totale degli studenti, il 32% preferisce l'ingegneria, il 31% medicina e professioni sanitarie, il 29% discipline umanistiche, il 25% scienze naturali e il 12% fisica. Questi dati evidenziano una chiara differenza nelle preferenze di studio tra ragazzi e ragazze, con una maggiore inclinazione delle ragazze verso le discipline umanistiche e sanitarie, mentre i ragazzi mostrano una forte preferenza per l'ingegneria e la fisica.

discussi precedentemente. Osserviamo che molte studentesse (48%) vorrebbero lavorare nel campo applicativo (Biofisica, Fisica medica, Fisica Ambientale), mentre solo il 39,6% preferirebbe proseguire nella ricerca, sia teorica (24%) che sperimentale (15,5%). Al contrario, il 54% dei maschi vorrebbe continuare nella ricerca, con il 35,5% interessato alla ricerca teorica e il 18% a quella sperimentale. Il campo applicativo è considerato solo dal 22,6% dei maschi. Una piccola percentuale degli studenti aspira a diventare insegnante, con il 10,3% dei maschi e il 5,2% delle donne. Inoltre, il 13,5% dei maschi e il 7% delle ragazze vorrebbero lavorare in ambito privato.

Questi dati evidenziano una chiara differenza nelle preferenze di carriera tra studenti e studentesse, con una maggiore inclinazione delle ragazze verso il campo applicativo e una preferenza dei ragazzi per la ricerca teorica e sperimentale.

5.3 Analisi dei risultati: statistiche descrittive

In questa sezione analizzeremo le risposte degli studenti confrontando i due campioni (studenti liceali e universitari) e evidenziando le differenze di genere che emergono sui vari costrutti.

5.3.1 Costruzione delle nuove variabili: i costrutti composti

Calcoliamo i punteggi fattoriali manuali composti per 4 dei 5 fattori risultati dall'analisi precedente (le motivazioni saranno analizzate indipendentemente nelle sezioni successive): i punteggi sono ottenuti come media dei punteggi grezzi relativi alle sole variabili osservate che fanno parte del fattore, usando le variabili mono fattoriali più sature (se la saturazione è negativa, si inverte l'item). Si usa la media delle domande dei componenti di ogni punteggio "composito" su una scala da 5 punti (1-5) e, poiché le variabili hanno la stessa metrica, è semplice interpretare i punteggi ottenuti.

Otteniamo quindi punteggi composti per l'Autoefficacia (item 1-4), per gli stereotipi (item 21-24) e per il rapporto tra famiglia e carriera (item 17-20).

5.3.2 Analisi dei costrutti: Autoefficacia, stereotipi carriera/famiglia

Nell'istogramma di figura 4 sono riportati i dati sintetici relativi ai due campioni, per genere, con i risultati ottenuti sui 3 costrutti. Analizzando i punteggi ottenuti sui tre costrutti (Self efficacy, Rapporto Lavoro e famiglia e Stereotipi) su una scala da 1 a 5, possiamo osservare le differenze tra donne e uomini sia a livello scolastico che universitario. Per quanto riguarda il costrutto della Self efficacy, le donne ottengono un punteggio medio di 2,61 a scuola e di 3,51 all'università, mentre gli uomini ottengono un punteggio medio di 3,11 a scuola e di 3,97 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 0,001$) con un d di Cohen di 0,59 a scuola e di 0,67 all'università. Nel costrutto del Rapporto Lavoro e famiglia, le donne ottengono un punteggio medio di 3,34 a scuola e di 3,56 all'università, mentre gli uomini ottengono un punteggio medio di 3,14 a scuola e di 3,25 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 0,01$) con un d di Cohen di $-0,26$ a scuola e di $-0,40$ all'università. Infine, nel costrutto degli Stereotipi, le donne ottengono un punteggio medio di 1,96 a scuola e di 1,76 all'università, mentre

gli uomini ottengono un punteggio medio di 2,18 a scuola e di 1,71 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 0,01$) con un d di Cohen di 0,27 a scuola e non significativa ($p > 0,05$) all'università.

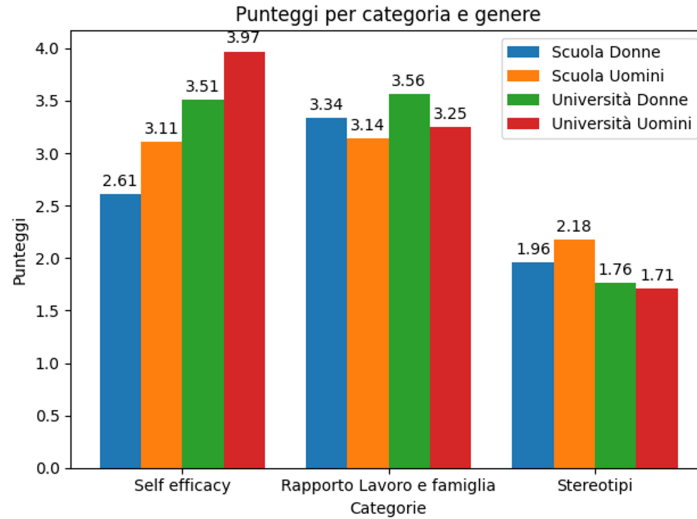


Figura 4: Confronto tra le medie delle risposte degli studenti su ciascun costrutto.

Autoefficacia

I nostri risultati, in accordo con le tendenze già note in letteratura, effettivamente confermano che le studentesse hanno una minore autoefficacia in Fisica e Matematica rispetto ai loro colleghi maschi con un effect size d 0,6 (p -value 10^{-12}) per gli studenti della scuola secondaria e d 0,7 (p -value 10^{-5}) per gli studenti universitari.

In particolare, analizzando le fonti dell'autoefficacia, proposte da Bandura, sono risultate particolarmente significative le differenze di genere sia nell'attivazione emotiva che nella padronanza.

Analizzando in dettaglio i punteggi ottenuti sulle tre fonti dell'autoefficacia (Esperienze di Padronanza, Attivazione emotiva e Persuasione Sociale) su una scala da 1 a 5, possiamo osservare le differenze tra donne e uomini sia a livello scolastico che universitario (figura 5). Per quanto riguarda il costrutto delle Esperienze di Padronanza, le donne ottengono un punteggio medio di 2,8 a scuola e di 4,0 all'università, mentre gli uomini ottengono un punteggio medio di 3,3 a scuola e di 4,3 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 2 \times 10^{-18}$) con un d di Cohen di 0,5 a scuola e significativa ($p < 2 \times 10^{-3}$) con un d di Cohen di 0,3 all'università. Nel costrutto dell'Attivazione emotiva, le donne ottengono un punteggio medio di 2,1 a scuola e di 2,6 all'università, mentre gli uomini ottengono un punteggio medio di 2,7 a scuola e di 3,3 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 2 \times 10^{-9}$) con un d di Cohen di 0,5 a scuola e significativa ($p < 2 \times 10^{-5}$) con un d di Cohen di 0,6 all'università. Infine, nel costrutto della Persuasione Sociale, le donne ottengono un punteggio medio di 3,7 a scuola e di 3,2 all'università, mentre gli uomini ottengono un punteggio medio di 3,5 a

scuola e di 3,3 all'università. La differenza tra i punteggi di donne e uomini è significativa ($p < 7 \times 10^{-2}$) con un d di Cohen di 0,15 a scuola e non significativa ($p > 0,1$) all'università.

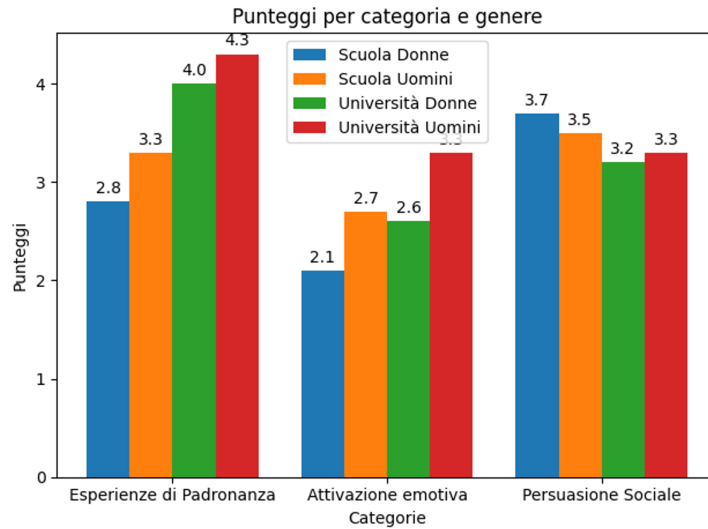


Figura 5: Confronto tra le medie delle risposte degli studenti sulle diverse componenti dell'autoefficacia.

Infatti si osserva una maggiore sicurezza (minore attivazione emotiva) tra gli studenti maschi rispetto alle colleghe, con differenze molto significative sia tra gli studenti universitari che tra quelli della scuola.

L'ipotesi appena discussa è stata confermata utilizzando un'analisi della varianza. L'analisi è stata eseguita per identificare le relazioni e le interazioni tra la variabile indipendente (cioè il genere) e le variabili dipendenti (cioè l'autoefficacia, il rapporto Lavoro e Famiglia e gli stereotipi).

L'effetto principale del genere è stato trovato per l'autoefficacia degli studenti universitari ($p < 0,05$, $\eta^2 = 0,08$) e di scuola secondaria ($p < 0,05$, $\eta^2 = 0,08$) (figura 6). Il genere ha spiegato l'8% della varianza nell'autoefficacia degli studenti di entrambi i gruppi.

Possiamo mettere in relazione, attraverso l'analisi della varianza, le scelte di orientamento degli studenti di scuola superiore e l'autoefficacia: per gli studenti orientati verso la Fisica o l'ingegneria riscontriamo valori di η^2 elevati ($\eta^2 = 0,13$ e $\eta^2 = 0,10$ rispettivamente). Seppur ribaltato il dato è altrettanto significativo per gli studenti che si dichiarano orientati verso lo studio delle discipline umanistiche laddove l'autoefficacia $\eta^2 = 0,11$ incide significativamente.

5.3.3 Analisi dei costrutti: Stereotipi e il rapporto tra vita professionale ed esigenze familiari

Gli effetti del genere sugli stereotipi e sul rapporto tra vita professionale e familiare non sembrano particolarmente rilevanti, sebbene le differenze tra donne e uomini siano statisticamente significative. Tra gli studenti universitari, per il

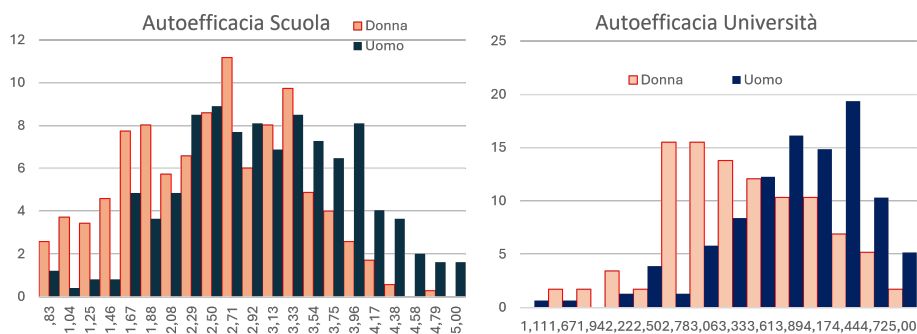


Figura 6: Distribuzione dei punteggi fattoriali manuali per il costrutto autoefficacia nei due campioni per genere. Si nota la differenza nella distribuzione tra Donne e Uomini.

Rapporto Lavoro e famiglia, si osserva un $p < 0,05$ e un indice d medio piccolo ($d = 0,4$). Le studentesse sembrano meno preoccupate dei colleghi maschi riguardo alla conciliazione tra vita professionale e familiare e sono più disponibili ad allontanarsi dalla famiglia. Questa tendenza è confermata anche tra gli studenti delle scuole ($p < 0,05$ e $d = 0,3$).

Gli stereotipi sono meno diffusi tra gli studenti (punteggi mediamente al di sotto di 2) e non si riscontrano differenze di genere tra gli universitari. Tuttavia, tra gli studenti delle scuole superiori, gli stereotipi sono più diffusi tra i maschi ($p < 0,001$). L'analisi della varianza mostra che il genere spiega una piccola parte della varianza sia per il rapporto lavoro/famiglia che per gli stereotipi.

5.3.4 Analisi del fattore: Persuasione sociale

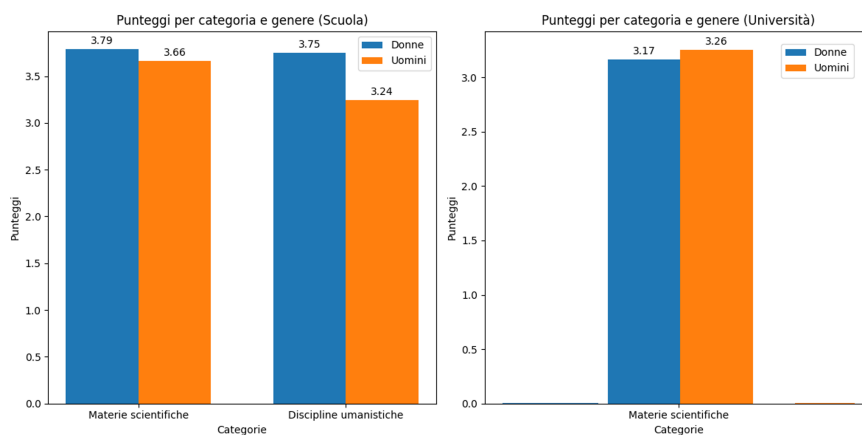


Figura 7: Punteggi fattoriali ottenuti sommando i risultati degli item sulla Persuasione sociale accorparendo genitori e familiari (su scala 1-5).

In figura 7 sono riportati i dati sintetici relativi ai due campioni, per genere, con i risultati ottenuti sui due item: la persuasione verso le materie scientifiche

e quella verso le discipline umanistiche. Per quanto riguarda l'indirizzamento verso le materie scientifiche, le medie dei punteggi indicano che le donne ricevono un incoraggiamento medio di 3,79, mentre gli uomini 3,66. L'indice di Cohen d è $-0,13$ e il p -value è $0,1$, suggerendo che non ci sono effetti statisticamente significativi del genere in questo ambito. Anche a livello universitario, le donne riportano un punteggio medio di 3,17 e gli uomini di 3,26, con un Cohen d di $0,08$ e un p -value di $0,6$, confermando l'assenza di differenze significative. Per quanto riguarda l'indirizzamento verso le discipline umanistiche, le donne ottengono un punteggio medio di 3,75, mentre gli uomini 3,24. Qui, l'indice di Cohen d è $-0,55$ e il p -value è $6,8 \times 10^{-11}$, indicando una differenza significativa tra i generi, con le donne che ricevono un maggiore incoraggiamento verso le discipline umanistiche rispetto agli uomini.

Questi risultati suggeriscono che, mentre non ci sono differenze significative di genere nell'incoraggiamento verso le materie scientifiche, esiste una differenza significativa nell'incoraggiamento verso le discipline umanistiche, con le donne che ricevono più supporto in questo ambito. Al contrario, per quanto riguarda l'indirizzamento verso gli studi umanistici, il gruppo femminile mostra una media notevolmente più alta del gruppo maschile. La differenza nel campione di studenti delle scuole superiori è statisticamente significativa ($p < 10^{-10}$) e l'indice di ampiezza dell'effetto è medio-grande ($0,55$). L'ipotesi appena discussa è stata confermata utilizzando un'analisi della varianza e calcolando il valore di $\eta^2 = 0,07$: il genere ha spiegato il 7% della varianza.

Uno degli obiettivi di questa ricerca è capire come e quanto possa incidere il condizionamento sociale di genitori e insegnanti sulle scelte di orientamento degli studenti. Per procedere ad una più accurata analisi di questo fattore, abbiamo costruito una nuova variabile ottenuta come “differenza tra l'incoraggiamento verso le discipline scientifiche e quello verso le discipline umanistiche”, DSU. Analizzando i valori medi del parametro DSU a seconda delle scelte di orientamento (figura 8) si osserva come la persuasione sia fortemente correlata con l'orientamento e agisca sia in positivo per gli studenti orientati verso la fisica che in negativo per gli studenti orientati verso le discipline umanistiche.

Quindi possiamo eseguire l'analisi della varianza confrontando l'effetto sull'orientamento dell'autoefficacia con quello della DSU.

Per studenti e studentesse orientati/e alla Fisica l'importanza dell'autoefficacia è comprovata dal valore di $\eta^2 = 0,13$, mentre l'incoraggiamento DSU incide molto meno $\eta^2 \approx 0,03$. Per studenti e studentesse orientati/e all'Ingegneria l'importanza dell'autoefficacia è altrettanto significativa ($\eta^2 = 0,10$), mentre l'incoraggiamento DSU incide un po' più che per i fisici ($\eta^2 = 0,05$). Seppur ribaltato l'effetto è altrettanto visibile per gli studenti che si dichiarano orientati verso lo studio delle discipline umanistiche laddove sia l'autoefficacia ($\eta^2 = 0,11$) e ancor più l'incoraggiamento DSU ($\eta^2 = 0,12$) incidono molto significativamente.

In conclusione se analizziamo la “differenza tra l'incoraggiamento verso le discipline scientifiche e quello verso le discipline umanistiche” osserviamo che essa agisce significativamente sui maschi, disincentivandoli agli studi umanistici, mentre dalla tabella 9 sappiamo che questa agisce al contrario sulle ragazze.

Potremmo concludere che il condizionamento esterno (amici, parenti, docenti) agisca significativamente sulle ragazze per indirizzarle verso le materie umanistiche piuttosto che verso quelle scientifiche, tuttavia il dato può essere interpretato al contrario: il condizionamento esterno (amici, parenti, docenti)

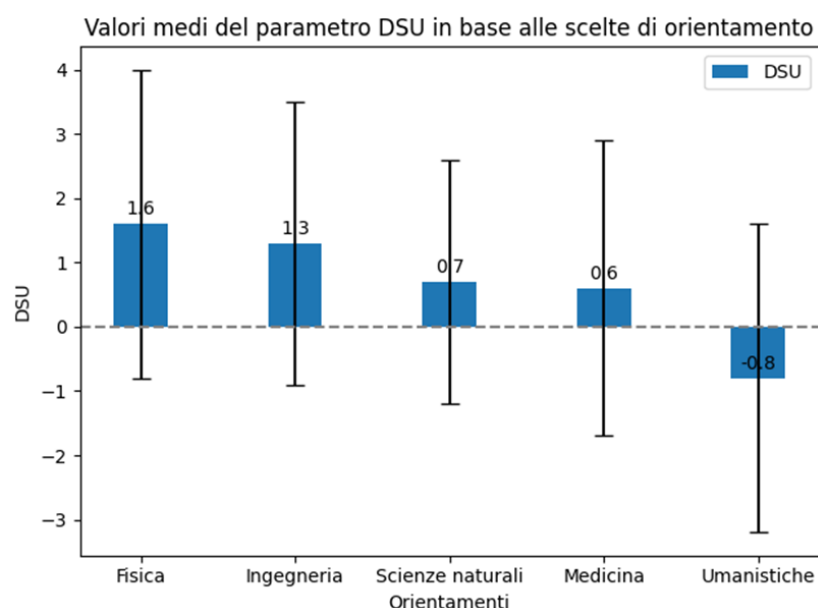


Figura 8: Il grafico mostra i valori medi del parametro DSU in base alle scelte di orientamento degli studenti. Le barre rappresentano i valori medi del DSU per ciascun orientamento, mentre le linee di errore indicano la deviazione standard. La linea tratteggiata orizzontale a 0 rappresenta il punto di riferimento per interpretare i valori positivi e negativi del DSU.

agisce sui ragazzi per indirizzarli verso le STEM a discapito delle discipline umanistiche. Ciò di fatto sembra spiegare almeno in parte la disaffezione degli studenti maschi verso le discipline umanistiche.

5.3.5 Analisi delle Motivazioni

In figura 9 sono riportati i dati sintetici relativi ai due campioni, per genere con i risultati ottenuti sui 6 item relativi alle diverse dimensioni della motivazione.

In sintesi:

- **Aspettativa di divertimento:** Le donne universitarie ottengono un punteggio medio di 4,37, mentre gli uomini 4,43 (Cohen $d = 0,09$; $p = 0,55$). A livello scolastico, le donne ottengono 2,99 e gli uomini 3,28 (Cohen $d = 0,24$; $p = 0,004$).
- **Idealismo:** Le donne universitarie ottengono 4,48, mentre gli uomini 4,35 (Cohen $d = -0,14$; $p = 0,37$). A livello scolastico, le donne ottengono 4,50 e gli uomini 4,16 (Cohen $d = -0,39$; $p < 0,00001$).
- **Sociale estrinseco:** Le donne universitarie ottengono 3,98, mentre gli uomini 3,64 (Cohen $d = -0,29$; $p = 0,06$). A livello scolastico, le donne ottengono 4,24 e gli uomini 3,84 (Cohen $d = -0,38$; $p < 0,00001$).
- **Materiale estrinseco:** Le donne universitarie ottengono 4,23, mentre gli uomini 4,01 (Cohen $d = -0,27$; $p = 0,08$). A livello scolastico, le donne ottengono 4,51 e gli uomini 4,37 (Cohen $d = -0,18$; $p < 0,05$).

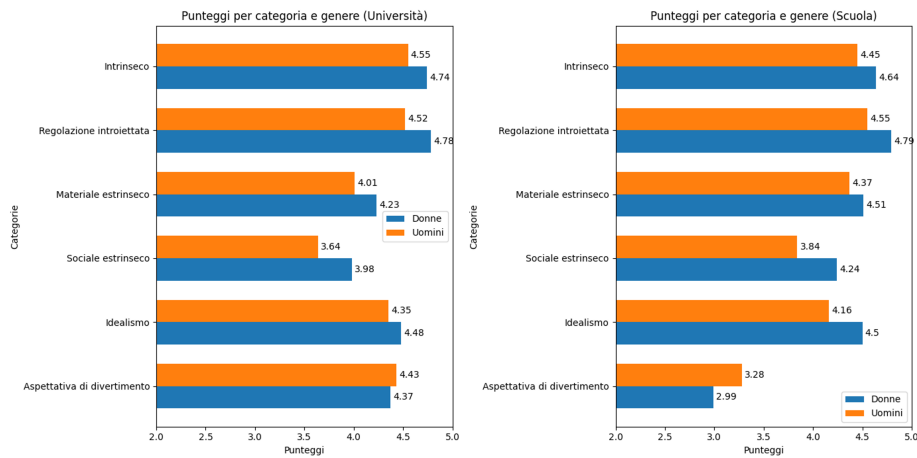


Figura 9: Fattori motivazionali per genere.

- **Regolazione introiettata:** Le donne universitarie ottengono 4,78, mentre gli uomini 4,52 (Cohen $d = -0,36$; $p < 0,05$). A livello scolastico, le donne ottengono 4,79 e gli uomini 4,55 (Cohen $d = -0,39$; $p < 0,00001$).
- **Intrinseco:** Le donne universitarie ottengono 4,74, mentre gli uomini 4,55 (Cohen $d = -0,31$; $p < 0,05$). A livello scolastico, le donne ottengono 4,64 e gli uomini 4,45 (Cohen $d = -0,27$; $p < 0,001$).

Questi risultati mostrano le differenze nei fattori motivazionali tra donne e uomini sia a livello universitario che scolastico, con alcune differenze significative evidenziate dai valori di Cohen d e p -value. Per quanto riguarda le motivazioni, il campione degli studenti universitari (già iscritti a Fisica) ha un atteggiamento sensibilmente diverso dal campione degli studenti liceali.

Università. Mentre le differenze di genere sono trascurabili per quasi tutte le motivazioni, identificando una sorta di “identità comune” tra gli studenti di Fisica, le differenze risultano importanti nel campione degli studenti liceali: tutti i p -value indicano che le differenze sono significative. Ciò sembra particolarmente rilevante se consideriamo le motivazioni intrinseche, l’aspettativa di divertimento e l’idealismo identificate in passato come significativamente influenzate dal genere.

Scuola. Al contrario, per quanto riguarda il campione degli studenti liceali, il gruppo femminile mostra una media significativamente più bassa del gruppo maschile per l’aspettativa di divertimento (in Fisica), che sappiamo essere correlata all’autoefficacia. La differenza è statisticamente significativa anche su tutte le dimensioni della motivazione ($p < 0,05$), come detto sopra, dove il gruppo femminile mostra una media significativamente più alta del gruppo maschile anche se l’indice di ampiezza dell’effetto è medio-piccolo ($d < 0,4$).

Possiamo utilizzare i dati riportati sopra per identificare un “**profilo motivazionale dello studente di Fisica**” sulla base delle risposte degli studenti Universitari confrontate con quelle degli studenti delle scuole secondarie. Quindi possiamo identificare un profilo dello studente di fisica che si identifica rispetto alla media degli studenti delle scuole per 3 fattori: una maggiore autoefficacia

in Fisica, una maggiore propensione al divertimento e una minore motivazione estrinseca sociale.

Utilizzando i dati relativi agli studenti delle scuole superiori possiamo tracciare due profili, uno **maschile** e uno **femminile**, sulla base delle motivazioni e dell'autoefficacia. Il profilo femminile si caratterizza per minore autoefficacia e aspettativa di divertimento in Fisica maggiore idealismo, motivazione estrinseca sociale e introiettata.

Confrontando i profili di genere con *il profilo motivazionale dello studente di Fisica* sembra evidente una maggiore distanza del profilo femminile da quello che caratterizza gli studenti di Fisica.

5.4 Individuazione dei profili attraverso l'Analisi dei cluster motivazionali

Per comprendere meglio i profili motivazionali degli studenti, gli studenti sono stati campionati in cluster. Un'analisi dei cluster è stata fatta sulle risposte degli studenti universitari di fisica e su quelli della scuola secondaria analizzando gli item relativi alle motivazioni, evidenziando l'importanza che hanno i vari fattori di aspettativa-valore e sulla dimensione autoefficacia.

La cluster analysis crea gruppi di intervistati che hanno punteggi simili su un insieme di variabili, e l'analisi è stata fatta per indagare diversi tipi di motivazione. I risultati sono stati analizzati sulla base delle scelte di orientamento.

5.4.1 Cluster 2 step

La soluzione più significativa per gli studenti della scuola secondaria è stata trovata quando gli studenti sono stati raggruppati in tre cluster separati in base ai loro punteggi sulle sei misure motivazionali e l'autoefficacia. La procedura consente di individuare i predittori più importanti (Attesa divertimento, Motivazione introiettata e Autoefficacia) La figura 10 presenta i punteggi medi su ciascun item-costrutto.

Ai cluster o ai profili di scelta sono stati dati nomi basati sulla nostra interpretazione dei punteggi sulle misure di aspettativa-valore e sulle scelte di orientamento.

Il *profilo 1 (motivati scientifici)* era il cluster più grande. Nel profilo 1 abbiamo 297 studenti (164 F e 133 U) e qui ritroviamo la maggior parte degli studenti interessati alla fisica (62 sui 73 totali) e all'ingegneria (118 su 191) e scienze naturali (87 su 149). Questi studenti hanno dato molta importanza a fattori di aspettativa-valore estrinseci come l'idealismo e intrinseci come interesse-godimento. Hanno tuttavia dato meno valore agli aspetti più materiali e alla considerazione sociale. Ciò che caratterizza maggiormente il cluster è il fattore autoefficacia laddove questi studenti mostrano di averne in misura maggiore.

Il *profilo 2 (motivati umanistici)* è quello che contiene gli studenti maggiormente motivati, se escludiamo la domanda sull'Attesa di divertimento in Fisica. Gli studenti tuttavia hanno una scarsa autoefficacia in matematica e fisica mentre l'unico atteggiamento motivazionale in cui la media risulta minore di quella del cluster 1 è l'idealismo. Nel profilo ci sono 208 studenti (149 F e 59 U) e qui ritroviamo la maggior parte degli studenti interessati alle discipline umanistiche

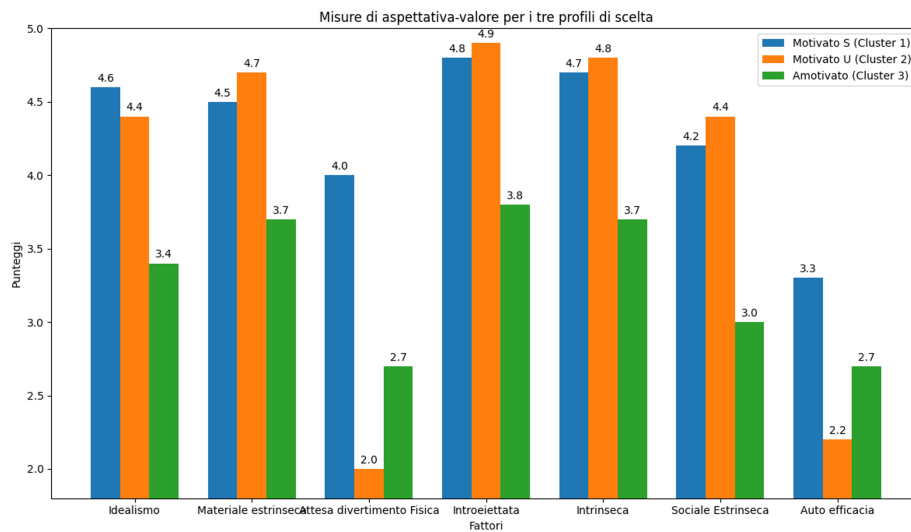


Figura 10: Misure di aspettativa-valore per i tre profili di scelta e la distribuzione di genere all'interno dei cluster. **Idealismo:** Il punteggio più alto è nel cluster 1 (Motivato S) con 4,6, seguito dal cluster 2 (Motivato U) con 4,4 e dal cluster 3 (Amotivato) con 3,4. **Materiale estrinseca:** Il cluster 2 ha il punteggio più alto con 4,7, seguito dal cluster 1 con 4,5 e dal cluster 3 con 3,7. **Attesa divertimento Fisica:** Il cluster 1 ha il punteggio più alto con 4,0, mentre il cluster 2 ha il punteggio più basso con 2,0. **Introeiettata:** Il cluster 2 ha il punteggio più alto con 4,9, seguito dal cluster 1 con 4,8 e dal cluster 3 con 3,8. **Intrinseca:** Il cluster 2 ha il punteggio più alto con 4,8, seguito dal cluster 1 con 4,7 e dal cluster 3 con 3,7. **Sociale Estrinseca:** Il cluster 2 ha il punteggio più alto con 4,4, seguito dal cluster 1 con 4,2 e dal cluster 3 con 3,0. **Auto efficacia:** Il cluster 1 ha il punteggio più alto con 3,3, mentre il cluster 2 ha il punteggio più basso con 2,2. La media delle motivazioni è più alta nel cluster 1 (4,3), seguita dal cluster 2 (4,2) e dal cluster 3 (3,4).

(100 su 174). Il *profilo 3 (amotivati)* contiene studenti con scarsa motivazione in generale. Nel profilo 3 ci sono 99 studenti (40 F e 59 U) qui c'è la maggior parte degli studenti che appaiono in generale meno motivati.

Gli studenti interessati a Medicina sono ben distribuiti tra i cluster 1 (99) e 2 (73).

Se in generale le ragazze sembrano distribuite in modo uniforme nei tre profili i ragazzi risultano sottorappresentati nel profilo umanistico.

5.5 Profili motivazionali e segregazione orizzontale

Utilizziamo ora i dati relativi all'orientamento degli studenti iscritti a Fisica. Questi ci aiuteranno a identificare i diversi profili e i fattori motivazionali che caratterizzano gli studenti orientati verso i diversi settori della disciplina.

Osserviamo che il *profilo "teorico"* orientato alla ricerca è caratterizzato da elevata autoefficacia e attesa di divertimento, scarsa motivazione estrinseca sociale e soprattutto materiale. Il *profilo sperimentale* è caratterizzato da grande motivazione intrinseca, regolazione introiettata, idealismo e motivazione sociale estrinseca e scarsa autoefficacia. Il *profilo applicativo* è caratterizzato da scarsa autoefficacia e aspettativa di divertimento, mentre sono rilevanti l'idealismo e la motivazione materiale estrinseca (Tabella 1).

Dimensione/costrutto	Sper.	Teor.	Appl.	Donne	Uomini
Autoefficacia	3,70	3,98	3,64	2,61	3,11
Attesa divertimento Fisica	4,57	4,64	4,20	2,99	3,28
Idealismo	4,50	4,32	4,48	4,50	4,16
Sociale Estrinseca	3,94	3,55	3,82	4,24	3,84
Materiale estrinseca	4,14	3,79	4,33	4,51	4,37
regolazione introiettata	4,78	4,52	4,58	4,79	4,55
Intrinseca	4,74	4,62	4,59	4,64	4,45

Tabella 1: Confronto profili di orientamento e profili Uomo/Donna.

Quindi analizziamo la relazione tra i profili di genere mostrati nella figura 10 e i profili di orientamento osservati tra gli studenti di Fisica. Dai dati riportati in Tabella 1 possiamo in qualche modo concludere che il profilo teorico è più distante da quello che abbiamo delineato come profilo femminile mentre quello applicativo è quello più vicino.

Ciò è confermato dai risultati sulle "intenzioni di orientamento" degli studenti universitari per cui il 48% delle studentesse si dichiara interessata a perseguire una carriera nel campo applicativo mentre solo il 24% è interessato agli studi di Fisica teorica. Al contrario per gli studenti maschi il 23% è interessato a studi nel campo applicativo e il 36% vorrebbe invece diventare ricercatore nel campo Teorico.

Questa analisi dei profili sembra essere in accordo con i dati riportati in precedenza, spiegando la ragione del fatto che l'84% delle studentesse si laurei con una tesi sperimentale e che analoghe percentuali si riscontrino anche tra le studentesse del PhD.

6 Conclusioni

In questo lavoro abbiamo analizzato sia i dati sulla composizione di genere e le scelte universitarie degli studenti iscritti al corso di laurea in Fisica in 4 atenei del Nord Italia, sia le risposte a un questionario di due campioni di studenti, un campione di studenti delle scuole medie di secondo grado e un campione di studenti universitari. I nostri risultati mostrano come sia tra gli studenti universitari sia tra quelli della scuola secondaria in Italia emergano significative differenze di genere nelle motivazioni verso la Fisica e nell'autoefficacia.

I nostri risultati mostrano che l'autoefficacia in Fisica risulta il principale predittore dell'orientamento ($\eta^2 = 0,13$ cioè incide significativamente sulle scelte di orientamento delle scuole superiori). D'altra parte, gli studenti mostrano una autoefficacia più elevata delle studentesse sia nella scuola secondaria sia al primo anno di università quindi l'autoefficacia può spiegare le differenze di genere nelle motivazioni verso la fisica.

Analizzando in dettaglio le fonti dell'autoefficacia in cui emergono maggiormente le differenze tra maschi e femmine, il nostro studio conferma il ruolo determinante che ha lo stato emotivo che sperimentano gli studenti, in particolare durante esami e interrogazioni. Qui si osserva una maggiore sicurezza tra gli studenti rispetto alle colleghe coerentemente con precedenti studi basati sulla EVT che hanno sostenuto che sulle donne graverebbe "il costo più elevato" in termini di ansia insieme ad una minore aspettativa di successo.

Per quanto riguarda il problema di conciliare lavoro e vita privata e sull'incidenza di questo fattore sulle scelte professionali e sulla carriera degli studenti i nostri risultati sembrano non confermare gli studi precedenti. Infatti, contrariamente a quanto osservato da Eccles e coautori nel 1999, quando da uno studio era emersa una maggiore propensione delle donne a sacrificare la carriera professionale in favore della famiglia rispetto agli uomini [42], nel campione di studenti da noi analizzato osserviamo che le studentesse sembrano meno preoccupate dei colleghi maschi riguardo al problema di conciliare la vita professionale e quella familiare e si dichiarano più disponibili ad allontanarsi dalla famiglia e dai luoghi di origine.

Anche per quanto riguarda gli stereotipi di genere e la loro presenza tra gli studenti i risultati sembrano contraddire alcuni studi precedenti. Gli stereotipi risultano poco diffusi tra i nostri studenti seppur sembra che siano residualmente presenti tra gli studenti maschi delle scuole superiori. Analizzando i dati in base a come sono orientati gli studenti si osserva che gli stereotipi sono maggiormente diffusi tra i maschi orientati verso la Fisica e l'ingegneria e molto poco tra le ragazze orientate verso le stesse discipline.

L'incidenza delle aspettative di insegnanti e familiari sulle scelte degli studenti emerge come un dato controverso sull'orientamento. Confrontando la "persuasione sociale" verso le discipline umanistiche e scientifiche si osserva come questo fattore sia statisticamente significativo ($\eta^2 = 0,12$) nel determinare l'orientamento per gli studenti indirizzati verso le discipline umanistiche (e molto meno per quelli orientati verso le carriere scientifiche). Ciò che si osserva è che gli studenti maschi si sentono disincentivati da insegnanti e familiari verso lo studio delle discipline umanistiche rispetto a quelle scientifiche. Questo sembra spiegare il progressivo allontanamento degli studenti maschi dalle carriere umanistiche.

L'analisi delle motivazioni, classificate secondo i suggerimenti della teoria dell'autodeterminazione, ci dice in che misura gli studenti di fisica considerino importanti le motivazioni intrinseche e estrinseche e il ruolo che hanno sull'orientamento aspetti come la realizzazione di sé, l'idealismo e la sicurezza del lavoro. I dati ottenuti mostrano quanto incidano sulle motivazioni le differenze tra studenti di sesso femminile e maschile e tra studenti di scuola secondaria e matricole di fisica. In particolare è stato possibile individuare un profilo che identifica l'identità dello studente di fisica sulla base delle motivazioni e della percezione di competenza. Nel campione degli studenti universitari le differenze di genere sono trascurabili per quasi tutti i fattori delle motivazioni, quindi si evidenzia una sorta di "identità comune" tra gli studenti di Fisica. Le differenze risultano statisticamente significative solo per una maggiore motivazione intrinseca e introiettata delle studentesse.

