



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

L'educazione scientifica: formare, innovare, comunicare la cultura scientifica nella società della conoscenza. Il caso dello Spazio.

**Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale
Dottorato di ricerca XXX ciclo in Comunicazione, Ricerca, Innovazione
Curriculum Scienze della comunicazione**

**Candidato
Rosa Tagliamonte
n° matricola 1605743**

**Tutor
Carmelo Lombardo**

A/A 2016/2017

L'educazione scientifica: formare, innovare, comunicare la cultura scientifica nella società della conoscenza. Il caso dello Spazio.

Candidato
Rosa Tagliamonte

Tutor
Carmelo Lombardo



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

INDICE

Introduzione	6
Il ruolo dell'educazione scientifica nel processo di costruzione di una cittadinanza partecipativa	8
Capitolo primo	
Educazione, scienza e società: studi e inchieste in Europa	11
1.1 La valutazione della conoscenza di base degli studenti nelle indagini internazionali e nazionali	11
1.2 Indagini IEA-Trend in International Mathematics and Science Study (TIMSS)	13
1.3 Indagini OECD-Programme for International Student Assessment (PISA)	16
1.4 Indagini INVALSI - Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti	21
1.5 Le inchieste Eurobarometro	23
1.6 La visione strategica dell'Unione europea: dalla Strategia di Lisbona a Europa 2020	28
1.6.1 La cooperazione comunitaria nel settore dell'istruzione e della formazione	33
1.6.2 Horizon 2020: Science with and for Society	36
1.7 L'Italia nel contesto europeo	39
1.7.1 Il Programma Nazionale della Ricerca 2015-2020	40
1.7.2 Le iniziative italiane per rilanciare le immatricolazioni ai corsi di laurea dell'area scientifica	43
1.8 Analisi delle immatricolazioni ai corsi di laurea dell'area scientifica in Italia dall'anno accademico 2003-2004 all'anno accademico 2015-2016	47
Capitolo secondo	
L'educazione scientifica e la comunicazione pubblica della scienza	52
2.1. Cosa si intende per scienza e perché si comunica la scienza?	52
2.2. Il Rapporto The Public Understanding of Science	54
2.3. Il terzo Rapporto Science and Society e il Public Engagement with Science and Technology	57
2.4. Ragioni per cui la scienza dovrebbe essere studiata	60
2.5. Quale scienza insegnare? Teoria didattica della Trasposizione	65
2.6. Come insegnare la scienza? Didattica delle discipline scientifiche	67
2.6.1. Gli approcci pedagogici: deduttivo e induttivo	67

Capitolo terzo

Spazio ed educazione scientifica	71
3.1. I fattori che incidono sulla scelta delle professioni	71
3.2. Lo Spazio come contesto per l'insegnamento e l'apprendimento delle STEM	73
3.3. Il rapporto tra Spazio ed educazione	75
3.4. L'Agenzia Spaziale Europea	78
3.5. L'Agenzia Spaziale Italiana	81
3.6. I benefici della conoscenza prodotta dalle attività spaziali	82

Capitolo quarto

Il programma educativo dell'Agenzia Spaziale Europea e l'European Space Education Resource Office – ESERO

4.1 Il Programma Educativo dell'Agenzia Spaziale Europea	86
4.1.1 Risorse didattiche spaziali per l'insegnamento e l'apprendimento in aula	93
4.2 Il progetto European Space Education Resource Office – ESERO	96
4.2.1 ESERO: una strategia decentrata per l'educazione scientifica in Europa	97
4.3 Il processo di avvio di un ESERO in uno Stato membro dell'ESA	101
4.3.1 La gestione dell'ufficio ESERO e attività dei gruppi di lavoro ESA/ESERO	102
4.3.2 La formazione degli docenti, le attività e le risorse didattiche d'aula, le attività di sensibilizzazione	103
4.4 Il progetto ESERO: un percorso educativo flessibile sul tema Spazio che valorizza lo scambio di buone pratiche nella comunità didattica europea	104

Capitolo quinto

È possibile costituire un ESERO Italia?	108
5.1. L'analisi documentale	109
5.1.1. Il compito assegnato dalla Costituzione alla scuola	109
5.1.2. Il profilo educativo, culturale e professionale dello studente alla fine dei percorsi scolastici	111
5.1.3. Il curriculum scolastico: libertà d'insegnamento e autonomia scolastica	112
5.1.4. Il laboratorio: una risorsa didattica su cui investire	113
5.1.5. Le materie scientifiche oggetto dei curricoli scolastici	115
5.2. Intervista alla dott.ssa Anna Brancaccio e al dott. Massimo Esposito della Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e la Valutazione del Sistema Nazionale di Istruzione del MIUR	115

5.3. Considerazioni sullo scenario nazionale	119
5.4. Analisi di caso dello sviluppo del progetto ESERO in uno o più Paesi europei	121
5.4.1. ESERO Paesi Bassi: best practices and <i>lesson learned</i>	122
5.4.2. ESERO Irlanda: le lezioni chiave apprese fino ad oggi	128
5.4.3. ESERO Regno Unito: il network, i cluster locali, la comunicazione integrata	131
5.5. Una proposta di ESERO Italia	135
5.5.1. Relazioni e <i>partnerships</i> di ESERO Italia	140
Note conclusive	145
Riferimenti bibliografici	148

Introduzione

Il titolo della tesi, *L'educazione scientifica: formare, innovare, comunicare la cultura scientifica nella società della conoscenza. Il caso dello Spazio*, racchiude il filo conduttore di tutta la ricerca. Quando in questo lavoro si fa riferimento all'educazione scientifica, la si considera come uno strumento che consente agli individui di orientarsi nel mondo contemporaneo e in tutti gli ambiti della vita. L'educazione scientifica è anche considerata come un canale attraverso cui passa la cultura scientifica e, dunque, un canale di comunicazione per raggiungere uno dei più vasti e importanti pubblici della scienza, gli studenti. A sua volta la comunicazione della scienza ricopre un ruolo rilevante nella diffusione della cultura scientifica perché, quando supporta e affianca attività di educazione scientifica, può configurarsi come uno di quei fenomeni attraverso i quali si realizza un continuum educativo, uno luogo che contribuisce alla formazione scientifica e per questo rientrante fra i processi che supportano l'apprendimento scientifico.

In Europa, l'educazione scientifica si trova però a un bivio: indagini internazionali e nazionali di largo respiro registrano una carenza di preparazione adeguata degli studenti europei nelle materie scientifiche e in matematica. I risultati dimostrano che l'educazione scientifica è inadeguata nello stabilire legami fra i fenomeni reali e le basi delle scienze, nel costruire conoscenza coerente e duratura, nel superare le difficoltà di apprendimento, nel comunicare e promuovere l'interesse per la scienza. Molti paesi europei, inoltre, stanno assistendo anche a un calo delle vocazioni scientifiche tra i giovani: la Commissione europea, a partire dal 2007, con la pubblicazione del rapporto *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, evidenzia che è aumentato il numero di laureati e di giovani iscritti a un corso di laurea, ma l'incremento è dato da coloro che scelgono corsi di studio diversi da quelli scientifici. Nel suddetto Rapporto si afferma che le ragioni del calo dell'interesse dei giovani per gli studi scientifici vadano individuate nel modo in cui le scienze sono insegnate nella scuola primaria e secondaria, nella complessità delle materie e nell'apparente scarsità di prospettive di carriera attraenti. In Italia, il calo delle immatricolazioni ai corsi di laurea scientifici e, in particolare, alle classi di lauree delle scienze cosiddette dure, come la matematica, la fisica e la chimica, registrato negli anni scorsi, ha destato preoccupazioni relativamente alla capacità del sistema Paese di rispondere alla domanda, da parte del mondo industriale, di ricercatori e tecnici altamente qualificati. A ciò si aggiunge la difficoltà delle università e delle scuole di reclutare docenti adeguatamente formati nelle materie scientifiche.

Sulla scia di questi allarmi, e nella considerazione che la scelta del percorso di studio universitario ha anche una ricaduta determinante per l'inserimento nel mercato del lavoro del singolo studente, sono state varate, in Europa e in Italia, una serie di iniziative volte a rendere le

carriere scientifiche e tecnologiche attraenti per i giovani studenti e favorire un dialogo tra scuole, istituti di ricerca, industria e organizzazioni della società civile.

In questo scenario ricoprono un ruolo importante le iniziative di diffusione della conoscenza scientifica intraprese dalle agenzie spaziali. La quasi totalità di questi centri di ricerca, infatti, investe in attività di educazione e di diffusione della cultura spaziale, prevedendo la presenza di uffici dedicati alla realizzazione di programmi didattici. Gli enti operanti in ambito spaziale sono oggi chiamati a elaborare e sviluppare programmi in grado di coprire l'intera filiera della produzione e della diffusione della conoscenza scientifica. Le scuole di ogni ordine e grado costituiscono uno dei pubblici di riferimento a cui le agenzie spaziali rivolgono le proprie iniziative di educazione scientifica: l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), sfruttando la grande attrattiva che esercitano i programmi spaziali nell'immaginario collettivo, realizzano progetti per avvicinare i bambini alle materie STEM, i giovani verso le carriere tecnico-scientifiche e per accrescere l'interesse verso le attività spaziali. Il principale progetto educativo che l'ESA rivolge al mondo della scuola è l'*European Space Education Resource Office* (ESERO), che utilizza i temi connessi allo Spazio, e il loro naturale fascino, per accrescere la *literacy* (alfabetizzazione) e la *competence* (competenza) dei giovani nelle materie STEM. Il progetto si inserisce nel campo dell'educazione formale e utilizza le potenzialità offerte dai contesti informali, aspirando a sviluppare e promuovere risorse e attività didattiche che utilizzano lo Spazio come contesto di insegnamento e apprendimento delle materie tecnico-scientifiche. Il progetto prevede, inoltre, la creazione a livello nazionale, negli Stati membri dell'ESA aderenti all'iniziativa, di una struttura in grado di offrire ai docenti corsi di formazione sulle materie scientifiche che utilizzano la metodologia *enquiry-based* per incoraggiare le attività pratiche. ESERO mira a essere un intreccio virtuoso tra il mondo della scuola, quello della ricerca scientifica e la società tutta: una società che eleva la conoscenza a patrimonio fondamentale per la realizzazione individuale e per lo sviluppo collettivo non può prescindere da una relazione diretta tra tutti gli *stakeholders*. Può, dunque, questo progetto essere considerato un prodotto della società della conoscenza perché capace di utilizzare le potenzialità dei diversi approcci all'apprendimento (formale e informale), di offrire un valido sostegno ai sistemi nazionali educativi mediante una formazione continua dei docenti e di costituire un ponte tra le comunità scientifiche e la società civile.