Dall'analisi dei profili motivazionali individuati per gli studenti/studentesse della scuola superiore le differenze tra generi sono molto più significative. Infatti emerge che le donne hanno minore aspettativa di divertimento in Fisica. Il profilo femminile è caratterizzato da idealismo, motivazione estrinseca sociale e introiettata mentre il profilo maschile si differenzia per una maggiore autoefficacia e per una maggiore attesa di divertimento in fisica. Confrontando le motivazioni degli studenti/studentesse di fisica con quelle degli studenti/studentesse della scuola ci accorgiamo che una bassa motivazione sociale estrinseca caratterizza il profilo identitario dello studente di fisica così come il profilo maschile degli studenti della scuola.

Per identificare i profili motivazionali degli studenti/studentesse di scuola secondaria abbiamo utilizzato anche la cluster analysis. Il risultato è stata la suddivisione del in 3 cluster. Il primo cluster che possiamo definire orientato verso le scienze e include quasi tutti gli studenti interessati alla fisica, all'ingegneria e alle scienze naturali, si caratterizza per fattori estrinseci come l'idealismo e intrinseci come l'interesse, godimento. Un fattore caratterizzante è l'autoefficacia che questi studenti hanno in misura maggiore.

Il secondo gruppo è il gruppo degli studenti motivati verso le discipline umanistiche e si caratterizza per una motivazione materiale estrinseca, per scarsa attesa di divertimento in fisica e per scarsa autoefficacia; il terzo cluster è costituito da studenti che possiamo definire Amotivati; è interessante osservare come gli studenti interessati alla medicina siano distribuiti abbastanza equamente tra i cluster uno e due. È inoltre importante osservare che se in generale le ragazze sembrano distribuite in modo uniforme nei tre profili gli studenti maschi risultano sottorappresentati nel profilo umanistico confermando la disaffezione degli studenti maschi verso le discipline umanistiche.

Infine il nostro studio mostra come i profili motivazionali incidano sulla segregazione orizzontale interdisciplinare e intradisciplinare.

Dall'analisi dei profili motivazionali degli studenti delle scuole in base all'orientamento emerge che gli studenti orientati verso la fisica hanno maggiore autoefficacia e attesa di divertimento e minore motivazione sociale estrinseca rispetto a quelli orientati verso l'ingegneria che sono meno idealisti e non trovano la Fisica una materia stimolante o eccitante. I risultati confermano che l'idealismo e la motivazione sociale estrinseca caratterizzano gli studenti orientati verso la medicina e le discipline sanitarie, mentre quelli orientati verso le discipline umanistiche si caratterizzano per scarsa autoefficacia in Fisica.

I profili motivazionali degli studenti universitari possono anche darci una spiegazione della segregazione orizzontale intradisciplinare: abbiamo identificato tre profili in base all' inclinazione degli studenti verso la fisica sperimentale la fisica teorica e la fisica applicativa. Notiamo che l'autoefficacia è molto maggiore per gli studenti orientati verso la fisica teorica mentre la motivazione sociale estrinseca e materiale estrinseca è maggiore per gli sperimentali e applicativi. L'attesa di divertimento nella fisica è sensibilmente minore per gli studenti orientati verso l'indirizzo applicativo. Confrontando questi profili con i profili individuati per gli studenti delle scuole superiori come femminili e maschili deduciamo che evidentemente saranno i maschi quelli maggiormente orientati verso la fisica teorica confermando i risultati ottenuti dall'indagine statistica sulla segregazione orizzontale.

7 Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Olivia Levrini e Giulia Tasquier del Dipartimento di Fisica e Astronomia, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna per l'aiuto e il supporto nella raccolta e interpretazione dei dati discussi in questo articolo.

Riferimenti bibliografici

- [1] UNESCO. *Women in Science*. Fact Sheet no. 55. 2019. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs55-women-in-science-2019-en.pdf>.
- [2] UNESCO. *Agenda for Sustainable Development*. 2015. URL: <https://en.unesco.org/sustainabledevelopmentgoals>.
- [3] MIUR. *Dataset iscritti all'Università del MIUR*. URL: <http://dati.ustat.miur.it/dataset/iscritti>.
- [4] Save the Children. *Con gli occhi delle bambine. Atlante dell'infanzia a rischio 2020*. 2020. URL: https://s3.savethechildren.it/public/files/uploads/pubblicazioni/con-gli-occhi-delle-bambine_0.pdf.
- [5] Cavallo, A. M., Potter, W. H. e Rozman, M. "Gender differences in learning constructs, shifts in learning constructs, and their relationship to course achievement in a structured inquiry, yearlong college physics course for life science majors". In: *School Science and Mathematics* 104.6 (2004), p. 288.
- [6] Eddy, S. L., Brownell, S. E., Thummaphan, P., Lan, M.-C. e Wenderoth, M. P. "Caution, student experience may vary: Social identities impact a student's experience in peer discussions". In: *CBE Life Sciences Education* 14 (2015), ar45.
- [7] Lewis, K. L., Stout, J. G., Pollock, S. J., Finkelstein, N. D. e Ito, T. A. "Fitting in or opting out: a review of key social-psychological factors influencing a sense of belonging for women in physics". In: *Physical Review Physics Education Research* 12 (2016), p. 020110.

- [8] Nissen, J. M. e Shemwell, J. T. “Gender, experience, and self-efficacy in introductory physics”. In: *Physical Review Physics Education Research* 12 (2016), p. 020105.
- [9] Maries, A. e Singh, C. “Towards meaningful diversity, equity and inclusion in physics learning environments”. In: *Nature Physics* 20 (2024), pp. 367–375. DOI: 10.1038/s41567-024-02391-6.
- [10] Li, Y. e Singh, C. “Effect of gender, self-efficacy, and interest on perception of the learning environment and outcomes in calculus-based introductory physics courses”. In: *Physical Review Physics Education Research* 17 (2021), p. 010143.
- [11] Kelly, A. e Weinreich-Haste, H. “Science is for girls?” In: *Women’s Studies International Quarterly* 2.3 (1979), pp. 275–293.
- [12] Oakes, J. “Chapter 3: Opportunities, achievement, and choice: Women and minority students in science and mathematics”. In: *Review of Research in Education* 16.1 (1990), pp. 153–222.
- [13] Sax, L. J. “Retaining tomorrow’s scientists: Exploring the factors that keep male and female college students interested in science careers”. In: *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering* 1.1 (1994), pp. 45–61.
- [14] Amodeo, A. L., Crispino, M., Tarallo, O. e Testa, I. “Endorsement of gender stereotypes affects high school students’ science identity”. In: *Physical Review Physics Education Research* 19.1 (2023), p. 010120. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010120.
- [15] Hyde, J. S. e Linn, M. C. “Gender similarities in mathematics and science”. In: *Science* 314.5799 (2006), pp. 599–600.
- [16] Hyde, J. S., Lindberg, S. M., Linn, M. C., Ellis, A. B. e Williams, C. C. “Gender similarities characterize math performance”. In: *Science* 321.5888 (2008), pp. 494–495.
- [17] Kost, L. E., Pollock, S. J. e Finkelstein, N. D. “Characterizing the gender gap in introductory physics”. In: *Physical Review Special Topics—Physics Education Research* 5.1 (2009), p. 010101.
- [18] Madsen, A., McKagan, S. B. e Sayre, E. C. “Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap?” In: *Physical Review Special Topics—Physics Education Research* 9.2 (2013), p. 020121.
- [19] Bøe, M. V. e Henriksen, E. K. “Love it or leave it: Norwegian students’ motivations and expectations for postcompulsory physics”. In: *Science Education* 97.4 (2013), pp. 550–573.
- [20] Catena, D. e Testa, I. “Exploring students’ attitudes towards physics and their association with gender”. In: *Journal of Physics: Conference Series* 2727.1 (2024), p. 012017. DOI: 10.1088/1742-6596/2727/1/012017.
- [21] Doucette, D. e Singh, C. “Gender equity in physics labs”. In: *Physical Review Physics Education Research* 20.1 (2024), p. 010102. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010102.

- [22] Wigfield, A., Tonks, S. e Klauda, S. L. “Expectancy-Value Theory”. In: *Handbook of Motivation at School*. A cura di K. R. Wentzel e A. Wigfield. Routledge, 2009, pp. 69–90.
- [23] Picardi, I. “La porta di cristallo: un nuovo indice per rilevare l’impatto di genere della riforma Gelmini sull’accesso alla professione accademica”. In: *Quaderni di Sociologia* 83 (2020).
- [24] Pajares, F. *Gender differences in mathematics self-efficacy beliefs*. Cambridge University Press, 2005.
- [25] Atkinson, J. W. *An introduction to motivation*. Van Nostrand Reinhold, 1964.
- [26] Eccles, J. “Female achievement patterns: Attributions, expectancies, values, and choice”. In: *Journal of Social Issues* 1.1 (1983), pp. 1–22.
- [27] Bandura, A. “Self-efficacy”. In: *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. A cura di I. B. Weiner e W. E. Craighead. Wiley, 2010, pp. 1–3.
- [28] Malespina, A. e Singh, C. “Peer interaction, self-efficacy, and equity: Same-gender groups are more beneficial than mixed-gender groups for female students”. In: *Journal of College Science Teaching* 53.4 (2024), pp. 314–321. DOI: 10.1080/0047231X.2024.1432578.
- [29] Lent, R. W., Brown, S. D. e Larkin, K. C. “Self-efficacy in the prediction of academic performance and perceived career options”. In: *Journal of Counseling Psychology* 33.3 (1986), p. 265.
- [30] Andrew, S. “Self-efficacy as a predictor of academic performance in science”. In: *Journal of Advanced Nursing* 27.3 (1998), pp. 596–603.
- [31] Rittmayer, A. D. e Beier, M. E. *Overview: Self-efficacy in STEM*. Overviews 1. SWE-AWE CASEE, 2008, p. 12.
- [32] Zeldin, A. L. e Pajares, F. “Against the odds: Self-efficacy beliefs of women in mathematical, scientific, and technological careers”. In: *American Educational Research Journal* 37.1 (2000), pp. 215–246.
- [33] Schunk, D. H. e Pajares, F. “The development of academic self-efficacy”. In: *Development of achievement motivation*. Academic Press, 2002, pp. 15–31.
- [34] Britner, S. L. e Pajares, F. “Sources of Science Self-Efficacy Beliefs of Middle School Students”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 43 (2006), pp. 485–499.
- [35] Britner, S. L. “Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 45.8 (2008), pp. 955–970.
- [36] Bandura, A. *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs, NJ, 1986, pp. 23–28.
- [37] Bandura, A. *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan, 1997.
- [38] Onorato, P., De Ambrosis, A., Malgieri, M. e Oss, S. “Motivazioni, aspettative e autoefficacia. Alla ricerca delle ragioni della differenza di genere nei corsi di Fisica”. In: *105° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica*. L’Aquila, 2019.

- [39] Deci, E. L. e Ryan, R. M. “Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being”. In: *American Psychologist* 55.1 (2000), pp. 68–78.
- [40] Deci, E. L. e Ryan, R. M. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Berlin: Springer Science & Business Media, 1985. DOI: 10.1007/978-1-4899-2271-7.
- [41] Su, R., Rounds, J. e Armstrong, P. I. “Men and things, women and people: A meta-analysis of sex differences in interests”. In: *Psychological Bulletin* 135.6 (2009), pp. 859–884.
- [42] Eccles, J. S., Barber, B. e Jozefowicz, D. “Linking gender to educational, occupational, and recreational choice: Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices”. In: *Sexism and stereotypes in modern society: The gender science of Janet Taylor Spence*. A cura di J. T. Spence. Washington, DC: APA, 1999, pp. 153–192.
- [43] Kalender, Z. Y., Marshman, E., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J. e Singh, C. “Gendered patterns in the construction of physics identity from motivational factors”. In: *Physical Review Physics Education Research* 15.2 (2019), p. 020119.
- [44] Francis, J., DeWitt, J. e Yeomans, L. “The ”Exceptional” physics girl: A sociological analysis of multimethod data from young women aged 10–16 to explore gendered patterns of post-16 participation”. In: *American Educational Research Journal* 54.1 (2017), pp. 88–126.
- [45] Danielsson, A. T. “Exploring woman university physics students ’doing gender’ and ’doing physics’”. In: *Gender and Education* 24.1 (2012), pp. 25–39.
- [46] Seymour, E. “Tracking the processes of change in US undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology”. In: *Science Education* 86.1 (2002), pp. 79–105.
- [47] Hewitt, N. M. e Seymour, E. “A long, discouraging climb”. In: *ASEE Prism* 1.6 (1992), pp. 24–28.
- [48] Seymour, E. e Hewitt, N. M. *Talking About Leaving: Why Undergraduates Leave the Sciences*. Boulder, CO: Westview Press, 1997.
- [49] Moss-Racusin, C. A., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Graham, M. J. e Handelsman, J. “Science faculty’s subtle gender biases favor male students”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.41 (2012), pp. 16474–16479.
- [50] Upson, S. e Friedman, L. F. “Where are the female geniuses?” In: *Scientific American Mind* 23.5 (2012), pp. 63–67.
- [51] Bian, L., Leslie, S. J. e Cimpian, A. “Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children’s interest”. In: *Science* 355.6323 (2017), pp. 389–391.
- [52] Hung, C.-S. e Wu, H.-K. “Tenth graders’ problem-solving performance, self-efficacy, and perceptions of physics problems with different representational formats”. In: *Physical Review Physics Education Research* 14.2 (2018), p. 020114.

- [53] Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C. e Strahan, E. J. “Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research”. In: *Psychological Methods* 4.3 (1999), pp. 272–299.
- [54] Gorsuch, R. L. “Common factor analysis versus component analysis: Some well and little known facts”. In: *Multivariate Behavioral Research* 25.1 (1990), pp. 33–39.
- [55] Comrey, A. L. “Common methodological problems in factor analytic studies”. In: *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 46.4 (1978), pp. 648–659.
- [56] Zhang, P. e Ding, L. “Large-scale survey of Chinese precollege students’ epistemological beliefs about physics: A progression or a regression?” In: *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 9.1 (2013), p. 010110.

Appendice

Scala utilizzata e domande sull'orientamento

Tabella A.1: Il test a 26 item ha $\alpha = 0,73$ da considerarsi sufficientemente alto (valutato su studenti medi) escludendo alcuni item, quelli relativi a Famiglia e lavoro 17-24 $\alpha = 0,78$.

Costrutto		Item
Autoefficacia	EP1	1. Solitamente riesco a risolvere con facilità quesiti di fisica.
	EP2	2. Quanto ti senti sicuro/a di poter risolvere il seguente problema?
	EP3	3. Quanto ti senti sicuro/a di poter risolvere il seguente problema?
	RE	4. Quanto ti senti rilassato/a prima e durante un compito o un'interrogazione di fisica o matematica?
	EVFS	5. I tuoi familiari quanto ti incoraggiano verso l'apprendimento della fisica, della matematica e delle scienze?
	EVIS	6. I tuoi insegnanti quanto ti incoraggiano verso l'apprendimento della fisica, della matematica e delle scienze?
	EVFU	7. I tuoi familiari quanto ti incoraggiano verso l'apprendimento delle discipline umanistiche?
	EVIU	8. I tuoi insegnanti quanto ti incoraggiano verso l'apprendimento delle discipline umanistiche?
Orientamento/ Ricerca	OS (identità)	9. Io penso che potrei essere un/a ricercatore/ricercatrice nel campo della fisica o della matematica.
	OU	10. Io penso che potrei essere un/a ricercatore/ricercatrice in un campo diverso dalla matematica e dalla fisica.
Motivazioni	Aspettativa di divertimento (Fisica)	11. Sono molto motivato/a verso lo studio della matematica e della fisica perché le ritengo materie stimolanti, eccitanti o interessanti.
	Idealismo	12. Il mio obiettivo nella vita è lavorare per qualcosa di importante per la società o che sia in linea con i miei valori.
	Estrinseca Sociale	13. È importante che il mio lavoro mi faccia avere il rispetto delle persone che mi sono attorno e sia apprezzato dalle persone che mi sono vicine.
	Estrinseca Materiale	14. È importante che il mio lavoro mi garantisca stabilità (una posizione sicura e permanente) e/o una retribuzione adeguata.

continua alla pagina successiva...

Tabella A.1: (continuazione)

Costrutto		Item
	Regolazione introiettata	15. Per il mio futuro è importante che il mio lavoro mi faccia sentire orgoglioso/a di me stesso/a.
	Intrinseca	16. Per il mio futuro è importante che il mio lavoro sia interessante, divertente, eccitante.
Famiglia e Lavoro		17. Per me è importante che un'occupazione mi lasci anche tempo libero per dedicarmi alla famiglia.
		18. Se la mia carriera mi richiederà di risiedere per lunghi periodi di tempo all'estero, non sarà un problema.
		19. La necessità di conciliare vita lavorativa e familiare inciderà sicuramente sulla mia scelta di lavoro.
		20. Penso che il tempo da dedicare eventualmente alla famiglia non inciderà sulla mia possibilità di fare carriera.
Stereotipi		21. Per l'uomo è importante realizzarsi prevalentemente nella vita professionale.
		22. Per la donna è importante realizzarsi prevalentemente nella vita familiare.
		23. I ragazzi in genere riescono meglio delle ragazze nel campo della ricerca in Matematica e Fisica.
		24. Le donne in genere riescono meglio degli uomini nel campo dell'insegnamento.
		25. Il lavoro di insegnante è molto utile alla società.
		26. Un Fisico svolge un lavoro utile alla società.

Tabella A.2: Le domande sull'orientamento.

Costrutto		Item
Orientamento Scuola		Scegli la risposta che meglio rispecchia la tua aspettativa sul futuro (anche più di una risposta):
		Mi piacerebbe studiare fisica,
		Mi piacerebbe studiare matematica
		Mi piacerebbe studiare qualcosa di inerente alle tecnologie (ingegneria, informatica...),
		Mi piacerebbe studiare medicina o scienze infermieristiche, Mi piacerebbe studiare scienze naturali
		Mi piacerebbe andare subito a lavorare

continua alla pagina successiva...

Tabella A.2: (continuazione)

Costrutto	Item
	Mi piacerebbe diventare un insegnante
Se scegliessi di studiare fisica o matematica	Vorrei diventare un/a ricercatore/trice Sarei interessato/a a studiare Mathematics and Statistics for Life and Social Science o Biofisica/Fisica medica/Fisica Ambientale Vorrei diventare insegnante
Orientamento Università	In futuro Vorrei diventare un/a ricercatore/trice in un campo sperimentale Vorrei diventare un/a ricercatore/trice in un campo teorico Vorrei lavorare nel campo applicativo (Biofisica/Fisica medica/ Fisica Ambientale) Vorrei lavorare nel privato Vorrei diventare insegnante

Fostering Inclusion in Physics Education: A Proposal for Secondary School Students

E. E. Dryden Silva¹, S. Lippiello^{1,2}, O. Pantano¹

¹Department of Physics and Astronomy “G. Galilei”, University of Padua

²Liceo Scientifico “Jacopo da Ponte”, Bassano del Grappa

Abstract

This paper explores how inclusive physics education can address gender inequality in STEM. Anchored in principles of equity and inclusion, it presents a case study from high schools in Italy, where an intervention—co-designed with local stakeholders and informed by gender research—used interactive, student-centered methods to foster engagement and a sense of belonging. The intervention was evaluated using the Physics Self-Efficacy framework, an established indicator of gender inequality and sense of belonging in physics. Findings suggest that targeted, context-sensitive strategies can help reduce structural bias and promote long-term inclusion, particularly of women, in science education.

Introduction

Despite growing awareness about the “gender-gap” in Physics and other STEM fields, the issue remains persistent and a major challenge for scholars and educators [1]. This disparity is especially pronounced in physics, where males continue to outnumber females. According to data from Italian national reports, women made up 23.1% of physics graduates in 2020, 32.2% in 2021, and 27.4% in 2022 [2]. Despite its centrality in scientific understanding, physics education faces challenges in attracting and retaining diverse student populations. Stereotypes, limited exposure to concepts, and a perceived lack of relevance are often cited as reasons for this disparity [3]. To address this issue, it is crucial to develop educational initiatives that foster inclusion and enhance attitudes towards physics among secondary school students. Tackling these issues is not only a matter of educational equity but also of social sustainability, ensuring equal access to scientific education and careers is essential for building inclusive and resilient societies [4].

Underrepresentation in STEM fields, particularly in physics, arises from a multitude of interconnected and multifaceted factors that impede the full participation and achievement of certain demographic groups [5]. While these factors operate in a complex manner, extensive research has enabled us to identify and analyze specific contributors to this problem, which extend beyond individual interests to include broader sociocultural experiences [6]. These insights have

informed the creation of frameworks that not only help us understand the systemic nature of the issue but also facilitate the development of strategies and solutions aimed at addressing these disparities [7].

This paper describes the design and implementation of the “*Light in the Spotlight*” program, a 4-day internship designed to promote these goals. The program was grounded in existing research on inclusive education and effective physics teaching. By incorporating a variety of engaging activities, the program aimed to create a supportive and inclusive learning environment.

1 Theoretical Framework

The gender disparity in physics and other STEM fields has long been recognized as a significant barrier in science education [8], with broader implications for addressing the complex global challenges outlined in the Sustainable Development Goals (SDGs) [4]. To better understand and address the underrepresentation of women in these fields, researchers have explored a wide range of contributing factors and possible explanations for the disparity. A key conclusion is that the gender gap cannot be explained solely by personal factors such as individual interest or motivation. Instead, it stems from a complex interplay of both individual factors and broader sociocultural influences, including societal perceptions, educational environments, and family support, which together create a systemic issue [1, 6, 9]. For example, the SAGA (STEM and Gender Advancement) project identified various macro-level objectives, addressing not only social norms but also educational pathways and curricula [10]. High school experiences, career outcome expectations [11], and family-related factors, such as parental support and attitudes toward science, are also critical in shaping girls’ interest in physics [12]. Through a gender-focused lens, these studies examine how such factors, in turn influenced by students’ gender, affect students’ engagement with physics and can create both opportunities and barriers for individuals pursuing STEM careers.

When discussing the gender gap in STEM participation, it is essential to provide an overview of the most significant theoretical approaches that shape our understanding of these disparities. Among the most influential are expectancy–value theory [13] and Social Cognitive Career Theory [14], both of which offer comprehensive frameworks for analyzing the complex interplay between psychological and contextual factors that contribute to gender differences in science. These theories provide critical insights into how individual beliefs about success, self-efficacy, and perceived value, along with environmental influences, drive educational and career choices in STEM fields. Eccles’ expectancy–value theory, postulates that achievement-related choices, such as educational and career choices, are motivated by a combination of people’s expectations for success and the value individuals place on the perceived available options [13, 15, 16]. These beliefs are further influenced by cultural norms, genetics, social experiences, and emotional reactions to past experiences, evolving as individuals progress into adulthood. STEM-related activities play a crucial role in shaping students’ self-efficacy, interests, task values, and long-term life goals, all of which influence their decisions to pursue educational and career paths in STEM or non-STEM fields. Self-efficacy, defined by Bandura [17] as an individual’s belief in their ability to perform specific tasks, is particularly important

in the context of STEM. In physics, Lindström and Sharma [18] developed a self-efficacy scale specifically for assessing students’ confidence in performing physics-related tasks. This scale can be used to evaluate the impact of initiatives designed to boost self-efficacy in students. By understanding and addressing these self-efficacy and other key factors, educators and researchers can create more inclusive learning environments and develop strategies that encourage diverse participation in physics and other STEM disciplines [19]. Building on the insights of Eccles’ expectancy-value theory, a parallel framework is Social Cognitive Career Theory [14]. While expectancy-value theory focuses on how expectations for success and the perceived value of different options influence career choices, Social Cognitive Career Theory expands this understanding by emphasizing the role of beliefs about self-efficacy, outcome expectations, and goal-related beliefs. This theory underscores how these cognitive factors, intertwined with environmental influences like social support and barriers, shape individuals’ career aspirations [20].

Another major contribution to this field is Archer et al.’s [21] introduction of the concept of science capital, which integrates many of the previously discussed factors. Science capital encompasses a person’s science-related knowledge, attitudes, experiences, and resources, including family influence and physics identity—how others recognize someone as a “science person” [22, 23]. A strong physics identity is often cultivated through positive experiences in school science, but these experiences are not equally distributed in physics. Girls face particular barriers, such as gender stereotypes and teaching methods that fail to align with their interests. Research shows that physics is often seen as a masculine and competitive discipline, which can alienate female students and discourage them from viewing it as a field in which they can excel. This is further exacerbated by the lack of female role models in the subject [24]. By unifying these factors within the framework of science capital, Archer et al. provide a more comprehensive understanding of what influences students’ decisions to pursue physics or other STEM fields. DeWitt et al. [25] further expanded on this framework, analyzing key contributors to science aspirations, including gender, parental attitudes toward science, school experiences, and science self-concept—how individuals perceive their abilities and identity in science [26]. These insights have been crucial in shaping both theoretical and practical approaches to reducing the gender gap in physics and STEM.

In response to these challenges, recent literature has increasingly focused on how to translate research insights into practical, inclusive educational interventions. Several literature reviews highlight a growing body of empirical studies evaluating STEM-related initiatives [7, 27]. These studies emphasize approaches such as integrating stories of accomplished women physicists into curricula [28] and engaging students’ families and social environments in discussions about gender gaps in STEM, both of which have shown positive effects on students’ aspirations [29]. Additionally, Baylor et al. [30] demonstrated that incorporating conversations around Equity, Diversity, and Inclusion (EDI) within educational settings can help reduce gender stereotypes and biases, positively impacting both students and educators.

Building on this body of work, our intervention was further informed by a focus group study conducted at the Department of Physics and Astronomy at the University of Padova [31], the context in which the intervention was to be held, making it a valuable source of context-specific insights that directly

informed the design of our activities. This study engaged a diverse range of stakeholders including high school students, teachers, university students, and faculty members to understand the local factors influencing gender disparities in physics.

We proposed a broad set of actions for addressing these disparities, which included: (1) discussing gender discrimination in science to raise awareness; (2) initiating conversations on feminist epistemology and the importance of diversity in science; (3) presenting projects that support women in STEM; (4) highlighting the work of historical female scientists as role models; (5) facilitating exchanges with older students enrolled in scientific degrees; (6) enabling discussions with researchers about their careers; (7) encouraging the use of gender-inclusive language in schools and universities; (8) creating spaces for sharing experiences of gender discrimination in science; (9) promoting science/math competitions for girls; (10) establishing inclusive study groups; (11) founding student associations to support girls in science; (12) proposing anonymous support programs for those experiencing gender discrimination; (13) fostering school-family dialogue on gender equality; and (14) emphasizing the societal relevance of science and its role in solving real-world problems.

Out of this list, two strategies stood out as the most strongly supported by the focus local stakeholders during the focus group discussions: (6) *facilitating direct conversations with researchers about their career paths and what physicists actually do in real life*, and (14) *highlighting the role of physics in addressing pressing societal challenges*. These priorities directly informed the design of our intervention, reflecting participants’ belief that making physics more relatable and socially relevant is key to improving inclusivity and engagement.

These focus group findings are supported by existing research. For example, studies from the UK show that connecting physics curricula to real-world issues can significantly enhance female students’ engagement [32]. Similarly, Stadler, Duit, and Benke [33] found that many students (especially girls) gain confidence in their understanding of physics when they can apply concepts to familiar, everyday contexts. By framing physics as a tool for solving modern-day problems, such as climate change or technological innovation, educators can make the subject more appealing to a broader range of students, particularly those who may not initially see themselves as “physics people”.

Our intervention integrated these insights by combining literature-based strategies with context-specific input. In doing so, it aimed to create a more inclusive, relevant, and engaging learning environment that better reflects the diverse realities and aspirations of students.

2 Materials and Methods

2.1 Program Design

The “*Light in the Spotlight*” programme was a week-long summer internship held at the University of Padova designed to foster equity and inclusion in physics education by making science more accessible, relevant, and inspiring for high school students, particularly those underrepresented in STEM. Participants were selected through a collaboration with local schools, with special attention to including students who showed curiosity or potential but may not yet see

themselves as “science people”. By offering hands-on experiences, exposure to current research and authentic inquiry, the program aimed to create a sense of belonging and confidence in these students shaping a more inclusive pathway into physics and STEM careers. The program was guided by two main goals: 1) broadening awareness of diverse career pathways in physics, and 2) showcasing the relevance of physics to real-world and societal challenges while introducing students to authentic physics research, in alignment with insights from earlier focus groups and the literature.

The program focused on the central theme of *Light* and included a variety of activities. After an introductory session on physics-related university programs, students participated in hands-on laboratory experiences exploring topics such as vision and colour perception, stellar spectra, and the estimation of Planck’s constant. Students also visited the “*La Specola*” Astronomical Observatory and the Museum of History of Physics “*G. Galilei*” to provide historical and contextual enrichment. The program concluded with a Final Challenge, where students applied their understanding of optics to address real-world problems like the increasing prevalence of myopia, light pollution, and energy efficiency. The challenge fostered teamwork, critical thinking, and problem-solving, while emphasizing physics’ societal relevance and encouraging informed career choices, encouraging them to view physics as a tool for shaping a more sustainable and just future.

To actively promote inclusive and socially responsive teaching, the internship integrated the following approaches:

Hands-on Experiments Activities on light phenomena sparked curiosity and enabled students with different levels of prior experience to engage on equal footing, building confidence and shared understanding.

Interdisciplinary Seminars By connecting physics with art, history, and social relevance, students saw its role beyond the lab, fostering interest among those with diverse academic and personal backgrounds.

Problem-Based Activities The Final Challenge emphasized critical thinking and teamwork while helping students explore how physics can contribute to addressing global challenges and improving everyday life.

Collaborative Work Group tasks encourage communication and inclusivity, offering space for diverse voices and ways of thinking.

2.2 Measuring the program’s impact

To ensure that initiatives aimed at fostering inclusivity and equity are truly effective, it is essential to evaluate their impact on students. Without monitoring, even well-intentioned interventions risk falling short of their goals, or worse, producing unintended negative consequences on key factors like students’ self-efficacy or sense of belonging [34]. With this in mind, the “*Light in the Spotlight*” program incorporated a structured evaluation strategy to assess whether the experience meaningfully influenced participants’ attitudes and confidence in engaging with physics.

Physics self-efficacy is a well-documented indicator of gender disparities in STEM, with numerous studies showing that lower self-efficacy among girls and

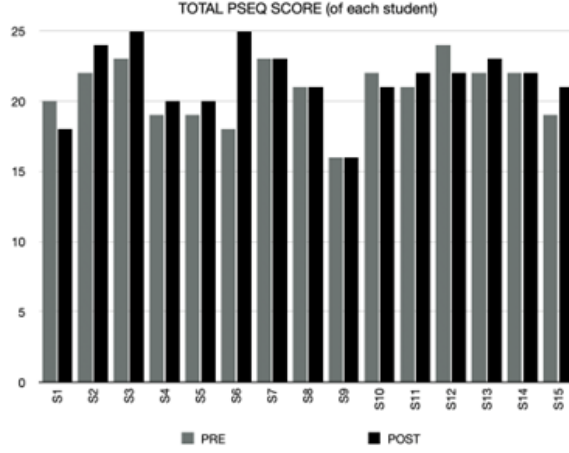


Figure 1: Comparison of the PSEQ results pre and post activities.

underrepresented groups contributes to attrition in physics pathways [18]. As such, we chose to evaluate the programme using the Physics Self-Efficacy framework—a widely used measure of students’ perceived competence and confidence in physics, which has been shown to vary along gender lines. All participants completed the Physics Self-Efficacy Questionnaire (PSEQ) [18] both before and after the programme. The instrument consists of five statements rated on a scale from 1 (strongly disagree) to 5 (strongly agree), yielding a total score between 5 and 25. This allowed us to quantitatively assess whether the internship contributed to an increase in students’ self-efficacy in their ability to engage with physics-related concepts and tasks.

Complementing the quantitative data, we collected qualitative feedback through reflection activities at the end of each day of the program, prompting students to share their impressions and curiosities regarding the social or technological relevance of the day’s content.

3 Results

A total of 20 students from various high schools across the Veneto region participated in the “*Light in the Spotlight*” internship program. This group size was selected to allow for a sense of community to form while ensuring manageable logistics in terms of lab space, materials, and staff support. Of the 20 participants, 15 completed both the pre- and post-activity PSEQ, with 6 identifying as female and 9 as male. To evaluate the intervention’s impact on students’ self-efficacy in engaging with physics (a key component of inclusivity and long-term sustainability in STEM) the PSEQ was used as a tool to evaluate the impact of the program. Figure 1 shows the total PSEQ scores for each student before and after the program. While individual responses varied, most students saw a slight increase in their perceived physics self-efficacy. Table 1 summarizes the mean and standard deviation values of the sample, and Figure 2 presents a comparison of the box plots. Though the Wilcoxon signed-rank test

	Pre	Post
Mean	20.4	21.7
Standard Deviation	2.5	2.6

Table 1: Descriptive statistics (N=15).

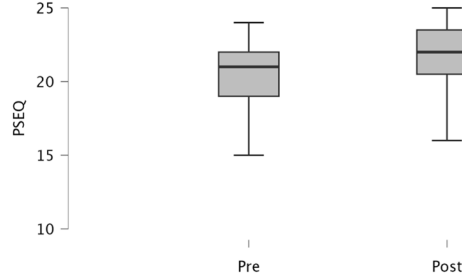


Figure 2: Box plot.

did not yield statistically significant results ($W = 17.500$, $p = 0.094$), this trend is promising given the short duration of the program and the small sample size. Such incremental gains are meaningful in early interventions: they signal that targeted, supportive experiences can shift students’ self-perception and comfort with physics, particularly when they include collaborative, contextualized, and reflective learning. We now break down the results by gender: Table 2 presents the mean and standard deviation values, while Figure 2 shows the progression of the pre- and post-internship PSEQ results. When disaggregating the data by gender, both female and male students showed small improvements. However, these differences were not statistically significant (pre-post females: $t = 1.936$, $p = 0.11$; pre-post males: $W = 8.000$, $p = 0.348$). Despite the absence of statistical significance, the consistent upward trend across both groups may suggest that the intervention contributed to creating a learning environment supportive of confidence-building in physics—an essential factor for long-term engagement and participation.

No significant gender differences were found in either the pre-test (Student’s t-test: $t = 0.282$, $p = 0.782$) or post-test ($t = 0.598$, $p = 0.560$), indicating that the programme offered a balanced experience across genders. While these findings should be interpreted cautiously due to the small sample size, they provide encouraging preliminary evidence of the intervention’s potential to foster equitable engagement.

To complement the quantitative results, we also collected qualitative feedback. Although only the most representative responses are presented here, stu-

	Pre		Post	
	Females	Males	Females	Males
Mean	20.2	20.6	21.2	22
Standard Deviation	2.6	2.6	3.2	2.2

Table 2: Descriptive statistics (6 females, 9 males).

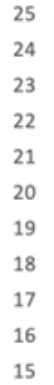


Figure 3: Descriptive plot. In purple are the results of females and in green are those of males.

dents’ reflections offer insight into what captured their interest and how they perceived the activities. Students’ responses provide valuable insights into what captured their attention and help us better understand how the activities were perceived. For instance, one student remarked, “*It struck me how much the properties of light (reflection, refraction...) are actually used in real life, and in such a wide range of cases... For example, the transmission of information in the optical fiber used for the internet, or in metalenses*”. This statement highlights the student’s recognition of the practical applications of abstract scientific concepts in everyday technology. Their realization underscores the importance of integrating real-world examples into theoretical learning, which can enhance students’ appreciation of science’s relevance to modern life. Another student noted, “*I was shocked at how easy the concepts seemed once they were explained, even if I imagined they would be complex*”. This response suggests that the instructional approach successfully demystified challenging topics, allowing students to grasp ideas they initially found intimidating. This aligns with educational theories that emphasize the importance of clear explanations and scaffolding to facilitate deeper understanding, particularly in STEM education [35].

4 Discussions and Implications

The results indicate that the “*Light in the Spotlight*” program had an overall positive effect on students’ perception in their physics abilities. Participants reported modest improvements in their self-efficacy after completing the program. Typically, acquiring new knowledge during a lesson leads to a perceived improvement in one’s abilities. However, physics often presents a unique challenge in this regard. Contrary to expectations, students’ self-efficacy in physics not only fails to increase but can sometimes decline following instruction [36]. Although there are multiple factors that may contribute to this phenomenon, which would require extensive exploration, it was a particularly encouraging outcome that our initiative led to a slight increase in self-efficacy in physics. These insights can guide future educational activities, reinforcing the need for

interdisciplinary approaches and hands-on learning to cultivate curiosity and deepen comprehension in STEM fields.

The program’s emphasis on hands-on learning, interdisciplinary connections, and real-world applications likely played a central role in fostering a more inclusive and engaging educational environment. This approach not only presented physics as a discipline rooted in historical development and contemporary societal relevance but also made the content more accessible to students who might not have previously identified with the subject.

The findings carry relevant implications for physics education. The program underlines the value of offering students authentic learning experiences and incorporating real-life applications, which tend to resonate more with student’s general interests [32, 33]. By incorporating societal challenges—such as myopia, light pollution, and energy efficiency—students were encouraged to apply their newly acquired knowledge to issues of contemporary relevance. This approach contrasts with more traditional problem-solving tasks predefined by instructors, which often lack direct connections to societal concerns. Finally, the study highlights the potential of interdisciplinary methods in physics education, illustrating how they can enhance students’ understanding and appreciation of the subject. In this context, the modest increase in students’ self-efficacy in physics, although unexpected given the decline usually observed post-instruction, represents a particularly encouraging outcome.