Attualmente, ESERO opera, con dodici uffici nazionali, in quattordici Stati membri dell'ESA (Austria, Belgio, Danimarca, Irlanda, Finlandia, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Spagna e Svezia) e sono stati avviati tavoli di

discussione con altri Stati membri che porteranno a un ulteriore allargamento della rete ESERO nei prossimi anni.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di comprendere se è possibile realizzare il progetto ESERO anche in Italia. A tal proposito, abbiamo condotto un'analisi delle caratteristiche del sistema d'istruzione italiano, delle risorse e delle esigenze della comunità di insegnanti e di studenti delle scuole presenti sul territorio nazionale. In particolare, sono stati esaminati documenti emanati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) e intervistati due dirigenti dello stesso Ministero in qualità di testimoni privilegiati. Al termine di questa fase, abbiamo preso in esame i processi che hanno portato tre distinti Paesi europei a costituire un ufficio ESERO, così da determinare gli elementi chiave del funzionamento del progetto e conoscere i suoi eventuali punti di debolezza. È stato, infine, ipotizzato e proposto un progetto di ESERO Italia che prova a rispondere, oltre agli obiettivi generali del progetto, anche alle esigenze nazionali messe in luce dall'analisi dello scenario italiano.

Il ruolo dell'educazione scientifica nel processo di costruzione di una cittadinanza partecipativa

L'Unione europea ha fissato tre obiettivi prioritari da raggiungere entro il 2020: promuovere una crescita intelligente, una crescita sostenibile e una crescita inclusiva per creare nuovi posti di lavoro e guidare le nostre società. Il raggiungimento di questi obiettivi richiede di rafforzare la capacità creativa dell'Europa affinché la conoscenza e l'innovazione diventino i *driver* principali della futura crescita. Allo stesso tempo è necessario educare individui intelligenti, creativi e proattivi, dotati della necessaria fiducia, della capacità di pensare in modo autonomo e critico, in grado di impegnarsi nell'apprendimento lungo tutto l'arco della vita, di generare nuove conoscenze, innovazione sociale e tecnologica, nonché di utilizzare e adattarsi al cambiamento tecnologico. Mentre il mondo diventa sempre più interconnesso e competitivo e il *know-how* tecnologico si espande, la creazione di nuove opportunità è accompagnata dall'emergere di complesse sfide sociali che, per essere superate, richiedono a tutti i cittadini una migliore comprensione della scienza e della tecnologia per partecipare in modo informato, attivo e responsabile ai processi decisionali riguardanti le questioni scientifiche, l'innovazione e la conoscenza. La partecipazione alla discussione sui questi temi chiama in causa tutti i gruppi sociali: comunità esperte, grande pubblico, portatori di interessi, politica, industria e la società tutta. Al momento l'Europa sta constatando, a tutti i livelli della società e dell'economia, la carenza di persone in possesso di adeguate conoscenze scientifiche. Negli ultimi decenni, nonostante l'aumento del numero di studenti che consegue una qualifica scientifica al termine dei percorsi formali di istruzione e formazione, non si è registrato un parallelo aumento del

numero di persone interessate a intraprendere una carriera legata alla scienza, così come non si è assistito a una maggiore imprenditorialità e innovazione basata sulla scienza (Commissione europea 2015, Science education for Responsible Citizenship).

Secondo la Commissione europea l'educazione scientifica deve essere in grado di rispondere alle nuove esigenze e alle sfide, considerando i bisogni reali della società in ambito tecnico-scientifico e promuovendo in tutti i cittadini lo sviluppo di atteggiamenti positivi verso la scienza e la tecnologia. Questo consentirebbe di arginare la sfiducia e le reazioni avverse alla scienza a cui oggi si assiste sempre più spesso. Un esempio per tutti è quello delle vaccinazioni, che continua a dividere l'opinione pubblica e la classe politica italiana tra sostenitori e i cosiddetti *no-vax* e che ha fatto registrare accessi momenti di discussione all'inizio dell'anno scolastico 2017-2018, quando è stata approvata la legge sull'obbligatorietà vaccinale per l'iscrizione a scuola. In molti hanno contestato negli ultimi mesi non solo il clima di disinformazione e di cultura anti-scientifica che ha portato l'Italia da Stamina ai *no-vax*, ma anche la mancanza di campagne di sensibilizzazione su questi temi per informare e formare operatori sanitari e scolastici, famiglie e grande pubblico.

Nelle nostre società moderne i sistemi esperti raccolgono e organizzano un sapere tecnico-scientifico codificato di cui la maggior parte di noi conosce ben poco e che influisce in maniera continuativa in molti aspetti del nostro agire (Giddens 1994). La maggior parte delle persone tenta di colmare il proprio *deficit* conoscitivo utilizzando Internet, che consente di accedere ad un'infinita quantità di informazioni donandoci l'illusione di essere competenti e quindi di poter fare a meno dei saperi esperti. Tuttavia, proprio la complessità della scienza e la sua pervasività dovrebbero farci comprendere l'importanza della costruzione di una base di competenze scientifiche condivise capaci di farci accostare tanto in maniera critica ai temi tecnico-scientifici al centro del dibattito pubblico quanto con fiducia alla comunità degli esperti. La consapevolezza critica delle forme, delle possibilità e dei limiti del dibattito pubblico sui temi tecnico-scientifici rappresenta, dunque, uno snodo cruciale per definire il senso e le prospettive della democrazia contemporanea. In questo scenario la dimensione pubblica della scienza assume un peso importante poiché vi è la necessità sociale di informare le persone sui vantaggi, i rischi e i costi che potrebbero scaturire da talune decisioni connesse allo sviluppo scientifico e alle sue applicazioni pratiche in modo da consentire scelte corrette. Ciò nonostante anche la comunicazione più efficace non riesce a garantire un accordo tra i pubblici perché il processo decisionale coinvolge sempre fatti e valori. Quando si discute di scelte politiche, chi comunica la scienza deve esprimere molto chiaramente le differenze tra fatti e valori affinché sia possibile garantire, se non l'accordo, almeno un numero ridotto di disaccordi basati su una comprensione

corretta e condivisa dei fatti, tale da permettere di concentrarsi sulle questioni di valore, come ad esempio il peso da dare alle generazioni future. Affinché ciò avvenga chi comunica la scienza deve cominciare con l'ascoltare il suo pubblico, per identificare le decisioni che si troverà ad affrontare e quindi le informazioni di cui avrà bisogno. Parallelamente, è necessario offrire un'educazione scientifica che fornisca le basi per la comunicazione tra scienziati e società: più conoscenze sul funzionamento del processo scientifico hanno le persone, più sarà semplice esporre, nel processo comunicativo, le incertezze e le controversie che la scienza inevitabilmente produce (Fischhoff 2013, pp. 14033-14039).

L'Europa ha bisogno di più cittadini con educazione scientifica di base che possano fare scelte consapevoli su temi, spesso controversi, al centro del dibattito pubblico. È dunque necessario individuare i modi migliori per alimentare la curiosità e la voglia di conoscere dei bambini, potenziando il processo educativo per fornire a tutti gli altri attori sociali le necessarie conoscenze, le motivazioni e la responsabilità sociale per partecipare attivamente al processo di innovazione europeo. Secondo la Commissione europea, la prima tappa di questo percorso è individuare nuove modalità di insegnamento-apprendimento coerenti con la necessità di un sapere scientifico di miglior qualità e per molte più persone, proponendo un nuovo quadro di riferimento per tutti i tipi di educazione scientifica, dall'approccio formale agli approcci non-formale e informale. Questo è un buon momento per ampliare le opportunità di apprendimento delle scienze in tutti i contesti: l'indagine della Commissione europea del 2013 *Eurobarometer Responsible Research and Innovation, Science and Technology* dimostra che i cittadini europei, giovani e meno giovani, apprezzano l'importanza della scienza, desiderano diventare cittadini più informati e avere una più ampia educazione scientifica (Commissione europea 2013 Special Eurobarometer 401).

CAPITOLO PRIMO

EDUCAZIONE, SCIENZA E SOCIETÀ: STUDI E INCHIESTE IN EUROPA

Una conoscenza di base delle scienze è considerata un'abilità necessaria per ogni cittadino europeo perché fornisce loro gli strumenti utili a comprendere la scienza e ad assumere decisioni sulla base di solide prove scientifiche. Gli scarsi risultati degli studenti nelle abilità di base, come dimostrato da numerose indagini nazionali e internazionali, hanno portato all'adozione nel 2009 di un criterio di riferimento europeo che stabilisce che “entro il 2020, la percentuale dei quindicenni con risultati insufficienti in lettura, matematica e scienze dovrebbe essere inferiore al 15%” (Consiglio dell'Unione europea 2009, ET 2020).

1.1 La valutazione della conoscenza di base degli studenti nelle indagini internazionali e nazionali

I risultati degli studenti nelle discipline scientifiche sono valutati, a livello internazionale, da due indagini su larga scala, il *Trend in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), svolta dall'*International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA)¹, e il *Programme for International Student Assessment* (PISA), realizzata dall'*Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD)², e a livello nazionale dall'indagine *Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti*, condotta dall'Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema Educativo di Istruzione e di formazione (INVALSI)³.

L'indagine TIMSS valuta il rendimento in matematica e in scienze degli studenti del quarto e dell'ottavo anno di scolarità, utilizzando il curriculum come principale concetto organizzativo (Foy, Martin, Mullis 2008, p. 25). I dati raccolti presentano tre aspetti: il “curricolo previsto” ovvero il piano di studi stabilito a livello nazionale o di sistema, che riflette ciò che la società crede debba essere l'insegnamento della matematica e delle scienze per i suoi studenti e come debba essere organizzato il sistema d'istruzione per facilitare tale insegnamento; il “curricolo

¹ La IEA è un'associazione indipendente di centri di ricerca educativa, con sede ad Amsterdam. E' stata fondata nel 1958 e, attualmente, vi aderiscono 53 paesi. Scopo dell'IEA è condurre ricerche comparative internazionali nel campo della valutazione educativa. Attraverso i suoi progetti IEA mira a definire degli standard internazionali che possono aiutare i decisori politici a individuare, a livello comparativo, punti di forza e di debolezza dei rispettivi sistemi educativi. Sito ufficiale: <http://www.iea.nl>.