A key factor in the program’s potential effectiveness is its attention to students’ diverse perspectives and its aim to foster a sense of belonging in the scientific community. Moreover, our research reinforces the importance of highlighting the role of science in addressing societal challenges and providing students with insights into the personal and professional lives of scientists. This approach humanizes the discipline and makes it more relatable, particularly for those who may feel alienated by traditional methods of teaching science [37]. By bridging the gap between classroom instruction and real-world problems, the program offers students a clearer understanding of the practical value of science in everyday life and its human dimension.

While the initial findings are promising, future iterations could benefit from a more detailed exploration of gender-specific impacts on self-efficacy and inclusiveness. Additionally, further research should investigate the long-term effects of such programs on students’ academic paths and career choices, particularly in the field of physics and related disciplines.

References

- [1] Maries, A. and Singh, C. “Towards meaningful diversity, equity and inclusion in physics learning environments”. In: *Nature Physics* 20.3 (Mar. 2024), pp. 367–375. DOI: 10.1038/s41567-024-02391-6.
- [2] AlmaLaurea. *AlmaLaurea 2023 - profilo dei Laureati 2022*. 2023. URL: <https://www.almalaurea.it/i-dati/le-nostre-indagini/profilo-dei-laureati>.
- [3] Blackburn, H. “The Status of Women in STEM in Higher Education: A Review of the Literature 2007–2017”. In: *Science & Technology Libraries* 36.3 (July 2017), pp. 235–273. DOI: 10.1080/0194262x.2017.1371658.

- [4] Benavent, X. et al. “Girls4STEM: Gender Diversity in STEM for a Sustainable Future”. In: *Sustainability* 12.15 (July 2020), p. 6051. DOI: 10.3390/su12156051.
- [5] Rodriguez, M., Barthelemy, R., and McCormick, M. “Critical race and feminist standpoint theories in physics education research: A historical review and potential applications”. In: *Physical Review Physics Education Research* 18.1 (Feb. 2022), p. 013101. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.18.013101.
- [6] Wang, M.-T. and Degol, J. L. “Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions”. In: *Educational Psychology Review* 29.1 (Jan. 2016), pp. 119–140. DOI: 10.1007/s10648-015-9355-x.
- [7] van den Hurk, A., Meelissen, M., and Langen, A. van. “Interventions in education to prevent STEM pipeline leakage”. In: *International Journal of Science Education* 41.2 (Oct. 2018), pp. 150–164. DOI: 10.1080/09500693.2018.1540897.
- [8] Acker, S. and Oatley, K. “Gender Issues in Education for Science and Technology: Current Situation and Prospects for Change”. In: *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l’éducation* 18.3 (1993), p. 255. DOI: 10.2307/1495386.
- [9] Tandrayen-Ragoobur, V. and Gokulsing, D. “Gender gap in STEM education and career choices: what matters?” In: *Journal of Applied Research in Higher Education* 14.3 (May 2021), pp. 1021–1040. DOI: 10.1108/jarhe-09-2019-0235.
- [10] Fernández Polcuch, E., Brooks, L. A., Bello, A., and Deslandes, K. *Measuring gender equality in science and engineering. the SAGA survey of drivers and barriers to careers in science and engineering*. UNESCO Publishing, 2018.
- [11] Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., and Shanahan, M. “Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 47.8 (Feb. 2010), pp. 978–1003. DOI: 10.1002/tea.20363.
- [12] Jones, K. L. and Hamer, J. M. M. “Examining the relationship between parent/carer’s attitudes, beliefs and their child’s future participation in physics”. In: *International Journal of Science Education* 44.2 (Jan. 2022), pp. 201–222. DOI: 10.1080/09500693.2021.2021457.
- [13] Eccles, J. S. “Understanding Women’s Educational And Occupational Choices: Applying the Eccles et al. Model of Achievement-Related Choices”. In: *Psychology of Women Quarterly* 18.4 (Dec. 1994), pp. 585–609. DOI: 10.1111/j.1471-6402.1994.tb01049.x.
- [14] Lent, R. W., Brown, S. D., and Hackett, G. “Toward a Unifying Social Cognitive Theory of Career and Academic Interest, Choice, and Performance”. In: *Journal of Vocational Behavior* 45.1 (Aug. 1994), pp. 79–122. DOI: 10.1006/jvbe.1994.1027.

- [15] Eccles, J. S. “Studying gender and ethnic differences in participation in math, physical science, and information technology”. In: *New Directions for Child and Adolescent Development* 2005.110 (2005), pp. 7–14. DOI: 10.1002/cd.146.
- [16] Wigfield, A. and Eccles, J. S. “Expectancy–Value Theory of Achievement Motivation”. In: *Contemporary Educational Psychology* 25.1 (Jan. 2000), pp. 68–81. DOI: 10.1006/ceps.1999.1015.
- [17] Bandura, A. and Wessels, S. “Self-efficacy”. In: *Encyclopedia of human behavior*. Vol. 4. New York: Academic Press, 1994, pp. 71–81.
- [18] Lindstrøm, C. and Sharma, M. D. “Self-Efficacy of First Year University Physics Students: Do Gender and Prior Formal Instruction in Physics Matter?” In: *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* 19.2 (2011), pp. 1–19.
- [19] Wang, M.-T. and Degol, J. “Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy–value perspective to understand individual and gender differences in STEM fields”. In: *Developmental Review* 33.4 (Dec. 2013), pp. 304–340. DOI: 10.1016/j.dr.2013.08.001.
- [20] Kelly, A. M. “Social cognitive perspective of gender disparities in undergraduate physics”. In: *Physical Review Physics Education Research* 12.2 (Aug. 2016), p. 020116. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.12.020116.
- [21] Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., and Wong, B. “Science Aspirations, Capital, and Family Habitus: How Families Shape Children’s Engagement and Identification With Science”. In: *American Educational Research Journal* 49.5 (Oct. 2012), pp. 881–908. DOI: 10.3102/0002831211433290.
- [22] Jones, M. G., Ennes, M., Weedfall, D., Chesnutt, K., and Cayton, E. “The Development and Validation of a Measure of Science Capital, Habitus, and Future Science Interests”. In: *Research in Science Education* 51.6 (Jan. 2020), pp. 1549–1565. DOI: 10.1007/s11165-020-09916-y.
- [23] Archer, L., MacLeod, E., and Moote, J. “Going, Going, Gone: A Feminist Bourdieusian Analysis of Young Women’s Trajectories in, Through and Out of Physics, Age 10–19”. In: *Physics Education and Gender*. Springer International Publishing, 2020, pp. 9–28. DOI: 10.1007/978-3-030-41933-2_2.
- [24] Arielle Evans, A., Bretl, K. S., Ross, A., and Daane, A. R. “Introductory physics students’ insights for improving physics culture”. In: *2019 Physics Education Research Conference Proceedings*. 2019 PERC. American Association of Physics Teachers, Jan. 2020. DOI: 10.1119/perc.2019.pr.arielle.
- [25] DeWitt, J. and Archer, L. “Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students”. In: *International Journal of Science Education* 37.13 (Aug. 2015), pp. 2170–2192. DOI: 10.1080/09500693.2015.1071899.
- [26] Hardy, G. “Academic Self-Concept: Modeling and Measuring for Science”. In: *Research in Science Education* 44.4 (Dec. 2013), pp. 549–579. DOI: 10.1007/s11165-013-9393-7.

- [27] Baker, D. “What Works: Using Curriculum and Pedagogy to Increase Girls’ Interest and Participation in Science”. In: *Theory Into Practice* 52.1 (Jan. 2013), pp. 14–20. DOI: 10.1080/07351690.2013.743760.
- [28] Getty, S., Gosnell, N., Whitten, B., and Taylor, J. “Supporting Inclusive Teaching in Introductory College Physics”. In: *The Physics Teacher* 58.5 (May 2020), pp. 312–315. DOI: 10.1119/1.5145523.
- [29] Verdugo-Castro, S., García-Holgado, A., and Sánchez-Gómez, M. C. “The gender gap in higher STEM studies: A systematic literature review”. In: *Heliyon* 8.8 (Aug. 2022), e10300. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10300.
- [30] Baylor, M.-E., Hoehn, J. R., and Finkelstein, N. “Infusing Equity, Diversity, and Inclusion Throughout Our Physics Curriculum: (Re)defining What It Means to Be a Physicist”. In: *The Physics Teacher* 60.3 (Mar. 2022), pp. 172–175. DOI: 10.1119/5.0032998.
- [31] Dryden Silva, E. E., Lippiello, S., and Pantano, O. “Gender disparities in STEM degree programs and academic orientation actions”. In: *Journal of Physics: Conference Series* 2950.1 (Feb. 2025), p. 012041. DOI: 10.1088/1742-6596/2950/1/012041.
- [32] Mitrevski, J. and Treagust, D. “Girls and upper school physics: Some optimism and opportunity”. In: *Teaching Science* 57 (1 2011). Ed. by A. S. T. Association, pp. 35–40.
- [33] Stadler, H., Duit, R., and Benke, G. “Do boys and girls understand physics differently?” In: *Physics Education* 35.6 (Nov. 2000), pp. 417–422. DOI: 10.1088/0031-9120/35/6/307.
- [34] Pietri, E. S., Hennes, E. P., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Bailey, A. H., Moss-Racusin, C. A., and Handelsman, J. “Addressing Unintended Consequences of Gender Diversity Interventions on Women’s Sense of Belonging in STEM”. In: *Sex Roles* 80.9–10 (Aug. 2018), pp. 527–547. DOI: 10.1007/s11199-018-0952-2.
- [35] Moore, K. D. *Effective instructional strategies from theory to practice. from theory to practice*. SAGE Publications, 2012, p. 444.
- [36] Henderson, R., Sawtelle, V., and Nissen, J. M. “Gender & Self-Efficacy: A Call to Physics Educators”. In: *The Physics Teacher* 58.5 (May 2020), pp. 345–348. DOI: 10.1119/1.5145533.
- [37] Dagher, Z. R. and Erduran, S. “Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter?” In: *Science & Education* 25.1–2 (Jan. 2016), pp. 147–164. DOI: 10.1007/s11191-015-9800-8.

Studio della relazione tra identità disciplinare e minaccia da stereotipo di genere negli studenti universitari STEM: il caso della Fisica

S. Galano¹, I. Testa¹

¹Dipartimento di Fisica “E. Pancini”, Università di Napoli Federico II

Abstract

Questo studio esplora la relazione tra l'identità disciplinare in fisica ed la percezione da danno da stereotipo in un campione di $N = 423$ studenti iscritti a tre corsi di laurea - Fisica, Biologia/biotecnologia, Informatica. Attraverso un'analisi della varianza a due vie, i nostri risultati mostrano che avere una percezione di identità fisica più elevata comporta essere maggiormente suscettibili al danno da stereotipo. In particolare, le studentesse del corso di laurea in fisica con un'identità fisica maggiore hanno una percezione maggiore del danno da stereotipo rispetto alle studentesse con un'identità fisica più bassa degli altri corsi di studi. Il nostro studio suggerisce che il danno da stereotipo può essere influenzato da come una persona si identifichi con la Fisica.

Introduzione

Il ruolo che la società attribuisce alle persone, sulla base delle loro caratteristiche di genere, influisce sulla loro vita personale, sulle scelte educative e sull'esperienza lavorativa. Questo meccanismo spesso finisce con il limitare la realizzazione personale e professionale degli individui, in particolare delle donne, e può essere dovuto a una molteplicità di fattori sociali, culturali, economici, educativi e istituzionali. Le conseguenze di questo fenomeno sono significative, non solo a livello individuale, ma anche sociale ed economico, in quanto si traducono in un mancato sfruttamento di risorse umane competenti e qualificate che potrebbero essere impiegate in settori maggiormente competitivi, produttivi e innovativi, con un danno complessivo per la società nel suo complesso. Sebbene la letteratura scientifica abbia da tempo dimostrato che uomini e donne possiedono competenze, capacità e approcci alla risoluzione dei problemi abbastanza simili [1, 2], alcune aree di studio e di lavoro restano dominate dagli uomini, con una maggiore presenza di donne in settori con minori prospettive di occupazione, carriera e reddito [3].

In particolare, dal rapporto *She Figures della Commissione europea* [4] emerge che dal 2010 la percentuale di donne tra i laureati in dottorato è aumentata, avvicinando il totale dei laureati in dottorato alla parità di genere, tuttavia le differenze di genere tendono a persistere nei vari settori di studio. Un divario

simile persiste quando si guarda alla distribuzione del lavoro tra uomini e donne. Come riportato nel rapporto del 2022 sull'uguaglianza di genere nell'UE [5], a livello lavorativo persiste una segregazione di genere per cui donne e uomini tendono ad occupare ambiti lavorativi diversi, con le donne che rappresentano la maggior parte degli occupati in settori lavorativi quali istruzione, sanità e assistenza sociale (oltre il 70%), e anche nei gruppi occupazionali dei servizi, delle vendite e degli impiegati di supporto (oltre il 60%) [6]. Come sottolineato dalla Commissione europea nella Strategia per l'uguaglianza di genere 2020-2025 [5], la segregazione orizzontale di genere nelle scelte delle materie di studio può contribuire alla sottorappresentazione delle donne nei settori a più alta retribuzione e alla sovra rappresentazione nei settori a più bassa retribuzione. Inoltre, una scarsa presenza di donne in alcuni settori porta a una potenziale svalutazione di un capitale umano importante e altamente qualificato. Il mancato utilizzo di questo capitale umano riduce anche i potenziali benefici delle attività legate alla ricerca e all'innovazione, nonché lo sviluppo economico generale, poiché sia la ricerca che l'innovazione richiedono un costante apporto di nuove idee, le più brillanti delle quali provengono solitamente da ambienti eterogenei [7, 8, 9].

A questo fenomeno di segregazione orizzontale, inoltre, si accompagna un meccanismo di segregazione verticale, sotto forma di ostacoli culturali e strutturali che rendono particolarmente difficile per le donne valorizzare adeguatamente le proprie competenze e capacità. Questo meccanismo causa la sottorappresentazione delle donne nelle posizioni di alto livello [10]. Ad esempio, secondo la classifica "Global 500" di Fortune, solo 14 dei 500 amministratori delegati delle aziende classificate nel 2019 e 2020 erano donne, e solo 23 nel 2021. Ma anche quando le donne riescono a raggiungere lo stesso livello di carriera, guadagnano in media meno degli uomini. Secondo le Nazioni Unite [11], a livello globale le donne guadagnano in media l'84% delle loro controparti maschili, e le condizioni sono peggiori per le donne di colore, le donne immigrate e le donne con figli. Inoltre, questa situazione di segregazione orizzontale e verticale è stata esacerbata dalla pandemia di Covid-19 che ha colpito soprattutto le donne [5].

1 Stereotipi di genere e STEM

La letteratura precedente suggerisce che gli stereotipi di genere espliciti e impliciti possono contribuire alla bassa percentuale di donne che si laureano in materie STEM e lavorano nei settori professionali corrispondenti [12, 13, 14, 15, 16]. Gli stereotipi di genere consistono in meccanismi di categorizzazione, interpretazione, elaborazione e decodifica della realtà sessuale e, dall'altro, in rappresentazioni socialmente condivise delle differenze tra maschile e femminile, già attive nei processi di socializzazione primaria e secondaria [17]. Gli stereotipi di genere formano, quindi, un sistema coerente di credenze e concezioni inerenti alle identità maschili e femminili in relazione alle caratteristiche di personalità, ai tratti comportamentali, agli atteggiamenti e alle abilità considerati socialmente adeguati per i maschi e le femmine, e, una volta interiorizzati, giocano un ruolo anche nelle scelte educative e professionali [18].

Due sono le ragioni principali per cui i percorsi di formazione scientifica e tecnologica sembrano essere condizionati da rappresentazioni di genere stereotipate: (i) la percezione dell'esistenza di caratteristiche identitarie della popolazione studentesca STEM, che presuppongono, sulla base di stereotipi di genere,

la partecipazione ai percorsi STEM di alcune tipologie di studenti, escludendone altre [19]; (ii) una rappresentazione diffusa, socialmente condivisa, delle caratteristiche di genere in ambito STEM (identità, ruolo, espressione) spesso confusa con il sesso biologico [20]. Ciò contribuisce a creare una sorta di stereotipo STEM, attivo sia all'interno che all'esterno dei contesti scolastici, che ha l'effetto di orientare verso certe scelte di studio, piuttosto che altre, e di escludere una varietà di studenti dallo studio delle materie STEM. Infatti, le giovani studentesse possono non essere interessate alle carriere STEM a causa della loro percezione di queste materie come prevalentemente maschili [21, 22]. Inoltre, le ragazze possono essere implicitamente guidate verso corsi e carriere in cui la percentuale di ragazze è maggiore [14]. A questo proposito, Cundiff e colleghi [13] hanno riscontrato che stereotipi di genere più forti nelle donne erano associati a minori aspirazioni di carriera in ambito STEM e, al contrario, forti stereotipi di genere tra gli uomini erano associati a maggiori aspirazioni di carriera in ambito STEM. Coerentemente con il lavoro precedente, uno studio francese ha rilevato che le studentesse di ingegneria avevano meno stereotipi di genere rispetto alle colleghe delle facoltà umanistiche [12].

Infine, nel settore STEM, gli stereotipi di genere possono anche influire sulle opportunità di lavoro per uomini e donne, influenzando l'atteggiamento di coloro che sono chiamati a selezionare i candidati e il personale nelle valutazioni comparative. Uno studio ha rilevato che il genere dei candidati a una posizione di ricerca condiziona la valutazione della commissione a favore degli uomini [23]. Analogamente, un altro studio mostra che, rispetto a una donna, un uomo ha il doppio delle probabilità di essere assunto, sia da un uomo che da una donna, per una posizione che richiede competenze matematiche [24].

2 La “Minaccia da Stereotipo”

Studi recenti suggeriscono che le differenze di genere nelle discipline STEM potrebbero essere spiegate dalla cosiddetta “minaccia da stereotipo” (dall'inglese *Stereotype Threat*). Secondo questi studi, le donne e le ragazze in ambito STEM devono affrontare stereotipi negativi su di loro legati essenzialmente alla loro identità di genere [25]. Nell'ambito della più ampia teoria della minaccia dell'identità sociale, la minaccia da stereotipo prevede che quando una persona si identifica con un gruppo usualmente in minoranza numerica e che viene stereotipato negativamente da un altro gruppo, tali stereotipi negativi possano inibirle dal dare il meglio di sé [26, 27]. È stato dimostrato che diversi gruppi di minoranza sono influenzati negativamente dagli stereotipi che li riguardano [28]. Questo accade non solo per le donne o le ragazze, ma anche gli uomini, quando lavorano in ambienti tipicamente femminili, hanno mostrato atteggiamenti negativi nei confronti del lavoro e una maggiore intenzione di abbandonare il lavoro stesso a causa degli stereotipi percepiti [29]. Le donne nelle discipline STEM in generale, e nella fisica in particolare, sono tra quelle colpite negativamente [30, 31] a causa della prevalenza di stereotipi negativi nei loro confronti. Gli stereotipi tipici affermano che le ragazze hanno meno talento per le materie scientifiche rispetto ai maschi. Di conseguenza, le ragazze potrebbero non solo avere prestazioni peggiori rispetto ai loro compagni maschi, ma anche avere minore autoefficacia [32]. Inoltre, è stato dimostrato che la minaccia da stereotipi potrebbe ridurre l'interesse delle ragazze per le materie STEM a scuola o all'u-

niversità, l'interesse a lungo termine e le aspirazioni di carriera [33]. Inoltre, la minaccia colpisce le ragazze e le donne indipendentemente dal fatto che lo stereotipo sia attivato in maniera impliciti o esplicita [34]. A livello universitario, infine, è stato dimostrato che la minaccia da stereotipo può ostacolare le ragazze iscritti a corsi STEM nel formare connessioni sociali con altri studenti [35].

3 Identità disciplinare

Studi recenti hanno dimostrato che la minaccia da stereotipo nelle STEM può minare lo sviluppo di un'identità in questo ambito disciplinare [36]. Tale evidenza si basa sul fatto che gli stereotipi di genere in ambito STEM possono condurre ad una minore percezione da parte delle ragazze delle proprie capacità, del proprio interesse e ad un minor senso di appartenenza [37] e questi tre costrutti sono legati tra loro in quella che viene comunemente indicata come identità disciplinare [38]. In generale, il costrutto di identità indica la comprensione che una persona ha di se stessa e degli altri in un contesto in cui è inserita [39]. Il costrutto può essere esteso alla comprensione di come una persona si relaziona con una disciplina e con i professionisti che vi lavorano [40]. Studi in ambito STEM dimostrano che la persistenza e il successo scolastico a livello universitario sono legati a una forte identificazione con la disciplina [41], piuttosto che all'etnia o al gruppo sociale di appartenenza [42, 43]. Altri studi condotti negli Stati Uniti suggeriscono che l'identità disciplinare è correlata all'interesse, alla fiducia nella preparazione, all'autoefficacia, al valore di utilità percepito della disciplina e al senso di appartenenza alla comunità [44]. Inoltre, poiché ognuno di questi costrutti è a sua volta legato alla persistenza e al rendimento in una determinata disciplina [45], studiare l'identità disciplinare delle matricole può essere un modo per identificare le possibili cause per cui le ragazze abbandonano presto lo studio intrapreso delle discipline STEM. Ad esempio, recenti studi sulla didattica della fisica hanno dimostrato uno stretto legame tra identità e differenze di autoefficacia e rendimento nei corsi di fisica introduttivi [46, 47]. Analogamente, in uno studio condotto su studenti universitari di ingegneria e chimica, gli studenti maschi avevano un'identità STEM più elevata rispetto alle loro colleghe [48].

4 Domande di ricerca

Sulla base di quanto emerge dalla letteratura, sembra esserci una mancanza di evidenze della eventuale relazione tra identità nelle discipline STEM e minaccia da stereotipo di genere in queste discipline. In questo studio pertanto abbiamo affrontato questa mancanza focalizzandoci su una specifica disciplina, la fisica, ed uno specifico campione costituito da studenti universitari di corsi di laurea STEM con diversa popolazione dal punto di vista del genere e dell'identità in fisica. Le domande di ricerca sono state:

- *RQ1: Qual è la relazione tra la minaccia da stereotipo di genere sulla fisica percepita e identità disciplinare in fisica di studenti universitari di ambito STEM?*
- *RQ2: In che modo tale relazione dipende dal genere e dal corso universitario?*

Corso di laurea	Studentesse	Studenti	Totale
Biologia e Biotecnologie	156	54	210
Fisica	46	86	132
Informatica	15	66	81
Totale	217	206	423

Tabella 1: Composizione del campione coinvolto nello studio.

5 Metodi

5.1 Campione

In questo studio abbiamo coinvolto un campione di convenienza di 423 studenti universitari iscritti al primo anno dei corsi di laurea in Biologia e Biotecnologie, Fisica e Informatica presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Tutti gli studenti presenti nel campione erano impegnati nello studio di un esame di Fisica Generale. La scelta dei corsi di laurea è stata guidata da quanto i corsi stessi fossero segregati. Sono stati quindi scelti due corsi di laurea segregati al maschile, Fisica e Informatica, ed uno segregato al femminile, cioè Biologia e Biotecnologie.

5.2 Strumenti

Per rispondere alle nostre domande di ricerca abbiamo somministrato agli studenti del nostro campione un questionario costruito adattando all'italiano due scale validate in studi pregressi:

- i. Scala della minaccia da stereotipo di genere in fisica, adattata da Bedynska et al. [49] che include 4 affermazioni su scala Likert da 1 a 6, con 1 = del tutto in disaccordo, 6 = del tutto d'accordo. La scala è riportata in Appendice.
- ii. Scala dell'Identità in Fisica, che include 9 affermazioni su scala Likert da 1 a 5, con 1 = per niente, 5 = del tutto, riguardanti l'interesse verso la Fisica (3 item), il sentirsi riconosciuti come esperti in Fisica (2 item), l'utilità percepita della Fisica (2 item), la percezione di identità in Fisica (1 item) e l'autoefficacia percepita nel sostenere l'esame di Fisica (1 item). La scala completa è riportata in Appendice.

5.3 Metodi

Prima di tutto si è stimata l'affidabilità delle due scale, ottenendo valori della McDonald's ω pari a 0.82 e 0.91, rispettivamente, il che suggerisce una buona affidabilità da parte di entrambe le scale. I dati raccolti sono stati analizzati ricorrendo ad una serie di analisi della varianza e covarianza a 2 vie, con il genere ed il corso di laurea come variabili indipendenti ed i punteggi nella scala dell'identità in Fisica e della minaccia da stereotipo in fisica considerati di volta in volta come variabili dipendenti o covariate.

Variabile	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1. Minaccia da stereotipo in Fisica (4 item)	-					
2. Identità in Fisica (1 item)	.24 ³	-				
3. Interesse verso la Fisica (3 item)	.19 ³	.68 ³	-			
4. Riconoscimento come esperti in Fisica (2 item)	.09	.59 ³	.53 ²	-		
5. Utilità della Fisica (2 item)	.15 ²	.60 ³	.75 ²	.42 ³	-	
6. Autoefficacia nel sostenere esame di Fisica (1 item)	.08	.49 ²	.40 ²	.52 ³	.33 ³	-
Media	1.68	2.66	3.61	3.00	3.94	2.63
Dev. Standard	0.90	1.22	1.10	1.10	1.00	1.23
Min	1	1	1	1	1	1
Max	6	5	5	5	5	5
Biologia/Biotecnologia	1.49	2.11	3.03	2.66	3.46	2.38
Fisica	1.92	3.53	4.59	3.41	4.63	2.97
Informatica	1.77	2.67	3.53	3.21	4.06	2.63
F	9.533 ³	73.218 ³	197.541 ³	22.625 ³	94.218 ³	14.565 ³
η^2	.05	.26	.38	.10	.26	.05
Maschi	1.81	3.02	3.84	3.19	4.09	2.81
Femmine	1.55	2.32	3.39	2.82	3.80	2.47
t	-2.907 ³	-6.117 ³	-4.196 ³	-3.541 ³	-2.979 ³	-2.921 ²
<i>Cohen's d</i>	-0.28	-0.60	-0.41	-0.34	-0.29	-0.28

Tabella 2: Statistiche descrittive delle variabili misurate nello studio.

6 Risultati

6.1 Statistiche descrittive

Le correlazioni tra i punteggi ottenuti dagli studenti nelle scale somministrate sono riportate in Tabella 2. Si riportano nella stessa tabella anche i valori medi e le deviazioni standard. Notiamo che il punteggio nella scala della minaccia da stereotipo ha una correlazione positiva e significativa con l'identità in Fisica, il riconoscimento come esperto e l'autoefficacia. Inoltre, i punteggi nella scala della minaccia da stereotipo e nelle dimensioni della scala dell'identità in fisica sono tutti statisticamente differenti tra i tre corsi di studi. I punteggi più alti sono sempre quelli degli studenti di Fisica, seguiti da quelli di Informatica e di Biologia e Biotecnologie. In linea con questo risultato, le differenze di genere nelle due scale sono anch'esse tutte significative con effect size che variano tra moderati a significativi. I punteggi maggiori nelle due scale sono sempre quelli degli studenti maschi.

² $p < .01$

³ $p < .001$

6.2 Analisi della varianza e covarianza a 2 vie

I risultati dell'analisi della varianza a 2 vie per la scala dell'identità in mostrano che il modello generale è significativo $F(5; 417) = 32.577$, $p < .001$, e spiega il 28% della varianza. Le differenze dovute al solo corso di studio sono significative, $F(2; 417) = 49.405$, $p < .001$, mentre non sono significative le differenze dovute al genere e all'interazione genere x corso di studio. Le differenze dovute al corso di studio sono significative sia tra gli studenti, $F(2; 417) = 34.477$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.14$ che tra le studentesse, $F(2; 417) = 23.297$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.10$. Notiamo che, mentre gli studenti che si identificano nel genere maschile di Fisica hanno identità significativamente più alta ($p < .001$) rispetto ai loro colleghi di Informatica e Biologia e Biotecnologie, le studentesse di Fisica hanno identità in fisica significativamente maggiore ($p < .001$) solo delle colleghe di Biologia e Biotecnologie. Nei singoli corsi di studio, le differenze di genere sono significative per il corso di Biologia e Biotecnologie, $F(1; 417) = 4.397$, $p < .05$, $\eta^2 = 0.010$, e per il corso di Fisica, $F(1; 417) = 8.272$, $p < .01$, $\eta^2 = 0.019$, con gli studenti che hanno un punteggio maggiore delle studentesse.

Se si inserisce il punteggio nella scala del danno da stereotipo in Fisica come covariata nell'analisi della varianza a 2 vie per l'identità in Fisica si ottiene ancora un modello generale significativo $F(5; 417) = 29.607$, $p < .001$, che spiega il 30% della varianza. Le differenze dovute al solo corso di studio sono ancora significative, $F(2; 417) = 43.968$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.17$, nonostante l'effetto significativo della covariata, $F(1; 416) = 10.896$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.026$. Sono ancora non significative le differenze dovute al genere e all'interazione genere x corso di studio. Le differenze dovute al corso di studio sono significative sia tra gli studenti, $F(2; 417) = 35.563$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.15$ che tra le studentesse, $F(2; 417) = 17.108$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.076$. Notiamo che anche in questo caso gli studenti che si identificano nel genere maschile di Fisica hanno identità significativamente più alta ($p < .001$) rispetto ai loro colleghi sia di Informatica e Biologia e Biotecnologie, ma che le studentesse di Fisica hanno identità in fisica significativamente maggiore ($p < .001$) solo delle colleghe di Biologia e Biotecnologie. Nei singoli corsi di studio, le differenze di genere sono significative per solo per il corso di Fisica, $F(1; 417) = 10.475$, $p < .01$, $\eta^2 = 0.025$, con gli studenti che hanno un punteggio maggiore delle studentesse.

Per quel che riguarda la scala del danno da stereotipo in Fisica, il modello è anch'esso significativo, $F(5; 417) = 7.634$, $p < .001$, e spiega l'8% della varianza. Le differenze dovute al solo corso di studio sono significative, $F(2; 417) = 5.801$, $p < .01$, così come l'interazione genere x corso di studio, $F(2; 417) = 7.941$, $p < .001$, mentre quelle dovute al solo genere non sono significative. L'analisi degli effetti semplici mostra che non vi sono differenze dovute al corso di studio per gli studenti che si riconoscono nel genere maschile, mentre per le studentesse tali differenze sono significative $F(2; 417) = 14.429$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.065$. Tali differenze sono dovute sostanzialmente al punteggio significativamente minore delle studentesse di Biologia e Biotecnologia rispetto alle studentesse di Fisica ($p < .001$). Nei singoli corsi di studio, per il corso di Biologia e Biotecnologie gli studenti che hanno un punteggio significativamente maggiore delle studentesse, $F(1; 417) = 13.006$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.030$, mentre il contrario avviene per il corso di Fisica, dove sono le studentesse ad avere un punteggio significativamente maggiore, $F(1; 417) = 4.529$, $p < .05$, $\eta^2 = 0.011$.

Se si inserisce l'identità in Fisica come covariata, il modello è significativo,

$F(5; 417) = 8.328$, $p < .001$, ed aumenta la varianza spiegata al 10%. Le differenze dovute al solo corso di studio non sono più significative, mentre è significativo l'effetto della covariata, $F(1; 416) = 10.896$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.025$ così come è ancora significativa l'interazione genere x corso di studio, $F(2; 416) = 8.582$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.040$. L'analisi degli effetti semplici mostra che non vi sono differenze dovute al corso di studio per gli studenti che si riconoscono nel genere maschile, mentre per le studentesse tali differenze sono ancora significative ma spiegano meno varianza $F(2; 416) = 8.496$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.039$. Tali differenze sono dovute sostanzialmente al punteggio significativamente minore delle studentesse di Biologia e Biotecnologia rispetto alle studentesse di Fisica ($p < .001$). Nei singoli corsi di studio, per il corso di Biologia e Biotecnologie gli studenti hanno ancora un punteggio significativamente maggiore delle studentesse, $F(1; 417) = 10.841$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.025$, mentre il contrario avviene per il corso di Fisica, dove sono le studentesse ad avere ancora un punteggio significativamente maggiore degli studenti, $F(1; 416) = 6.722$, $p < .01$, $\eta^2 = 0.016$. Notiamo che, per il corso di laurea in Fisica, seppur i punteggi assoluti nella scala del danno da stereotipo diminuiscano sia per le ragazze che i ragazzi, le differenze nel punteggio aumentano dopo aver tenuto conto dell'identità come covariata.

7 Conclusioni

Per quel che riguarda la relazione tra la minaccia da stereotipo di genere sulla fisica percepita e identità disciplinare in fisica di studenti universitari di ambito STEM coinvolti nello studio (RQ1), i nostri risultati mostrano una correlazione significativa tra minaccia percepita e identità, interesse e utilità percepita della fisica. In altre parole, maggiore è l'identità in fisica, l'interesse verso la fisica e maggiore l'utilità della fisica per la propria carriera percepita, maggiore è la percezione del danno da stereotipo di genere. Al contrario, non vi è correlazione tra percezione tra minaccia da stereotipo e percezione di autoefficacia e riconoscimento come esperti in fisica. Questo risultato conferma risultati precedenti secondo cui il danno da stereotipo percepito influenza negativamente il senso di appartenenza delle ragazze in Fisica [50]. Quando si tiene conto del genere del corso di studio, i nostri risultati mostrano che gli studenti maschi di fisica hanno un'identità in fisica maggiore rispetto alle studentesse, in accordo con precedenti studi [38, 44] e che tale differenza aumenta se si tiene conto anche della minaccia da stereotipo. Questo risultato è confermato anche dall'analisi dei punteggi nella scala della minaccia da stereotipo. In particolare, per il corso di laurea in fisica, tenendo conto anche del punteggio dell'identità, le differenze tra i punteggi delle studentesse nella percezione della minaccia da stereotipo rispetto a quelli degli studenti aumentano, mentre ad esempio, per il corso di informatica non vi sono differenze. Questo risultato suggerisce che avere un'identità percepita minore aumenta il rischio di percepire la minaccia da stereotipo, il che conferma anche in questo caso ricerche condotte su fattori connessi all'identità come il senso di appartenenza in matematica [37] ed in altre aree scientifiche [51, 52].

In conclusione, i nostri risultati suggeriscono la necessità di corsi che rendano le studentesse meno suscettibili alla minaccia da stereotipo, ad esempio, mostrando che anche famose scienziate hanno dovuto vincere tali stereotipi [53] o rafforzando la cosiddetta “mentalità di crescita” [54]. Infine, per sfruttare appie-

no il potenziale delle studentesse di talento e interessate alla fisica, è necessario progettare opportuni ambienti di apprendimento (ad esempio lezioni partecipate o seminari) che esplicitamente riconoscano la necessità di contrastare gli effetti degli stereotipi di genere nelle scienze e nella fisica in particolare.

Riferimenti bibliografici

- [1] Benbow, C. P., Lubinski, D., Shea, D. L. e Eftekhari-Sanjani, H. “Sex Differences in Mathematical Reasoning Ability at Age 13: Their Status 20 Years Later”. In: *Psychological Science* 11.6 (nov. 2000), pp. 474–480. DOI: 10.1111/1467-9280.00291.
- [2] D’Zurilla, T. J., Maydeu-Olivares, A. e Kant, G. L. “Age and gender differences in social problem-solving ability”. In: *Personality and Individual Differences* 25.2 (ago. 1998), pp. 241–252. DOI: 10.1016/s0191-8869(98)00029-4.
- [3] World Economic Forum. *Gender equality in STEM is possible. These countries prove it*. 2019. URL: <https://www.weforum.org/stories/2019/03/gender-equality-in-stem-is-possible/>.
- [4] European Commission. Directorate General for Research and Innovation. *She figures 2021: gender in research and innovation : statistics and indicators*. LU: Publications Office, 2021. DOI: 10.2777/06090.
- [5] European Commission. Directorate General for Justice and Consumers. *2022 report on gender equality in the EU*. Publications Office, 2022. DOI: 10.2838/94579.
- [6] European Institute for Gender Equality. and European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. *Upward convergence in gender equality: how close is the Union of equality?* LU: Publications Office, 2021. DOI: 10.2839/64463.
- [7] American Association for the Advancement of Science. *Support for Women Scientists Grows As Agencies Seek Pathways for Development, Diplomacy*. 2010. URL: <https://www.aaas.org/news/support-women-scientists-grows-agencies-seek-pathways-development-diplomacy>.
- [8] Gibbs, K. J. *Diversity in STEM: What It Is and Why It Matters*. 2014. URL: <https://www.scientificamerican.com/blog/voices/diversity-in-stem-what-it-is-and-why-it-matters/>.
- [9] Pearson, W. J., Tao, Y. e Slaughter, J. B. “Engineering the Future: African Americans in Doctoral Engineering Programs”. In: *Changing the Face of Engineering: The African American Experience*. Johns Hopkins University Press, 2015.
- [10] Woetzel, L., Madgavkar, A., Ellingrud, K., Labaye, E., Devillard, S., Kutcher, E., Manyika, J., Dobbs, R. e Krishnan, M. *The power of parity: How advancing women’s equality can add \$12 trillion to global growth*. McKinsey & Company. 2015. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/employment-and-growth/how-advancing-womens-equality-can-add-12-trillion-to-global-growth>.

- [11] U. N. Women. *Turning promises into action. gender equality in the 2030 Agenda for Sustainable Development*. UN Women, 2018, p. 337.
- [12] Smeding, A. “Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): An Investigation of Their Implicit Gender Stereotypes and Stereotypes’ Connectedness to Math Performance”. In: *Sex Roles* 67.11–12 (set. 2012), pp. 617–629. DOI: 10.1007/s11199-012-0209-4.
- [13] Cundiff, J. L., Vescio, T. K., Loken, E. e Lo, L. “Do gender–science stereotypes predict science identification and science career aspirations among undergraduate science majors?” In: *Social Psychology of Education* 16.4 (giu. 2013), pp. 541–554. DOI: 10.1007/s11218-013-9232-8.
- [14] Schuster, C. e Martiny, S. E. “Not Feeling Good in STEM: Effects of Stereotype Activation and Anticipated Affect on Women’s Career Aspirations”. In: *Sex Roles* 76.1–2 (ago. 2016), pp. 40–55. DOI: 10.1007/s11199-016-0665-3.
- [15] Spencer, S. J., Steele, C. M. e Quinn, D. M. “Stereotype Threat and Women’s Math Performance”. In: *Journal of Experimental Social Psychology* 35.1 (gen. 1999), pp. 4–28. DOI: 10.1006/jesp.1998.1373.
- [16] Moè, A., Hausmann, M. e Hirnstein, M. “Gender stereotypes and incremental beliefs in STEM and non-STEM students in three countries: relationships with performance in cognitive tasks”. In: *Psychological Research* 85.2 (gen. 2020), pp. 554–567. DOI: 10.1007/s00426-019-01285-0.
- [17] Steele, C. M., Spencer, S. J. e Aronson, J. “Contending with group image: The psychology of stereotype and social identity threat”. In: *Advances in Experimental Social Psychology Volume 34*. Elsevier, 2002, pp. 379–440. DOI: 10.1016/s0065-2601(02)80009-0.
- [18] Steele, C. M. “A threat in the air: How stereotypes shape intellectual identity and performance.” In: *American Psychologist* 52.6 (giu. 1997), pp. 613–629. DOI: 10.1037/0003-066x.52.6.613.
- [19] Clark Blickenstaff, J. “Women and science careers: leaky pipeline or gender filter?” In: *Gender and Education* 17.4 (ott. 2005), pp. 369–386. DOI: 10.1080/09540250500145072.
- [20] Gunderson, E. A., Ramirez, G., Levine, S. C. e Beilock, S. L. “The Role of Parents and Teachers in the Development of Gender-Related Math Attitudes”. In: *Sex Roles* 66.3–4 (mag. 2011), pp. 153–166. DOI: 10.1007/s11199-011-9996-2.
- [21] Cheryan, S., Plaut, V. C., Davies, P. G. e Steele, C. M. “Ambient belonging: How stereotypical cues impact gender participation in computer science.” In: *Journal of Personality and Social Psychology* 97.6 (2009), pp. 1045–1060. DOI: 10.1037/a0016239.
- [22] Ertl, B., Luttenberger, S. e Paechter, M. “The Impact of Gender Stereotypes on the Self-Concept of Female Students in STEM Subjects with an Under-Representation of Females”. In: *Frontiers in Psychology* 8 (mag. 2017). DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00703.
- [23] Moss-Racusin, C. A., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Graham, M. J. e Handelsman, J. “Science faculty’s subtle gender biases favor male students”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.41 (set. 2012), pp. 16474–16479. DOI: 10.1073/pnas.1211286109.

- [24] Reuben, E., Sapienza, P. e Zingales, L. “How stereotypes impair women’s careers in science”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.12 (mar. 2014), pp. 4403–4408. DOI: 10.1073/pnas.1314788111.
- [25] Schmader, T. e Hall, W. M. “Stereotype Threat in School and at Work: Putting Science Into Practice”. In: *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* 1.1 (ott. 2014), pp. 30–37. DOI: 10.1177/2372732214548861.
- [26] Hall, W. M., Schmader, T. e Croft, E. “Engineering Exchanges: Daily Social Identity Threat Predicts Burnout Among Female Engineers”. In: *Social Psychological and Personality Science* 6.5 (feb. 2015), pp. 528–534. DOI: 10.1177/1948550615572637.
- [27] Bedyńska, S., Krejtz, I. e Sedek, G. “Chronic Stereotype Threat Is Associated With Mathematical Achievement on Representative Sample of Secondary Schoolgirls: The Role of Gender Identification, Working Memory, and Intellectual Helplessness”. In: *Frontiers in Psychology* 9 (apr. 2018). DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00428.
- [28] Froehlich, L., Martiny, S. E., Deaux, K., Goetz, T. e Mok, S. Y. “Being smart or getting smarter: Implicit theory of intelligence moderates stereotype threat and stereotype lift effects”. In: *British Journal of Social Psychology* 55.3 (apr. 2016), pp. 564–587. DOI: 10.1111/bjso.12144.
- [29] Kalokerinos, E. K., Kjelsaas, K., Bennetts, S. e Hippel, C. von. “Men in pink collars: Stereotype threat and disengagement among male teachers and child protection workers”. In: *European Journal of Social Psychology* 47.5 (mag. 2017), pp. 553–565. DOI: 10.1002/ejsp.2246.
- [30] Miller, D. I., Eagly, A. H. e Linn, M. C. “Women’s representation in science predicts national gender-science stereotypes: Evidence from 66 nations.” In: *Journal of Educational Psychology* 107.3 (2015), pp. 631–644. DOI: 10.1037/edu0000005.
- [31] Smyth, F. L. e Nosek, B. A. “On the gender–science stereotypes held by scientists: explicit accord with gender-ratios, implicit accord with scientific identity”. In: *Frontiers in Psychology* 6 (apr. 2015). DOI: 10.3389/fpsyg.2015.00415.
- [32] Flore, P. C. e Wicherts, J. M. “Does stereotype threat influence performance of girls in stereotyped domains? A meta-analysis”. In: *Journal of School Psychology* 53.1 (feb. 2015), pp. 25–44. DOI: 10.1016/j.jsp.2014.10.002.
- [33] Schmader, T., Johns, M. e Barquissau, M. “The Costs of Accepting Gender Differences: The Role of Stereotype Endorsement in Women’s Experience in the Math Domain”. In: *Sex Roles* 50.11/12 (giu. 2004), pp. 835–850. DOI: 10.1023/b:sers.0000029101.74557.a0.
- [34] Marchand, G. C. e Taasoobshirazi, G. “Stereotype Threat and Women’s Performance in Physics”. In: *International Journal of Science Education* 35.18 (dic. 2013), pp. 3050–3061. DOI: 10.1080/09500693.2012.683461.
- [35] Martiny, S. E. e Nikitin, J. “Social identity threat in interpersonal relationships: Activating negative stereotypes decreases social approach motivation.” In: *Journal of Experimental Psychology: Applied* 25.1 (mar. 2019), pp. 117–128. DOI: 10.1037/xap0000198.

- [36] Kessels, U., Rau, M. e Hannover, B. “What goes well with physics? Measuring and altering the image of science”. In: *British Journal of Educational Psychology* 76.4 (2006), pp. 761–780. DOI: 10.1348/000709905x59961.
- [37] Good, C., Rattan, A. e Dweck, C. S. “Why do women opt out? Sense of belonging and women’s representation in mathematics.” In: *Journal of Personality and Social Psychology* 102.4 (2012), pp. 700–717. DOI: 10.1037/a0026659.
- [38] Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M. e Shanahan, M. “Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 47.8 (feb. 2010), pp. 978–1003. DOI: 10.1002/tea.20363.
- [39] Carlone, H. B. e Johnson, A. “Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 44.8 (set. 2007), pp. 1187–1218. DOI: 10.1002/tea.20237.
- [40] Chemers, M. M., Zurbriggen, E. L., Syed, M., Goza, B. K. e Bearman, S. “The Role of Efficacy and Identity in Science Career Commitment Among Underrepresented Minority Students: Efficacy and Identity in Science Career Commitment”. In: *Journal of Social Issues* 67.3 (set. 2011), pp. 469–491. DOI: 10.1111/j.1540-4560.2011.01710.x.
- [41] Dovidio, J. F., Gaertner, S. L., Niemann, Y. F. e Snider, K. “Racial, Ethnic, and Cultural Differences in Responding to Distinctiveness and Discrimination on Campus: Stigma and Common Group Identity”. In: *Journal of Social Issues* 57.1 (gen. 2001), pp. 167–188. DOI: 10.1111/0022-4537.00207.
- [42] Osborne, J. W. e Walker, C. “Stereotype Threat, Identification with Academics, and Withdrawal from School: Why the most successful students of colour might be most likely to withdraw”. In: *Educational Psychology* 26.4 (ago. 2006), pp. 563–577. DOI: 10.1080/01443410500342518.
- [43] Eccles, J. S. e Barber, B. L. “Student Council, Volunteering, Basketball, or Marching Band: What Kind of Extracurricular Involvement Matters?” In: *Journal of Adolescent Research* 14.1 (gen. 1999), pp. 10–43. DOI: 10.1177/0743558499141003.
- [44] Hazari, Z., Chari, D., Potvin, G. e Brewe, E. “The context dependence of physics identity: Examining the role of performance/competence, recognition, interest, and sense of belonging for lower and upper female physics undergraduates”. In: *Journal of Research in Science Teaching* 57.10 (lug. 2020), pp. 1583–1607. DOI: 10.1002/tea.21644.
- [45] Patrick, A., Borrego, M. e Prybutok, A. “Predicting Persistence in Engineering through an Engineering Identity Scale”. In: (2018). DOI: 10.15781/T2ZC7SB9J.
- [46] Kalender, Z. Y., Marshman, E., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J. e Singh, C. “Damage caused by women’s lower self-efficacy on physics learning”. In: *Physical Review Physics Education Research* 16.1 (apr. 2020), p. 010118. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.16.010118.

- [47] Kalender, Z. Y., Marshman, E., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J. e Singh, C. “Gendered patterns in the construction of physics identity from motivational factors”. In: *Physical Review Physics Education Research* 15.2 (ago. 2019), p. 020119. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.15.020119.
- [48] Young, D. M., Rudman, L. A., Buettner, H. M. e McLean, M. C. “The Influence of Female Role Models on Women’s Implicit Science Cognitions”. In: *Psychology of Women Quarterly* 37.3 (apr. 2013), pp. 283–292. DOI: 10.1177/0361684313482109.
- [49] Bedyńska, S., Rycielski, P. e Jabłońska, M. “Measuring Stereotype Threat at Math and Language Arts in Secondary School: Validation of a Questionnaire”. In: *Frontiers in Psychology* 12 (giu. 2021). DOI: 10.3389/fpsyg.2021.553964.
- [50] Ladewig, A., Keller, M. e Klusmann, U. “Sense of Belonging as an Important Factor in the Pursuit of Physics: Does It Also Matter for Female Participants of the German Physics Olympiad?” In: *Frontiers in Psychology* 11 (ott. 2020). DOI: 10.3389/fpsyg.2020.548781.
- [51] Nosek, B. A., Banaji, M. R. e Greenwald, A. G. “Math = male, me = female, therefore math $\neq$ me.” In: *Journal of Personality and Social Psychology* 83.1 (2002), pp. 44–59. DOI: 10.1037/0022-3514.83.1.44.
- [52] Schmader, T. “Gender Identification Moderates Stereotype Threat Effects on Women’s Math Performance”. In: *Journal of Experimental Social Psychology* 38.2 (2002), pp. 194–201. DOI: 10.1006/jesp.2001.1500.
- [53] Lin-Siegler, X., Ahn, J. N., Chen, J., Fang, F.-F. A. e Luna-Lucero, M. “Even Einstein struggled: Effects of learning about great scientists’ struggles on high school students’ motivation to learn science.” In: *Journal of Educational Psychology* 108.3 (apr. 2016), pp. 314–328. DOI: 10.1037/edu0000092.
- [54] Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H. e Dweck, C. S. “Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention”. In: *Child Development* 78.1 (gen. 2007), pp. 246–263. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x.

Appendice

Percezione del danno da stereotipo

1. I professori di fisica favoriscono i ragazzi rispetto alle ragazze.
2. I ragazzi sono più convinti delle ragazze di essere bravi in fisica.
3. Mediamente, i ragazzi sono più propensi delle ragazze a dire che la fisica è la loro materia preferita.
4. I genitori credono che la fisica sia più importante per i figli maschi che per le figlie femmine.

Identità in fisica

1. Quanto ti interessano gli argomenti di Fisica?
2. Quanto ti interessano i risultati della ricerca in Fisica?
3. Quanto saresti interessato ad avere un hobby legato alla Fisica?
4. Quanto bene ti valutano i tuoi compagni di classe in fisica?
5. Quanto bene ti valutano i tuoi insegnanti in Fisica?
6. Quanto pensi che sia utile per il tuo futuro studiare fisica?
7. Quanto pensi che sia utile per il tuo futuro imparare argomenti di Fisica?
8. Ti vedi come una persona che fa Fisica?
9. In che misura ti senti preparato per l'esame di fisica?

Mentoring in pratica. Coinvolgere le studenti nelle discipline STEM

G. Vingelli

Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali, Università della Calabria

Abstract

In recent decades, persistent gender disparities in science, technology, engineering and mathematics (STEM) subjects have prompted a growing body of research and policy initiatives aimed at promoting equity and inclusion. Mentoring has emerged as one of the most effective strategies for supporting the progression of girls and women into and through STEM education and careers. It not only represents a means of knowledge transmission, but also a transformative tool that can be used to challenge the cultural, institutional and psychosocial barriers that continue to hinder female participation. While various interventions have been implemented at different levels, from early education to professional development, the complexity of structural inequalities in STEM requires multi-layered, context-sensitive approaches. This article provides an overview of current mentoring research in STEM, paying particular attention to the roles of female and near-peer mentors. It also presents a case study of the “Environmental Sustainability” project, a gender-sensitive mentoring programme organised by the University of Calabria and piloted in secondary schools in southern Italy.

Introduzione

Nonostante decenni di ricerche, politiche e interventi istituzionali, la sottorappresentazione delle donne nelle discipline STEM continua a rappresentare una sfida. Sebbene l'accesso all'istruzione per le ragazze sia notevolmente migliorato a livello globale, permangono significative disparità di genere nella scelta, nella permanenza e nella progressione delle donne nei percorsi accademici e professionali legati alle STEM. Tali disuguaglianze affondano le radici in barriere culturali, istituzionali e psicosociali complesse e interconnesse, che limitano la partecipazione e l'avanzamento delle donne. Il mentoring si è imposto come una strategia chiave per affrontare queste sfide, non solo come meccanismo di trasmissione del sapere, ma anche come pratica relazionale e trasformativa capace di promuovere inclusione, resilienza ed equità di genere. Il presente articolo esamina il ruolo del mentoring nelle STEM da una duplice prospettiva: offre una rassegna critica della letteratura attuale sulle pratiche di mentoring attente alla dimensione di genere e propone un caso studio relativo a un recente progetto/intervento. Concentrandosi sul progetto “Sostenibilità ambientale”, coordinato dall'Università della Calabria, lo studio esplora come esperienze

strutturate di mentoring, in particolare quelle che coinvolgono mentori donne e mentori *near-peer*¹, possano potenziare le giovani donne, contrastare gli stereotipi e favorire nuove modalità di interazione con le discipline STEM. In questo modo, l'articolo vuole contribuire al dibattito in corso sull'efficacia del mentoring nella riforma educativa e sul suo potenziale per rendere le discipline STEM più inclusive ed eque.

1 Discriminazione di genere e STEM

Negli ultimi decenni sono stati sviluppati numerosi programmi di mentoring, sia in ambito educativo sia professionale, al fine di ridurre le disparità di genere nelle discipline STEM e incoraggiare la partecipazione femminile nel lungo periodo. Queste iniziative mirano a sostenere le donne nel superamento delle sfide sociali e strutturali che caratterizzano settori storicamente dominati dagli uomini. Gli interventi spaziano da attività scolastiche volte a suscitare un precoce interesse per la scienza e la tecnologia, fino alla creazione di reti professionali e opportunità di sviluppo di carriera per le donne già inserite nel mondo del lavoro. Tuttavia, nonostante l'ampia diffusione di tali misure, i divari di genere persistono, rendendo necessarie strategie più articolate e consapevoli, capaci di affrontare barriere culturali e istituzionali radicate. Malgrado i significativi progressi ottenuti negli ultimi cinquant'anni in ambito educativo e professionale, i risultati si presentano disomogenei, con diverse aree che restano prevalentemente maschili. Una delle difficoltà principali risiede nel mantenere l'interesse delle ragazze verso le discipline STEM dalla scuola primaria all'università, visto il netto calo nel coinvolgimento osservato solitamente tra gli 11 e i 15 anni. Tale calo è attribuito alla persistenza degli stereotipi di genere, alla mancanza di modelli femminili di ruolo e a un'insufficiente offerta di esperienze didattiche pratiche. Già nei primi anni della scuola secondaria, infatti, quasi la metà delle ragazze perde interesse per le materie STEM – un fenomeno riconducibile a stereotipi di genere, all'assenza di figure femminili di riferimento e alla presenza di bias impliciti nei contesti scolastici [1]. Questi modelli si perpetuano anche in età adulta, e le donne risultano significativamente sottorappresentate nei percorsi di laurea in ingegneria, informatica e scienze fisiche. Come Dennehy e Dasgupta hanno osservato [2] “la percentuale di donne con titoli di studio in tali ambiti è molto inferiore rispetto agli uomini, e questa proporzione diminuisce ulteriormente man mano che si sale nei livelli di carriera”. Tale fenomeno, noto come *leaky pipeline*, riflette l'effetto intersezionale di aspettative di genere, esclusioni sistemiche e accesso diseguale a risorse e opportunità. Anche tra coloro che riescono ad accedere e permanere nelle carriere STEM, molte riferiscono di vivere condizioni di burnout, isolamento e in ambienti lavorativi poco accoglienti. Tutti questi fattori contribuiscono a un tasso di abbandono sensibilmente più alto rispetto ai colleghi maschi [3, 4]. Le ricerche evidenziano inoltre la frequenza di microaggressioni, molestie e la costante svalutazione dei contributi

¹Il mentoring near-peer (mentoring tra pari prossimi) è una forma di mentoring in cui il/la mentore ha un livello di esperienza solo leggermente superiore rispetto a quello del/la *mentee*. A differenza del mentoring tradizionale, basato su una marcata gerarchia (ad esempio docente/studente), il mentoring near-peer si fonda su una relazione tra pari, in cui il/la mentore può essere: uno studente universitario che supporta studenti delle scuole superiori; uno studente di un anno avanzato che affianca matricole; un/a giovane ricercatore/trice che guida un/a laureando/a o un/a tirocinante.

delle donne – elementi che alimentano un senso di marginalizzazione professionale [5]. Queste sfide risultano ancora più acute per le donne appartenenti a minoranze etniche o a gruppi socioeconomici svantaggiati, che affrontano forme multiple e intersezionali di discriminazione. Promuovere un'inclusione autentica nelle STEM richiede quindi riforme strutturali in ambito educativo e lavorativo, volte a garantire ambienti equi e di sostegno per tutte e tutti.

2 Mentoring

Il termine *mentoring* ha assunto nel tempo diverse definizioni. In generale, esso si riferisce a una relazione continuativa tra una o più persone esperte (mentori) e una o più persone con minore esperienza (mentee). Si tratta di un processo informale mediante il quale vengono trasmessi sapere, capitale sociale e supporto psicosociale, percepiti dal destinatario come rilevanti per la propria formazione, carriera o sviluppo professionale. Il mentoring implica una comunicazione informale, solitamente faccia a faccia e protratta nel tempo, tra chi possiede maggiore esperienza e saggezza (il mentore) e chi ne ha meno (la/il protetta/o) [6]. Questa relazione si fonda sulla fiducia reciproca e mira a promuovere la crescita e il progresso del/della mentee. Il mentoring è quindi sempre più riconosciuto come uno strumento fondamentale per promuovere equità e inclusione nelle discipline STEM. Attraverso il sostegno, l'orientamento e la presenza di modelli di ruolo, aiuta le donne a orientarsi tra gli ostacoli sistemici e culturali che ne ostacolano il percorso. Favorisce il senso di appartenenza, rafforza la fiducia in sé stesse e facilita l'accesso a reti professionali e opportunità. Studi inoltre dimostrano che le relazioni di mentoring, in particolare quelle con mentori donne, riducono la sensazione di isolamento, migliorano i tassi di permanenza e rafforzano la capacità delle donne di affrontare i bias e affermarsi in ambienti dominati dagli uomini.

Diversi studi hanno inoltre analizzato l'impatto del mentoring nella riduzione delle disparità di genere. Ad esempio, un esperimento longitudinale condotto da Dennehy e Dasgupta ha rilevato che le studentesse di ingegneria assegnate a mentori femminili tra pari hanno sviluppato un maggiore senso di appartenenza, motivazione e fiducia in sé stesse, con un conseguente aumento dei tassi di permanenza nei corsi di laurea in ingegneria [2]. Mullen e Klimaitis [7] sottolineano l'importanza delle mentori femminili come modelli di ruolo nelle discipline STEM. Il loro studio ha evidenziato che le relazioni di mentoring possono influenzare positivamente i risultati accademici delle mentee e la loro decisione di intraprendere percorsi di studio in ambito STEM. La presenza di modelli di ruolo percepiti come accessibili consente infatti alle mentee di immaginarsi in simili posizioni di successo, favorendo così la permanenza nelle carriere scientifiche. McGee et al. [8] evidenziano l'importanza di integrare il principio dell'intersezionalità nei programmi di mentoring, sostenendo che i modelli devono tener conto dei contesti sociali specifici, delle dinamiche di potere e degli aspetti relazionali che influenzano in particolare le donne appartenenti a minoranze etniche. Propongono quindi approcci al mentoring sensibili alle identità intersezionali.

Le aule scolastiche hanno un ruolo cruciale nella riproduzione di stereotipi di genere. Per creare ambienti scolastici inclusivi, i curricula dovrebbero mirare a far comprendere agli studenti le disuguaglianze di genere e a fornire strumenti per affrontare i bias presenti [9]. Sebbene i modelli di ruolo femminili in ambito

scientifico siano considerati importanti, le evidenze empiriche sul loro impatto sui risultati delle ragazze nelle STEM sono contrastanti [10, 11]. Oltre alle competenze, le ragazze sembrano trarre maggiore beneficio da modelli di ruolo che percepiscono come simili a sé stesse, non necessariamente “straordinari” e inarrivabili [12, 13, 14]. Per questo motivo, non tutti i modelli di ruolo sono percepiti come supportivi e incoraggianti. Le mentee che ritengono le proprie mentori disponibili e solidali tendono a essere più soddisfatte della relazione di mentoring; analogamente, gli/le studenti che percepiscono i/le docenti come empatici e attenti ottengono risultati accademici migliori [15]. In conclusione, esporre le ragazze a modelli di ruolo con le caratteristiche adeguate rappresenta una delle strategie più efficaci per stimolare il loro interesse verso le discipline scientifiche.

3 Il progetto “Sostenibilità ambientale”

Il progetto “Sostenibilità ambientale” è coordinato dal Centro di Women’s Studies “Milly Villa” dell’Università della Calabria (Unical) in collaborazione con l’Agora-Lab, il Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali e le Delegate per le Pari Opportunità dei dipartimenti STEM dell’Ateneo. Il progetto prevede l’attivazione di un percorso strutturato di mentoring e formazione in sei scuole superiori della regione Calabria, nell’ambito dei PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l’Orientamento). L’iniziativa è stata sviluppata a partire da quanto emerso nel monitoraggio di precedenti interventi finalizzati alla promozione dell’equità di genere nelle materie STEM. Tali valutazioni hanno evidenziato che l’utilizzo di modelli femminili altamente performanti produceva esiti contrastanti: se da un lato queste figure possono temporaneamente rompere gli stereotipi e ispirare studentesse ad alte prestazioni, dall’altro rischiano di risultare inaccessibili e scoraggianti per una più ampia platea. Queste evidenze hanno reso evidente la necessità di un approccio di mentoring più inclusivo e duraturo, in grado di promuovere identificazione, fiducia e senso di appartenenza, soprattutto tra coloro che trovano difficile immaginarsi in percorsi STEM a causa di barriere sistemiche o psicologiche.

Alla luce delle criticità emerse in precedenti interventi, la progettazione dell’iniziativa si è basata su due considerazioni fondamentali. In primo luogo, si è ritenuto essenziale strutturare un percorso capace di coinvolgere le studentesse tanto sul piano dell’acquisizione di conoscenze quanto su quello dell’apprendimento esperienziale, favorendo lo sviluppo di competenze concrete e integrando il “sapere” con il “saper fare”. Questo approccio risponde agli obiettivi dei PCTO, che promuovono l’acquisizione di competenze trasversali e un orientamento pratico. In secondo luogo, il progetto ha inteso affrontare l’effetto indesiderato della idealizzazione dei modelli di ruolo come figure eccezionali. Al contrario, si è proposto di promuovere una rappresentazione delle scienziate come professioniste impegnate in un lavoro straordinario. Sottolineando la normalità e l’accessibilità delle carriere scientifiche per le donne, l’iniziativa ha inteso favorire l’identificazione, ridurre il senso di inadeguatezza e motivare una più ampia gamma di studenti, incluse coloro che inizialmente non si percepivano adatte a percorsi nelle STEM. Il progetto “Sostenibilità ambientale” ha quindi previsto un’attività formale di mentoring in presenza, durante la quale le partecipanti hanno seguito moduli di apprendimento distribuiti nell’arco di tre mesi. Le

docenti universitarie hanno ricoperto il ruolo di mentori, supportando le studentesse nei temi prescelti e incoraggiandole a esplorare le proprie competenze, passioni e aspirazioni professionali. Per costruire questo percorso sono state seguite diverse fasi:

1. È stato selezionato un modello di mentoring che prevedeva una comunicazione regolare tra docenti universitari, docenti di riferimento nelle scuole e studenti.
2. Sono stati individuati sei istituti secondari superiori già coinvolti in progetti di orientamento in collaborazione con l'università, e nei quali dirigenti scolastici e insegnanti avevano manifestato interesse a partecipare alla co-progettazione. Sono state selezionate 20 studenti per ciascun istituto, in prevalenza appartenenti alle classi quarte e quinte.
3. È stata adottata una metodologia laboratoriale che, oltre alla formazione teorica, prevedeva l'individuazione di un'attività o sperimentazione in cui le partecipanti potessero avere un ruolo attivo.
4. Parallelamente, sono state individuate diverse docenti dei dipartimenti STEM dell'Università della Calabria, coinvolte nella progettazione e nell'erogazione dei moduli, nonché disponibili a condividere la metodologia di mentoring individuata.
5. Per ciascuna scuola è stato individuato un tema connesso allo sviluppo sostenibile (etica del web; risorse da tutelare: acqua; risorse da tutelare: aria e suolo; salute umana; città sostenibili; scienza e patrimonio culturale). La formazione sulla discriminazione di genere ha dunque costituito solo la parte introduttiva del corso, che si è poi concentrato prevalentemente su attività laboratoriali specifiche per ciascun ambito, coordinate e svolte da ricercatrici dell'Università della Calabria. La questione della discriminazione di genere nelle STEM è rimasta un tema trasversale, affrontato in occasione di un seminario dedicato.
6. Questionari iniziali e finali, unitamente a focus group con i docenti delle scuole coinvolte, sono stati utilizzati per monitorare l'intero processo.

Il programma ha avuto una durata complessiva di 60 ore, suddivise in 15 ore di formazione e attività di laboratorio, 25 ore di lavoro di gruppo e 15 ore di mentoring attivo (sia in presenza che online) a supporto della realizzazione del progetto finale. Sono state inoltre previste 5 ore per le attività di disseminazione, tra cui una conferenza conclusiva. Il lavoro di gruppo ha richiesto un periodo di progettazione relativamente lungo, costantemente monitorato da tutor scolastici e universitari attraverso incontri in presenza e online. Gli esperimenti e le attività svolte dai gruppi di studenti sono stati presentati in occasione della Giornata Internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza (11 febbraio 2024). L'evento non ha avuto carattere competitivo, ma è stato concepito come momento di restituzione e condivisione pubblica dei risultati delle attività, aperto a tutte le studentesse e gli studenti delle scuole partecipanti. In tale occasione, una rappresentante scelta dalle colleghe di classe ha presentato l'attività svolta dal proprio gruppo. Il seminario si è basato esclusivamente sulle presentazioni studentesche, conferendo alle ragazze il ruolo di protagoniste uniche dell'incontro. All'evento conclusivo sono stati invitati anche diversi istituti

di scuola media inferiore, selezionati dagli istituti superiori partecipanti, con l'obiettivo di avviare un modello di tutoraggio tra pari tra studenti delle scuole superiori e delle medie (approccio near-peer). Le relazioni di mentoring near-peer, in cui la/un mentore si trova solo leggermente più avanti della/del mentee nel proprio percorso accademico o professionale, rappresentano un ambito di ricerca emergente nell'educazione STEM. A differenza dei modelli di mentoring gerarchico tradizionali, il near-peer mentoring favorisce una dinamica relazionale più accessibile e riconoscibile. Tale prossimità consente alle/ai mentee di immaginare percorsi di studio e di carriera realistici in ambito scientifico e tecnico. La vicinanza relazionale contribuisce a rendere più comprensibili contenuti complessi e ad attenuare il senso di intimidazione spesso associato alle discipline STEM. Alcuni studi dimostrano che il mentoring near-peer favorisce lo sviluppo di competenze disciplinari specifiche [16], incrementa il coinvolgimento e l'interesse verso le STEM [17] e migliora la permanenza nei percorsi formativi, in particolare tra i gruppi sottorappresentati [18, 19].

4 Lezioni apprese

L'efficacia dei programmi di mentoring e formazione nelle scuole dipende da una progettazione accurata e da una strutturazione partecipata che coinvolga attivamente tutte le figure del sistema educativo. In particolare, il coinvolgimento dei docenti referenti scolastici, formalmente inclusi nei gruppi di progettazione e monitoraggio, risulta essenziale per garantire continuità, adattamento ai contesti specifici e coerenza metodologica nel tempo [20]. Inoltre, nella fase di sviluppo di nuovi programmi, i promotori dovrebbero fare riferimento alle migliori pratiche di mentoring, adattandole ai bisogni specifici dei/delle partecipanti. La realizzazione di un'analisi dei bisogni – in termini di obiettivi, aspettative e sfide contestuali – consente di definire finalità e strutture coerenti e significative per il gruppo target [21]. Allo stesso tempo, è necessario promuovere studi di ricerca longitudinali volti a valutare l'impatto a lungo termine delle iniziative di mentoring e formazione, al fine di documentarne gli effetti sostenibili e il potenziale trasformativo [22]. Per incentivare la cooperazione e la collaborazione tra i gruppi, nelle future edizioni del programma si prevede inoltre l'implementazione di gruppi di apprendimento cooperativo misti. Promuovere gruppi di apprendimento cooperativo misti per genere rappresenta un elemento chiave per incentivare la collaborazione tra i sessi nelle discipline STEM. Tuttavia, è fondamentale evitare la riproduzione di stereotipi di genere tradizionali, come l'attribuzione agli uomini di ruoli di leadership e alle donne di ruoli subordinati. A tal fine, è opportuno incoraggiare l'emergere di un'identità condivisa come "studenti STEM" impegnati/e in obiettivi comuni [23]. Sebbene l'efficacia delle strategie di apprendimento attivo nel migliorare i risultati educativi sia ampiamente riconosciuta [24], tali approcci possono generare stress e ansia negli/le studenti/esse, in particolare a causa della loro enfasi sulla risoluzione di problemi e sulla sperimentazione. Pertanto, l'integrazione dell'apprendimento attivo in aula richiede una guida costante, un monitoraggio attento e un feedback formativo continuo da parte dei docenti [25].

5 Conclusioni

L'analisi della letteratura e l'implementazione del programma "Sostenibilità ambientale" hanno evidenziato il potenziale trasformativo del mentoring nel contrastare le disuguaglianze di genere nelle discipline STEM. Tuttavia, l'efficacia di un programma non dipende solo dalla presenza di mentori, ma anche dalla struttura, dal contesto e dall'inclusività del modello di mentoring adottato. Elementi essenziali sono: una collaborazione continuativa tra istituzioni educative, l'enfasi sull'apprendimento esperienziale e l'integrazione di una pedagogia sensibile al genere. In particolare, il mentoring near-peer offre prospettive promettenti per la costruzione di relazioni accessibili e potenzianti, capaci di favorire identificazione e resilienza tra gli studenti.

Le iniziative future dovrebbero puntare ad ampliare l'impiego di gruppi cooperativi misti nelle discipline STEM, promuovendo la collaborazione e, al contempo, affrontando in modo critico la riproduzione dei ruoli di genere tradizionali. Sebbene le strategie di apprendimento attivo siano efficaci, è necessario che siano applicate con attenzione alle ansie e difficoltà che gli/le studenti possono sperimentare. Meccanismi di valutazione, studi d'impatto di lungo periodo e modelli di mentoring specifici per contesto saranno fondamentali per assicurare che tali interventi conducano a un cambiamento sistemico duraturo. In ultima analisi, creare ambienti STEM inclusivi ed equi richiede un impegno costante sia nell'innovazione programmatica sia nella trasformazione culturale.

Riferimenti bibliografici

- [1] Eccles, J. S. e Wang, M.-T. "What motivates females and males to pursue careers in mathematics and science?" In: *International Journal of Behavioral Development* 40.2 (nov. 2015), pp. 100–106. DOI: 10.1177/0165025415616201.
- [2] Dennehy, T. C. e Dasgupta, N. "Female peer mentors early in college increase women's positive academic experiences and retention in engineering". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.23 (mag. 2017), pp. 5964–5969. DOI: 10.1073/pnas.1613117114.
- [3] Horrocks, P. T. M. e Hall, N. C. "Social Support and Motivation in STEM Degree Students: Gender Differences in Relations with Burnout and Academic Success". In: *Interdisciplinary Education and Psychology* 4.1 (gen. 2024). DOI: 10.31532/interdiscipeducpsychol.4.1.001.
- [4] Dasgupta, N. e Stout, J. G. "Girls and Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics: STEMing the Tide and Broadening Participation in STEM Careers". In: *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* 1.1 (ott. 2014), pp. 21–29. DOI: 10.1177/2372732214549471.
- [5] Johnson, P. A., Widnall, S. E. e Benya, F. F. *Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine*. National Academies Press, ago. 2018. DOI: 10.17226/24994.

- [6] Bozeman, B. e Feeney, M. K. "Toward a Useful Theory of Mentoring: A Conceptual Analysis and Critique". In: *Administration & Society* 39.6 (ott. 2007), pp. 719–739. DOI: 10.1177/0095399707304119.
- [7] Mullen, C. A. e Klimaitis, C. C. "Defining mentoring: a literature review of issues, types, and applications". In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1483.1 (lug. 2019), pp. 19–35. DOI: 10.1111/nyas.14176.
- [8] Nkrumah, T. e Scott, K. A. "Mentoring in STEM higher education: a synthesis of the literature to (re)present the excluded women of color". In: *International Journal of STEM Education* 9.1 (lug. 2022). DOI: 10.1186/s40594-022-00367-7.
- [9] Spinner, L., Tenenbaum, H. R., Cameron, L. e Wallinheimo, A.-S. "A school-based intervention to reduce gender-stereotyping". In: *School Psychology International* 42.4 (apr. 2021), pp. 422–449. DOI: 10.1177/01430343211009944.
- [10] Betz, D. E. e Sekaquaptewa, D. "My Fair Physicist? Feminine Math and Science Role Models Demotivate Young Girls". In: *Social Psychological and Personality Science* 3.6 (mar. 2012), pp. 738–746. DOI: 10.1177/1948550612440735.
- [11] Rosenberg-Kima, R. B., Baylor, A. L., Plant, E. A. e Doerr, C. E. "Interface agents as social models for female students: The effects of agent visual presence and appearance on female students' attitudes and beliefs". In: *Computers in Human Behavior* 24.6 (set. 2008), pp. 2741–2756. DOI: 10.1016/j.chb.2008.03.017.
- [12] Drury, B. J., Siy, J. O. e Cheryan, S. "When Do Female Role Models Benefit Women? The Importance of Differentiating Recruitment From Retention in STEM". In: *Psychological Inquiry* 22.4 (ott. 2011), pp. 265–269. DOI: 10.1080/1047840x.2011.620935.
- [13] Ensher, E. A., Thomas, C. e Murphy, S. E. "Comparison of Traditional, Step-Ahead, and Peer Mentoring on Protégés' Support, Satisfaction, and Perceptions of Career Success: A Social Exchange Perspective". In: *Journal of Business and Psychology* 15.3 (2001), pp. 419–438. DOI: 10.1023/a:1007870600459.
- [14] Ensher, E. A. e Murphy, S. E. "Effects of Race, Gender, Perceived Similarity, and Contact on Mentor Relationships". In: *Journal of Vocational Behavior* 50.3 (giu. 1997), pp. 460–481. DOI: 10.1006/jvbe.1996.1547.
- [15] Hughes, J. N. "Teacher–student relationships and school adjustment: progress and remaining challenges". In: *Attachment & Human Development* 14.3 (apr. 2012), pp. 319–327. DOI: 10.1080/14616734.2012.672288.
- [16] Quitadamo, I. J., Brahler, C. e Crouch, G. J. "Peer-led team learning: A prospective method for increasing critical thinking in undergraduate science courses". In: *Science Educator* 18 (1 2009), pp. 29–39.
- [17] Wilson, A. T. e Grigorian, S. "The near-peer mathematical mentoring cycle: studying the impact of outreach on high school students' attitudes toward mathematics". In: *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 50.1 (giu. 2018), pp. 46–64. DOI: 10.1080/0020739x.2018.1467508.