² L'OECD (in italiano OCSE) è un'organizzazione internazionale, costituita a Parigi nel 1961, che aiuta i governi a far fronte alle sfide economiche, sociali e ambientali poste dall'economia mondiale. Essa raggruppa attualmente 30 paesi industrializzati e intrattiene relazioni attive con circa 70 paesi in tutto il mondo, svolgendo un ruolo guida nella definizione di buone pratiche e nella promozione del buon governo nei settori pubblici e privati. Sito ufficiale: <http://www.oecd.org>.

³ L'INVALSI è l'Ente di ricerca dotato di personalità giuridica di diritto pubblico che ha raccolto, in un lungo e costante processo di trasformazione, l'eredità del Centro Europeo dell'Educazione (CEDE), istituito nei primi anni settanta del secolo scorso. L'INVALSI è soggetto alla vigilanza del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca che individua le priorità strategiche delle quali l'Istituto tiene conto per programmare la propria attività. La valutazione delle priorità tecnico-scientifiche è riservata all'Istituto. Sito ufficiale: <http://www.invalsi.it>.

realizzato” ossia quello che è effettivamente insegnato nelle classi, tenendo anche in considerazione le strategie didattiche effettivamente utilizzate e le caratteristiche dei docenti che insegnano la materia; il “curricolo appreso” cioè ciò che gli studenti hanno imparato e cosa pensano di queste materie (INVALSI 2012, pp. 10-11, Quadro di Riferimento di TIMSS 2011). L’indagine TIMSS, avviata per la prima volta nel 1995, viene svolta ogni quattro anni e l’ultima, risalente al 2015, rappresenta il sesto ciclo di valutazione internazionale in matematica e scienze⁴.

PISA valuta le conoscenze e la capacità degli studenti di 15 anni in lettura, matematica e scienze, focalizzando il suo obiettivo sulla valutazione dell’utilizzo delle conoscenze scientifiche nelle situazioni di tutti i giorni che coinvolgono le scienze e le tecnologie, nonché sulla alfabetizzazione scientifica (*scientific literacy*), definita come “la capacità di usare le conoscenze scientifiche per identificare le domande e arrivare a conclusioni basate sulle prove per capire e aiutare a prendere decisioni relative al mondo naturale e ai cambiamenti che esso subisce attraverso l’attività umana” (OECD 2003, p. 133)⁵. L’indagine viene condotta ogni tre anni a partire dal 2000, monitorando il rendimento degli studenti nelle principali aree curriculari, lettura, matematica e scienze. Ogni ciclo di valutazione, benché guardi tutte le aree curriculari, si focalizza su un’area specifica (Agenzia esecutiva per l’istruzione, gli audiovisivi e la cultura 2011, p. 14). La base di dati scientifici prodotta da PISA consente ai responsabili politici e agli educatori di individuare le caratteristiche dei sistemi di istruzione ad alta efficienza e di adeguare le loro politiche.

Le Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti valutano annualmente, a partire dall’anno scolastico 2007-2008, i livelli di apprendimento degli studenti in italiano e in matematica, effettuando verifiche periodiche e sistematiche sulle conoscenze e le abilità degli studenti della classe seconda e quinta della scuola primaria; della terza classe della scuola secondaria di primo grado e della seconda classe della scuola secondaria di secondo grado, nonché altre rilevazioni necessarie per la valutazione del valore aggiunto realizzato dalle scuole in termini di accrescimento dei livelli di apprendimento degli alunni. Per l’italiano, oggetto della valutazione è la competenza di lettura nelle tre dimensioni pragmatico-testuale, grammaticale e lessicale, mentre per la matematica vengono testati sia il dominio dei contenuti (numeri, spazio e figure, misure, dati e previsioni) sia quello cognitivo (esecuzione di algoritmi di routine o non, uso di

⁴ Dato che gli studenti del quarto anno diventano poi studenti dell’ottavo anno nel ciclo successivo di TIMSS, i paesi che partecipano a cicli consecutivi di TIMSS acquisiscono anche informazioni sul progresso relativo nei vari anni. Tuttavia solo pochi paesi europei hanno partecipato a tutte le indagini TIMSS. In generale, meno della metà dei paesi dell’Ue 28 partecipano a TIMSS.

⁵ “Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge to identify questions and to draw evidence based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity”.

linguaggi specifici, sensibilità numerica e geometrica). Le prove INVALSI, oltre a fornire un quadro generale sulla qualità del sistema italiano d'istruzione e di formazione, sono finalizzate a supportare la riflessione a fini del miglioramento delle singole istituzioni scolastiche. Questo ruolo acquisisce ancor maggiore rilevanza nel contesto del Sistema Nazionale di Valutazione delle scuole.

Queste tre indagini evidenziano aspetti diversi dello studio: in termini generali, TIMSS valuta cosa fanno gli studenti, mentre PISA cerca di individuare cosa possono fare gli studenti con la propria conoscenza (Agenzia esecutiva per l'istruzione, gli audiovisivi e la cultura 2011, p. 13), le Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti misurano l'offerta formativa e gli esiti d'apprendimento nazionali.

A questa serie di indagini si affiancano le inchieste di opinione su scienza e tecnologia condotte dalla Commissione europea attraverso l'Eurobarometro. Quest'ultimo è un servizio, istituito nel 1973, che misura e analizza le tendenze dell'opinione pubblica in tutti gli Stati membri e nei Paesi candidati. Conoscere gli orientamenti dell'opinione pubblica è importante per la Commissione europea per preparare le sue proposte legislative, prendere decisioni e valutare il proprio operato. Le inchieste e gli studi riguardano argomenti di primaria importanza per la cittadinanza europea, come l'allargamento dell'Unione europea, la situazione sociale, la salute, la cultura, l'*information technology*, l'ambiente, l'Euro e la difesa. Eurobarometro si avvale sia di sondaggi d'opinione sia di gruppi di discussione e dalle sue rilevazioni vengono tratti circa 100 rapporti l'anno.

1.2 Indagini IEA-Trend in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

Il rapporto TIMSS 2015, pubblicato nel 2016, presenta i dati delle rilevazioni condotte sugli andamenti dei diversi sistemi scolastici nazionali, su matematica e scienze: le analisi coprono più momenti del percorso scolastico, consentendo così di misurare non solo una sorta di punto d'arrivo della performance del sistema scolastico, ma anche l'evoluzione degli apprendimenti lungo il percorso scolastico medesimo.

All'edizione 2015 dello studio TIMSS, hanno aderito 49 Paesi al quarto anno di scolarità e 39 Paesi all'ottavo anno. In totale, in Italia sono stati coinvolti più di 4.400 studenti della scuola primaria e altrettanti della secondaria di primo grado, rappresentativi di circa 500.000 studenti di quarta primaria e oltre 530.000 studenti del terzo anno della scuola secondaria di primo grado.

Da un'analisi dei risultati emerge che al quarto anno i nostri studenti ottengono un punteggio di 516 in scienze e di 507 in matematica (500 è il *benchmark* dell'anno base 1995), mentre all'ottavo anno raggiungono un punteggio di 499 in scienze e di 494 in matematica (sempre a fronte di un *benchmark* nell'anno base, il 1995, di 500). I risultati sono quindi più lusinghieri in

quarta primaria che nel segmento scolastico successivo. Ciò rimane vero anche ove si limiti il confronto ai Paesi avanzati più simili all'Italia (Paesi OECD e Ue) e si tenga quindi conto della diversa composizione del novero di Paesi partecipanti alle diverse rilevazioni.

Rispetto alle edizioni precedenti, vi è da segnalare un lieve peggioramento nei risultati, in entrambe le discipline, sia al quarto sia all'ottavo anno di scolarità: in particolare, al quarto anno, gli studenti italiani hanno conseguito in scienze un punteggio significativamente inferiore a quello del 2011 (524) e in matematica un risultato non molto diverso da quello del 2011 (508). Per quanto riguarda l'ottavo anno di scolarità, il calo registrato in scienze rispetto al 2011 (501) non appare significativo, mentre più rilevante è la diminuzione del punteggio registrato in matematica rispetto al 2011 (498). Queste riduzioni risultano ancora più importanti se raffrontate con i miglioramenti registrati, rispetto al 2011, in molti altri Paesi partecipanti all'indagine.

	TIMSS 2011	TIMSS 2015
Scienze IV anno	524	516
Matematica IV anno	508	507
Scienze VIII anno	501	499
Matematica VIII anno	498	494

Tabella 1: Confronto risultati italiani TIMSS 2011 e TIMSS 2015. Fonte dati: INVALSI, IEA TIMSS 2011 e 2015.

Con riferimento ai risultati in scienze del quarto anno di scolarità, l'Italia, con un punteggio di 516, si colloca al trentesimo posto nella classifica internazionale: questo risultato non è significativamente diverso da quello di altri Paesi europei partecipanti, come Spagna o Paesi Bassi; è superiore rispetto alla media TIMSS ed è equivalente alla media dei Paesi OECD partecipanti. Il quadro internazionale dei risultati di scienze di quarto grado conferma la supremazia di due Paesi dell'estremo oriente, Singapore e Corea del Sud, con studenti che vantano una padronanza generalizzata dei fatti scientifici. Si registra, comunque, un generale miglioramento a livello internazionale nel 2015 rispetto al 2011. Tuttavia, in Italia, gli studenti del quarto anno di scolarità ottengono punteggi significativamente inferiori rispetto a quelli ottenuti nel 2011.

All'ottavo anno di scolarità, la media italiana di 499 non si discosta dalla media internazionale, mentre è al di sotto della media dei Paesi OECD. Il successo dei Paesi asiatici consolida un andamento ormai decennale che si riscontra nelle diverse indagini internazionali, con gli studenti di Singapore che ottengono i risultati migliori, seguiti da quelli di Giappone, Taipei Cinese e Corea del Sud. A livello internazionale si osserva un miglioramento significativo del *trend* nel 2015 rispetto al 2011, mentre in Italia si evidenzia una stabilità rispetto alla rilevazione precedente.