- [18] Vries, S. de, Jansen, E. P. e Grift, W. J. van de. “Profiling teachers’ continuing professional development and the relation with their beliefs about learning and teaching”. In: *Teaching and Teacher Education* 33 (lug. 2013), pp. 78–89. DOI: 10.1016/j.tate.2013.02.006.
- [19] Anderson, M. K., Tenenbaum, L. S., Ramadorai, S. B. e Yourick, D. L. “Near-peer Mentor Model: Synergy within Mentoring”. In: *Mentoring & Tutoring: Partnership in Learning* 23.2 (mar. 2015), pp. 116–132. DOI: 10.1080/13611267.2015.1049017.
- [20] Fletcher, S. e Mullen, C. *The SAGE Handbook of Mentoring and Coaching in Education*. SAGE Publications Ltd, 2012. DOI: 10.4135/9781446247549.
- [21] Crisp, G. e Cruz, I. “Mentoring College Students: A Critical Review of the Literature Between 1990 and 2007”. In: *Research in Higher Education* 50.6 (apr. 2009), pp. 525–545. DOI: 10.1007/s11162-009-9130-2.
- [22] Jacobi, M. “Mentoring and Undergraduate Academic Success: A Literature Review”. In: *Review of Educational Research* 61.4 (dic. 1991), pp. 505–532. DOI: 10.3102/00346543061004505.
- [23] Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z. e Tai, R. “Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study”. In: *Science Education* 96.3 (gen. 2012), pp. 411–427. DOI: 10.1002/sce.21007.
- [24] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. e Wenderoth, M. P. “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.23 (mag. 2014), pp. 8410–8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.
- [25] Prince, M. “Does Active Learning Work? A Review of the Research”. In: *Journal of Engineering Education* 93.3 (lug. 2004), pp. 223–231. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.

Diversità di genere nelle discipline STEM: una sfida trasversale per l'insegnamento scientifico nelle scuole

V. Montalbano^{1,2}

¹Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente,
Università di Siena

²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa

Abstract

There has been a significant gender imbalance in pursuing STEM since the 20th century. While there have been commendable efforts to address this imbalance in recent decades, there is still much work to be done. For those involved in high school guidance, it is not uncommon to encounter female students who self-exclude themselves from possible careers in science, citing a lack of appropriate skills. Action is needed to reverse this. A professional enhancement for high school teachers is presented aimed at creating a community of teachers who are looking for overcoming gender gap effectively in the classroom. One way could be to foster the growth of female students' self-esteem in the hard sciences.

Introduzione

Il superamento delle disuguaglianze di genere nelle società ha attraversato tutto il Novecento, segnando importanti successi sia nel riconoscimento normativo dei diritti civili (diritto di voto, autonomia giuridica ed economica, parità nei diritti familiari e riproduttivi) che nella vita quotidiana delle persone. Il diritto all'istruzione per tutti ha cambiato molti aspetti del vivere civile, aprendo l'accesso al mondo del lavoro e delle professioni al genere femminile.

Le donne in Italia sono più istruite degli uomini, da molti anni le laureate sono nettamente più numerose dei laureati, come mostrato in figura 1, con 57% vs 43% del totale costante negli ultimi 6 anni [1], mentre in età lavorativa (25-64 anni) le donne che hanno conseguito un titolo di istruzione terziario sono oltre un terzo di più degli uomini (24,9% vs 18,3%) [2].

Le profonde trasformazioni nella società hanno segnato l'acquisizione concreta di molti diritti, per esempio in ambito riproduttivo e di appropriazione del proprio corpo, e l'indipendenza economica ha richiesto una assunzione di maggiori responsabilità. L'accesso a tutte le professioni e i ruoli possibili a entrambi i generi ha trasformato radicalmente molti aspetti della vita quotidiana rispetto alle generazioni precedenti.

Questi cambiamenti però non hanno raggiunto tutti gli aspetti della convivenza civile, all'acquisizione di diritti e doveri non sempre è corrisposta una

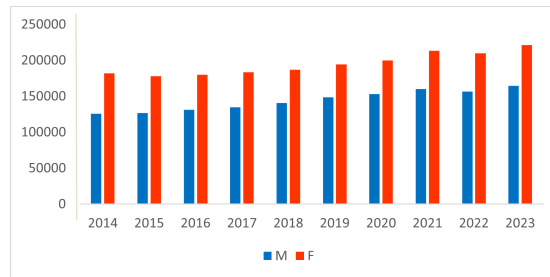


Figura 1: Laureati in Italia, dati MUR [1].

reale uguaglianza nei ruoli, si pensi allo sbilanciamento nelle attività di cura in ambito familiare o alle differenze stipendiali e di carriera che resistono in molte, troppe professioni.

Uno dei settori dove la parità di genere fatica ad affermarsi sono le discipline scientifiche, tecnologiche, ingegneristiche e matematiche (*science, technology, engineering and mathematics*, indicate con l'acronimo STEM). Nel seguito verrà descritto lo squilibrio di genere che stabilmente interessa le discipline scientifiche, che viene confermato nelle carriere accademiche o ribaltato nel caso sia inizialmente sbilanciato verso le donne. Verrà poi descritta l'evoluzione nel caso della fisica, in cui il contributo delle donne è aumentato nel secolo scorso, ma che segna il passo in tempi più recenti.

Nel paragrafo successivo si tratterà della crisi di vocazioni che colpisce maggiormente le studentesse delle scuole secondarie, che pur essendo inizialmente interessate, crescendo si orientano verso percorsi di vita percepiti come più adatti al ruolo femminile o meno competitivi. Queste osservazioni indicano chiaramente la necessità di affrontare i pregiudizi e gli stereotipi di genere nel percorso di formazione secondario.

Con questo scopo è stato organizzato un corso di formazione in servizio rivolto agli insegnanti di tutte le discipline della scuola secondaria. Verranno descritte in particolare le attività del modulo rivolto alle discipline STEM, difficoltà e *feedback* dei partecipanti e i possibili sviluppi futuri.

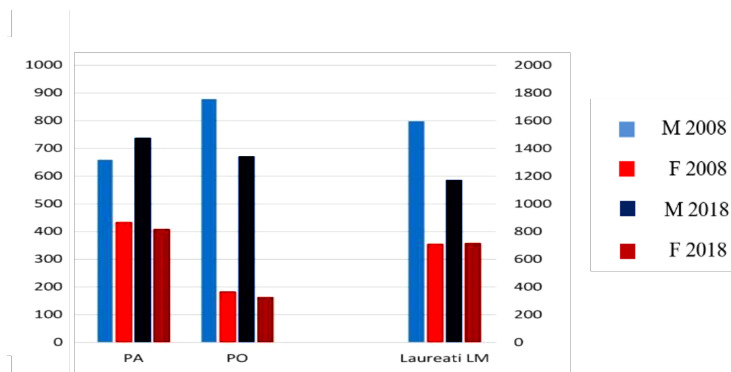


Figura 2: Laureati in fisica, professori associati e ordinari in fisica per genere nel 2008 e 2018 [3, 4] ¹.

1 Squilibrio di genere tra i laureati in aree scientifiche e nelle università

In Italia, il numero delle laureate è complessivamente superiore a quello dei laureati (Figura 1) ma nelle discipline STEM, soprattutto in fisica (Figura 2), in ingegneria (Figura 3), in matematica e informatica (Figura 4), la situazione è nettamente diversa.

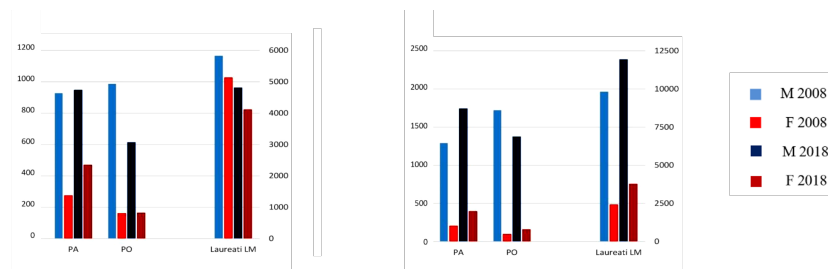


Figura 3: Laureati, professori associati e ordinari in ingegneria civile e architettura (a sinistra) e laureati, professori in ingegneria industriale e dell'informazione (a destra) raggruppati per genere nel 2008 e 2018 [3, 4].

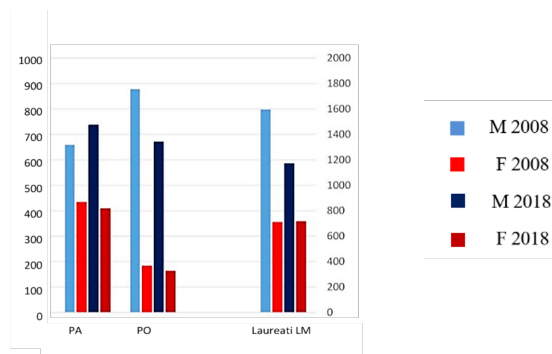


Figura 4: Laureati, professori associati e ordinari in scienze matematiche e informatica raggruppati per genere nel 2008 e 2018 [3, 4].

Tutte le aree disciplinari STEM presentano uno squilibrio di genere. Vengono scelte meno dalle studentesse la fisica, l'ingegneria, la geologia (Figura 5) e la matematica (anche se in questo caso sono gli indirizzi di informatica che vengono evitati maggiormente).

Completamente diversa la situazione in chimica (Figura 6), biologia e nelle scienze mediche (Figura 7). In queste aree disciplinari le laureate sono più numerose e in alcuni casi lo squilibrio è percentualmente maggiore di quello riscontrato nel caso della fisica o in alcuni indirizzi di ingegneria.

¹Le figure 2-6 sono elaborazioni di figure e dati presentati nelle referenze [3] e [4] e utilizzano i dati forniti dall'Ufficio VI - Gestione Patrimonio Informativo e Statistica - DGCASIS - MUR per gli anni 2008 e 2018.

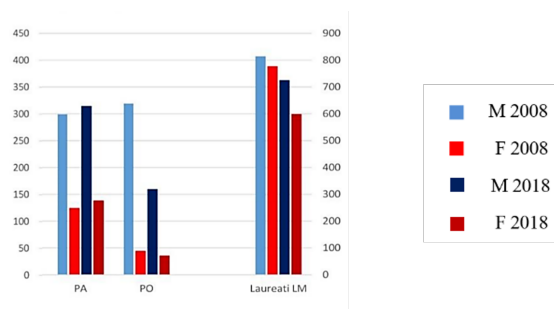


Figura 5: Laureati, professori associati e ordinari in scienze geologiche raggruppati per genere nel 2008 e 2018 [3, 4].

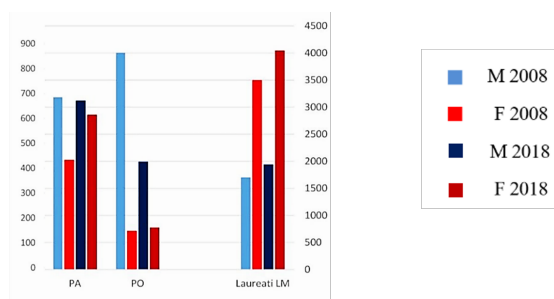


Figura 6: Laureati, professori associati e ordinari in chimica raggruppati per genere nel 2008 e 2018 [3, 4].

Le professioni in ambito medico, chimico e biologico sembrano essere percepite come più adatte alle donne. In tutti i casi però, lo squilibrio di genere che si riscontra nelle carriere accademiche è sempre lo stesso, professori associati e ordinari sono nettamente prevalenti in ogni disciplina STEM rispetto alle professoresses.

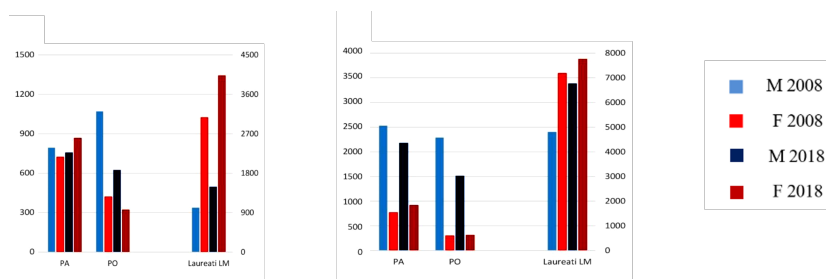


Figura 7: Laureati, professori associati e ordinari in biologia (a sinistra) e laureati, professori in scienze mediche (a destra) raggruppati per genere nel 2008 e 2018 [3, 4].

Questo squilibrio nelle carriere accademiche, pur non essendo percepito direttamente dalle studentesse nel loro percorso di orientamento alla scelta degli

studi universitari, riflette un ritardo nella società nella realizzazione di una reale e concreta parità di genere. Da un lato le donne pienamente realizzate in un ambito professionale STEM sono numericamente poche e quindi scarseggiano gli esempi su cui le ragazze possono costruire l'immagine del loro futuro nello stesso settore. D'altra parte, anche dove le laureate sono in maggioranza prevale l'idea di realizzazioni professionali più vicine a quelle socialmente più consone alle figure femminili tradizionali (dedicate cioè alla cura o con attività lavorative percepite come meno totalizzanti, quali il tecnico di laboratorio o l'insegnante).

2 Le donne nella fisica tra il ventesimo secolo e il nuovo millennio

Il caso della fisica mostra ampiamente come l'inclusione delle donne e il riconoscimento del loro valore come scienziate sia un obiettivo ancora molto lontano da raggiungere. Ancora all'inizio dell'Ottocento, l'istruzione femminile era svolta prevalentemente all'interno dei conventi [5]. Con l'età napoleonica e la chiusura di molti monasteri le cose migliorarono, ma solo in alcuni paesi europei era consentito alle donne di laurearsi alla fine Ottocento.



Figura 8: La Conferenza Solvay a Bruxelles nel 1933: tra i molti premi Nobel ci sono uniche scienziate, da sinistra, Irène Curie-Joliot, Marie Curie e Lise Meitner (Benjamin Couprie. ©Institut International de Physique Solvay).

Significativa la presenza delle donne in fisica negli anni Trenta del secolo scorso (Figura 8), ma restano comunque casi isolati. Nella seconda metà del secolo la presenza femminile aumenta ma non di pari passo con il riconoscimento dei meriti scientifici che, nel premiare le eccellenze col premio Nobel raramente assegnano il premio a una scienziata (Figura 9).

Per la fisica la situazione è tra le peggiori, nel Novecento su 164 vincitori solo 2 sono donne, mentre nel periodo 2001-2022 su 62 vincitori del premio solo 2 sono scienziate, passando da 1,2% al 3,2%. La percezione di una comunità dei fisici in cui conti solo il merito a cui molti fisici credono di appartenere è solidamente ancorata nei fatti a un marcato sbilanciamento di genere (Figura 2) con un quasi infrangibile tetto di cristallo.

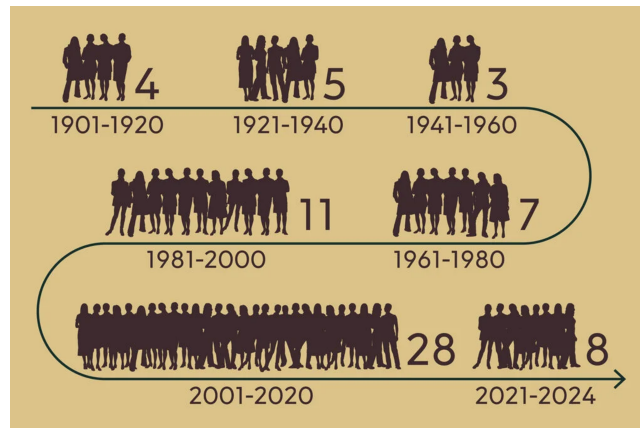


Figura 9: Premi Nobel assegnati a donne nel periodo 1901-2022 (Niklas Elme-hed. ©Nobel Prize Outreach).

3 Esperienze di orientamento con studenti delle scuole superiori

Il Piano nazionale Lauree Scientifiche (PLS) contrasta la crisi di vocazioni scientifiche in Italia da un ventennio attraverso attività di orientamento rivolte agli studenti delle scuole secondarie [6] e con attività di potenziamento professionale per insegnanti [7].

Nella sede di Siena non sono previste attività speciali rivolte alle studentesse, ogni anno si organizza una scuola estiva di fisica in cui, inizialmente, nelle domande di ammissione le ragazze erano poche ma in costante aumento fino a raggiungere quasi la parità. Negli ultimi anni però le domande sono diminuite drasticamente. Da una indagine informale fatta intervistando le studentesse coinvolte in altre attività di orientamento, la risposta ricorrente è stata: mi piacerebbe ma non ho le capacità necessarie (non capisco la matematica, non ho attitudine per le scienze, e così via).

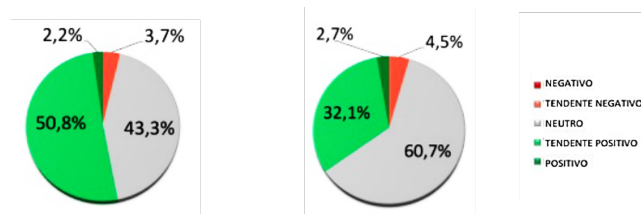


Figura 10: Distribuzione delle medie dei punteggi ottenuti dell'atteggiamento individuale verso la fisica nel campione di studenti (55% del totale), a sinistra, e del campione di studentesse, a destra [8, 9].

Queste risposte indicano un fenomeno che è stato chiaramente intercettato recentemente da una ricerca in didattica su quali concezioni della fisica hanno gli studenti della scuola secondaria [8, 9]. Attraverso la somministrazione di un questionario ad un ampio campione studenti di un liceo scientifico (467 nell'a.s.

2019/20 [8] e 100 in quello successivo [9]) si è investigata la dimensione cognitiva, emotiva e comportamentale costituenti l'atteggiamento individuale nei confronti della fisica.

In questa ricerca emerge chiaramente un bias di genere (Figura 10), che è presente fin dall'inizio della scuola secondaria di II grado per aumentare drasticamente al termine del ciclo (Figura 11). L'analisi dei dati sintetizzati in figura 11 suggerisce che a fronte di un atteggiamento negativo paragonabile all'inizio dell'adolescenza, questo si riduce negli studenti diventando meno della metà al termine degli studi, mentre per le studentesse lo stesso parametro aumenta fino al 8,7%. L'atteggiamento positivo iniziale nelle studentesse nel primo anno, praticamente assente negli studenti coetanei, si annulla completamente al quinto anno mentre negli studenti cresce indicando un interesse verso la disciplina maturato nel percorso di studi.

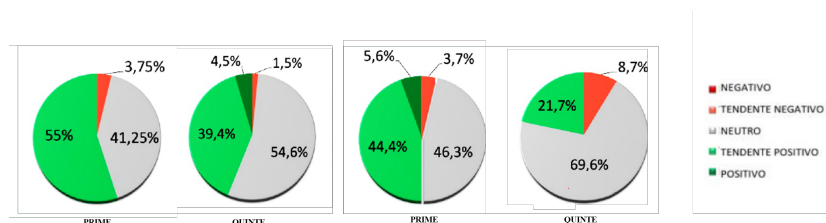


Figura 11: Confronto delle medie dei punteggi ottenuti dell'atteggiamento individuale verso la fisica tra la classe prima e la classe quinta nel campione di studenti, a sinistra, e del campione di studentesse, a destra [8, 9].

Il dato quantitativamente più significativo è che l'insieme degli atteggiamenti positivi, che al primo anno per le studentesse era al 50%, crolla a meno di un quarto al termine del ciclo di studi. Lo stesso dato diminuisce anche per gli studenti passando dal 55% in prima al 43,9% in quinta; una flessione, quindi, in cui però è comparso un atteggiamento completamente positivo che potrebbe portare a scelte di vita in ambito scientifico. Questa ricerca conferma lo squilibrio di atteggiamento nei confronti della fisica indicando la necessità di un intervento nella scuola secondaria sia di I che di II grado. Poiché lo squilibrio è in netta crescita in quest'ultima, è necessario un intervento mirato e diffuso in tal senso. Con questo obiettivo abbiamo partecipato al progetto descritto nel prossimo paragrafo.

4 Progettare e Animare Comunità Educanti (PEACE)

4.1 Il Progetto PEACE 2022-2023

Il progetto PEACE² [10], è stato elaborato dalla Provincia di Siena, in collaborazione con l'Ufficio Scolastico Provinciale e le Conferenze zonali per l'educazione

²Progetto finanziato con risorse del POR FSE 2014-2020 ASSE B - INCLUSIONE SOCIALE E LOTTA ALLA POVERTÀ, Attività PAD B.2.2.2.b. Interventi in emergenza Covid-19: Interventi a sostegno della parità di genere e della conciliazione (Decreto Dirigenziale della Regione Toscana n. 18732 del 19/09/2022).

e l'istruzione, e si poneva l'obiettivo di operare per la destrutturazione degli stereotipi di genere, la diffusione e il rafforzamento della prospettiva di genere attraverso azioni rivolte al sistema educativo con riferimento alle scuole del territorio di ogni ordine e grado.

Il progetto si è articolato in due parti:

- **costruzione di un curriculum di genere**, finalizzata allo sviluppo e alla trasmissione di conoscenze libere da stereotipi, superando l'idea della presunta neutralità del sapere. Tale analisi ha interessato sia le materie STEM, per favorirne maggiore conoscenza e interesse tra le ragazze, sia le materie umanistiche e sociali, altrettanto condizionate da stereotipi, che ancora determinano in tali percorsi una presenza quasi esclusivamente femminile;
- **laboratori per il contrasto agli stereotipi di genere**, dedicati ad azioni di informazione e sensibilizzazione, con lo scopo di stimolare in studenti/studentesse del primo ciclo di istruzione riflessioni e confronti sulle tematiche della parità e degli stereotipi di genere. In questo caso il laboratorio è inteso come spazio dove sviluppare la capacità di riconoscere e decostruire stereotipi e pregiudizi, per stimolare pensiero critico e sviluppare un'ottica più inclusiva, la cui realizzazione è stata affidata ad associazioni del territorio.

Come Università di Siena (UNISI) abbiamo partecipato, insieme all'Università per Stranieri di Siena (UNISTRA), alla costruzione del curriculum³ con la realizzazione di seminari di aggiornamento/coprogettazione per i/le docenti delle scuole secondarie di II grado strutturati in due fasi svoltesi nel periodo dicembre 2022 - maggio 2023:

- un modulo trasversale a cura di UNISI e UNISTRA, della durata di 9 ore, con lo scopo di aumentare la consapevolezza del ruolo degli stereotipi di genere nell'educazione, di riconoscere tali stereotipi e dedicato alla riflessione sui curricoli scolastici in chiave di genere. Questo modulo è stato seguito da tutti e replicato 3 volte in modo da avere un numero di partecipanti adeguato alle attività di *active learning* proposte.
- moduli specifici, della durata di 25 ore, per ogni ambito disciplinare (matematica/fisica/scienze⁴, storia/geografia e economia/diritto a cura di UNISI; letterario/linguistico e lingue straniere a cura di UNISTRA) a cui partecipavano gli insegnanti dell'ambito specifico.

In accordo con la responsabile scientifica di PEACE, il modulo di matematica/fisica/scienze ha coinvolto tutte le discipline STEM ed è stata fissato l'ultimo incontro come momento di restituzione delle coprogettazioni didattiche realizzate dai docenti in tutti i moduli di ogni ambito disciplinare.

Il modulo STEM è stato suddiviso in 9 incontri pomeridiani di cui 4 telematici e 5 in presenza. Sono stati coinvolti docenti già impegnati attivamente nel

³Responsabile scientifica: Alessandra Viviani dell'Università di Siena, delegata del Rettore per le politiche di inclusione ed equità.

⁴Responsabile scientifica modulo STEM: Vera Montalbano, Coordinatore Gruppo Interdisciplinare del PLS senese.

PLS, ricercatrici del dipartimento e dell'INFN e docenti attivi nella formazione insegnanti anche in ambito trasversale.

Le attività si sono articolate in:

- Seminari che hanno considerato elementi di riflessione storici, esperienze personali contestualizzate, esempi di ambienti favorevoli o deleteri nel promuovere la parità di genere, possibili azioni didattiche e riflessioni metodologiche;
- Laboratori didattici in cui i docenti divisi in piccoli gruppi hanno sviluppato percorsi di apprendimento volti a superare gli stereotipi di genere;
- *Lab Sharing* finale in cui i docenti hanno condiviso i percorsi didattici progettati e li hanno discussi in un contesto multidisciplinare.

Il calendario con l'elenco degli argomenti trattati è riportato nella tabella in appendice 1.

Nell'incontro finale sono emersi i limiti di questa formazione. Il modulo STEM era quello col maggior numero di iscritti (14 da 4 scuole diverse) ma erano presenti al massimo 5 docenti per ogni incontro, spesso non gli stessi per cui la progettazione didattica ne ha risentito. Alla fine, è stato elaborato un solo percorso di apprendimento e non è stato realizzato nessun test in classe con gli studenti. Negli altri moduli la partecipazione è stata di 2-3 docenti e l'elaborazione di percorsi di apprendimento spesso non si è conclusa, preferendo i docenti concentrarsi su alcuni aspetti del rilevamento degli stereotipi e su strumenti didattici messi a disposizione senza però un concreto uso didattico finalizzato al loro superamento.

Nella discussione finale, dalle richieste dei docenti, dalle criticità emerse nell'organizzazione del corso e dalla tangibile percezione di tutti che solo una piccola parte dell'argomento fosse stata affrontata, è nato il nuovo progetto PEACE II in cui:

- dare maggiore spazio all'interdisciplinarietà,
- aumentare lo scambio di esperienze e riflessioni tra i diversi ambiti disciplinari,
- sviluppare azioni didattiche per promuovere il superamento degli stereotipi negli studenti,
- concentrare degli incontri in tempi brevi all'inizio dell'anno scolastico, per permettere la sperimentazione in classe.

Per quanto riguarda la seconda parte del progetto, i laboratori per il contrasto agli stereotipi, non siamo stati coinvolti essendo rivolta al primo ciclo di istruzione. Non sappiamo quindi se si è formata una comunità educante almeno per quell'ordine di scuola, certamente non si è formata per la scuola secondaria di II grado.

4.2 Il Progetto PEACE II 2023-2024

Questo progetto è nato come una continuazione di quello precedente che andasse incontro alle richieste dei docenti, ma senza alcun supporto economico esterno.

L'amministrazione provinciale ha curato la comunicazione e la diffusione delle informazioni presso le scuole della provincia, mentre UNISI, nell'ambito delle attività di terza missione, ha organizzato e realizzato le attività dei due moduli, trasversale e disciplinare come richiesto dai docenti, nella settimana 8-22 settembre 2023 (15 ore in 3 pomeriggi).

I materiali di PEACE (video e presentazioni) sono stati utilizzati come spunti iniziali per concentrarsi poi su azioni attive per migliorare la consapevolezza degli insegnanti sui propri stereotipi con lo scopo di integrarli nella didattica curricolare. Era previsto un incontro finale a maggio per discutere la sperimentazione in classe.

In questo corso si sono iscritti 15 docenti da 5 scuole diverse, tutti hanno frequentato attivamente a settembre e almeno un percorso è stato sperimentato in classe in un liceo scientifico coinvolgendo altri insegnanti della scuola.

Non si è riusciti però a fissare l'incontro finale di discussione, rimandandolo al primo incontro di una terza edizione organizzata dalla provincia⁵.

5 Conclusioni

La disuguaglianza di genere è molto radicata nelle discipline STEM e nonostante le attenzioni e le azioni dedicate a favorire il suo superamento, siamo di fronte a un processo incompiuto, con momenti di stasi e talvolta di regressione. La scuola è il luogo dove si formano i giovani esseri umani e dovrebbe promuovere la sensibilità nel riconoscimento degli stereotipi e dei pregiudizi, contribuendo a una società più equilibrata dove tutti possano riconoscere e seguire le proprie inclinazioni contribuendo alla crescita e al benessere del convivere civile. Riempire di significato queste affermazioni dovrebbe essere una priorità dell'insegnamento e della formazione dei futuri cittadini. La realtà è invece molto diversa. Gli stereotipi e i pregiudizi vengono affermati con forza dai mezzi di comunicazione di massa in modo implicito e, negli ultimi tempi, espressi esplicitamente, anche come valori, in alcune subculture che trovano ampia diffusione e proseliti in mezzi di comunicazione incontrollati quali i social media e internet.

Il confronto con le esperienze del passato, con quelle di altre persone in ambienti superficialmente simili ai nostri ma intrinsecamente sessisti nella forma e/o nella sostanza è necessario per non ritrovarsi in un mondo più piccolo, dove l'altra metà del cielo contribuisce solo attraverso la cura, l'edonismo o come semplice consumatore alla società, privandola così della sua creatività in attività cruciali come la scienza e la tecnologia.

Gli insegnanti non vengono formati per affrontare queste problematiche e la formazione in servizio come quella descritta nei progetti PEACE incontra ostacoli oggettivi nell'organizzazione degli impegni scolastici richiesti a tutti gli insegnanti. È necessario trovare un modello organizzativo diverso per consentire una formazione in servizio efficace che porti a un miglioramento effettivo dell'insegnamento sia in ambito trasversale che disciplinare.

⁵La provincia era in attesa di fondi esterni che hanno tardato ad arrivare compromettendo la possibilità di realizzazione nell'a.s. 2024/25. Recentemente come UNISI abbiamo partecipato a un bando nazionale che speriamo ci permetta di riprendere e ampliare queste attività portando a compimento la realizzazione di una comunità educante su queste tematiche.

Riferimenti bibliografici

- [1] Ministero dell'Università e della Ricerca. *Portale dei dati dell'istruzione superiore*. 2025. URL: <https://dati-ustat.mur.gov.it/dataset?q=laureati>.
- [2] ISTAT. *Livelli di istruzione e ritorni occupazionali - Anno 2023*. 2024. URL: www.istat.it/wp-content/uploads/2024/07/REPORT-livelli-istruzione.pdf.
- [3] Monti, F. “Riflessioni sul tema della questione di genere nella scelta delle discipline STEM e nella carriera accademica”. In: 109° Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica. 2023.
- [4] Dossier CUN. *Sulla questione di genere nel mondo universitario Italiano*. 2020. URL: www.cun.it/provvedimenti/sessione/278/analisi_e_proposte/analisi-e-proposta-del-17-12-2020.
- [5] Romagnino, C. “Sono “solo” la metà del genere umano”. In: *La Fisica nella Scuola* LIV.4 (2021), pp. 18–31.
- [6] Montalbano, V. “Fostering Student Enrollment in Basic Sciences: the Case of Southern Tuscany”. In: *Proceedings of The 3rd International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2012 (post-conference edition)*, 279 (2012) (giu. 2012). DOI: 10.48550/ARXIV.1206.4261. arXiv: 1206.4261 [physics.ed-ph].
- [7] Montalbano, V., Benedetti, R., Mariotti, E., Mariotti, M. A. e Porri, A. “Attempts of Transforming Teacher Practice Through Professional Development”. In: *Proceedings of The World Conference on Physics Education 2012. p. 439-448, Ankara, Turkey, ISBN: 978-605-364-658-7* (dic. 2012). DOI: 10.48550/ARXIV.1212.1042. arXiv: 1212.1042 [physics.ed-ph].
- [8] Bologna, V. e Peressi, M. “Ti piace la fisica?” In: *Giornale di Fisica* 52 (2021), pp. 319–338.
- [9] Bologna, V. e Peressi, M. “Quali concezioni hanno della fisica gli studenti delle scuole superiori?” In: 109° Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica. 2023.
- [10] Provincia di Siena. *PROGETTO PEACE - Progettare E Animare Comunità Educanti*. 20 Nov. 2025. URL: <https://www.provincia.siena.it/progetto-peace-finanziato-dal-por-fse-2014-2020/>.

Appendice

Titolo	Relatore - coordinatore	Attività	modalità	ore
Presentazione del modulo STEM Marie Curie e Lise Meitner: due protagoniste della fisica nucleare tra scienza e società	V. Montalbano UNISI	Seminario: elementi di riflessione di storici	in presenza	2
Dalla ricerca chimica alla scoperta di sé stessi: storia di un viaggio (in)consapevole Marie-Anne Lavoisier Laboratorio didattico	Elena Petricci UNISI Gabriella Tamasi UNISI V. Montalbano UNISI	Seminario: esperienze personali contestualizzate Seminario: elementi di riflessione di storici introduzione metodologica	in presenza	3
Una vita a ostacoli: scienza e conoscenza contro disparità di genere e stereotipi	Morena Bruno UNISI Anna Ruini UNISI	Due giovani ricercatrici in Scienze Ambientali (<i>Ecodynamics Group</i>) hanno trattato gli stereotipi di genere nelle STEM; come riconoscerli e superarli, esempi dal passato fino ad oggi. Allargando poi il tema alle conseguenze del cambiamento climatico in cui le donne si trovano ad avere un ruolo essenziale.	in presenza	3
Influenze degli ecosistemi sociali nell'immaginare il proprio futuro nella scienza I Influenze degli ecosistemi sociali nell'immaginare il proprio futuro nella scienza II Laboratorio didattico	Ylea Vlamidis UNISI V. Montalbano UNISI	Seminario: una giovane ricercatrice nelle Nano Scienze ha presentato la sua esperienza tra chimici e fisici. Analisi critica della comunicazione negli spot per l'8 marzo. Come riconoscere e far riconoscere la percezione di sé che hanno le ragazze nelle STEM e promuovere attivamente in loro un possibile futuro in questo ambito.	telematica	3
Women@diism Insieme per superare le discriminazioni di genere in ambito STEM Laboratorio didattico	Enza Panzardi UNISI Francesca Ricci UNISI	Seminario: azione promossa da giovani ricercatrici del Dipartimento di Ingegneria Informatica e Scienze Matematiche per superare le discriminazioni di genere in ambito STEM.	in presenza	2
STEM e parità di genere: il progetto europeo GENERA Women's and girls' day in physics Percorsi didattici disciplinari e interdisciplinari per il superamento degli stereotipi	Sandra Leone INFN sez. Pisa Viviana Fanti INFN sez. Cagliari V. Montalbano UNISI	Seminario: interventi di ricercatrici INFN per presentare azioni sulla parità di genere per studenti promosse dall'ente di ricerca. Laboratorio di progettazione didattica	telematica	3
Secondo natura? Uno sguardo evolutivo sui ruoli di genere	Daniela Marchini UNISI Francesco Boschini UNISI Fabio Mugnaini UNISI	Seminario: conversazioni tra biologia e antropologia sugli stereotipi di genere	telematica	3
Laboratorio didattico conclusivo	V. Montalbano UNISI	Il laboratorio didattico per definire un'azione possibile in classe ispirato alle attività del corso da presentare nel <i>lab sharing</i> finale.	telematica	3
Presentazione e discussione dei percorsi elaborati dai/dalle partecipanti	Alessandra Viviani UNISI	<i>Lab Sharing</i>	in presenza	3

Micro-aggressioni di genere all'università. Analisi del fenomeno e direzioni di ricerca psico-sociale

C. Silvestri, M. P. Paladino

Dipartimento di Psicologia e Scienze Cognitive DIPSCO,
Università di Trento

Abstract

Gender micro-aggressions refer to behaviours, statements, or environmental cues – intentional or unintentional – that convey derogatory or devaluing messages toward women. They can reinforce stereotypes and structural inequalities while negatively affecting the well-being and career of the targets. This contribution presents the phenomenon through a psycho-social perspective, and the main findings of an ongoing research at the University of Trento. The research aims to investigate gender micro-aggressions in academic settings and develop practical and scientifically grounded tools for detecting and counteracting them. By promoting more inclusive and equitable university environments, this initiative contributes to advancing gender equity within Italian higher education institutions.

Introduzione

Molto è stato fatto per promuovere le pari opportunità all'università; tuttavia, la realtà riportata da alcuni studi racconta il persistere di barriere strutturali, stereotipi e discriminazioni più o meno esplicite [1, 2, 3, 4, 5].

L'accademia risulta un ambiente ancora dominato da una “cultura maschile”, in cui gli uomini sembrano ricevere un miglior trattamento [3], mentre le donne, soprattutto le ricercatrici all'inizio della carriera, si confrontano con pratiche sottili ma sistematiche di esclusione e svalutazione. Quest'ultime si trovano a dover bilanciare due pressioni opposte: da un lato, l'aspettativa di conformarsi a modelli di successo accademico tradizionalmente maschili, dall'altro, il rischio di essere penalizzate qualora non aderiscano a tali norme.

Queste dinamiche non riguardano unicamente il lavoro in ambito accademico, ma coinvolgono anche l'università come luogo di apprendimento e formazione. Un caso emblematico riguarda le discipline STEM. Il divario di genere può essere alimentato da pregiudizi che associano le STEM a capacità di cui i ragazzi, diversamente dalle ragazze, sarebbero più “portati”. Questi messaggi sulle proprie attitudini rischiano poi di rafforzarsi nell'università, dove modelli femminili sono ancora rari. Come messo in evidenza dalla ricerca sulle micro-aggressioni di genere, queste dinamiche si articolano il più delle volte in modo sottile e indiretto, e non sono confinate al solo ambito delle STEM [6].

In questo contributo verrà dapprima presentato il costrutto di micro-aggressione di genere e successivamente i principali risultati di una ricerca in corso presso l'Università di Trento.

1 Le micro-aggressioni

Il termine micro-aggressioni si prefigura come quello più adatto per descrivere forme odierne di discriminazione su base di interazione quotidiana.

Coniato da Sue (2010) [7] rispetto all'esperienza vissuta da persone di minoranze etniche, è stato poi adottato in letteratura psico-sociale per fare riferimento a forme di discriminazione quotidiana rivolte a gruppi sociali minoritari, come donne o persone con identità di genere non conformi (Capodilupo, 2010 [7]; Sue e Spanierman, 2022 [8]). Queste possono manifestarsi attraverso affermazioni, comportamenti o segnali ambientali, intenzionali o meno, che trasmettono messaggi offensivi o svalutanti.

Sue e Capodilupo (2008) [9] hanno proposto una tassonomia iniziale delle manifestazioni delle micro-aggressioni basate sull'etnia, il genere e l'orientamento sessuale, identificando tre principali categorie:

- **Micro-assalti:** atti discriminatori consapevoli e intenzionali (ad es., immagini sessualizzate sul posto di lavoro);
- **Micro-insulti:** affermazioni spesso involontarie che trasmettono stereotipi o svalutano (ad es., commentare l'aspetto di una studentessa anziché la sua prestazione all'esame);
- **Micro-invalidazioni:** comunicazioni che negano o minimizzano l'esperienza del gruppo bersaglio (ad es., con frasi come: *"Il divario salariale di genere non esiste"*).

Nonostante possano variare i livelli di consapevolezza e di intenzionalità di chi l'attua, una micro-aggressione, per essere tale, deve veicolare un messaggio offensivo per la persona target.

La ricerca sulle micro-aggressioni di genere si focalizza sull'indagare l'esperienza di discriminazione costante e continua, molto spesso sottile e ambigua, vissuta da donne e minoranze d'identità di genere. Tra le manifestazioni più comuni rientrano la stereotipizzazione [10, 11], la sessualizzazione [12], l'esclusione o la negazione alle pari opportunità [6, 7, 13, 14, 15].

1.1 Tassonomie delle micro-aggressioni di genere

La maggior parte degli studi psico-sociali volti ad indagare le tipologie di micro-aggressioni di genere in contesti lavorativi e universitari proviene dal Nord-America e dal Canada e adotta metodologie prevalentemente quali-quantitative.

Una delle prime tassonomie è stata proposta da Sue e Capodilupo (2008) [9] e indicata nella Tabella 1.

In uno studio qualitativo successivo con studenti universitari, Capodilupo et al. (2010) [16] hanno ampliato questa tassonomia, identificando altre categorie: assunzione di inferiorità (ad es., ritenere le donne meno competenti degli uomini), invalidazioni ambientali (ad es., aggressioni indirette o strutture di potere escludenti), negazione della realtà del sessismo e "lasciare il genere alla porta" (ad es., quando una donna deve comportarsi come un uomo per essere presa sul serio in un contesto).

Altri studi, come quello di Gartner (2021) [6], evidenziano come, in un contesto universitario, le tipologie di micro-aggressioni maggiormente riportate dalle

Categoria	Descrizione
Attribuzione di intelligenza	Attribuire l'intelligenza a una donna in base alla sua identità di gruppo sociale (es. <i>"Wow! Sei brava in matematica per essere una donna!"</i>)
Pregiudizi e stereotipi sui ruoli di genere tradizionali	Comunicazioni che rafforzano aspettative e stereotipi legati ai ruoli di genere tradizionali
Negazione del proprio sessismo	Affermazioni che negano pregiudizi personali (es. <i>"Tratto uomini e donne allo stesso modo sul lavoro!"</i>)
Mito della meritocrazia	Dichiarazioni secondo cui il sesso o il genere non influiscono sul successo nella vita
Cittadinanza di seconda classe	Le donne ricevono un trattamento diverso rispetto al gruppo dominante
Oggettivazione sessuale	Le donne vengono trattate come oggetti a disposizione degli uomini
Uso di linguaggio sessista	Utilizzo di termini che escludono o sminuiscono le donne

Tabella 1: Tipologie di micro-aggressioni secondo Sue e Capodilupo (2008) [9].

partecipanti fanno riferimento a un senso di invisibilità, presunta incompetenza, intersezionalità, oggettivazione sessuale, assegnazione del ruolo di “custode e nutrice”, pressione a scegliere professioni a prevalenza femminile, e invalidazioni ambientali (ad es., segnali ambientali che limitano opportunità e scelte di studio/carriera).

Kim & Meister (2023) [11] hanno riscontrato temi-chiave simili in uno studio su donne che lavorano nei settori STEM.

1.2 Impatto delle micro-aggressioni

La rilevanza della ricerca sulle micro-aggressioni risiede nell’evidenza scientifica del loro impatto negativo sulle persone target.

A livello di benessere psico-fisico, gli studi condotti mostrano che l’esperienza costante di micro-aggressioni può portare a sentimenti di rabbia e frustrazione [7, 16], senso di sfiducia e isolamento [7, 9], diminuzione dell’autostima [6, 17], del benessere e del rispetto di sé [17] e in casi estremi può condurre a ideazione suicidaria [18].

Nei contesti accademici, l’esperienza frequente di micro-aggressioni di genere può causare nelle donne un disagio psicologico, una riduzione del senso di appartenenza alla comunità universitaria, una minore soddisfazione accademica e una diminuzione della propria autostima e del rispetto di sé, aumentando così il rischio di abbandono del percorso universitario [1, 3].

Altri studi suggeriscono che le micro-aggressioni di genere sul lavoro non solo minano l’identità professionale delle donne (ad esempio, le donne *target* costanti possono mettere in dubbio le loro competenze o le capacità di leadership), ma possono anche innescare cicli di pensieri ruminativi e insicurezza, portando alcune di loro a lasciare il proprio settore, soprattutto se operano in ambiti STEM [11].

1.3 Strategie di intervento

Alla luce degli impatti significativi dell’esperienza costante di micro-aggressioni di genere, risulta cruciale discutere delle potenziali strategie per contrastarle. Sue (2010) [7] e Sue & Spanierman (2022) [8] hanno suggerito una serie di strategie per disarmare le micro-aggressioni o mitigare i loro effetti sui potenziali bersagli. Queste strategie, che possono essere messe in atto dalla persona target o da potenziali persone testimoni, sono:

- rendere visibile l'invisibile (ad esempio, chiedere chiarimenti, sfidare gli stereotipi mentre si subiscono direttamente/indirettamente le micro-aggressioni di genere);
- neutralizzare (ad esempio, esprimere il proprio disaccordo, stabilire dei confini con l'aggressore);
- educare/sensibilizzare la persona che ha messo in atto la micro-aggressione, anche se in maniera non intenzionale (ad esempio, evidenziando la distinzione tra intenzione e impatto della dichiarazione/comportamento);
- cercare supporti esterni (ad esempio, rivolgersi a un/a professionista per un supporto psicologico o contattare le forze dell'ordine, ...).

Queste strategie possono essere intese come micro-interventi e dovrebbero essere accompagnate da strategie che affrontano le micro-aggressioni a livello organizzativo.

Concentrandosi sul contesto accademico, le potenziali strategie di intervento a livello organizzativo possono riguardare:

- la decostruzione di pregiudizi e stereotipi di genere (ad esempio, fornendo formazione e workshop su tematiche di genere);
- la promozione di un ambiente accademico inclusivo che tenga conto dell'intersezionalità (genere e orientamento sessuale);
- lo sviluppo di strategie di supporto più complete (ad esempio, attraverso borse di ricerca su tematiche di genere);
- il rafforzamento del supporto fornito da direttori/direttrici di dipartimento e dai membri di facoltà per mitigare l'impatto negativo delle micro-aggressioni di genere all'università [3, 4].

Kim & Meister (2023) [11] sottolineano anche il ruolo positivo delle persone "alleate" che sostengono attivamente la persona bersaglio di micro-aggressioni nei contesti organizzativi. Esse possono svolgere un ruolo protettivo e mitigare gli effetti negativi delle micro-aggressioni, aiutando le donne a rafforzare la propria resilienza e a perseguire il percorso professionale.

2 Il nostro progetto di ricerca sulle micro-aggressioni di genere

Alla luce di quanto presentato, emerge la necessità di indagare le micro-aggressioni di genere in ambito universitario, in un'ottica di prevenzione e mitigazione degli effetti negativi del fenomeno, e di promozione dell'equità.

Il nostro progetto di ricerca si prefigura innovativo nel contesto italiano in quanto ambisce a indagare, secondo una prospettiva psico-sociale, il fenomeno delle micro-aggressioni di genere all'interno di un'università italiana, al fine di comprendere meglio la loro natura e come esse si manifestano, con un riferimento in particolare alla componente studentesca. Il fine ultimo di questo progetto è di sviluppare strumenti pratici e scientificamente fondati per la rilevazione delle

micro-aggressioni di genere e disegnare un protocollo di strategie di intervento per contrastarle e mitigarne gli effetti negativi.

Tale protocollo, oltre a essere applicabile nel contesto universitario di riferimento, potrà costituire un modello per future iniziative finalizzate alla promozione di ambienti accademici più equi e inclusivi.

Per perseguire gli obiettivi di ricerca è stata adottata una metodologia mista, che combina approcci qualitativi e quantitativi, al fine di garantire un'analisi approfondita del fenomeno.

Nella fase iniziale, sono state condotte interviste di gruppo semi-strutturate (focus group) con un campione di studentesse universitarie, ed è stato somministrato un questionario online a risposta aperta rivolto alla componente studentesca universitaria. La raccolta dati è proseguita fino al raggiungimento di 242 partecipanti.

L'adozione di un approccio qualitativo ha consentito di indagare il fenomeno in modo più approfondito, permettendo di cogliere sia le dimensioni soggettive delle esperienze riportate, sia le modalità attraverso cui le micro-aggressioni di genere si manifestano in un contesto accademico italiano.

Dall'analisi dei dati raccolti sono emerse sette categorie principali di micro-aggressioni di genere, in linea con la letteratura nord-americana di riferimento [1, 6, 7, 9, 11, 16]. Una serie di esperienze ha in comune l'assumere o suggerire una presunta incompetenza alle donne in ambito accademico; altre la percezione che l'uomo sia la categoria di default in accademia e che le caratteristiche considerate tradizionalmente maschili siano quelle richieste in accademia. Emergono inoltre commenti e comportamenti che suggeriscono una divisione di genere delle attività accademiche o discipline, alcune considerate "da donne", altre "da uomini" (ad es., "*la statistica non è cosa da donne*" oppure "*prendere note è da donne*"). Ulteriori categorie fanno riferimento a commenti che minimizzano o negano la discriminazione di genere (ad es., "*La parità di genere ormai è stata raggiunta*"), a comportamenti che suggeriscono una sessualizzazione e oggettivazione delle donne, ed infine a comportamenti riconducibili a molestie sessuali (ad es., sguardi insistenti o attenzioni sessuali indesiderate). Infine, si osservano forme di invisibilità ed esclusione delle donne in diversi contesti accademici (ad es., donne nei ruoli di coordinamento o speaker a convegni, seminari, ...) e manifestazioni di ostilità sessista (ad es., linguaggio denigratorio nei confronti delle donne in quanto tali).

Sulla base di tali evidenze, la ricerca procederà con la progettazione di un questionario volto a misurare la frequenza delle micro-aggressioni di genere in ambito accademico e ad esplorare i fattori ideologici ed esperienziali ad esse correlati. Successivamente, sarà condotta un'analisi delle strategie di intervento ritenute più efficaci dalla comunità studentesca, con l'obiettivo di sviluppare strumenti operativi per la prevenzione e la gestione del fenomeno, e la messa a punto di un set di strategie utili a persone *target* e testimoni.

3 Conclusioni

Nonostante i progressi nella promozione delle pari opportunità in ambito accademico, persistono ancora disuguaglianze di genere, stereotipi e forme di discriminazione spesso sottili e difficili da riconoscere nei confronti delle donne.

L'università continua ad essere un ambiente caratterizzato da una cultura prevalentemente maschile, in cui le donne, soprattutto nelle fasi iniziali della carriera, devono affrontare dinamiche di esclusione, svalutazione, stereotipizzazione, sessualizzazione e forme di sessismo benevolo e ostile [2, 3, 16, 19, 20, 21].

Il progetto di ricerca qui presentato intende fornire strumenti efficaci per comprendere e analizzare il fenomeno delle micro-aggressioni di genere in ambito accademico, rilevarlo e contrastarlo.

Comprendere le manifestazioni delle micro-aggressioni di genere nei contesti universitari consentirà lo sviluppo di un sistema di monitoraggio e intervento, supportando sia le persone direttamente colpite che coloro che ne sono testimoni, con l'obiettivo di promuovere ambienti accademici più equi e inclusivi.

Riferimenti bibliografici

- [1] Blithe, S. J. e Elliott, M. "Gender inequality in the academy: microaggressions, work-life conflict, and academic rank". In: *Journal of Gender Studies* 29.7 (ago. 2019), pp. 751–764. DOI: 10.1080/09589236.2019.1657004.
- [2] Bourabain, D. "Everyday sexism and racism in the ivory tower: The experiences of early career researchers on the intersection of gender and ethnicity in the academic workplace". In: *Gender, Work & Organization* 28.1 (ott. 2020), pp. 248–267. DOI: 10.1111/gwao.12549.
- [3] Elliott, M. e Blithe, S. J. "Gender Inequality, Stress Exposure, and Well-Being among Academic Faculty". In: *International Journal of Higher Education* 10.2 (dic. 2020), p. 240. DOI: 10.5430/ijhe.v10n2p240.
- [4] Fleckinger, A. *Oltre la segregazione formativa: una ricerca azione per il riequilibrio di genere in area STEMM all'università di Trento*. Università di Trento, 2023, pp. 1–38.
- [5] Spencer, S. J., Steele, C. M. e Quinn, D. M. "Stereotype Threat and Women's Math Performance". In: *Journal of Experimental Social Psychology* 35.1 (gen. 1999), pp. 4–28. DOI: 10.1006/jesp.1998.1373.
- [6] Gartner, R. E. "A New Gender Microaggressions Taxonomy for Undergraduate Women on College Campuses: A Qualitative Examination". In: *Violence Against Women* 27.14 (gen. 2021), pp. 2768–2790. DOI: 10.1177/1077801220978804.
- [7] Sue, D. W. *Microaggressions in everyday life. Race, gender, and sexual orientation*. Includes bibliographical references and index. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010. 1328 pp.
- [8] Sue, D. W. e Spanierman, L. B. *Le microaggressioni. La natura invisibile della discriminazione*. Trad. da E. Innocenzi. Milano: Raffaello Cortina Editore, 2022, p. 298.
- [9] Sue, D. W. e Capodilupo, C. M. "Racial, gender, and sexual orientation microaggressions: Implications for counseling and psychotherapy". In: Sue D. W.; Sue, D. *Counseling the culturally diverse: Theory and practice (5th Ed.)* Hoboken, NJ: Wiley, 2008, pp. 109–131.

- [10] Benokraitis, N. V. *Subtle sexism. Current practices and prospects for change*. SAGE Publications, 1997. 339 pp.
- [11] Kim, J. Y. e Meister, A. “Microaggressions, Interrupted: The Experience and Effects of Gender Microaggressions for Women in STEM”. In: *Journal of Business Ethics* 185.3 (ago. 2022), pp. 513–531. DOI: 10.1007/s10551-022-05203-0.
- [12] Fredrickson, B. L. e Roberts, T.-A. “Objectification Theory: Toward Understanding Women’s Lived Experiences and Mental Health Risks”. In: *Psychology of Women Quarterly* 21.2 (giu. 1997), pp. 173–206. DOI: 10.1111/j.1471-6402.1997.tb00108.x.
- [13] Glick, P. e Fiske, S. T. “An ambivalent alliance: Hostile and benevolent sexism as complementary justifications for gender inequality.” In: *American Psychologist* 56.2 (feb. 2001), pp. 109–118. DOI: 10.1037/0003-066x.56.2.109.
- [14] Sojo, V. E., Wood, R. E. e Genat, A. E. “Harmful Workplace Experiences and Women’s Occupational Well-Being: A Meta-Analysis”. In: *Psychology of Women Quarterly* 40.1 (ago. 2015), pp. 10–40. DOI: 10.1177/0361684315599346.
- [15] Swim, J. K., Aikin, K. J., Hall, W. S. e Hunter, B. A. “Sexism and racism: Old-fashioned and modern prejudices.” In: *Journal of Personality and Social Psychology* 68.2 (feb. 1995), pp. 199–214. DOI: 10.1037/0022-3514.68.2.199.
- [16] Capodilupo, C. M., Nadal, K. L., Corman, L., Hamit, S., Lyons, O. B. e Weinberg, A. “The manifestation of gender microaggressions.” In: (2010).
- [17] Nadal, K. L., Wong, Y., Griffin, K. E., Davidoff, K. e Sriken, J. “The Adverse Impact of Racial Microaggressions on College Students’ Self-Esteem”. In: *Journal of College Student Development* 55.5 (lug. 2014), pp. 461–474. DOI: 10.1353/csd.2014.0051.
- [18] Hollingsworth, D. W., Cole, A. B., O’Keefe, V. M., Tucker, R. P., Story, C. R. e Wingate, L. R. “Experiencing racial microaggressions influences suicide ideation through perceived burdensomeness in African Americans.” In: *Journal of Counseling Psychology* 64.1 (gen. 2017), pp. 104–111. DOI: 10.1037/cou0000177.
- [19] Derthick, A. O. “The sexist mess: Development and initial validation of the sexist microaggressions experiences and stress scale and the relationship of sexist microaggressions to women’s mental health”. Tesi di dott. University of Alaska, Anchorage, 2015. URL: <https://www.proquest.com/dissertations-theses/sexist-mess-development-initial-validation/docview/1752638981/se-2>.
- [20] Gartner, R. E. *From gender microaggressions to sexual assault: Measure development and preliminary trends among undergraduate women*. University of California, Berkeley, 2019. URL: <https://escholarship.org/uc/item/4283396m>.
- [21] Judson, S. S. “Sexist discrimination and gender microaggressions: An exploration of current conceptualizations of women’s experiences of sexism”. Tesi di dott. University of Akron, 2014. URL: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=akron1404865988.

Parte V

Sustainable education: tackling educational poverty

Laboratorio per l'Educazione alla Scienza: Contrasting Educational Poverty Through Enhanced Scientific Education

G. Artiano¹, E. Balzano²

¹Dipartimento di Matematica e Applicazioni “R. Caccioppoli”,
Università di Napoli Federico II

²Dipartimento di Fisica “E. Pancini”, Università di Napoli
Federico II

Abstract

Educational poverty poses a significant challenge to the economy and society, with disparities influenced by multiple factors. In this context, disadvantaged students often lack essential science and math skills, accompanied by a sense of helplessness. Therefore, it is crucial to prioritise high-quality STEAM education. This research suggests strategies such as designing experimental classroom activities, providing comprehensive teacher training, and establishing extracurricular science programs in underprivileged communities. A collaborative model was developed to connect researchers, educators, teachers, students, and families, fostering a community dedicated to enhancing scientific literacy and combating educational poverty.

Introduzione

La povertà educativa, definita come “la privazione da parte dei bambini, delle bambine e degli adolescenti della possibilità di apprendere, sperimentare, sviluppare e far fiorire liberamente capacità, talenti e aspirazioni” [1], è una delle problematiche sociali emergenti a livello globale. Il fenomeno non solo influisce negativamente sui risultati scolastici dei giovani, ma comporta anche effetti a lungo termine sullo sviluppo e sul benessere degli adulti e delle comunità intere [2]. Nel nostro paese, ricerche come quelle condotte dall'Istat¹ e dall'Autorità garante per l'infanzia e l'adolescenza² hanno evidenziato una diffusa condizione di fragilità educativa in diversi territori. Tra queste i dati sullo stato dell'educazione scientifica e matematica mostrano chiaramente diverse difficoltà nelle situazioni in cui gli indici di povertà educativa non sono trascurabili [3, 4]. Nel corso degli anni la ricerca in didattica della matematica e delle scienze si è sempre più concentrata sul rapporto tra i problemi del processo d'apprendimento-insegnamento e le questioni di ordine sociale e culturale

¹Le statistiche dell'Istat sulla povertà in Italia. Statistiche Report (2022).

²La dispersione scolastica in Italia: un'analisi multifattoriale. Documento di studio e di proposta (2022).

[5, 6]. Non mancano, infatti, indicazioni ed esempi su come promuovere l'educazione scientifica e matematica in relazione allo sviluppo cognitivo, culturale e sociale delle persone. Ciò che manca è una implementazione sistemica e duratura delle indicazioni della ricerca nella pratica scolastica [7]. Gli interventi didattici risultano spesso calati d'alto, non coordinati e lasciati, nel migliore dei casi, alle iniziative individuali dei docenti senza un piano di raccordo organico continuo e a lungo termine con la ricerca. Tale separazione va a discapito non solo dell'intero sistema educativo, ma soprattutto delle comunità e dei territori in cui le dinamiche sociali sono più fragili. Pertanto, dal nostro punto di vista, l'attenzione e la partecipazione dei ricercatori in didattica delle scienze e della matematica nei progetti di contrasto alla povertà educativa rappresenta non solo una sfida progettuale educativa, ma anche un'occasione di rivisitare dal punto di vista didattico i contenuti fondamentali delle discipline in modo da disegnare percorsi d'insegnamento-apprendimento più aderenti alle reali necessità della popolazione studentesca.

1 Educazione scientifica e contrasto alla povertà educativa: suggerimenti dalla ricerca

Il problema della povertà educativa è complesso e richiede politiche sistemiche, impegnative, coraggiose e lungimiranti per essere contrastato efficacemente. Di seguito riportiamo brevemente alcune indicazioni di maggior rilievo provenienti dal mondo della ricerca nel campo dell'educazione scientifica e matematica.

1.1 Capacità innate e loro valorizzazione nel rapporto scuola famiglia

Le ricerche in didattica della matematica e delle scienze e sullo sviluppo cognitivo si intrecciano con quelle delle neuroscienze offrendo nuovi scenari e prospettive nella comprensione dei processi di apprendimento in relazione a quelle che sono identificate come capacità innate che si manifestano presto nella vita [8, 9]. Queste abilità innate non sono solo precursori delle competenze matematiche e scientifiche, ma rappresentano veri e propri strumenti di esplorazione e apprendimento del mondo. I bambini e le bambine, ad esempio, grazie al riconoscimento di quantità discrete, iniziano a contare gli oggetti e a sviluppare il concetto di numero; la spazialità permette loro di orientarsi nell'ambiente e di muoversi con sicurezza; la capacità di individuare dei pattern facilita la comprensione di fenomeni complessi e la risoluzione di problemi. Non stupisce quindi che fin dalla tenera età, sviluppiamo un'innata curiosità ad esplorare il mondo. Il primo laboratorio in cui testiamo le prime forme di apprendimento è l'ambiente familiare che rappresenta il contesto nel quale si costruiscono e si definiscono i primi modi di fare scienza e matematica, imparando a risolvere problemi quotidiani interagendo con i pari, con gli adulti e con la loro cultura. Ciò che si impara a casa è influenzato dai valori culturali e dalle opportunità disponibili nel nucleo familiare. Cosa si impara, come si impara e quali competenze contano, sono variabili continuamente modellate da valori, pratiche e opportunità di uno specifico contesto culturale che è socialmente e storicamente determinato e connotato da dimensioni morali ed etiche. La pluralità culturale

proveniente da ciascun nucleo può arricchire l'educazione scolastica di tutti e tutte e dovrebbe essere presa in seria considerazione per affinare strategie di insegnamento da introdurre a partire dalla scuola dell'infanzia.

1.2 Il ruolo socio-culturale dei contesti informali per l'apprendimento matematico e scientifico

La natura sociale e culturale dell'apprendimento scientifico e matematico, per tutte le età, è da tenere presente quando si progettano proposte per gli studenti e per la formazione di insegnanti. Le risorse simboliche, che si esplicitano in discorsi e testi, e le risorse materiali, costituite da artefatti di uso comune o dedicati e luoghi significativi, sono gli strumenti con cui interagiamo per apprendere matematica e scienze [10]. L'apprendimento scientifico può essere inteso come lo sviluppo di un "repertorio di pratiche discorsive" che include l'uso del linguaggio, delle risorse simboliche, dei valori e dei comportamenti che ci caratterizzano nel nostro modo di relazionarci con persone e ambienti naturali e artificiali. L'argomentazione è una pratica discorsiva fondamentale nel fare scienza, ed è fondamentale per lo sviluppo del pensiero critico; ad esempio, aiuta a distinguere dalle relazioni che tra loro sono statisticamente correlate dalle relazioni di causa ed effetto fra grandezze e fenomeni. Viene da sé che l'apprendimento non è esperienza esclusivamente domestica né solo responsabilità della scuola. La scienza e la matematica si apprendono in una grande varietà di contesti. Il modo di apprendere nei contesti informali, ad esempio, è al centro di riflessioni che riguardano tra l'altro il modo di raccordare e valorizzare tali esperienze nell'insegnamento-apprendimento a scuola. Questi contesti si differenziano per il modo in cui il bambino interagisce con altre persone e per la specificità dei luoghi e delle risorse che questi offrono [2]. Centri della scienza, giardini botanici e musei offrono spazi progettati con cura, da esplorare in modo libero o mirato, e sono ricchi di materiali e di installazioni interattive anche suggestive intorno alle quali si sviluppano, in una dimensione sociale dell'apprendimento, interpretazioni e discussioni sul significato di fenomeni e sul senso di fare scienza. Purtroppo, l'offerta di tali esperienze è spesso presente nelle realtà più ricche e avanzate, e l'assenza di strutture per l'educazione scientifica nei quartieri e nelle periferie caratterizzati da condizioni socioeconomiche precarie, assieme all'assenza di altri servizi essenziali, contribuiscono a denotare la povertà educativa che si vuole contrastare.

2 Quadro teorico e disegno della ricerca

Il nostro Gruppo di Ricerca in Didattica della Matematica e della Fisica, si caratterizza per la continua integrazione reciproca di diversi filoni di ricerca che vanno dalla formazione dei docenti, alla ricerca diretta nei contesti di insegnamento/apprendimento, fino all'integrazione tecnologica nell'insegnamento della matematica e delle scienze. L'assunto da cui partiamo è che l'educazione scientifica può svolgere un ruolo significativo nella formazione culturale e sociale delle persone. Negli anni abbiamo osservato e imparato che, soprattutto dove manca un "welfare educativo" di comunità e le dinamiche sociali sono fragili, il ruolo che gli adulti di riferimento (insegnanti, educatori, parenti) giocano nella crescita globale dei ragazzi e delle ragazze è fondamentale. In questi contesti, il

contributo che il sapere scientifico, matematico e tecnologico può svolgere per migliorare la qualità della vita passa attraverso la condivisione di “un modo” non tradizionale del fare scienza. A caratterizzare la nostra azione di ricerca in tale ambito è un quadro teorico di riferimento costruito negli anni e in continuo aggiornamento contraddistinto da tre ingredienti tra loro fortemente correlati:

- a) una modellizzazione della dinamica cognitiva basata sulla risonanza fra “sollecitazione esterna” ed “evocazione-risposta interna” da parte di un “sistema cognitivo” in continua evoluzione [11];
- b) un approccio fenomenologico basato sull’analisi condivisa e approfondita della “realtà” dei fenomeni scientifici sia nei suoi aspetti “fattuali” che in quelli “formali”, accompagnato da un’attenta mediazione didattica per guidare lo studente nel processo di formalizzazione [12];
- c) un’interazione sistematica a lungo termine con i contesti (di classe, di formazione adulta, di condivisione culturale di base nei contesti formali e informali) in cui al tempo stesso l’azione di mediazione didattica prende forma a partire dalla modellizzazione, e la modellizzazione si sviluppa a partire dalle dinamiche cognitive e operative che è potenzialmente in grado di evocare, sviluppare, stabilizzare [13].

La nostra azione di ricerca si muove all’interno del quadro teorico appena presentato e prova a rispondere alle seguenti domande di ricerca: “Come fare per migliorare l’impatto delle indicazioni della ricerca sulla pratica? In che misura intervenire in contesti di povertà educativa attenua il divario tra la ricerca e la pratica didattica?”. La ricerca di risposte a questi interrogativi si è concretizzata nell’analisi dei risultati emersi dalle molteplici sperimentazioni attuate negli anni nell’ambito dei progetti di contrasto alla povertà educativa^{3,4,5,6,7}.

3 Metodi e risultati

L’impianto metodologico dello studio adotta un approccio mixed-method, articolato a) su un framework sperimentale di tipo design-based [14, 15]; b) sulla ricerca-azione, intesa come processo collaborativo e trasformativo che impegna tutti gli attori educativi in attività sia riflessive che sul campo; c) casi-studio per analizzare le condizioni di realizzazione delle attività specifiche, indagando la relazione tra l’approccio proposto e il contesto della sua implementazione. Le azioni che nel tempo abbiamo implementato si riferiscono a tre specifici interventi:

1. coinvolgimento di intere classi in attività curricolari ed extracurricolari in cui gli studenti sono al centro dell’azione educativa con il loro corpo e le rispettive immagini del mondo; esperienze che li coinvolgono nell’esplorazione dei fenomeni nella dimensione spaziale e della loro evoluzione,

³CATERINA – Costruire e Animare Territori Educativi per Ripensare Insieme Napoli: <https://percorsiconibambini.it/caterina/>

⁴EduCare: <https://percorsiconibambini.it/educare>

⁵Oceani in Costruzione: <https://percorsiconibambini.it/oceaniincostruzione>

⁶NoTe: Napoli Obiettivo Trasformazione Educativa:

<https://www.les.unina.it/index.php/note-napoli-obiettivo-trasformazione-educativa>

⁷Cambiamenti: <https://www.impararefare.it/cambia/>

nelle successioni temporali di eventi e di cambiamenti, nella percezione e schematizzazione di oggetti e fenomeni, nello sviluppo della motricità fine. Le attività sono basate sul gioco e sull'approccio fenomenologico alla modellizzazione dei fenomeni, e sono tese a promuovere il pensiero critico e a sviluppare capacità trasversali che riguardano la costruzione e l'uso di oggetti, il pensiero scientifico-matematico, le abilità linguistiche e lo sviluppo del senso estetico attraverso l'uso creativo delle tecnologie e la realizzazione di manufatti;

2. formazione degli insegnanti, degli educatori e dei genitori in laboratori nei quali si progettano attività didattiche con gli studenti, si studiano esperienze educative di successo e risultati di ricerca didattica riflettendo sulle strategie metodologiche, sui criteri e i sistemi di valutazione dell'apprendimento, sulla realizzazione di laboratori nelle scuole e nei centri territoriali. Particolare attenzione è data alla progettazione contestualizzata del curriculum di scienze e di matematica e alle potenzialità non sempre esplorate delle relazioni tra le esperienze svolte nei contesti formali e quelle svolte informalmente nei centri, in mostre, nei parchi all'aperto e a casa;
3. progettazione e realizzazione nelle scuole di laboratori immersivi sul rapporto tra arte-natura-scienza-matematica-tecnologie digitali. I laboratori immersivi coinvolgono intere classi, singoli visitatori e gruppi familiari sia in attività di progettazione e di formazione sia in quelle di sola fruizione.

I risultati sono il frutto di una lunga ricerca-azione condotta in numerose scuole, centri educativi extrascolastici e percorsi di formazione docenti con diverse comunità scolastica immerse in reali situazioni di disagio socio-economico ed educativo. I risultati di questa ricerca sono rappresentati da articoli scientifici [13, 16], tesi di laurea [17], materiale didattico progettato durante le attività e condiviso con la comunità del Laboratorio per l'Educazione alla Scienza (LES) [18].

4 Discussione

Nella ricerca in didattica delle discipline scientifiche si propongono talvolta modelli di intervento senza un'adeguata considerazione dei contesti sociali e didattici specifici. In questo lavoro, abbiamo discusso di un esempio concreto di come colmare il divario tra ricerca e pratica, sviluppando una relazione cooperativa tra ricercatori e insegnanti e alimentando la ricerca stessa con la pratica didattica. Negli ultimi anni, in riferimento al quadro teorico e alle attuali linee di ricerca, abbiamo riflettuto su come poter contribuire a ridurre la distanza tra ricerca e pratica. Il tema è molto complesso e di non semplice risoluzione. Tuttavia, un modo per colmare questo divario ci sembra possa essere l'implementazione di ricerche nell'insegnamento della fisica che siano al tempo stesso riflessive e sul campo.

Inoltre, abbiamo argomentato su come la ricerca in didattica può affrontare sfide dell'educazione scientifica formulandole attraverso uno sforzo collaborativo che coinvolga studenti, insegnanti, ricercatori, educatori e famiglie. Le attività educative co-progettate con i docenti delle classi sono state poi implementate e hanno coinvolto l'intera classe, anche in situazioni di effettivo disagio, producendo risultati significativi documentati nella comunità del LES. Il LES rappresenta

una comunità di pratica il cui approccio si basa su comprensione, intervento, ricerca e osservazione. Dalla nostra esperienza è emerso che un lungo lavoro di osservazione e di campo è fondamentale per un intervento che possa avere un impatto sulla pratica didattica di specifici contesti. Lo sviluppo delle capacità cognitive e della conoscenza in un essere umano è un processo lungo e complesso, influenzato dai più vari fattori individuali e ambientali; non è lineare, ma procede tra avanzamenti e regressioni, successi e fallimenti, grovigli e sbrogli. Si manifesta sempre in forme diverse e spesso imprevedibili. Per comprenderlo servono grandi dosi di pazienza e umiltà, e molta attenzione verso tutti gli interlocutori – in primis ragazzi e ragazze, e gli insegnanti tra i quali ovviamente ci includiamo.

Riferimenti bibliografici

- [1] Save The Children Italia. *Povertà educativa: Necessario un cambio di passo nelle politiche di contrasto*. 2022.
- [2] National Academies of Sciences. *How People Learn II: Learners, Contexts, and Cultures*. National Academies Press, 2018. DOI: 10.17226/24783.
- [3] Davier, M. von, Kennedy, A., Reynolds, K., Fishbein, B., Khorramdel, L., Aldrich, C., Bookbinder, A., Bezirhan, U. e Yin, L. *TIMSS 2023 International Results in Mathematics and Science*. 2024. DOI: 10.6017/lse.tpi.sc.timss.rs6460.
- [4] INVALSI. *Rapporto INVALSI 2024*. 2024.
- [5] Fiorello, C., Di Mauro, M., Malgieri, M., Rosi, T., Toffaletti, S., Onorato, P. e Oss, S. “Analyzing students’ drawings of the greenhouse effect: common features associated to the understanding of the phenomenon”. In: *Journal of Physics: Conference Series* 2950.1 (feb. 2025), p. 012033. DOI: 10.1088/1742-6596/2950/1/012033.
- [6] Levirini, O., Tasquier, G., Barelli, E., Laherto, A., Palmgren, E., Branchetti, L. e Wilson, C. “Recognition and operationalization of Future-Scaffolding Skills: Results from an empirical study of a teaching–learning module on climate change and futures thinking”. In: *Science Education* 105.2 (gen. 2021), pp. 281–308. DOI: 10.1002/sce.21612.
- [7] Farley-Ripple, E., May, H., Karpyn, A., Tilley, K. e McDonough, K. “Rethinking Connections Between Research and Practice in Education: A Conceptual Framework”. In: *Educational Researcher* 47.4 (mar. 2018), pp. 235–245. DOI: 10.3102/0013189x18761042.
- [8] Dehaene, S. *How we learn: The new science of education and the brain*. Literaturverzeichnis: Seite 269-305. Dublin: Penguin books, 2021. 31916 pp.
- [9] Rizzolatti, G. *Mirroring brains. How we understand others from the inside*. A cura di C. Sinigaglia e F. Anderson. First edition. Literaturverzeichnis: Seite 275-315. Oxford: Oxford University Press, 2023. 334 pp.
- [10] Vygotskij, L. S. *Thought and language*. A cura di E. Hanfmann. Rev. and expanded ed. Aus dem Russ. übers. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2012. 307 pp.

- [11] Guidoni, P., Iannece, D. e Tortora, R. “Forming Teachers as Resonance Mediators”. In: *International Group for the Psychology of Mathematics Education*. 2005.
- [12] Lehrer, R. e Schauble, L. “Learning Progressions: The Whole World is NOT a Stage: LEARNING PROGRESSIONS”. In: *Science Education* 99.3 (2015), pp. 432–437. DOI: 10.1002/sce.21168.
- [13] Artiano, G. e Balzano, E. “Teaching and learning physics in formal and informal contexts”. In: *Il Nuovo Cimento C* 46 (2023), 1–4. DOI: 10.1393/ncc/i2023-23182-x.
- [14] Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. e Schauble, L. “Design Experiments in Educational Research”. In: *Educational Researcher* 32.1 (gen. 2003), pp. 9–13. DOI: 10.3102/0013189x032001009.
- [15] diSessa, A. A. e Cobb, P. “Ontological Innovation and the Role of Theory in Design Experiments”. In: *Journal of the Learning Sciences* 13.1 (gen. 2004), pp. 77–103. DOI: 10.1207/s15327809jls1301_4.
- [16] Artiano, G., Balzano, E. e Mellone, M. “Life in a drop of water: A participatory design project to tackling educational poverty”. In: *Proceedings of the 27th ICMI study conference mathematics education and the socio-ecological (ICMI and MATHTED)*. 2025.
- [17] Mele, M. “Educazione Scientifica nei contesti formali e informali”. Tesi di laurea mag. Università degli Studi suor Orsola Benincasa, 2022.
- [18] *Laboratorio per l'Educazione alla Scienza*. 2025. URL: www.les.unina.it.

Parte VI

Educational perspectives on decision making for a sustainable future

Attivismo per la giustizia climatica: Motivazione, emozioni, abitudini

L. Konderak

Dipartimento di Filosofia, Università Vita-Salute San Raffaele,
Milano

Abstract

This contribution examines the current moral and political debate about the motivational gap – i.e., the gap between our plentiful knowledge about climate change and the environmental crisis and our slow action before it. Questioning the idea that moral argumentation alone pushes individuals to action, this paper explores other motivating forces, including habits and emotions. In contrast to the philosophical “affective turn”, this paper recognises that a social and political management of emotions prevents them from being authentic and spontaneous forces. Employing sociological research about climate activism, this project hypothesises that apathy results from the combination of fear and powerlessness. However, a positive activation of fear through hope and/or rage could result in more effective action against climate change.

Introduzione

Nelle policy che aspirano a contrastare comportamenti, modi di produzione, e abitudini collettive che acuiscono il cambiamento climatico e la crisi ecologica si riscontra una spiazzante titubanza, un contrasto stridente tra la conoscenza e consapevolezza sempre crescenti della minaccia incombente e la difficoltà del Nord globale a cambiare il proprio stile di vita.