Sul fronte della matematica, gli studenti italiani al quarto anno di scolarità raggiungono il punteggio di 507, significativamente superiore alla media internazionale. Gli studenti che raggiungono una migliore *performance* sono quelli di Singapore, Hong Kong SAR e Corea del Sud che ottengono rispettivamente i punteggi di 618, 615 e 608. Ad essi seguono Taipei Cinese (597) e Giappone (593) che, ricoprendo le posizioni più alte, confermano la tendenza dei Paesi asiatici ad ottenere punteggi più alti rispetto agli altri. A livello internazionale, si rileva un miglioramento del *trend*; in Italia, invece, la situazione rimane stabile, con un'oscillazione non significativa del punteggio medio. Passando ai dati degli studenti della terza classe della scuola secondaria di primo grado, si evince che l'Italia peggiora il suo risultato collocandosi sotto la media TIMSS con 494 punti. Nelle prime posizioni ritroviamo i Paesi asiatici: Singapore (621), Corea del Sud (606) e Taipei cinese (599), mentre a chiusura il Marocco (384), Sud Africa (372) e Arabia Saudita (368). Si evidenzia, dunque, una frattura fra Paesi tecnologicamente avanzati (Asia ed Europa) rispetto a quelli africani e mediorientali. A livello internazionale, si evidenzia un generale miglioramento dei risultati, con 18 Paesi su 34 che registrano un punteggio più alto rispetto alla precedente rilevazione e 3 Paesi che registrano un punteggio più basso. I restanti 13 Paesi, fra i quali l'Italia, non si discostano significativamente dal rispettivo punteggio medio del 2011.

Per quanto riguarda la situazione all'interno della penisola italiana si verifica una frattura fra Nord e Sud: i risultati, sia in matematica sia in scienze, sono tendenzialmente più bassi nelle scuole del Mezzogiorno. Per quanto riguarda la matematica, solo il Nord Est⁶ differisce in modo notevole e positivo rispetto all'Italia, con un punteggio medio di 525 al quarto anno di scolarità e di 520 all'ottavo anno, mentre il Sud Isole⁷ differisce in senso negativo e significativo, con un punteggio medio di 477 al quarto anno e di 452 all'ottavo. In scienze, di nuovo il Nord Est si stacca in modo importante e positivo rispetto alla media nazionale (533 al quarto anno e 529 all'ottavo), mentre si registrano punteggi medi significativamente più bassi nel Sud⁸ (499 al quarto anno e 482 all'ottavo) e nel Sud Isole (491 al quarto e 456 all'ottavo anno). Infine, dal rapporto si evince che la *performance* degli studenti italiani peggiora con il progredire del percorso degli studi, almeno all'interno del primo ciclo d'istruzione (INVALSI 2016, Indagini IEA 2015 TIMSS IV anno di scolarità; Indagini IEA 2015 TIMSS VIII anno di scolarità).

⁶ Nord Est: Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Veneto, Trentino-Alto Adige.

⁷ Sud Isole: Basilicata, Calabria, Sardegna, Sicilia.

⁸ Sud: Abruzzo, Campania, Molise, Puglia.

1.3 Indagini OECD-Programme for International Student Assessment (PISA)

Oggi, quasi tutti gli adulti, e non solo quelli che hanno scelto una carriera tecnica o scientifica, devono avere un adeguato livello di competenze in matematica, in lettura e in scienze per uno sviluppo personale soddisfacente, per la propria vita professionale e per una piena partecipazione nella società (OECD 2014, Multilingual Summaries PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do).

Gli ultimi due cicli di indagine OECD-PISA, condotti nel 2012 e nel 2015, hanno focalizzato la loro attenzione rispettivamente su matematica e scienze⁹. In particolare, l'indagine PISA 2012¹⁰ ha misurato la capacità degli studenti quindicenni di elaborare un ragionamento matematico; di utilizzare concetti della disciplina matematica, procedure, fatti e strumenti per descrivere, spiegare e anticipare i fenomeni; nonché la capacità di formulare valutazioni ben fondate e decisioni necessarie a cittadini costruttivi, responsabili e riflessivi. “La *literacy* matematica non è un attributo individuale che una persona potrebbe avere o non avere, bensì una competenza acquisibile e utilizzabile in modo variabile durante tutto l’arco della vita” (OECD 2014, PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do). L’indagine PISA 2015¹¹ ha, invece, definito la *literacy* scientifica come

l’abilità di un individuo di confrontarsi con questioni di tipo scientifico e con le idee che riguardano la scienza, come cittadino che riflette. Una persona competente dal punto di vista scientifico è disposta a impegnarsi in argomentazioni riguardanti la scienza e la tecnologia che richiedono la capacità di spiegare i fenomeni scientificamente, valutare e progettare una ricerca scientifica, interpretare dati e prove scientificamente (INVALSI 2016, p.5, Risultati OCSE PISA 2015)¹².

In quest’ultima indagine, l’Italia ha ottenuto nella scala principale di scienze un punteggio medio pari a 481 punti, significativamente inferiore di 13 punti alla media OECD (493): il nostro Paese è vicino ai risultati conseguiti da Federazione Russa, Lussemburgo, Ungheria, Lituania e Croazia, ma registra ancora un punteggio medio inferiore rispetto agli altri Paesi dell’Unione europea. Con riferimento alla rilevazione PISA 2006, è importante osservare che si

⁹ Matematica e scienze sono state già dominio principale di indagine rispettivamente nel 2003 e nel 2006.

¹⁰ PISA 2012 ha visto la partecipazione di tutti i 34 paesi membri dell’OECD e dei 31 paesi *partner*, vale a dire oltre l’80% dell’economia mondiale. Ai test, incentrati su matematica, lettura e scienze, con una particolare attenzione per la prima, hanno preso parte circa 510.000 studenti di età compresa tra i 15 anni e 3 mesi e i 16 anni e 2 mesi.

¹¹ PISA 2015 ha visto la partecipazione di 72 paesi, di cui 35 Paesi OECD, per un totale di circa 540.000 studenti coinvolti. Gli studenti italiani coinvolti sono stati 11.583 in 474 scuole.

¹² PISA 2015 introduce un cambiamento nella valutazione della *literacy* scientifica: il passaggio dalle prove cartacee a quelle computerizzate, che ha permesso di ampliare ciò che il test PISA misura. Ad esempio, l’abilità degli studenti di condurre una ricerca scientifica è valutata chiedendo loro di condurre un esperimento (attraverso una simulazione) e di interpretarne i risultati. Questo tipo di valutazione è stata condotta attraverso l’uso di 24 *item* interattivi. L’Italia è uno dei 57 paesi, sui 72 che hanno partecipato a PISA, in cui sono state somministrate prove computerizzate; nei restanti 15 paesi/economie sono state utilizzate prove in formato cartaceo.

evidenzia una sensibile riduzione del divario tra il risultato conseguito e la media dei paesi OECD.

In PISA 2015 la *literacy* scientifica è descritta attraverso una scala di competenza che si articola in sette livelli, ognuno dei quali indica il grado di competenza degli studenti come riportato nella tabella seguente (Tab. 2).

Livello	Punteg. limite inferiore	Percentuale di studenti in grado di svolgere i compiti del livello considerato	Competenze necessarie a risolvere i compiti proposti e caratteristiche dei compiti stessi
6	708	OECD: 1,1% ITALIA: 0,2%	Al livello 6, gli studenti sono in grado di trarre conclusioni su una varietà di idee scientifiche e concetti interconnessi dei sistemi fisici, viventi, della terra e dello Spazio. Sono in grado di utilizzare la conoscenza di contenuto, procedurale, epistemica per fornire ipotesi esplicative di nuovi fenomeni scientifici, eventi e processi o per fare previsioni. Nell'interpretazione di dati e prove sono in grado di discriminare tra informazioni rilevanti e non rilevanti e di basarsi su conoscenze esterne al normale curriculum scolastico. Possono distinguere tra argomenti basati sull'evidenza e la teoria scientifica e quelli che sono basati su altri tipi di considerazioni; sono in grado di confrontare tra loro disegni sperimentali complessi, studi su campo o simulazioni e di giustificare le proprie scelte.
5	633	OECD: 6,7% ITALIA: 3,8%	Al livello 5, gli studenti sono in grado di utilizzare idee o concetti scientifici astratti per spiegare fenomeni, eventi e processi sconosciuti e più complessi, che richiedono molteplici nessi causali. Sanno applicare una conoscenza epistemica più sofisticata per valutare disegni sperimentali alternativi e per giustificare le loro scelte. Sanno utilizzare conoscenze teoriche per interpretare informazioni o fare previsioni, gli studenti del livello 5 sono in grado di valutare modi di esplorare scientificamente un problema e di identificare le limitazioni nelle interpretazioni.
4	559	OECD: 19,0% ITALIA: 17,0%	Al livello 4, gli studenti sanno utilizzare una conoscenza di contenuto più complessa o più astratta, fornita o ricordata, per costruire spiegazioni di eventi e processi più complessi o meno familiari. Sono in grado di condurre esperimenti che coinvolgono due o più variabili indipendenti in un contesto vincolato. Sono in grado di giustificare un disegno sperimentale, progettato sulla base di elementi di conoscenza procedurale ed epistemica. Sanno interpretare dati tratti da un insieme moderatamente complesso o da un contesto meno familiare, trarre conclusioni appropriate che vanno oltre i dati e giustificare le proprie scelte.
3	484	OECD: 27,2% ITALIA: 28,6%	Al livello 3, gli studenti sanno ricorrere a una conoscenza di contenuto moderatamente complessa per identificare o costruire una spiegazione di un fenomeno familiare. In situazioni meno familiari o più complesse, sono in grado di costruire spiegazioni prendendo gli elementi essenziali. Attingono a elementi di conoscenza procedurale o epistemica per effettuare un semplice esperimento in un contesto vincolato. Sanno distinguere tra

			questioni scientifiche e non scientifiche e identificare le prove a supporto di una affermazione scientifica.
2	410	OECD: 24,8% ITALIA: 27,1%	Al livello 2, gli studenti sanno attingere a conoscenze di contenuto di tutti i giorni e a conoscenze procedurali di base per identificare una spiegazione scientifica appropriata, interpretare dati e identificare il problema affrontato in un disegno sperimentale semplice. Sanno usare conoscenze scientifiche di base o di tutti i giorni per identificare conclusioni valide da un set di dati semplice. Gli studenti a questo livello mostrano conoscenze epistemiche di base e sono in grado di identificare domande che possono essere indagate scientificamente.
1a	335	OECD: 15,7% ITALIA: 17,2%	Al livello 1 bis, gli studenti sono in grado di utilizzare conoscenze di contenuto e procedurali semplici o di tutti i giorni per riconoscere o identificare spiegazioni di fenomeni scientifici semplici. Se aiutati, sono in grado di avviare indagini scientifiche strutturate con non più di due variabili. Sanno identificare semplici rapporti causali o di correlazione e interpretare grafici e immagini che richiedono un impegno cognitivo minimo. A questo livello gli studenti sanno selezionare la migliore spiegazione scientifica a dati forniti in un contesto familiare, personale, locale e globale.
1b	261	OECD: 4,9% ITALIA: 5,4%	Al livello 1b, gli studenti sanno utilizzare conoscenze scientifiche di base o di tutti i giorni per riconoscere aspetti di fenomeni familiari o semplici. Sono in grado di identificare modelli semplici nei dati, riconoscere termini scientifici di base e seguire le istruzioni fornite per effettuare una procedura scientifica.