Il Protocollo di Kyoto (1997), pur avendo la possibilità di stabilire un tetto massimo d'emissioni, magari in termini punitivi per i paesi storicamente colpevoli di aver maggiormente inquinato ed emesso gas serra, ha ceduto alle pressioni del cosiddetto Umbrella Group [1] e istituito il meccanismo di cap-and-trade, e cioè l'attribuzione a ciascun paese di diritti d'emissione con la possibilità di commercializzare i diritti non utilizzati [2, 3, 4]. A partire dal 1995 le Conferences of Parties (COPs) non sono state in grado di ridurre l'influenza delle lobby dell'industria fossile sulle decisioni in materia di cambiamento climatico e biodiversità. L'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Panel on Biodiversity and Ecosystem Services), istituito nel 2012, sta promuovendo una sussunzione antropocentrica e perfino economica della biodiversità attraverso il concetto di Servizi Ecosistemici [5, 6, 7]. Infine, l'obiettivo stabilito dall'accordo di Parigi (2015), che prevede di contenere il riscaldamento globale al di sotto di $2/1,5^{\circ}C$ oltre i livelli preindustriali appare oggi decisamente ottimistico, poiché “attenendoci al *business as usual*” raggiungeremo i $+1,5^{\circ}C$ già nel 2040, se non nel 2030.

A questa debolezza della risposta alla crisi ambientale, e al mancato rispetto degli accordi internazionali corrisponde un altrettanto evidente assenza di decisione degli individui a modificare stili di vita, priorità, modalità d'acquisto e/o consumo per far fronte a un'emergenza che, in forme diverse, sembra colpire con sempre più frequenza diverse parti del mondo. Resta la differenza abissale tra quei paesi che, in virtù di un consolidato sviluppo economico e industriale – costato tonnellate di emissioni inquinanti nei secoli passati – hanno le risorse economiche per adattarsi a questa minaccia, e quei paesi che invece non hanno le stesse possibilità e sono quindi maggiormente esposti alla crisi ambientale [8]. In questa ottica, la crisi ecologica si definisce come un problema di giustizia climatica e perfino ambientale, segnato dalla denuncia da parte di numerosi movimenti sociali dell'inefficacia di una strategia di transizione verso la sostenibilità basata sul mercato [8] – tanto più che gli effetti di riscaldamento dell'atmosfera prodotti dai combustibili fossili erano ben noti dalla fine del XIX secolo, in particolare dal 1896 con il lavoro del chimico svedese Arrhenius [4], e i rischi in esso implicati chiari dagli anni '70 del XX secolo [8].

Questo contributo si concentra sull'immobilità degli individui di fronte al cambiamento climatico. La recente ricerca in filosofia morale sul tema inquadra questa inettitudine nei termini di uno scarto motivazionale, *motivational gap* [9, 10]: mancherebbe insomma agli individui una motivazione adeguata a corrispondere alla pletorica conoscenza e comunicazione a proposito della crisi ecologica e del cambiamento climatico. Situandosi nell'ambito di questo dibattito, e riconoscendo come esista effettivamente uno scarto motivazionale, questo contributo intende porre la questione circa le forze motivanti l'essere umano: tale questione verrà posta con riferimento a una breve ricostruzione di alcune tesi dei filosofi morali del passato, ma anche in una prospettiva storica, e cioè tenendo conto di quelli che oggi vengono considerati come i principali fattori motivazionali alla base dell'agire umano. Nel complesso, si può sostenere che nelle società occidentali oggi altamente strutturate dal pensiero e dall'etica neoliberale, tali variegate motivazioni vengano ricondotte alla struttura universale e nel contempo equalizzante dell'interesse, in concomitanza con la dominante interpretazione dell'essere umano come *homo oeconomicus* [11, 12]. In tale prospettiva, l'azione morale viene interpretata (e forse performativamente prescritta) come un calcolo di costi e benefici. Ciò non vuole dire negare le molteplici forze che muovono gli esseri umani, né leggerle nei termini della ricerca di un ricavo meramente economico, ma disinteressarsi degli aspetti filosofico-metafisici e psicologici e applicare ad essi la griglia interpretativa dell'interesse come strumento di previsione e comprensione dei comportamenti umani, anche in riferimento a beni non economici. D'altronde, questo approccio evidenzia la capacità dall'interesse di motivare [13, 14].

Di fronte alla carenza di motivazione all'azione climatica, allora, vengono proposte argomentazioni morali ritenute capaci di incentivare i cittadini: per esempio, Thompson propone che gli esseri umani possano essere spinti ad agire per preservare il pianeta dal cambiamento climatico in virtù del loro interesse a perpetuarsi in una prole, cui i presenti non possono che desiderare di garantire un'esistenza degna d'esser vissuta [13, 14]. Per l'autrice, questo interesse potrebbe fondare adeguatamente l'imperativo morale alla giustizia intergenerazionale e contrastare la tendenza dei presenti a trascurare i futuri. Per altri autori, occorre migliorare la comunicazione istituzionale relativa al cambiamento climatico [15], in virtù del fatto che il concorso di grandi trasformazioni istitu-

zionali e cambiamenti degli stili di vita individuali può fare la differenza nel mitigare il cambiamento climatico. Il riconoscimento di un dovere a garantire alle future generazioni una vita degna d'esser vissuta [16] appare tra le ragioni preponderanti della giustizia climatica: offrire ai futuri un accesso alle medesime possibilità o ai medesimi diritti di cui hanno goduto i presenti è una delle ragioni per cui l'azione climatica appare impellente [17]. Tuttavia, anche in rapporto a tale dovere emergono difficoltà insormontabili, compreso quello che potrebbe essere definito come un pregiudizio presentista [18], e cioè una tendenza – presunta come intrinseca dell'essere umano – a sovrastimare il presente e gli esseri umani attualmente esistenti a discapito dei futuri.

A proposito di tali argomentazioni emergono però due difficoltà: in primo luogo, lo schema interpretativo dell'interesse imperante in una società in cui il neoliberalismo e l'economia pervadono e informano pressoché tutti gli aspetti della vita delle persone rischia di essere inconciliabile con la presa in carico delle future generazioni, che esige cura, asimmetria e soprattutto impossibilità di reciprocità: se nella categoria di interesse è implicito che un comportamento benefico chi lo adotta, esso sembra escludere un sacrificio a beneficio di chi non potrà mai ripagare i presenti per gli sforzi profusi. Inoltre, il soggetto dell'interesse è sempre il “locus primevo dell'autopossesso: l'individuo possessivo” [14], che tramite il calcolo costi benefici aspira a ottimizzare i propri ricavi anche non economici. In secondo luogo, la formulazione e fondazione sempre più precisa di argomentazioni morali potrebbe non essere sufficiente a fronteggiare un'assenza di motivazione se si ammette che il ragionamento corretto non è di per sé moralmente determinante e che l'azione umana scaturisce da una molteplicità di fattori, tra i quali il ragionamento è senz'altro decisivo. Esso tuttavia resterebbe senza efficacia senza la forza propulsiva di altre componenti – come emozioni e abitudini.

1 Cosa motiva gli esseri umani all'azione? Un dibattito millenario

In questa cornice, il recente pensiero filosofico continentale e anglosassone ha mostrato una tendenza a sottolineare la rilevanza politica e morale delle emozioni. Tale tendenza è stata chiamata svolta affettiva [19]: nell'ambito del pensiero continentale, questo filone trova la propria espressione negli studi spinoziano-deleuziani, mentre in ambito anglosassone occorre citare il celebre testo di Martha Nussbaum, *L'intelligenza delle emozioni* (2001). Questo appello agli affetti può essere interpretato in entrambi i contesti come una risposta polemica all'eccessivo razionalismo politico e morale, al preteso ruolo preponderante dell'argomentazione, del ragionamento e del raziocinio per la morale e la politica. In particolare, gli autori annoverati tra gli esponenti di questa svolta sottolineano il ruolo preponderante delle emozioni positive e della loro collettivizzazione nella promozione dell'azione e dell'emancipazione [20]. D'altronde, sebbene le emozioni vengano contrapposte alla ragione, esse vengono riconosciute come portatrici di una intrinseca intelligenza, capaci di attivarsi come radar di situazioni di pericolo, segnalare necessità di cambiamento o di stasi, promuovere alleanze salvifiche. Sebbene partecipi di ragione, esse vengono contrapposte ad essa per un duplice motivo: da un lato esse appaiono libere dai condizionamenti

che attraverso i discorsi fanno presa sul pensiero razionale. In tale prospettiva, le emozioni vengono interpretate come il nucleo autentico e viscerale del sé. Dall'altro, sebbene vissute interiormente e privatamente da ciascuno, le emozioni e la loro intelligenza vengono considerate capaci di unire tutti gli esseri umani, che mediante esse possono riunirsi in una profonda risposta contro l'imporsi di ideologie e poteri oppressivi che hanno nella ragione la propria guarnigione in ciascun individuo.

Tale interpretazione rovescia il tradizionale sospetto filosofico per le emozioni, che risale perlomeno a Platone [21]. Per la tradizione che con Platone comincia, le passioni sono deleterie, distruttive. Tuttavia, un elemento di continuità può essere riscontrato tra quella tradizione e la svolta affettiva, soprattutto in ambito politico: le passioni sono il collante della folla, intesa quest'ultima nei termini di una massa agglomerata da impulsi emotivi – una linea di pensiero, questa, che ha trovato vigore anche a cavallo tra fine XIX e inizi XX secolo, negli studi perfino reazionari sulla psicologia delle folle di personaggi come Le Bon e Sighele. Tuttavia, lungo la storia del pensiero filosofico occidentale una più nascosta corrente di pensiero ha sottolineato i molteplici aspetti che spingono gli esseri umani ad agire e ha riconosciuto il carattere positivo di forze come emozioni e abitudini nel muovere all'azione e nel promuovere la moralità. Senza pretendere di ricostruire l'intera la storia del pensiero morale e l'indagine sulle motivazioni all'azione, già a partire da Aristotele l'azione morale venne considerata come frutto della composizione di più elementi: le virtù etiche, a differenza delle virtù dianoetiche o intellettuali [22], sono frutto della combinazione di una disposizione abituale virtuosa a scegliere il bene – che nasce dall'educazione infantile ed è poi rinforzata dalle leggi della città [22] – col ragionamento. Quest'ultimo entra in ballo non nella definizione del fine buono, ma nel calcolo dei mezzi migliori per ottenere quel fine.

Molti secoli dopo, Immanuel Kant, spesso identificato come il campione del razionalismo, nell'analizzare il fenomeno morale e indagare le motivazioni che spingono all'azione propone che esse debbano essere ricercate nel rispetto (*Achtung*) per la legge morale, che egli chiama sentimento morale [23] – rievocando eppure alterando profondamente la tradizione del moralismo scozzese. D'altronde, per Kant, la legge morale non è razionalmente dedotta ma è un fatto della ragione [23], in essa rinvenuta e perciò stesso vincolante per ciascuno: per lui, tutti conoscono già perfettamente cosa è giusto fare, per questo le formulazioni della legge morale possono rimanere vaghe e prescrivere solo la forma universale delle massime dell'azione.

Da parte sua Søren Kierkegaard afferma il valore salvifico delle emozioni negative come la disperazione e l'angoscia [24]. Queste emozioni sono capaci di segnalare al credente di essersi allontanato rispettivamente da Dio e da sé, e dunque di spingerlo a saltare dall'esistenza estetica a quella etica e poi a quella religiosa.

Come già sottolineato, la svolta affettiva avvenuta dalla metà del XX secolo ha riportato al centro dell'indagine etica e politica le emozioni, mentre il ruolo dell'abitudine nell'agire quotidiano e nella definizione dei percorsi pratico-intellettivi con cui ci muoviamo nell'ambiente è stato sottolineato da un antropologo del calibro di Gregory Bateson [25].

Nel complesso, si può affermare che la motivazione all'azione in generale, e all'azione morale in particolare, proviene in situazioni banali e ripetitive da percorsi interpretativi consolidati e socialmente definiti, radicati nell'interpre-

tazione quasi inconsapevole di situazioni concrete, nell'automatismo di risposte predefinite. Le emozioni che accompagnano tali situazioni possono a volte consolidare lo schema responsivo acquisito, restituendo un senso di familiarità e sicurezza, a volte segnalare la necessità di un cambiamento – ad esempio mediante passioni negative come la paura, la noia, la rabbia. D'altronde, mentre il ragionamento e l'argomentazione guidano nel mondo, essi subentrano spesso in maniera posticcia, giustificando razionalmente decisioni viscerali o automatiche, facendo nascere la ragione ai bordi della non ragione.

2 Il contributo della sociologia: attivisti climatici

In questo quadro, alla contemporanea svolta affettiva sembra esser sfuggito un aspetto nella considerazione degli affetti e della loro capacità emancipativa di muovere all'azione: le passioni non sono un autentico e incontaminato nucleo del sé. Proprio perché gli schemi di risposta a situazioni concrete e ai loro marcatori sono socialmente definiti [1], le emozioni entrano immediatamente in un circuito di espressione, inibizione e utilizzo che è altamente socializzato e politicizzato. Quali emozioni sia lecito provare in specifiche situazioni e quali vadano inibite, come esse debbano essere espresse o repressi in gesti e parole – con l'implicazione che chi prova emozioni che non dovrebbe, in genere emozioni negative, va incontro a una crescente medicalizzazione delle stesse – è prescritto da un insieme di regole sociali intrecciate a strategie e obiettivi politici che impediscono di interpretare gli affetti come un nucleo incontaminato di spontaneità.

La gestione sociale delle emozioni [26] è stata oggetto d'attenzione da parte della sociologia: in quanto segue si farà riferimento a studi di ambito sociologico, sebbene i risultati da essi ottenuti non verranno problematizzati da un punto di vista metodologico. Tuttavia, si dà qui una possibilità di convergenza tra lo studio sociologico sulle emozioni e alcune recenti interpretazioni filosofiche degli affetti. In particolare, l'indagine descrittiva sugli stati emotivi [27] è una delle novità del metodo fenomenologico, di quell'indagine filosofica cioè che, a partire dagli inizi del XX secolo, si è proposta di studiare le cose nella loro apparenza, senza ambire a rinvenirvi un'essenza nascosta: le uniche determinazioni che dallo studio degli stati emotivi (*Stimmungen*, che indica in tedesco un mettersi a tono ed accordarsi) si possono derivare consistono nel fatto che l'esperienza umana è sempre emotivamente connotata e che tali stati emotivi rivelano qualcosa dell'esperienza che abbraccia il soggetto esperiente e la situazione.

Si procederà dunque a esaminare il complesso di conoscenze, emozioni e comportamenti elaborati nel corso di alcune interviste dagli attivisti climatici: l'indagine sociologica si è concentrata su queste figure poiché esse mettono in atto le forme più visibili di azione climatica. Tuttavia, non mancano anche studi a proposito di coloro che, pur fortemente colpiti dal cambiamento climatico, non reagiscono in alcun modo [1]. Queste ricerche rivelano il modo in cui diversi individui si situano rispetto al cambiamento climatico, rispondendo emotivamente e reagendo socialmente all'irruzione di una minaccia del tutto nuova. Si evidenzieranno in conclusione alcuni limiti di tale approccio.

I testi considerati hanno rilevato il ruolo di quattro emozioni principali riportate o espresse dagli attivisti, cioè la paura, la rabbia, la speranza e la colpa, e al

contempo il definirsi di strutture socialmente determinate di risposta a queste emozioni, tra cui spicca il diniego. Tali risposte possono essere categorizzate in tre principali casistiche: coloro che rispondono apaticamente alla minaccia del cambiamento climatico, gli attivisti prima del 2019 e gli attivisti post 2019 – il 2019 è una data decisiva poiché segna l’ingresso sulla scena pubblica di Greta Thunberg [8].

Per quanto riguarda coloro che reagiscono con apatia al cambiamento climatico, questo tipo di risposta è stata indagata da Kari Norgaard in un villaggio norvegese colpito dal cambiamento climatico già a partire dagli inizi del XXI secolo a causa della sua dipendenza economica dal turismo sciistico e dalla pesca sul ghiaccio: la ricerca fa riferimento alla prima decade del XXI secolo. Norgaard smentisce l’idea che l’inazione dei cittadini del villaggio derivi da una mancanza di informazioni a proposito del cambiamento climatico – il cosiddetto modello del deficit d’informazione [1] – sottolineando come invece al crescere della comunicazione a proposito di rischi e disastri ambientali corrisponda una crescente apatia di fronte al problema [1, 28]. Ad ogni modo, per l’autrice, l’apatia non è la risposta emotiva automatica di fronte a una minaccia imminente, anche se ancora percepita come distante e non immediatamente distruttiva. Al contrario, per Norgaard l’apatia e l’immobilità [1] sono il risultato di una gestione collettiva e sociale della paura e della colpa che ella chiama “vivere nel diniego”: esso consiste nel reagire all’impulso che le emozioni negative generano a rimuoverne la causa – si pensi ad affetti come la paura per un futuro minaccioso e il senso di colpa per aver goduto dei frutti di uno stile di vita rivelatosi insostenibile – mediante una risposta socialmente determinata di rassegnazione e impotenza. Questo diniego socialmente organizzato [1] si nutre dell’elogio culturale della capacità di adattarsi e prendere il meglio da ciò che capita. Tuttavia, come evidenziato da Norgaard, non manca una componente politica: il senso di impotenza e dunque il tranquillo adagiarsi nella convinzione che la propria azione sia tanto infinitesimale da essere inutile, sono legate alla percezione e alla narrazione del cambiamento climatico come fenomeno globale e lontano [1], cui solo gli stati sono in grado di rispondere in virtù della loro potenza e delle loro risorse [1]. La paura e la colpa per il cambiamento climatico vengono disattivate nelle pratiche sociali quotidiane anche sottolineando il potere salvifico della tecnologia [1]¹. Kleres e Wettergren parlano di un contenimento della

¹Per Norgaard, d’altronde, questo meccanismo di disattivazione delle emozioni negative non è un’esclusiva della risposta apatica al cambiamento climatico. Al contrario, per lei questa capacità è socialmente e politicamente ben allenata attraverso le strategie neoliberali e individualistiche di neutralizzazione di una molteplicità di emozioni negative, come la compassione [1], che in organizzazioni politiche e sociali altamente individualizzate non viene rimossa aiutando chi genera compassione, ma voltando lo sguardo di fronte a chi soffre ed è escluso da uno stile di vita opulento, anche quando la sofferenza è direttamente causata da esso. Borren sottolinea il carattere antipolitico della compassione [20], anche se ella esclude dalla sua indagine l’insieme di fattori politici, sociali e storici che influenzano i percorsi di gestione delle emozioni. Norgaard sottolinea anche la centralità dell’abitudine a vivere in una società del rischio come fattore di inibizione della paura verso minacce spropositate e ingestibili [1].

A proposito della tendenza di stati e attori politici internazionali ad escludere la cittadinanza dalla partecipazione alle decisioni politiche circa il cambiamento climatico, è interessante leggere l’articolo di Fisher a proposito della quindicesima COP tenutasi nel 2009 a Copenhagen. Durante quella conferenza, il numero di partecipanti da associazioni della società civile era stato altamente sottovalutato dagli organizzatori, il che li aveva condotti ad escludere molti degli attivisti che si erano già recati a Copenhagen per assistere ai lavori (la conferenza avrebbe potuto ospitare un massimo di 15000 persone, mentre erano attese in città tra le 60000 e le 100000 persone) [29]. Nella lettura fornita dall’autrice, la causa dell’esclusione della società

“incombente paura del cambiamento climatico [attraverso] misure tecnologiche di adattamento e mitigazione neoliberali e orientate al consenso, alla ricerca della speranza in soluzioni fuori di sé” [28]. Nel complesso, per coloro che non mettono in atto alcuna forma di azione climatica, paura e senso di colpa vengono socialmente e politicamente neutralizzati attraverso la deresponsabilizzazione e il diniego.

In secondo luogo, vi sono gli attivisti climatici prima del 2019: Kleres e Wettergren hanno intervistato attivisti del Nord e del Sud globali impegnati in manifestazioni per il clima [28]. Le emozioni fondamentali che essi hanno rinvenuto sono state la paura, anche estrema sino al terrore, la speranza, la rabbia, e la colpa. Le loro ricerche hanno riscontrato differenze sostanziali tra i percorsi emotivi degli attivisti del Nord e quelli del Sud del mondo. Per quanto riguarda gli attivisti dal Nord globale, in ogni caso sovrarappresentati, gli autori sottolineano come essi manifestino paura per il cambiamento climatico e come tuttavia siano in grado di attivarla positivamente mediante la speranza nell'azione collettiva: “agli altri, come i summit sul clima [...] non si accorda fiducia. Tuttavia, alcuni attivisti ripongono le loro speranze in soluzioni istituzionali, rappresentate dalla COP, come preconditione per sostenere la speranza nella propria azione” [28]. Tuttavia, la rabbia per gli interventi inefficaci e la colpa – come attribuzione di colpa o senso di colpa – vengono espressi e maneggiati con cautela da tali attivisti, che tendono a rimuoverle e a trasfigurarle in emozioni positive. Per gli autori, l'esclusione del linguaggio della rabbia deve essere ricondotto alla “repressione di questa potente emozione in un contesto post-politico” [28], e cioè alla promozione di una società consensuale intorno ai principi neoliberali e al benessere, in cui la rabbia viene vista con sospetto per il suo potere politicizzante e polarizzante: “la rabbia nella mobilitazione collettiva porta con sé un intrinseco potere politicizzante di conflitto, che ascrive la colpa a chi detiene il potere” [20]. Un diverso percorso emotivo segna gli attivisti dal Sud del mondo, spesso già colpiti dal cambiamento climatico. Questi attivisti tendono a sottolineare la responsabilità del Nord globale per il disastro ambientale e a chiedere loro un'assunzione di responsabilità. Pertanto, il loro attivismo mobilita la paura mediante la rabbia, in corrispondenza con una maggiore politicizzazione della questione ambientale e con un appello alla giustizia climatica [28]. Nel loro caso, la speranza riguarda la loro capacità di agire ma è riposta soprattutto nell'assunzione di responsabilità da parte dei paesi del nord del mondo. Nel complesso, gli attivisti climatici dal Nord globale prima del 2019 mostrano dei percorsi emotivi di gestione della paura basati sull'attivazione positiva della speranza nell'azione collettiva, mentre quelli dal

civile dalla COP è il fondersi dei movimenti di attivisti, poiché “per assicurare la sicurezza delle parti che negoziavano all'interno, l'organizzazione non ha avuto altra scelta che limitare l'accesso ai membri della società civile” [29]. La responsabilità dell'esclusione viene dunque attribuita dall'autrice all'eccessivo attivismo dei movimenti (e cioè i rappresentanti della società civile), e non a manchevolezze dell'organizzazione. Tuttavia, favorire la partecipazione della società civile avrebbe potuto promuovere la responsabilizzazione di fronte al cambiamento climatico e la comprensione della sua complessità. Al contrario, la presa di posizione dell'organizzazione comunica la volontà di escludere la società civile, in conformità alla narrazione evidenziata da Norgaard per cui la questione ambientale e la crisi climatica vengono presentate come problemi globali, per rispondere ai quali solo stati e attori internazionali hanno le risorse e l'*expertise* necessari. D'altronde, come Imperatore e Leonardi sottolineano, ciò mostra che la governance globale della crisi climatica è certo multilaterale, ma non partecipata [8], come auspicato dall'ONU.

sud del mondo attingono maggiormente alla rabbia per il torto subito, facendo appello alla giustizia climatica.

Infine, vi sono gli attivisti climatici a partire dal 2019, spartiacque definito dall'impegno di Greta Thunberg e i suoi scioperi per il clima. Martiskainen e colleghi evidenziano una più forte politicizzazione dei movimenti, con una crescente attivazione della rabbia in corrispondenza alla percezione di un'ingiustizia climatica [30, 8]. Anche per gli autori, peraltro, la conoscenza del cambiamento climatico non è sufficiente a promuovere un impegno per rispondervi o contrastarlo [30]. In tal senso, si potrebbe sostenere che i percorsi emotivi che prima venivano attivati principalmente dagli attivisti del Sud globale si siano generalizzati, in seguito a una più forte politicizzazione della questione ambientale in termini di giustizia climatica e attribuzione di colpa alla grande industria soprattutto estrattiva. D'altronde, se in tal caso la speranza dovesse essere riposta soltanto nell'azione di altri – dei responsabili del cambiamento climatico – vi è il rischio di una deresponsabilizzazione degli attivisti e delega dell'azione a terzi.

Gli autori fanno però appello ad ulteriori ricerche, sottolineando come gli attivisti dal Sud globale siano sottorappresentati nei loro studi [30]. A questa considerazione occorre aggiungere che queste indagini, ad eccezione di quella di Norgaard, hanno coinvolto per lo più coloro la cui azione per il clima è più facilmente visibile, e cioè attivisti e scioperanti. Tuttavia, non è detto che a questo tipo di proteste corrispondano scelte quotidiane sostenibili: pertanto, un'ulteriore possibilità di sviluppo della ricerca consiste nell'indagare le motivazioni di chi mette in atto forme di azione climatica meno visibile – ad esempio mediante le abitudini quotidiane. Se infatti le emozioni ci testimoniano dell'accettabilità di una situazione, talvolta esigendo dei cambiamenti per salvarci dal precipizio verso cui corriamo spediti, resta poi da costruire su tali indicazioni delle abitudini diverse, che soppiantino quelle che hanno condotto alla situazione minacciosa dalla quale cerchiamo di uscire.

3 Conclusioni

Questo contributo si situa all'incrocio tra politiche climatiche e comportamenti individuali per interrogarsi a proposito dell'assenza di motivazione ad agire per contrastare il cambiamento climatico. Alla lenta e ambigua azione delle istituzioni internazionali e statali corrisponde la scarsa motivazione dei cittadini, nonostante l'azione combinata di entrambi sia già stata decisiva per intervenire contro alterazioni antropiche dell'ecosistema terrestre – basti pensare al celeberrimo buco nell'ozono.

Ci si è interrogati circa i molteplici fattori che muovono gli esseri umani ad agire, e si è ipotizzato che lo schema del calcolo degli interessi oggi imperante possa essere insufficiente e comunque inadeguato a fondare un impegno evergetico a favore delle generazioni future o delle parti del mondo che più soffrono le conseguenze del cambiamento climatico e della crisi ambientale. Accanto al calcolo razionale, si è mostrato come anche le emozioni e le abitudini siano potenti fattori motivanti all'azione morale e non, al cambiamento o al mantenimento di schemi di comportamento consolidati, alla fuga o alla ricerca di specifiche situazioni. Si è poi presa in considerazione la cosiddetta svolta affettiva in filosofia politica e morale, e cioè la tendenza a sottolineare la rilevanza delle emozioni per i comportamenti umani e per i movimenti emancipativi. Tuttavia, si è mostrato

come tale svolta manchi di sottolineare il carattere socialmente, politicamente e storicamente situato delle risposte emotive e della loro gestione. Utilizzando ricerche sociologiche a proposito dell’attivismo per il clima, si è indagato quali siano i percorsi emotivi attivati da coloro che mettono in atto queste forme altamente visibili di azione climatica, contrapponendo la loro attivazione positiva mediante la speranza e la rabbia alla paura schiacciante del cambiamento climatico culminante in apatia e immobilità.

Muovendo da questi risultati del tutto preliminari, si può quindi ipotizzare che l’investimento emotivo mediante speranza e rabbia per attivare positivamente la paura del cambiamento climatico possa essere un fattore decisivo per coinvolgere gli individui nell’azione climatica. Inoltre, questo tipo di approccio avrebbe l’ulteriore vantaggio di contrastare la medicalizzazione di emozioni negative e perfino la loro criminalizzazione politica – che colpisce ad esempio la rabbia. Se però le emozioni funzionano come termometri che segnalano la necessità di cambiare o la buona tenuta di una situazione [31], se la paura ci prepara a una minaccia futura e ben nota, la speranza ci induce ad agire in virtù del senso di una futura efficacia dell’azione individuale e collettiva, e se la rabbia ci aiuta a riconoscere che un torto è stato subito e che un’istanza di giustizia deve corrispondervi, resta però da definire quali siano le abitudini mediante le quali il cambiamento che le emozioni ci chiedono possa essere raggiunto. Restano insomma da delineare le nuove abitudini, costruite magari in modo partecipato e strutturate dal basso, per un futuro sostenibile.

Acknowledgment

Progetto “2022W8CT4J Liberal Politics and Nature: Democratic Decisions about Plants, Animals, and Climate Change”, finanziato dall’Unione Europea - Next Generation EU, Missione 4 Componente 2 Investimento 1.1, CUP: D53D23008080008

Riferimenti bibliografici

- [1] Norgaard, K. M. *Living in denial. Climate change, emotions, and everyday life*. Includes bibliographical references and index. Cambridge, MA: MIT Press, 2011. 1279 pp.
- [2] ONU. *Protocollo di Kyoto*. 1997. URL: https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/documentazione_-_il_protocollo_di_kyoto_della_convenzione_sui_cambiamenti_climatici-pdf.
- [3] Marzocca, O. *Biopolitics : an Introduction. Power-Knowledge of Life and Government of Persons*. Mimesis Edizioni, 2020, p. 190.
- [4] Leonardi, E. “Bringing Class Analysis Back in: Assessing the Transformation of the Value-Nature Nexus to Strengthen the Connection Between Degrowth and Environmental Justice”. In: *Ecological Economics* 156 (feb. 2019), pp. 83–90. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.09.012.
- [5] Costanza, R. et al. “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”. In: *Ecological Economics* 25.1 (apr. 1998), pp. 3–15. DOI: 10.1016/S0921-8009(98)00020-2.

- [6] Díaz, S. e Malhi, Y. “Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives”. In: *Annual Review of Environment and Resources* 47.1 (ott. 2022), pp. 31–63. DOI: 10.1146/annurev-environ-120120-054300.
- [7] IPBES. *Ecosystem Services, Glossary*. 2025. URL: <https://www.ipbes.net/glossary-tag/biodiversity>.
- [8] Imperatore, P. e Leonardi, E. *L’era della giustizia climatica. Prospettive politiche per una transizione ecologica dal basso*. Orthotes, 2023.
- [9] Peeters, W. *Climate change and individual responsibility. Agency, moral disengagement and the motivational gap*. A cura di A. Smet, L. Diependaele e S. Sterckx. First published. ProQuest Ebook Central. Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan, 2015. 1150 pp.
- [10] Pirni, A. “Climate Change and the Motivational Gap”. In: *Handbook of the Philosophy of Climate Change*. Springer International Publishing, 2023, pp. 699–720. DOI: 10.1007/978-3-031-07002-0_150.
- [11] Becker, G. S. *The economic approach to human behavior*. Paperback ed., [Nachdr.] Chicago [u.a.]: Univ. of Chicago Press, 2008. 314 pp.
- [12] Foucault, M. *Nascita della biopolitica. Corso al Collège de France (1978-1979)*. Trad. da V. Z. M. Bertani. Feltrinelli, 2005.
- [13] Thompson, J. *Intergenerational justice. Rights and responsibilities in an intergenerational polity*. Routledge studies in contemporary philosophy 15. Includes bibliographical references (pp. 179–185) and index. New York: Routledge, 2009. 189 pp.
- [14] Menga, F. “Natalità come appello di giustizia. Quello che Vita activa può insegnarci sulla responsabilità intergenerazionale”. In: Negro, M. *Attualità di Hannah Arendt: 60 anni di The Human Condition*. Studium edizioni, 2018, pp. 130–164.
- [15] Pirni, A. e Buizza, R. “Il ruolo degli individui e delle istituzioni nell’affrontare il cambiamento climatico”. it. In: (2022). DOI: 10.13137/1825-5167/34580.
- [16] Rawls, J. *A theory of justice*. Rev. ed., 5.- 6. printing. Previous ed.: 1971. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard Univ. Press, 2003. 538 pp.
- [17] Pirni, A. “Overcoming the motivational gap: A preliminary path to rethinking intergenerational justice”. In: *Human Affairs* 29.3 (lug. 2019), pp. 286–296. DOI: 10.1515/humaff-2019-0024.
- [18] Thompson, D. F. “Representing future generations: political presentism and democratic trusteeship”. In: *Critical Review of International Social and Political Philosophy* 13.1 (mar. 2010), pp. 17–37. DOI: 10.1080/13698230903326232.
- [19] Clough, P. T. et al. *The affective turn. Theorizing the social*. Literaturverzeichnis: Seite 287–301. Durham: Duke University Press, 2007. 1313 pp.
- [20] Borren, M. “From the Politics of Compassion to Imagination: Hannah Arendt on Collectivized Affect”. In: *Purple Brains*. Radboud University Press, mag. 2024. DOI: 10.54195/hs0v8373_ch16.
- [21] Platone. *La repubblica*. A cura di F. Sartori e B. Centrone. Nuova ed. riv. Economica Laterza 100. Roma: Ed. Laterza, 2001. 820 pp.

- [22] Aristotele. *Etica nicomachea*. A cura di C. Natali. 4. ed. Economica Laterza 167. Roma [u.a.]: GLF Editori Laterza, 2005. 556 pp.
- [23] Kant, I. *Critica della ragion pratica*. A cura di V. Mathieu. Quinta ristampa febbraio 2023. Bompiani testi a fronte. Milano: Bompiani, 2017. 352 pp.
- [24] Kierkegaard, S. *Il concetto dell'angoscia La malattia mortale*. Sansoni, 1953.
- [25] Bateson, G. *Verso un'ecologia della mente*. Adelphi, 2001, p. 604.
- [26] Hochschild, A. R. *The managed heart. Commercialization of human feeling*. Updated, with a new preface. Includes bibliographical references and index. Berkeley: University of California Press, 2012. 1327 pp.
- [27] Heidegger, M. *Essere e tempo*. A cura di P. Chiodi e F. Volpi. Nuova ed. italiana. I @marmi 182. Milano: Longanesi, 2005. 632 pp.
- [28] Kleres, J. e Wettergren, A. "Fear, hope, anger, and guilt in climate activism". In: *Social Movement Studies* 16.5 (giu. 2017), pp. 507–519. DOI: 10.1080/14742837.2017.1344546.
- [29] Fisher, D. R. "COP-15 in Copenhagen: How the Merging of Movements Left Civil Society Out in the Cold". In: *Global Environmental Politics* 10.2 (mag. 2010), pp. 11–17. DOI: 10.1162/glep.2010.10.2.11.
- [30] Martiskainen, M., Axon, S., Sovacool, B. K., Sareen, S., Furszyfer Del Rio, D. e Axon, K. "Contextualizing climate justice activism: Knowledge, emotions, motivations, and actions among climate strikers in six cities". In: *Global Environmental Change* 65 (nov. 2020), p. 102180. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102180.
- [31] Fuchs, T. *Ecology of the Brain. The Phenomenology and Biology of the Embodied Mind*. International Perspectives in Philosophy and Psychiatry. Oxford: Oxford University Press, Incorporated, 2018. 1371 pp.

Essere agenti nell'età globale: implicazioni etiche e spunti per l'educazione scientifica

F. Pongiglione

Faculty of Philosophy, Vita-Salute San Raffaele University, Milano

Abstract

The interaction between human beings has grown exponentially with the advent of the global age, and this requires us to start reflecting on how we conceive of ourselves as agents in the world – people, that is, whose actions generate consequences that fall both on other living beings and on ecosystems. For centuries we have been used to focusing on the short term to evaluate the goodness of the effects of our actions, moving in a very small spatial and temporal dimension. Everything has changed for citizens of the global world, who must now deal with their ability to be agents whose actions have an impact on a completely different scale. This article will analyze the evolution of our way of considering ourselves as agents in the world, the implications of this evolution for the responsibilities of human beings both towards each other and towards the environment, and will propose some reflections on how science education could convey awareness of the changed horizon within which to consider oneself and one's actions.

Introduzione

Il rapporto dell'Eurobarometro di luglio 2023 dipinge un'Europa consapevole del cambiamento climatico, e molto preoccupata delle sue conseguenze – sia attuali, sia future. 8 europei su 10 lo considerano un problema serio o molto serio, e in Italia questa percentuale sale al 96% [1].

Se il tasso di preoccupazione degli italiani rispetto al surriscaldamento globale è uno dei più alti d'Europa, la percentuale di coloro che si sentono chiamati a fare la loro parte, e dunque responsabili di prendere parte alla mitigazione, è viceversa molto inferiore alla media europea. In Italia solo il 20% degli intervistati ritiene di avere la responsabilità di contribuire a combattere il cambiamento climatico, contro il 35% di media EU. La maggioranza degli italiani considera invece principalmente responsabili l'Unione Europea e il governo nazionale [1].

Questa sorta di disimpegno personale nei confronti dell'ambiente si configura come una mancata accettazione di responsabilità morale a porre rimedio a una situazione oggettivamente complessa. Diversi studi hanno indagato questo fenomeno, e ipotizzato quali potrebbero esserne le cause. Il disimpegno sembra in parte dovuto alla percezione di inefficacia delle proprie azioni, considerate come una goccia nel mare (si veda, per un utile resoconto, Fragnière 2016) [2]. Ciò lascia intravedere una mancata comprensione di sé stessi come agenti in

grado di interagire con problemi di natura globale. Nonostante l'interconnessione degli esseri umani che caratterizza l'età globale, molti individui attribuiscono giudizi di valore ai propri comportamenti solo quando questi producono risultati tangibili, e possibilmente immediati, sulle altre persone, tralasciando invece la considerazione degli effetti a medio e lungo termine di ciò che fanno, e gli effetti che non ricadono sulle persone, ma sugli ecosistemi.

In questo articolo si analizzerà l'evoluzione del nostro modo di considerarci agenti nel mondo, le implicazioni di questa evoluzione per le responsabilità degli esseri umani sia gli uni verso gli altri, sia verso l'ambiente, e si proporranno alcune riflessioni sul come l'educazione scientifica potrebbe trasmettere agli studenti consapevolezza del cambiamento di orizzonte entro cui considerare sé stessi e le proprie azioni.

L'articolo è strutturato come segue: nella sezione 1 verrà offerto un breve resoconto dell'evoluzione che ha subito il nostro essere agenti nel mondo negli ultimi decenni. Nella sezione 2 si rifletterà sulle implicazioni di questo mutamento di prospettiva per le responsabilità individuali. Nella sezione 3, infine, proveranno ad avanzare alcuni suggerimenti per l'educazione scientifica, insistendo sulla necessità di avviare una riflessione con ragazze e ragazzi delle scuole superiori in modo da consentire loro di comprendere il modo di essere agenti che caratterizza l'età globale.