Tabella 2: Descrizione dei livelli di competenza nella scala di literacy scientifica. Fonte: INVALSI, Risultati OECD PISA 2015

In Italia, gli studenti che raggiungono il livello minimo di competenza (livello 2) sono due punti percentuali superiori alla media OECD (27% vs 25%). Anche gli studenti che non raggiungono il livello 2 sono in percentuale maggiore rispetto alla media internazionale (23% vs 21%), mentre gli studenti a livelli alti di competenza (livello 5 o superiore) sono in percentuale minore (4% vs 8%).

Sul fronte della matematica, il punteggio medio ottenuto dagli studenti italiani è pari alla media internazionale (490) e in linea a quanto ottenuto da Svezia, Lussemburgo, Repubblica Ceca, Portogallo, Spagna, Austria e Francia. I risultati di PISA 2015 confermano un consolidamento del miglioramento degli esiti riscontrati nelle edizioni precedenti. Per quanto riguarda i diversi livelli di competenza (Tab. 3), la percentuale di studenti italiani è in linea con il dato internazionale. Rispetto ai cicli precedenti, PISA 2015 ha fatto registrare un miglioramento significativo in confronto al 2003 e al 2006 (24 e 28 punti rispettivamente), mentre non ci sono variazioni significative rispetto al 2009 e al 2012.

Livello	Punteg. limite inferiore	Percentuale di studenti in grado di svolgere i compiti del livello considerato	Competenze necessarie a risolvere i compiti proposti e caratteristiche dei compiti stessi
6	669	OECD: 2,3% ITALIA: 2,4%	Gli studenti che si collocano al 6° Livello sono in grado di concettualizzare, generalizzare e utilizzare informazioni basate sulla propria analisi e modellizzazione di situazioni problematiche e complesse. Essi sono in grado di collegare fra loro differenti fonti d'informazione e rappresentazioni passando dall'una all'altra in maniera flessibile. A questo livello, gli studenti sono capaci di pensare e ragionare in modo matematicamente avanzato. Essi sono inoltre in grado di applicare tali capacità di scoperta e di comprensione contestualmente alla padronanza di operazioni e di relazioni matematiche di tipo simbolico e formale in modo da sviluppare nuovi approcci e nuove strategie nell'affrontare situazioni inedite. A questo livello, gli studenti sono anche capaci di esporre e di comunicare con precisione le proprie azioni e riflessioni collegando i risultati raggiunti, le interpretazioni e le argomentazioni alla situazione nuova che si trovano ad affrontare.
5	607	OECD: 8,4% ITALIA: 8,1%	Gli studenti che si collocano al 5° Livello sono in grado di sviluppare modelli di situazioni complesse e di servirsene, di identificare vincoli e di precisare le assunzioni fatte. Essi sono inoltre in grado di selezionare, comparare e valutare strategie appropriate per risolvere problemi complessi legati a tali modelli. A questo livello, inoltre, gli studenti sono capaci di sviluppare strategie, utilizzando abilità logiche e di ragionamento ampie e ben sviluppate, appropriate rappresentazioni, strutture simboliche e formali e capacità di analisi approfondita delle situazioni considerate. Essi sono anche capaci di riflettere sulle proprie azioni e di esporre e comunicare le proprie interpretazioni e i propri ragionamenti.
4	545	OECD: 18,6% ITALIA 18,3%:	Gli studenti che si collocano al 4° Livello sono in grado di servirsi in modo efficace di modelli dati applicandoli a situazioni concrete complesse anche tenendo conto di vincoli che richiedano di formulare assunzioni. Essi sono in grado, inoltre, di selezionare e di integrare fra loro rappresentazioni differenti, anche di tipo simbolico, e di metterle in relazione diretta con aspetti di vita reale. A questo livello, gli studenti sono anche capaci di utilizzare abilità ben sviluppate e di ragionare in maniera flessibile, con una certa capacità di scoperta, limitatamente ai contesti considerati. Essi riescono a formulare e comunicare spiegazioni e argomentazioni basandosi sulle proprie interpretazioni, argomentazioni e azioni.
3	482	OECD: 24,8% ITALIA: 24,7%	Gli studenti che si collocano al 3° Livello sono in grado di eseguire procedure chiaramente definite, comprese quelle che richiedono decisioni in sequenza. Essi sono in grado, inoltre, di selezionare e applicare semplici strategie per la risoluzione dei problemi. A questo livello, gli studenti sono anche capaci di interpretare e di utilizzare rappresentazioni basate su informazioni provenienti da fonti differenti e di ragionare direttamente a partire da esse. Essi riescono a

			elaborare brevi comunicazioni per esporre le proprie interpretazioni, i propri risultati e i propri ragionamenti.
2	420	OECD: 22,5% ITALIA: 23,3%	Gli studenti che si collocano al 2° Livello sono in grado di interpretare e riconoscere situazioni in contesti che richiedano non più di un'inferenza diretta. Essi sono in grado, inoltre, di trarre informazioni pertinenti da un'unica fonte e di utilizzare un'unica modalità di rappresentazione. A questo livello, gli studenti sono anche capaci di servirsi di elementari algoritmi, formule, procedimenti o convenzioni. Essi sono capaci di ragionamenti diretti e di un'interpretazione letterale dei risultati.
1	358	OECD: 14,9% ITALIA: 14,9%	Gli studenti che si collocano al 1° Livello sono in grado di rispondere a domande che riguardino contesti loro familiari, nelle quali siano fornite tutte le informazioni pertinenti e sia chiaramente definito il quesito. Essi sono in grado, inoltre, di individuare informazioni e di mettere in atto procedimenti di routine all'interno di situazioni esplicitamente definite e seguendo precise indicazioni. Questi studenti sono anche capaci di compiere azioni ovvie che procedano direttamente dallo stimolo fornito.

Tabella 3: Livello di rendimento nella scala di Matematica PISA 2015. Fonte: Fonte: INVALSI, Risultati OCSE PISA 2015

Relativamente ai confronti nazionali, si conferma, per entrambe le discipline, ancora una volta il divario Nord-Sud: in media le regioni del Nord Italia hanno mostrato un rendimento superiore sia alle aree del Centro e del Mezzogiorno sia rispetto al dato nazionale. Per la tipologia di istruzione, gli studenti liceali hanno ottenuto un punteggio superiore rispetto agli studenti che frequentano altri tipi di istituti (tecnici e professionali).

Secondo il rapporto OECD PISA del 2016 *Low performing students: Why They Fall Behind and How to Help Them Succeed*, l'Italia, pur compiendo, dalla valutazione del 2003, notevoli miglioramenti in matematica, resta uno dei sistemi scolastici europei con il peggior risultato, seguita solamente da Grecia e Portogallo: uno studente italiano su cinque non sa leggere e uno su sei è gravemente insufficiente in scienze. La situazione socioeconomica degli studenti è indicata come la principale causa che incide in modo significativo sul livello di rendimento: coloro che provengono da famiglie a basso reddito hanno molte più probabilità di avere risultati insoddisfacenti in matematica, scienze e lettura. Tra gli altri fattori determinanti figurano gli effetti essenzialmente negativi dell'appartenenza a un contesto migratorio, l'importanza di ricevere un'istruzione e un'assistenza di qualità dalla prima infanzia, nonché il divario tra i generi nella lettura dove le ragazze riescono molto meglio dei ragazzi. Come spiega al "Corriere della Sera" Francesco Avvisati, che è tra i ricercatori che hanno lavorato a questa ricerca,

Nel nostro Paese il momento critico in cui si perdono molti ragazzi è il passaggio tra le medie e le superiori. Non c'è orientamento, molti sbagliano e vengono bocciati nel primo anno di superiori, senza contare che la scelta tra istruzione accademica, i licei e scuole professionali avviene molto presto e in

queste ultime spesso si concentrano gli studenti meno motivati con professori che non sono preparati a gestire dal punto di vista pedagogico le difficoltà e i problemi di questi ragazzi (Fregonara 2016).

1.4 Indagini INVALSI - Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti

Il rapporto Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti riferito all'anno scolastico 2016-2017 presenta i dati dell'Italia e delle singole regioni delle rilevazioni sugli apprendimenti (Italiano e Matematica) condotte dall'INVALSI all'inizio di maggio 2017 (II e V classi della scuola primaria e II classe della scuola secondaria di secondo grado) e a giugno 2017 (III classe della scuola secondaria di primo grado). I dati contenuti nel citato rapporto danno ragione di un quadro ricco e variegato in cui si evidenziano marcate differenze territoriali che tendono ad acuirsi al crescere dei livelli scolastici. A differenza delle rilevazioni precedenti, aumentano le differenze territoriali per la scuola primaria, diventando sempre più visibili nel passaggio alla scuola secondaria di primo grado e ancora maggiormente in quella di secondo grado. Tale andamento dei risultati è del tutto coerente con quanto evidenziato nelle maggiori indagini internazionali sugli apprendimenti: per quelle TIMSS, il raffronto è stato oggetto del rapporto predisposto nel 2016 e relativo alle indagini 2015; per PISA, il confronto è stato oggetto di uno specifico approfondimento relativo all'edizione 2015 del rapporto nazionale, presentato il 6 dicembre 2016, in concomitanza con la pubblicazione internazionale del rapporto della ricerca OECD-PISA. Complessivamente sono state coinvolte circa 12.027 scuole, 116.372 classi e 2.232.304 studenti.