1 L'evoluzione del nostro modo di essere agenti

Il modo di essere agenti nel mondo è cambiato, per gli esseri umani, in modo radicale nell'ultimo secolo, e nello specifico con l'ingresso nell'età globale. L'umanità ha teorizzato i concetti di responsabilità morale degli uni verso gli altri in un mondo in cui le uniche interazioni tra esseri umani erano quelle che avvenivano di persona, nel contesto locale. L'unica sfera con cui ci si relazionava era quella degli altri esseri viventi con cui si condividevano la dimensione spaziale e quella temporale. Il nostro modo di definire le azioni corrette o sbagliate, buone o cattive, si è formato in questo orizzonte di interazione circoscritto. Ciò rendeva molto più semplice ragionare sui doveri degli uni verso gli altri.

Per certi versi, le azioni degli esseri umani sono sempre state in qualche modo connesse; e ciò anche se gli individui nell'arco della propria vita interagivano con un numero esiguo di persone. Fin dalla rivoluzione industriale ad esempio, quando gli esseri umani hanno iniziato a bruciare carbone in gran quantità, hanno generato degli effetti sull'ambiente che hanno avuto ripercussioni a livello molto più ampio, inquinando l'aria anche di zone più lontane e generando effetti nocivi sulla salute di molti altri, e contribuendo ad accumulare emissioni di gas serra in atmosfera. E lo stesso si può dire per tutte le forme di inquinamento da rifiuti, che per secoli sono stati riversati nell'ambiente senza che nessuno si ponesse il problema delle conseguenze sugli ecosistemi vicini o meno vicini.

Dal secondo dopoguerra in poi, con la crescita esponenziale dell'industria specie nei paesi occidentali, l'impatto umano sull'ambiente si è fatto più tangibile, e con esso la necessità di allargare l'orizzonte entro cui le azioni degli esseri umani producevano effetti sugli altri. Esempio il caso dell'utilizzo di diserbanti e insetticidi tossici, come il DDT, responsabile non solo della scomparsa di popolazioni di insetti e di uccelli, ma anche di danni significativi sugli esseri umani – e non necessariamente quelli direttamente esposti alla sostanza,

ma anche quelli che si nutrivano di prodotti coltivati su terreni che erano stati contaminati [3].

Eventi come questi hanno spinto gli studiosi a riflettere sul modo in cui gli individui, nel periodo storico di crescita economica successivo al secondo conflitto mondiale, hanno mostrato la tendenza a trascurare gli effetti delle proprie azioni sull'ambiente e sugli altri esseri viventi. E, cosa ancora più rilevante, su come si tende a non considerare come particolarmente rilevanti nemmeno gli effetti che, a medio o lungo termine, ricadono sugli esseri umani. Queste riflessioni hanno marcato l'inizio dell'etica ambientale come disciplina a sé stante (si vedano ad esempio i lavori di Leopold 1948; Carson 1967; Naess 1973; Passmore 1974).

L'età globale ha modificato ulteriormente questo scenario di interazione tra esseri umani. La maggior parte dei prodotti che acquistiamo ogni giorno è realizzata altrove, spesso in paesi molto distanti dal nostro. Solo una parte del cibo che mangiamo è coltivato localmente, il resto proviene da altre regioni o da altri paesi del mondo. Ci muoviamo con le automobili e con gli aerei, riscaldiamo e rinfreschiamo le nostre case, e rilasciamo nell'ambiente una gran quantità di sostanze nocive, di emissioni di gas serra, e di rifiuti. Tutte queste azioni hanno degli impatti: sulle altre persone che vivono nelle nostre città che soffrono per l'inquinamento dell'aria; su coloro che producono i beni di consumo di cui ci serviamo, che talvolta lavorano senza una giusta retribuzione e senza diritti; su chi coltiva i terreni da cui viene raccolto il cibo che mangiamo; sulle generazioni presenti e future che subiscono e subiranno gli effetti del cambiamento climatico generati anche dalle nostre scelte di acquisto. Ma non solo le persone subiscono gli effetti delle azioni di altri, magari che risiedono in luoghi spazialmente lontani: anche gli ecosistemi sono colpiti dalle conseguenze delle nostre azioni quotidiane. E non solo nel breve termine: molte, ad esempio, delle sostanze che immettiamo nell'ambiente sono destinate a restarvi per secoli, prima di essere smaltite.

Questo modo di essere agenti – influenzando altri esseri viventi, umani e non umani, in luoghi vicini e lontani, nel breve e nel lungo termine – è ciò che caratterizza gli esseri umani contemporanei e che costringe a ripensare le responsabilità morali degli individui.

2 Implicazioni sul concetto di responsabilità morale

Il cambiamento di paradigma nel modo in cui concepiamo l'essere agenti ha rilevanti implicazioni per la responsabilità morale. Come ha osservato Daniel Dennett, fino a pochi decenni fa la persona media non poteva ragionevolmente aspettarsi di avere un grande effetto sulla vita di coloro che vivevano in paesi lontani, e quindi era esonerata dal preoccuparsi per loro [4]. Le cose sono piuttosto diverse nell'epoca attuale. Non solo abbiamo un impatto sugli altri, ma lo sappiamo anche. Ciò significa che non possiamo sfuggire alla responsabilità morale nascondendoci dietro la nostra ignoranza.

Solo cinquant'anni fa, molte abitudini comuni, come guidare, mangiare carne rossa, acquistare beni di consumo, avevano già un impatto sugli ecosistemi e su altri esseri lontani, ma ne eravamo ampiamente inconsapevoli. Questa inconsapevolezza è anche, in una certa misura, ciò che ci ha protetto, ciò che

ci ha permesso di sfuggire alla colpa. Tuttavia, negli ultimi cinquant'anni la scienza ha fatto enormi progressi. Gli esseri umani hanno iniziato a indagare e comprendere le conseguenze di attività apparentemente innocenti e quotidiane, come quelle legate al modo in cui mangiamo o ci muoviamo. E i risultati di tali ricerche sono stati progressivamente resi disponibili al pubblico. Anche i mezzi di comunicazione sono infatti cambiati in modo significativo, insieme alla nostra capacità di raccogliere informazioni sugli effetti a breve e a lungo termine delle nostre azioni. Ciò significa che non possiamo più esimerci dall'interrogarci sulle conseguenze delle nostre azioni quotidiane e apparentemente innocenti. In una certa misura, non possiamo più far finta di non sapere che comportamenti ordinari e comuni possono avere effetti su altre persone che vivono lontano da noi, nello spazio e nel tempo.

Per certi versi questa improvvisa disponibilità di informazioni sembra tradursi in una responsabilità apparentemente enorme, sia epistemica sia pratica. In primo luogo, infatti, dovremmo indagare i possibili danni che contribuiamo a causare. E, in secondo luogo, dovremmo anche agire di conseguenza, per evitare di danneggiare gli altri. Se per certi versi questa responsabilità sembra eccessiva, è difficile pensare di ignorarla del tutto, di voltarle le spalle. Forse dobbiamo solo accettare che essere cittadini nell'era globale significa avere un carico più pesante di responsabilità nei confronti degli altri esseri umani. La tecnologia moderna, ha affermato Dennett *“ci ha derubati di quel tipo di virtù che dipende dall'ignoranza, perché l'ignoranza è del tutto evitabile oggi. La tecnologia informatica ha moltiplicato le nostre opportunità di sapere, e le nostre dottrine etiche tradizionali ci sopraffanno trasformando queste opportunità in nuovi obblighi di sapere”* (traduzione dell'autrice) [4].

Questa attribuzione di responsabilità si scontra però con un problema di fattibilità: acquisire informazioni che ci consentano di comprendere gli esiti delle nostre azioni su altre persone distanti nello spazio o nel tempo, e sugli ecosistemi, non è per nulla semplice, e richiede un impegno notevole. Non abbiamo le risorse né cognitive né temporali per assolvere questo compito [5]. Ciò naturalmente limita molto il bacino di azioni pratiche che possiamo compiere – prima dobbiamo sapere a quali rischi sottoponiamo gli altri, per poterlo evitare. Ed eccoci giunti a una situazione paradossale: dobbiamo informarci e renderci consapevoli del nostro ruolo di agenti causali nel mondo globale, ma siamo spesso impossibilitati a farlo [6].

3 Spunti per l'educazione scientifica

Il fatto che l'educazione scientifica debba porsi obiettivi che vanno oltre l'acquisizione di meri contenuti scientifici (della semplice “scientific literacy”) è ampiamente condiviso tra gli studiosi. I giovani, infatti, debbono non solo essere in grado di comprendere le informazioni di tipo scientifico, ma anche riuscire a inscrivere in un ragionamento più ampio che coinvolga anche il loro modo di essere agenti nel mondo. Gli studenti devono capire le dinamiche scientifiche di fenomeni quali il cambiamento climatico, ma anche comprendere come interagirvi [7]. Ciò implica, in primo luogo, di avviare una riflessione su come il concetto di agency vada riconsiderato, includendo (e ampliando) le dimensioni spaziali e temporali degli effetti delle nostre azioni.

In secondo luogo occorre affrontare le implicazioni che questa cornice ampliata entro cui si dispiega la agency individuale riveste per la nostra responsabilità, ammettendo che, per essere considerati responsabili di, ad esempio, un danno arrecato ad altri, non occorre che azione ed effetto siano per forza vicini nel tempo né nello spazio, né connessi per forza tramite legame di causalità diretta [8]. Ciò significa riflettere su come adattare il nostro sistema morale al contesto dell'età globale, in cui azioni e conseguenze sono distanti tra loro, e in cui, in aggiunta, l'azione del singolo ha, di per sé, conseguenze così minuscole da non essere comunque tangibili [9].

Quest'ultimo aspetto suscita una considerazione importante. Quando ci muoviamo in un orizzonte globale, non possiamo pensare che, da sole, le nostre azioni avranno il potere di cambiare lo stato delle cose. Che si tratti del cambiamento climatico, o delle condizioni dei lavoratori nel sud-est asiatico che producono le merci che acquistiamo, non saremo mai in grado di fare la differenza. Questo ci dice che non ha senso focalizzarci tanto sui risultati che vorremmo produrre poiché, nella migliore delle ipotesi, possiamo semplicemente concorrervi, senza avere un ruolo decisivo. Potrebbe essere meglio invece avviare un ragionamento sul tipo di persone che vorremmo essere, sui valori in cui crediamo, e che vorremmo che le nostre azioni esprimessero. Si può in altri termini, ripensare al nostro modo di agire in questa dimensione globale dilatata, focalizzandoci su ciò che siamo prima ancora che su ciò che facciamo.

Riferimenti bibliografici

- [1] European Commission. *Special Eurobarometer SP538 : Climate change*. A cura di Directorate-General for Communication. 2023. URL: https://data.europa.eu/data/datasets/s2954_99_3_sp538_eng.
- [2] Fragnière, A. “Climate change and individual duties”. In: *WIREs Climate Change* 7.6 (lug. 2016), pp. 798–814. DOI: 10.1002/wcc.422.
- [3] Carson, R. *Silent Spring*. London: Hamish Hamilton, 1963.
- [4] Dennet, D. C. “Information, Technology, and the Virtues of Ignorance”. In: *Daedalus* 115.3 (1986), 135–153.
- [5] Hartford, A. “How Much Should a Person Know? Moral Inquiry & Demandingness”. In: *Moral Philosophy and Politics* 6.1 (apr. 2019), pp. 41–63. DOI: 10.1515/mopp-2018-0056.
- [6] Vanderheiden, S. “The Obligation to Know: Information and the Burdens of Citizenship”. In: *Ethical Theory and Moral Practice* 19.2 (lug. 2015), pp. 297–311. DOI: 10.1007/s10677-015-9618-0.
- [7] White, P. J., Ardoin, N. M., Eames, C. e Monroe, M. C. *Agency in the Anthropocene: Supporting document to the PISA 2025 Science Framework*. Giu. 2023. DOI: 10.1787/8d3b6cfa-en.
- [8] Jamieson, D. “Jack, Jill, and Jane in a Perfect Moral Storm”. In: *Philosophy and Public Issues* 3.1 (2014), pp. 37–53.
- [9] Sinnott-Armstrong, W. *Perspectives on Climate Change: Science, Economics, Politics, Ethics*. Emerald Group Publishing Limited, gen. 2005. DOI: 10.1016/s1569-3740(2005)5.

Sostenibilità: definizione, tecnologia e sfide educative

G. Pennacchioni

Department of Philosophy, European Centre for Social Ethics,
Vita-Salute San Raffaele University, Milano *

Abstract

This paper has two aims: to define sustainability and to explain why its meaning remains unclear. The first chapter explores the history and evolution of sustainability, providing a definition. The second examines how its technical reduction has made it increasingly abstract, weakening its significance and distancing civil society. The third argues that this reductionism is not due to the institutions promoting sustainability education but rather to its practical application. By analysing these aspects, the paper highlights the challenges in understanding and implementing sustainability, emphasising the need for a more holistic and socially engaged approach.

Introduzione

Fin dalla loro fondazione, le istituzioni più autorevoli sul cambiamento climatico hanno registrato una crescente complessità di questo fenomeno nelle sue conseguenze. Questo non deve sorprendere, poiché è scientificamente certo che il riscaldamento globale aumenti la probabilità di eventi climatici estremi e alterazioni negli equilibri ecosistemici globali [1]. Il cambiamento climatico incide infatti profondamente sull'ambiente naturale che, come dimostrato dall'etica ambientale, seppur con gradi differenti, è da considerare tutto degno di status morale e, in alcuni casi, giuridico [2, 3].

Tuttavia, le conseguenze di questo fenomeno non si limitano alla sola distruzione dell'ambiente naturale, ma rappresentano anche una minaccia diretta alla sopravvivenza della vita umana sulla Terra. Il cambiamento climatico è infatti motore di ingiustizia sociale ed economica e ha già inciso profondamente sugli equilibri politici globali. Per esempio, alla fine del 2024, secondo la United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), quasi 120 milioni di persone nel mondo sono state costrette a fuggire a causa dell'insicurezza alimentare, della povertà, delle violazioni dei diritti umani e della mancanza di accesso ai servizi essenziali: tutti effetti riconducibili al riscaldamento globale [4]. Ma oltre all'immigrazione climatica, il cambiamento climatico mette a rischio la vita dell'essere umano perché provoca eventi meteorologici estremi, come uragani,

*Borsa di dottorato finanziata dal PNRR, Facoltà di Filosofia, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano. CUP: D43C22001470004.

ondate di calore, inondazioni e siccità, che minacciano la sicurezza e la salute delle persone in tutto il mondo. Inoltre, l'innalzamento del livello del mare sta distruggendo le comunità costiere, mentre i cambiamenti nei modelli agricoli e la perdita di biodiversità compromettono la capacità di produrre cibo e garantire risorse vitali. Questi fenomeni mettono sotto pressione le infrastrutture, le economie locali e i sistemi sanitari, aumentando la vulnerabilità delle popolazioni più povere e già marginalizzate.

Di fronte alla consapevolezza di questo problema, l'essere umano ha cercato di elaborare una risposta che non si limitasse alle sole soluzioni pratiche dei principi di mitigazione e adattamento [5]: la sostenibilità. Dalla sua nascita, le campagne di sensibilizzazione e promozione di questo concetto si sono moltiplicate, eppure la sostenibilità sembra non aver ancora avuto una reale incisività.

Questo paper ha un duplice obiettivo. Da un lato, vuole fornire una definizione del concetto di sostenibilità, dall'altro vuole mostrare le ragioni del perché vi sia ancora così tanta confusione attorno al suo significato. Nel primo capitolo, verrà analizzata la storia e l'evoluzione del concetto di sostenibilità di cui verrà fornita una definizione. Nel secondo capitolo, verrà fatta chiarezza su come il processo di riduzione tecnica abbia reso questa nozione sempre più astratta, svuotandola di significato e determinando un progressivo distacco della società civile. Nel terzo capitolo, verrà mostrato che la responsabilità di questo riduzionismo tecnico non ricade sulle istituzioni da cui proviene la sostenibilità e l'educazione alla stessa, ma è dovuto al modo in cui la nozione viene applicata.

1 Che cos'è la sostenibilità?

Fornire un'unica definizione di sostenibilità è un'impresa ardua, non tanto per l'assenza di un significato univoco, quanto per la confusione che si è generata nel tempo attorno a questo concetto. Una delle principali difficoltà nella sua comprensione deriva dall'evoluzione storica di questa nozione: nel corso del tempo, la sostenibilità ha subito trasformazioni e reinterpretazioni che ne hanno modificato il significato. Non per questo, però, questa idea non può avere una formulazione chiara e condivisa che ne esprima l'essenza, pur riconoscendo le diverse sfumature che essa ha acquisito.

Il primo passo da compiere è certamente quello di distinguere tra la nozione di "sostenibilità" e la parola. Etimologicamente, il termine deriva dal latino *sustinēre*, composto da *sub-* (sotto) e *tenēre* (tenere, mantenere), con il significato originario di sostenere, mantenere o resistere nel tempo. Il concetto di sostenibilità, invece, si è fin dall'inizio sviluppato in relazione alla lotta contro il cambiamento climatico.

La prima formulazione istituzionale si ha nel 1987, nel Rapporto Brundtland (*Our Common Future*), dove la sostenibilità, in particolare lo sviluppo sostenibile, viene descritto come quel tipo di sviluppo che "*meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" [6]. L'attenzione alla giustizia intergenerazionale di risposta al problema del cambiamento climatico è dunque un elemento fondativo della sostenibilità, ma già a questo livello emerge una prima questione: che differenza c'è fra la sostenibilità e lo sviluppo sostenibile?

Per rispondere a questa difficoltà, sempre nel Rapporto Brundtland è scritto:

The “environment” is where we all live; and “development” is what we all do in attempting to improve our lot within that abode. The two are inseparable. [...] We came to see that a new development path was required, one that sustained human progress not just in a few pieces for a few years, but for the entire planet into the distant future. Thus ‘sustainable development’ becomes a goal not just for the ‘developing’ nations, but for industrial ones as well.[6]

Lo sviluppo sostenibile va quindi pensato come l’insieme delle misure pratiche per poter realizzare la sostenibilità. I due concetti non sono sovrapponibili. Storicamente esistono infatti dei precedenti, ma solo della seconda.

Il concetto di sostenibilità fu teorizzato per la prima volta nel 1732 da Hans Carl von Carlowitz nella nozione di “*Nachhaltigkeit*”. Nel trattato *Sylvicultura Oeconomica*, Carlowitz, nel suo ruolo di alto funzionario e amministratore minerario della Sassonia in un periodo di scarsità di legname, essenziale per l’industria mineraria e metallurgica, proponeva una gestione equilibrata delle risorse forestali, in cui al disboscamento annuale seguiva una piantumazione che avrebbe garantito anche per gli anni a venire l’utilizzo del legno senza il rischio di esaurimento [7]. Compiendo un grande balzo in avanti è però nel 1972, con Ernst Basler, che la sostenibilità assunse un significato simile a quello moderno, del rapporto Brundtland, passando dall’indicare una corretta gestione delle foreste a una gestione equilibrata dell’intero ambiente naturale [8]. Successivamente, come già chiarito, nel Rapporto Brundtland vennero evidenziate le implicazioni intergenerazionali del concetto, mentre con l’*Agenda 21* venne delineata la sua dimensione pratica dando ancora più forma all’idea di sviluppo ulteriormente sostenibile [9]. Sviluppo sostenibile, che nel 2015, nell’*Agenda 2030*, venne ampliato e definito nei 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*) [10]. In seguito, negli anni ‘20 circa, furono definite le tre dimensioni (*pillars*) che, stando ai 17 SDGs, costituiscono la sostenibilità: ambientale, sociale ed economica [11]. Come indicato dal grafico in figura 1 è la dimensione ambientale, però, a prevalere sulle altre, o comunque a costituire la base su cui le altre si fondano.

Ai vari pilastri ne è stato recentemente aggiunto un quarto, culturale, che può essere considerato una sorta di rafforzamento dell’importanza della dimensione ambientale. Questo quarto pilastro è definito come:

The heritage in terms of human-built objects, landscapes, and combined man and nature systems [...] such as in terms of practices, representations, expressions, knowledge, skills, and instruments, objects, artifacts and cultural spaces associated with practices, including tradition, identity, values, cultural diversity, spirituality, and aesthetics.[12]

Pertanto, l’idea di sostenibilità si realizza nell’equilibrio tra le dimensioni ambientale, sociale ed economica e nella consapevolezza della necessità di instaurare una relazione ecologica uomo-natura, che è anche il fondamento dei 17 SDGs.

In conclusione, nonostante la sua evoluzione e i molteplici significati che ha assunto nel tempo, è possibile individuare una definizione di sostenibilità. Essa può essere intesa come un principio che affronta il cambiamento climatico

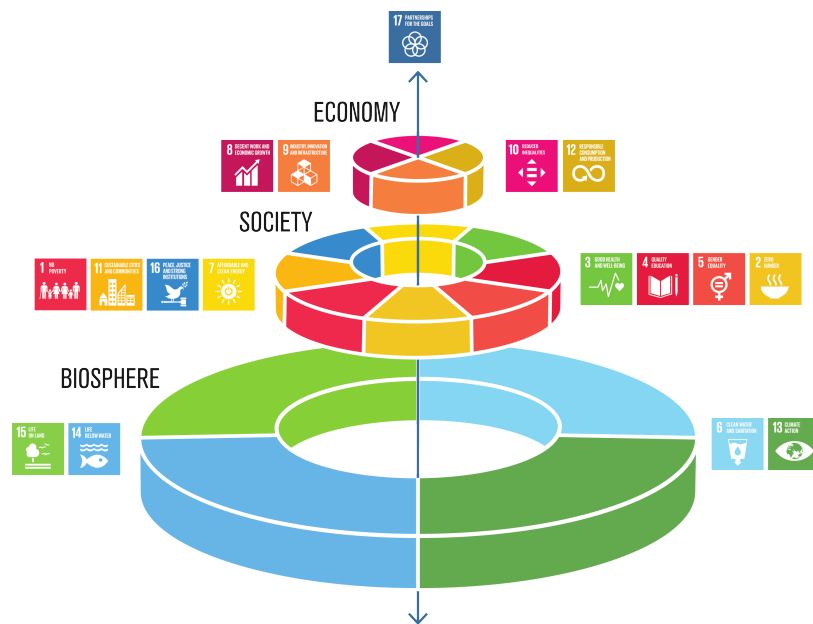


Figura 1: The SDG Wedding Cake Model of Sustainability. Credit: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University CC BY-ND 3.0. (<https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html>).

attraverso una gestione equilibrata delle risorse naturali, garantendo il benessere delle generazioni presenti e future, umane e non umane. Si fonda su tre pilastri interdipendenti – ambientale, sociale ed economico – in cui quello ambientale è fondativo di tutti gli altri. A questo ne è stato aggiunto un quarto, culturale, a conferma dell'importanza della relazione ecologica fra umanità e natura, in quanto essenziale per poter davvero realizzare la giustizia sociale, la resilienza economica e l'equità intergenerazionale. L'applicazione concreta della sostenibilità si basa sul raggiungimento dei 17 SDGs.

2 La riduzione tecnica della sostenibilità

Malgrado sia possibile definire la sostenibilità, ad oggi persiste una notevole incertezza riguardo al suo significato e alla sua effettiva applicazione. Come sottolineato da Arjen Wals:

It seems that most, if not all, contributing authors agree that we do not and cannot know what the most sustainable way of living is. There are many ideas about what is sustainable, but none of them can be authoritatively prescribed to others because what might seem sustainable now might turn out to be later and what might be sustainable here might not be sustainable elsewhere.[13]

La confusione attorno al concetto di sostenibilità è il risultato di un unico processo: la sua progressiva tecnicizzazione. Come evidenziato dall'Edelman

Trust Barometer [14], la marginalizzazione degli aspetti ambientali ed ecologici del concetto, unita all'uso indiscriminato del termine sostenibilità e all'introduzione disordinata di indicatori tecnici per misurarla, ha contribuito a un diffuso scetticismo non solo verso l'idea, ma anche nei confronti di tutte le campagne educative e mediatiche sul cambiamento climatico e lo sviluppo sostenibile.

Il progressivo processo di tecnicizzazione è iniziato a partire dalle prime formulazioni istituzionali del concetto. Già nel rapporto Brundtland, infatti, l'enfasi sulla gestione delle risorse naturali in funzione dei bisogni generazionali ha cominciato a distogliere l'attenzione dalla necessità di cercare di instaurare una relazione ecologica tra l'essere umano e la natura. Questo ha così favorito l'introduzione di alcuni criteri di misurabilità del concetto, come l'efficienza energetica o la certificazione ambientale.

In seguito, negli anni '90 e 2000, l'idea di sostenibilità ha continuato ad essere sempre più ridotta a standard tecnici, come la norma ISO 14001 o il calcolo dell'impronta ecologica, perdendo di vista le sue implicazioni etiche e ambientali più profonde. Dal punto di vista delle soluzioni concrete, sono state proposte misure sempre più parziali – come il riciclo o le energie rinnovabili – senza affrontare le radici economiche della crisi ecologica e le disuguaglianze sociali sottostanti [15].

Nel XXI secolo, il processo di tecnicizzazione si è sempre più accentuato, allineandosi completamente con il paradigma del capitalismo verde (*Green Capitalism*), secondo cui il mercato e l'innovazione tecnologica sarebbero le uniche chiavi per poter affrontare le sfide del cambiamento climatico [16]. Strumenti come il commercio di crediti di carbonio o l'ingegneria climatica sono stati così adottati senza un'autentica revisione dell'impatto ecologico e morale delle strategie proposte. In questa prospettiva, la sostenibilità è così diventata una questione di efficienza piuttosto che un'idea attraverso cui instaurare un'autentica relazione ecologica uomo-natura. Qualsiasi riflessione critica sul cambiamento climatico, come la dipendenza strutturale dell'economia globale dallo sfruttamento intensivo delle risorse naturali [17, 18, 19], è stata così completamente abbandonata.

In conclusione, la principale conseguenza della riduzione tecnica della sostenibilità è la tendenza a concentrare la responsabilità nella lotta al cambiamento climatico nelle mani di un ristretto gruppo di élite tecnocratiche. Questo approccio genera un divario con la società civile, riducendo il concetto a un aspetto tecnico e svuotandolo del suo significato autentico, provocando così confusione riguardo alla sua reale essenza. Inoltre, esclude un genuino dibattito democratico attorno alle strategie sostenibili, con la conseguente marginalizzazione delle comunità indigene e locali di tutto il mondo, la mancata partecipazione del Sud Globale ai processi decisionali e la scomparsa della dimensione ecologica e ambientale del concetto [20]. E tuttavia, esiste una disciplina creata proprio con lo scopo di educare alla “vera” sostenibilità, ecologica, al rispetto dell'ambiente naturale e al contrasto del cambiamento climatico: l'educazione ambientale, o, a partire dal 2005, con il Decennio dell'Unesco per l'Educazione allo Sviluppo Sostenibile, l'educazione alla sostenibilità.

3 L'educazione alla sostenibilità

L'educazione ambientale è una disciplina emersa tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo negli Stati Uniti con il movimento di conservazione ambientale guidato da Gifford Pinchot, il primo segretario dell'U.S. Forest Service e un grande sostenitore dell'idea che le risorse naturali devono essere utilizzate in modo equilibrato e responsabile per il benessere delle generazioni future [21]. In questa fase, lo studio dell'ambiente naturale e del rapporto fra essere umano e natura entra per la prima volta a far parte dei programmi scolastici. La parte didattica era ispirata perlopiù alle riflessioni di John Muir, il fondatore del Sierra Club, fervente sostenitore della “conservazione per la conservazione”, ovvero l'idea che la natura dovesse essere preservata in quanto tale per via del suo *status* morale, senza l'intervento umano [22].

Questa prima esperienza di educazione ambientale dà il via a un progressivo lavoro di formalizzazione di questa disciplina che, almeno istituzionalmente, inizia nel 1969 con William B. Stapp [23]. In questa fase, lo scopo fondamentale dell'educazione ambientale è insegnare la relazione ecologica tra uomo e natura, promuovendo la consapevolezza dell'impatto delle azioni umane sull'ambiente e stimolando comportamenti responsabili per la protezione e il miglioramento dello stesso.

Negli anni '70, la questione assume una portata più globale con l'istituzione, nel 1972, dell'UNEP (United Nations Environment Programme) da parte delle Nazioni Unite e con il crescente impegno dell'UNESCO, che avvia una stretta collaborazione con tale organismo per coordinare e promuovere a livello internazionale l'educazione ambientale. Questo segna un punto di svolta fondamentale, poiché l'educazione ambientale inizia a essere riconosciuta come un elemento cruciale per sensibilizzare il pubblico e promuovere politiche di sviluppo sostenibile a livello globale. Nel 1977 viene così scritta la *Dichiarazione di Tbilisi*, in cui si stabilisce un quadro di principi e obiettivi per l'educazione ambientale a livello internazionale. In questo documento viene riconosciuto che l'educazione ambientale non è solo un veicolo per sensibilizzare le persone ai problemi ecologici, ma deve anche promuovere cambiamenti nelle attitudini e nei comportamenti individuali e collettivi [24].

Negli anni '90, con l'*Agenda 21*, e con lo sviluppo della nozione di “sviluppo sostenibile”, l'educazione ambientale acquisisce un ruolo ancora più centrale nelle politiche globali, affermandosi come obiettivo prioritario per le scuole, le università e le istituzioni pubbliche, con l'intento di promuovere un cambiamento sistemico che coinvolga tutte le aree della società.

Gli anni 2000, con lo sviluppo dei 17 SDGs, hanno visto l'educazione ambientale diventare educazione alla sostenibilità, passaggio espresso in particolare nell'Obiettivo 4.7, che mira a garantire che tutti gli studenti acquisiscano competenze per poter promuovere quanto più possibile un tipo di sviluppo sostenibile nella società, idealmente da realizzarsi entro il 2030. Il Decennio dell'Educazione per lo Sviluppo Sostenibile (2005-2014) ha favorito l'integrazione di queste tematiche a tutti i livelli educativi, unendo quindi le dimensioni ambientale, sociale ed economica della sostenibilità e insistendo in particolare sulla natura interdisciplinare di questo concetto [25]. Dal 2020 ad oggi, infine, l'educazione alla sostenibilità ha continuato a evolversi rafforzando l'impegno verso l'uso delle tecnologie digitali e la promozione di azioni concrete, come l'educazione

esperienziale, per coinvolgere le nuove generazioni in soluzioni innovative e locali per le sfide globali [26].

Ma allora perché vi è così tanta confusione attorno a che cos'è sostenibile e cosa no?

4 Conclusione

Com'è evidente, non è possibile rintracciare la colpa per la confusione attorno al concetto di sostenibilità nelle istituzioni o nei soggetti promotori dell'educazione ambientale o della sostenibilità. Piuttosto, ciò che emerge è lo scollamento fra l'ambito educativo e quello applicativo del concetto. Se dal lato dall'educazione ambientale è stato sempre mantenuto saldo il punto a proposito della priorità della dimensione ambientale sulle altre e sulla necessità di provare a instaurare una relazione ecologica fra uomo e natura, è nell'effettiva applicazione del concetto che questo è venuto meno. Sebbene, quindi, a livello teorico ed educativo, la sostenibilità sia un concetto abbastanza chiaro, è nella pratica che questa chiarezza si dissolve. Ciò avviene a causa della sua riduzione a una mera questione tecnica, un processo che non solo concentra le responsabilità della sfida climatica nelle mani delle élite tecnocratiche, ma contribuisce anche a far perdere alla società civile interesse per il suo significato. Seppur infatti, teoricamente, la dimensione ambientale ed ecologica sembrano essere prioritarie, praticamente queste vengono meno, soppiantate dalla dimensione tecnica ed economica. Questo è emerso chiaramente durante le ultime COP (Conference of the Parties), dove il numero di lobbisti interessati alla finanza climatica e alla geoeconomia, molti dei quali provenienti dall'industria petrolifera, è aumentato esponenzialmente. Parallelamente, le discussioni su temi cruciali – come lo *status* morale e giuridico della natura, la concezione della relazione tra uomo e ambiente, il ruolo del sistema economico nella crisi climatica, la giustizia climatica, la perdita di biodiversità e la necessità di trasformazioni strutturali che vadano oltre soluzioni puramente tecnologiche o di mercato – si sono progressivamente affievolite [27].

Riferimenti bibliografici

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. 2021. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FrontMatter.pdf.
- [2] Taylor, P. W. “The ethics of respect for nature”. In: *Environmental Ethics* 3.3 (1981), pp. 197–218.
- [3] Taylor, P. W. “Are humans superior to animals and plants?” In: *Environmental Ethics* 6.2 (1984), pp. 149–160.
- [4] United Nations High Commissioner for Refugees. *Mid-year trends*. UN City, Marmorvej 51. 2024. URL: <https://www.unhcr.org/mid-year-trends-report-2024>.

- [5] United Nations Framework Convention on Climate Change. *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
- [6] Brundtland, G. H. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. 1987.
- [7] Carlowitz, H. C. von. *Sylvicultura Oeconomica, oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum Zucht*. Leipzig: Verlag Kessel, 1713.
- [8] Basler, E. *Strategie des Fortschritts: Umweltbelastung Lebensraumverknappung und Zukunftsforschung*. München: BLV Publishing Company, 1972.
- [9] United Nations. *Agenda 21: Programme of action for sustainable development*. United Nations. 1992. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>.
- [10] United Nations. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations. 2015. URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- [11] Purvis, B., Mao, Y. e Robinson, D. “Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins”. In: *Sustainability Science* 14.3 (set. 2018), pp. 681–695. DOI: 10.1007/s11625-018-0627-5.
- [12] Axelsson, R., Angelstam, P., Degerman, E., Teitelbaum, S., Andersson, K., Elbakidze, M. e Drotz, M. K. “Social and Cultural Sustainability: Criteria, Indicators, Verifier Variables for Measurement and Maps for Visualization to Support Planning”. In: *AMBIO* 42.2 (mar. 2013), pp. 215–228. DOI: 10.1007/s13280-012-0376-0.
- [13] Wals, A. E. “Between knowing what is right and knowing that is it wrong to tell others what is right: on relativism, uncertainty and democracy in environmental and sustainability education”. In: *Environmental Education Research* 16.1 (feb. 2010), pp. 143–151. DOI: 10.1080/13504620903504099.
- [14] Edelman Trust Barometer. *Special Report: Trust and Climate Change*. 2023. URL: <https://www.edelman.com/trust/2023/trust-barometer/special-report-trust-climate>.
- [15] Luke, T. W. *Ecocritique: Contesting the politics of nature, economy, and culture*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1997.
- [16] Spash, C. L. *Better Growth, Helping the Paris COP-out?* en. 2014. DOI: 10.57938/B8F83238-746F-46C2-9AED-340FE8FFA9F8.
- [17] Harvey, G. *Animism: Respecting the Living World*. New York: Columbia University Press, 2005.
- [18] Malm, A. *The progress of this storm: Nature and society in a warming world*. London: Verso Books, 2018.
- [19] Klein, N. *On fire: The burning case for a Green New Deal*. Harmondsworth: Penguin, 2019.
- [20] Alier, J. M. *The environmentalism of the poor: A study of ecological conflicts and valuations*. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

- [21] Norton, B. G. *Toward unity among environmentalists*. New York: Oxford University Press, 1991.
- [22] Muir, J. *A thousand mile walk to the Gulf*. Boston: Houghton Mifflin, 1916.
- [23] Stapp, W. B. “The Concept of Environmental Education”. In: *Environmental Education* 1.1 (set. 1969), pp. 30–31. DOI: 10.1080/00139254.1969.10801479.
- [24] UNESCO. *Intergovernmental conference on environmental education, Tbilisi (USSR)*. 1977. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>.
- [25] UNESCO. *United Nations decade of education for sustainable development (2005-2014): International implementation scheme*. 2005. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629>.
- [26] UNESCO. *ESD for 2030: A roadmap for education for sustainable development*. 2021. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>.
- [27] Italian Climate Network. *COP 29: L’analisi completa di Italian Climate Network*. 2024. URL: <https://www.italiaclima.org/cop29-analisi-completa-italian-climate-network/>.

Università degli Studi di Trento

Questa pubblicazione contiene gli atti dell'*International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education*. Il workshop è dedicato all'esplorazione del ruolo cruciale dell'istruzione nella realizzazione dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile. L'Agenda sottolinea la necessità che le istituzioni educative rinnovino i loro approcci per promuovere lo sviluppo dei cittadini e coinvolgere i giovani come decisori chiave nel raggiungimento di obiettivi come l'azione per il clima (Obiettivo 13). Ciò comporta l'adozione di metodi di insegnamento innovativi per promuovere l'alfabetizzazione scientifica, incoraggiando al contempo la partecipazione attiva agli sforzi di sostenibilità. La lotta alla disinformazione sul clima attraverso il coinvolgimento dei media emerge come una priorità urgente nell'educazione sostenibile, rappresentando una frontiera cruciale per un'azione immediata, mentre la psicologia del clima offre spunti per motivare l'azione collettiva e affrontare gli ostacoli al cambiamento comportamentale. Inoltre, la parità di genere (Obiettivo 5) nell'istruzione è evidenziata come essenziale per la sostenibilità sociale, ma i progressi in questo settore rimangono inadeguati. Infine, la lotta alla povertà educativa (Obiettivo 4) è un altro aspetto critico, con sforzi necessari per colmare le disparità a livello globale.

Camilla Fiorello è studentessa di dottorato in Fisica presso l'Università di Trento.

Silvia Galano è ricercatrice in Didattica della Fisica presso l'Università "Federico II" di Napoli.

Alessandro Salmoiraghi è studente di dottorato in Fisica presso l'Università di Trento.

Eugenio Tufino è ricercatore in Didattica della Fisica presso l'Università di Modena e Reggio Emilia.

ISBN 978-88-5541-147-9

DOI 10.15168/11572.473690

In copertina: Stefano Oss, "Il gruppo Brenta"

Copyright © 2025 gli Autori