Livello totale	Classi	Totale classi	Campione
II primaria	29.342	1.458	551.118
V primaria	29.524	1.458	562.656
III secondaria primo grado	31.092	1.403	574.525
II secondaria secondo grado	26.414	2.337	544.005

Tabella 4: La popolazione di riferimento per le prove INVALSI 2017. Fonte: Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti 2016-2017

I risultati dell'indagine, a livello di scuola primaria, non evidenziano differenze di rilievo fra tre delle cinque macro-aree in cui si articola il territorio italiano, Nord-Est, Centro e Sud¹³, i cui risultati oscillano intorno alla media nazionale; solo il Nord-Ovest e il Sud e Isole si discostano significativamente da essa con un risultato, rispettivamente, più alto di 4 punti in italiano e di 5 in matematica, e più basso di 8 punti nel primo caso e di 7 nel secondo. Nella quinta primaria la

¹³ Le cinque macro-aree in cui si articola il territorio italiano sono Nord Ovest, composto da Liguria, Lombardia, Piemonte, Valle D'Aosta; Nord Est, composto da Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Veneto, Trentino-Alto Adige; Centro, composto da Lazio, Marche, Toscana, Umbria; Sud, composto da Abruzzo, Campania, Molise, Puglia; Sud e Isole composto da Basilicata, Calabria, Sardegna, Sicilia.

distanza tra il Nord-Ovest e il Sud e Isole dalla media nazionale resta sostanzialmente inalterata. Sintetizzando, nella scuola primaria, i risultati del Nord-Est, del Centro e del Sud sono relativamente uniformi e differenze significative rispetto alla media nazionale, per altro sempre contenute al di sotto dei 10 punti, si osservano solo per il Nord-Ovest e il Sud e Isole.

Il quadro generale delineato dai risultati delle rilevazioni assume in terza secondaria di primo grado i tratti che emergono anche dalle indagini internazionali sugli apprendimenti: il Nord-Ovest e il Nord-Est conseguono risultati significativamente superiori alla media nazionale, il Centro risultati intorno alla media e il Sud e il Sud e Isole risultati al di sotto di essa. Le differenze di risultati fra le macro-aree si confermano e si consolidano ulteriormente nella classe seconda della scuola secondaria di secondo grado. Da rilevare che, al di là della significatività statistica delle differenze, lo scarto rispetto alla media nazionale del punteggio delle due macro-aree meridionali e insulari, piccolo in seconda primaria, va aumentando progressivamente via via che si procede nell'itinerario scolastico, mentre nel contempo si allarga lo scarto rispetto alle due macro-aree settentrionali. Al termine della secondaria di primo grado questo raggiunge, rispetto all'area col punteggio più alto (il Nord-Est), in Italiano, 14 punti nel caso del Sud e 21 punti nel caso del Sud e Isole, e in Matematica rispettivamente 21 e 27 punti. Nella seconda classe della scuola secondaria di secondo grado, le differenze si attestano, in Italiano, a 12 punti per il Sud e a 24 punti per il Sud e Isole, e in Matematica a 24 e 35 punti. Come emerso anche dalle precedenti rilevazioni, le regioni del Sud e del Sud e Isole si caratterizzano, in generale, non solo per più bassi risultati, ma anche per una maggiore variabilità tra le scuole rispetto agli istituti del Centro e, soprattutto, del Nord d'Italia già a livello della scuola primaria e della secondaria di primo grado, variabilità non giustificata in questo ciclo d'istruzione, dove la struttura organizzativa e il curriculum sono gli stessi: in altre parole il sistema d'istruzione nelle regioni meridionali e insulari appare, non solo meno efficace in termini di risultati raggiunti, ma anche meno capace di assicurare uguali opportunità di apprendimento a tutti gli studenti.

Il rapporto mette in evidenza un'Italia che marcia a velocità diverse: gli studenti del Centro-Nord mostrano risultati migliori rispetto ai compagni del Centro-Sud. Generalmente, tra gli elementi di debolezza nelle competenze degli studenti spicca l'argomentazione: il problema di matematica viene anche risolto, ma poi gli studenti non riescono a spiegare come sono giunti alla soluzione.

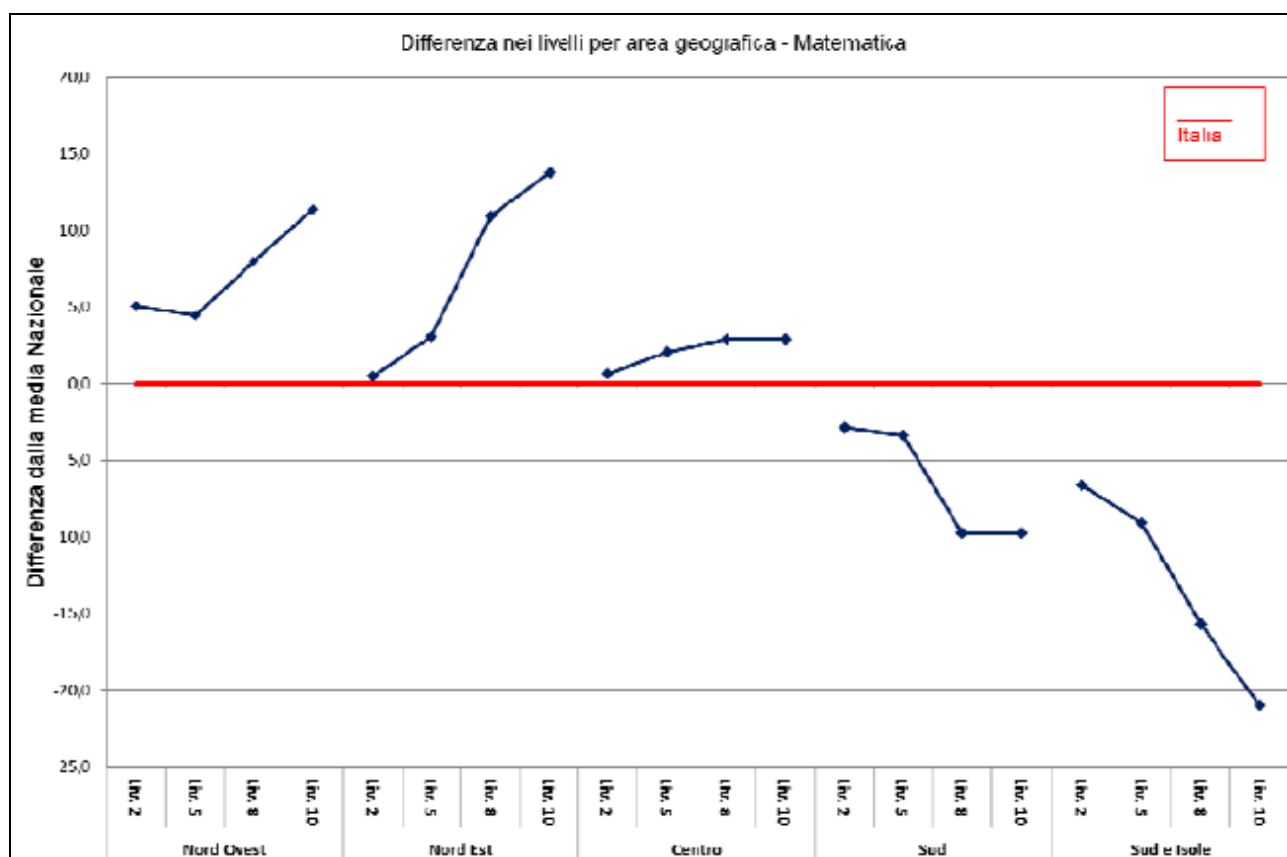


Figura1: Differenze nei livelli per area geografica-Matematica. Fonte: Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti 2016-2017

1.5 Le inchieste Eurobarometro

Le conoscenze scientifiche e tecnologiche, pur avendo un impatto su gran parte della nostra vita quotidiana, non sono largamente diffuse nella società europea della conoscenza. Questa affermazione trova riscontro nelle varie inchieste condotte dalla Commissione europea che, negli ultimi anni, hanno richiesto un dialogo più aperto tra scienziati, responsabili politici e pubblico in generale¹⁴.

Gli sviluppi della scienza e della tecnologia svolgono un ruolo chiave nella realizzazione di *Europa 2020: una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, la strategia decennale per la crescita e l'occupazione che l'Unione europea (Ue) ha varato nel 2010. Essa non mira soltanto a superare la crisi dalla quale le economie di molti Paesi stanno ora gradualmente uscendo, ma vuole anche colmare le lacune del nostro modello di crescita e creare le condizioni per una crescita più intelligente, sostenibile e solidale. L'Ue si è data cinque obiettivi quantitativi da realizzare entro la fine del 2020: l'occupazione; la ricerca e sviluppo; il clima e l'energia; l'istruzione; l'integrazione sociale e la riduzione della povertà. All'interno di questo scenario è cresciuta l'iniziativa *Unione dell'innovazione* che si prefigge l'obiettivo di

¹⁴ Sito web della Commissione europea *Research & Innovation. Science with and for society*. <http://ec.europa.eu/research/swafs/index.cfm?pg=about>.

creare un ambiente favorevole all'innovazione per rendere più facile la trasformazione di idee in prodotti e servizi capaci di supportare la crescita economica e occupazionale dell'intera Unione¹⁵. A tal proposito, nel novembre 2013 è stato pubblicato lo speciale Eurbarometro 401 *Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology*¹⁶ che ha analizzato, tra il 26 aprile e il 14 maggio 2013, il livello di informazione sugli sviluppi scientifici e tecnologici nei 28 Stati membri. In particolare, nella V sezione vengono prese in esame le opinioni dei cittadini europei sul rapporto tra i giovani e la scienza, ponendo l'attenzione su tre temi: l'operato dei governi per stimolare l'interesse dei giovani per la scienza; le prospettive occupazionali dei giovani in funzione del loro coinvolgimento nelle tematiche tecnico-scientifiche e il ruolo che la formazione scientifica riveste per stimolare il pensiero creativo nei giovani.

Sul primo punto, la maggior parte degli intervistati asserisce che i propri governi non facciano abbastanza per stimolare l'interesse per la scienza tra i giovani¹⁷: poco più di un quinto della popolazione intervistata (22%) pensa che il proprio governo stia facendo abbastanza o addirittura abbia fatto troppo (1%), mentre la maggioranza (65%) ritiene che troppo poco si stia facendo¹⁸.

Nell'analizzare le prospettive occupazionali dei giovani in funzione del loro coinvolgimento nelle tematiche tecnico-scientifiche, la maggior parte degli intervistati concorda sul fatto che l'interesse per la scienza migliora le prospettive di lavoro dei giovani, la cultura e la loro capacità di agire come cittadini ben informati¹⁹: sette su dieci concordano sul fatto che l'interesse per la scienza migliora la cultura dei giovani (72%) e che la scienza prepara i giovani ad agire come cittadini ben informati (68%). Quasi sei su dieci concordano sul fatto che i giovani interessati alla scienza hanno una migliore possibilità di ottenere un posto di lavoro (59%).

Infine, la maggior parte degli europei concorda nell'affermare che una formazione scientifica è importante per stimolare il pensiero creativo nei giovani: per l'84% degli intervistati, una

¹⁵ Sito web della Commissione europea *Innovation Union. A Europe 2020 Initiative*. http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm.

¹⁶ Special Eurobarometer 401. *Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology*, Novembre 2013. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_en.pdf.

¹⁷ QD12. In your opinion, is the (NATIONALITY) Government doing too much, enough or too little to stimulate young people's interest in science? (ONE ANSWER ONLY) Too much; Enough; Too little; Don't know.

¹⁸ Quest'ultima affermazione è predominante tra gli intervistati di 19 Stati membri: Spagna 83%, Grecia 78%, Lettonia e Croazia entrambe 76%, Italia 75%.

¹⁹ QD13 I would like to read out some statements that people have made about young people's interest in science. For each statement, please tell me how much you agree or disagree. Young people interested in science have better chances of getting a job; By being interested in science, young people also improve their culture; Science prepares the younger generation to act as well-informed citizens.

formazione scientifica è importante per stimolare il pensiero creativo dei giovani, mentre solo il 12% pensa che non sia importante.

Passando alle conclusioni, il rapporto segnala l'esistenza di un paradosso: nonostante molti intervistati non abbiano un *background* formativo di tipo tecnico-scientifico, non si sentano informati e non siano interessati a queste tematiche, ritengono generalmente positiva l'influenza degli sviluppi scientifici e tecnologici sulla società. Tuttavia il rapporto sottolinea che esiste comunque una correlazione diretta tra l'interesse per gli sviluppi tecnico-scientifici e la sensazione di essere informati in questo campo. I risultati, a livello Paese, mostrano che i livelli di informazione sugli sviluppi tecnico-scientifici non sono uniformi: mentre in Paesi come Danimarca (65%), Svezia (61%), Lussemburgo (58%), Regno Unito (56%) e Francia (51%) gli intervistati dicono di sentirsi informati, negli Stati meridionali e orientali ritengono di esserlo molto meno.

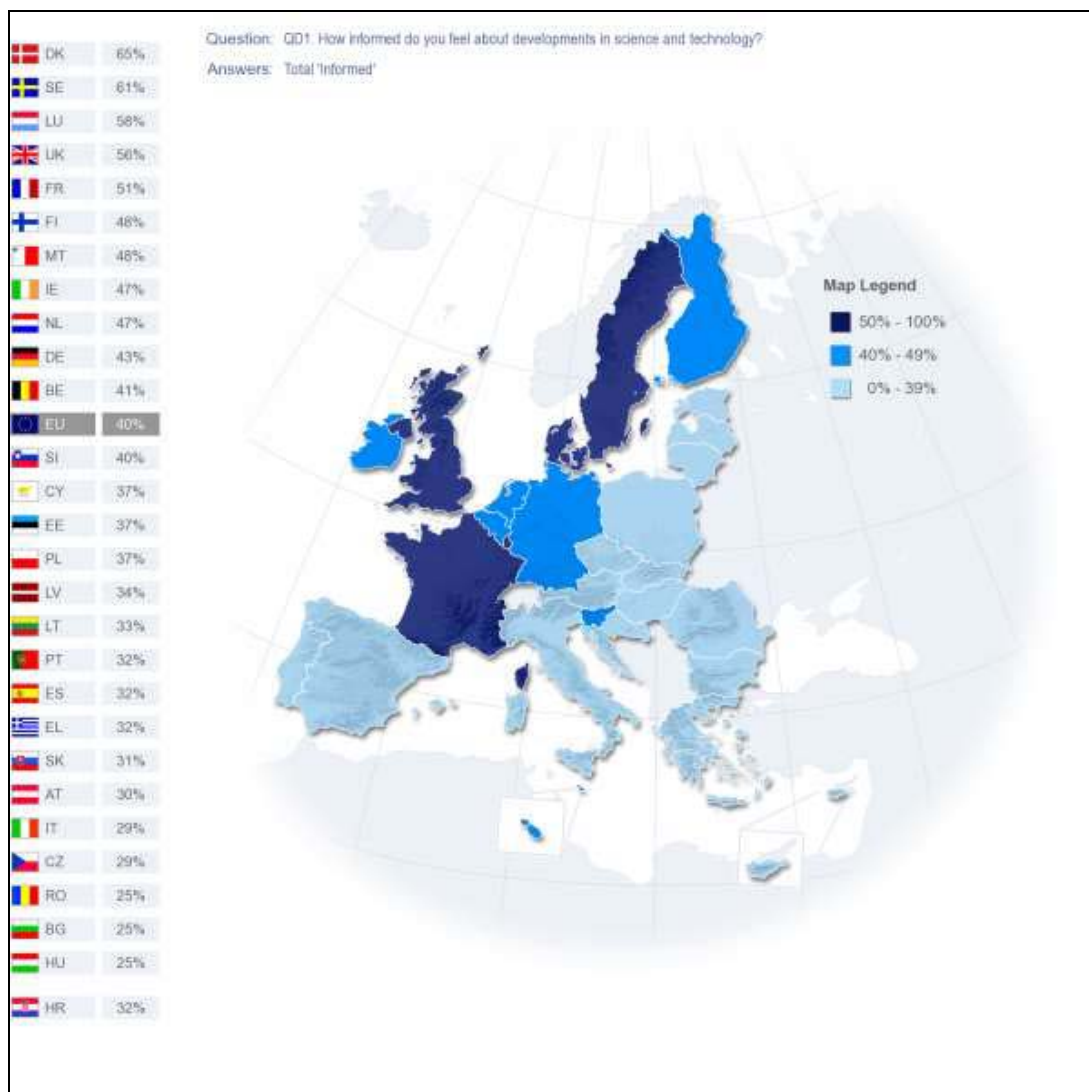


Figura 2. Fonte: Speciale Eurbarometro 401 Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology

Nell'ottobre del 2014 è stato pubblicato lo speciale Eurobarometro 419 *Public Perceptions of Science, Research and Innovation*²⁰ che ha analizzato, tra il 14 e il 26 giugno 2014, dapprima il livello di formazione scientifica degli europei e successivamente ha chiesto loro su quali aree²¹ lo sviluppo tecnico-scientifico dovrebbe puntare nel corso dei prossimi 15 anni.

L'inchiesta, nell'evidenziare che più della metà degli europei (56%) ha studiato scienza o tecnologia, e la maggior parte di questi lo ha fatto durante l'età scolare (Fig. 3), ha indicato che gli intervistati intendono concentrare nei prossimi 15 anni gli sviluppi tecnico-scientifici nelle aree *Health and medical care*, *Job creation* ed *Education and skills* (Fig. 4).

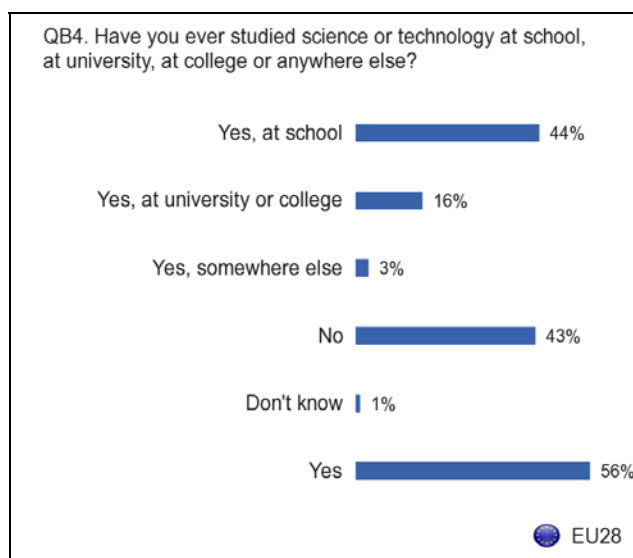


Figura 3 - Fonte: Speciale Eurobarometro 419 Public Perceptions of Science, Research and Innovation

²⁰Special Eurobarometer 419. Public Perceptions of Science, Research and Innovation http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_419_sum_en.pdf

²¹ Health and medical care; Education & skills; Transport and transport infrastructure; Energy supply; Protection of the environment; Fight against climate change; Quality of housing; Job creation; Availability and quality of food; Security of citizens; Reduction of inequalities; Adaptation of society to an ageing population; Protection of personal data.

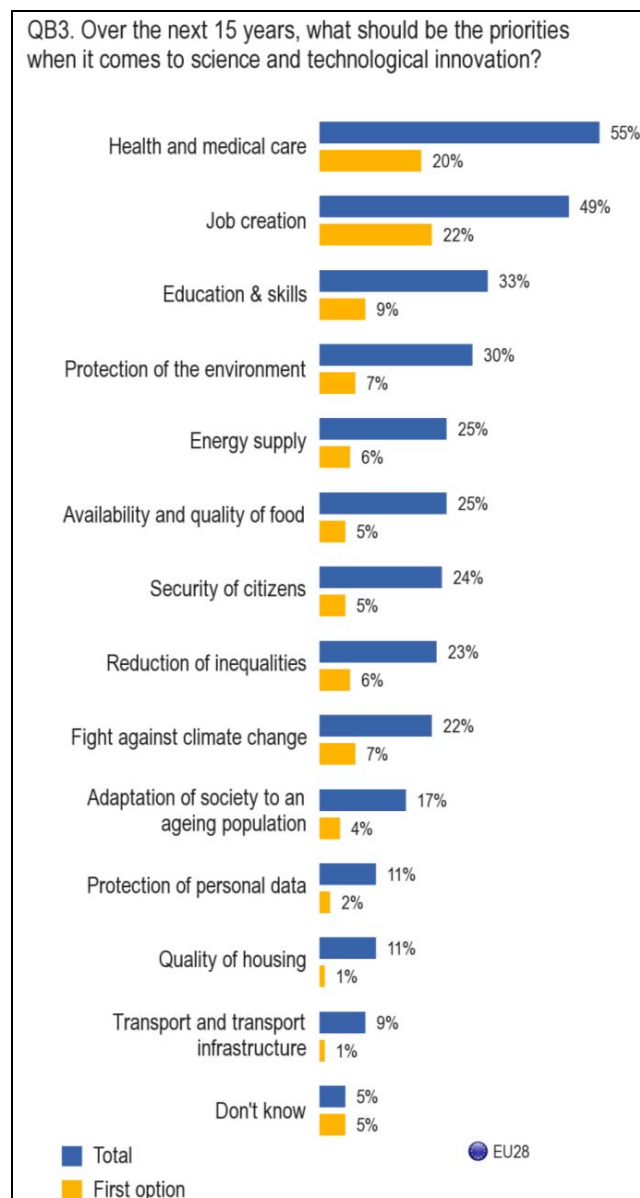


Figura 4 - Fonte: Speciale Eurobarometro 419 Public Perceptions of Science, Research and Innovation

Con particolare riferimento all'area di intervento *Education & skills*, il rapporto rileva che più della metà degli intervistati di quasi tutti gli Stati membri, crede che l'innovazione tecnica e scientifica avrà un impatto positivo su istruzione e competenze: in Italia, Austria e Lussemburgo questa percentuale scende rispettivamente al 42%, 45% e 49%.

I principali risultati di questa indagine suggeriscono che la maggior parte degli europei ritiene che la scienza e l'innovazione tecnologica aiuteranno la società ad affrontare le sue sfide nei prossimi 15 anni. Austria, Repubblica Ceca, Germania, Grecia e Italia presentano, però, aspettative più basse: gli intervistati di questi Paesi ritengono che minori saranno i cambiamenti positivi che, nei prossimi 15 anni, avranno luogo attraverso la scienza e l'innovazione tecnologica.

1.6 La visione strategica dell'Unione europea: dalla Strategia di Lisbona a Europa 2020

La *governance* condivisa delle attività di ricerca e innovazione rappresenta un tema focale nel quadro normativo e programmatico comunitario. L'Atto Unico Europeo (AUE)²² del 1986 e il Trattato di Maastricht²³ del 1993 costituiscono le premesse all'introduzione di un'organica politica di ricerca a livello europeo. In particolare, la parte III - Titolo VI dell'AUE e il Titolo XV del Trattato sull'Unione europea, detto Trattato di Maastricht, prevedono misure in materia di ricerca e sviluppo tecnologico, definendo all'articolo 130F di "[...] rafforzare le basi scientifiche e tecnologiche dell'industria della Comunità, di favorire lo sviluppo della sua competitività internazionale e di promuovere le azioni di ricerca ritenute necessarie ai sensi di altri Capi del presente trattato" (Art. 130F Trattato di Maastricht 1993). Inoltre, l'articolo 130G dell'AUE e l'articolo 130I del Trattato di Maastricht prevedono l'adozione di programmi quadro pluriennali per fissare gli obiettivi scientifici e tecnici e stabilire priorità, grandi linee d'azione, importo e modalità di partecipazione finanziaria.

A partire dal Consiglio europeo svolto a Lisbona nel marzo del 2000, viene sottolineata l'importanza per l'Unione europea di effettuare investimenti in ricerca e innovazione al fine di garantire ai Paesi membri maggiore competitività sul mercato mondiale, crescita economica e occupazione interna²⁴. L'adozione da parte del Consiglio di Lisbona dell'obiettivo di "diventare l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo, in grado di realizzare una crescita economica sostenibile con nuovi e migliori posti di lavoro e una maggiore coesione sociale" esprime in poche righe la strategia che ha guidato e che continua a guidare ancora oggi l'Unione nel contesto di un'economia basata sulla conoscenza, sull'investimento in capitale umano e sulla coesione fondata su uno Stato sociale attivo e dinamico. Da allora, ogni anno, la Commissione presenta una relazione al Consiglio europeo di primavera (Rapporto di primavera) nella quale vengono esaminati in dettaglio i progressi

²² L'Atto unico europeo procede a una revisione dei Trattati di Roma al fine di rilanciare l'integrazione europea e portare a termine la realizzazione del mercato interno. L'Atto modifica le regole di funzionamento delle istituzioni europee e amplia le competenze comunitarie, in particolare nel settore della ricerca e sviluppo, dell'ambiente e della politica estera comune. L'AUE, firmato a Lussemburgo il 17 febbraio 1986 da nove Stati membri e il 28 febbraio 1986 dalla Danimarca, dall'Italia e dalla Grecia, costituisce la prima modifica sostanziale del trattato che istituisce la Comunità economica europea (CEE). L'AUE è entrato in vigore il 1 luglio 1987.

²³ Il trattato sull'Unione europea (TUE), firmato a Maastricht il 7 febbraio 1992, è entrato in vigore il 1° novembre 1993. Esso segna una nuova tappa nell'integrazione europea poiché consente di avviare l'integrazione politica. L'Unione europea da esso creata comporta tre pilastri: le Comunità europee, la Politica estera e di sicurezza comune (PESC), nonché la cooperazione di polizia e la cooperazione giudiziaria in materia penale (JAI). Il trattato istituisce una cittadinanza europea, rafforza i poteri del Parlamento europeo e vara l'unione economica e monetaria (UEM). Inoltre, la CEE diventa Comunità europea (CE).

²⁴ In particolare, in base a un prospetto di crescita pari al 3 per cento dell'economia europea, a Lisbona furono individuati due principali obiettivi da raggiungere entro il 2010: un tasso di occupazione medio europeo pari al 70 per cento e un tasso di occupazione femminile pari al 60 per cento.

compiuti nell'attuazione di questa strategia e si stabiliscono le future priorità per il raggiungimento di quanto definito a Lisbona²⁵.

Alla base della Strategia di Lisbona vi è la presa di coscienza che per migliorare il tenore di vita degli europei e mantenere il proprio modello sociale unico, l'Ue doveva incrementare la produttività e la competitività per far fronte a una concorrenza mondiale sempre più agguerrita, ai cambiamenti tecnologici e all'invecchiamento della popolazione. A Lisbona fu subito evidente che il raggiungimento di risultati concreti richiedeva una stretta cooperazione tra l'Unione e gli Stati membri, sia perché molti dei settori politici interessavano le competenze di questi ultimi sia perché le economie degli Stati membri sono così legate tra loro che l'azione o l'inazione di uno Stato potrebbe avere conseguenze sull'Unione tutta. La tappa di Lisbona segna un cambiamento importante perché pone al centro della strategia di crescita europea la conoscenza: quest'ultima viene elevata a patrimonio fondamentale delle società europee e riconosciuta come bene comune indispensabile per lo sviluppo sostenibile della comunità, oltre che risorsa insostituibile per la crescita individuale (Hess, Ostrom 2009). La conoscenza costituisce la risorsa infinita per l'Europa agli albori del nuovo millennio: una risorsa libera, rinnovabile e che deve essere condivisa perché costituisce l'energia delle moderne società che legano la loro prosperità e il loro sviluppo alla ricerca, alla formazione e alla massima diffusione sociale di saperi creativi e innovativi.

La strategia originaria delineata a Lisbona si è gradualmente trasformata in una struttura eccessivamente complessa, con finalità e azioni multiple e con una ripartizione poco chiara delle responsabilità e dei compiti, soprattutto tra l'Unione e gli Stati membri. Per tale motivo, a seguito di un riesame intermedio, la Strategia di Lisbona è stata rilanciata nel 2005: la comunicazione del Presidente della Commissione europea al Consiglio *Working together for Growth and Jobs. A new start for the Lisbon Strategy* avvia un processo di revisione che pone al centro un patto comune, basato sull'impegno a un maggior coinvolgimento e su azioni concrete da parte degli Stati membri, indirizzando gli sforzi verso la crescita economica e l'occupazione²⁶. Crescita economica e occupazione rappresentano, dunque, gli obiettivi

²⁵ La Strategia di Lisbona è stata integrata nel Consiglio europeo svolto a Barcellona il 15 e il 16 marzo 2002 con la previsione di creare uno "Spazio europeo della ricerca" (SER) capace di garantire un rapporto in investimenti in ricerca e sviluppo pari al 3 per cento del Prodotto interno lordo (PIL) dell'Ue.

²⁶ In questa prospettiva, durante il Consiglio europeo del giugno 2005 vengono approvati gli Orientamenti integrati per la crescita e l'occupazione 2005-2008, in base ai quali ciascuno Stato membro si impegna a redigere un piano nazionale per la crescita e l'occupazione su base triennale che indichi le riforme e le altre misure necessarie ad avvicinarsi agli obiettivi della strategia di Lisbona. Parallelamente, la Commissione europea è invitata a presentare un piano comunitario triennale per la crescita e l'occupazione (Programma Comunitario di Lisbona), comprendente le azioni di competenza dell'Unione complementari a quelle identificate nei programmi nazionali e convergenti sui medesimi obiettivi.

prioritari del rilancio della strategia di Lisbona, ma anche una sfida decisiva per il futuro dell'Europa.

All'interno di questo scenario può essere ricondotta la Raccomandazione 2005/251/CE, con la quale la Commissione europea emana la *Carta Europea dei Ricercatori* e il *Codice di Condotta* per l'assunzione dei ricercatori. Con la Raccomandazione, come si apprende dal punto quattro, si intende “contribuire allo sviluppo di un mercato europeo del lavoro attrattivo, aperto e sostenibile per i ricercatori”, rafforzando, come riportato al punto otto, la capacità dell'Europa di “attrarre i ricercatori e potenziare la partecipazione delle donne ricercatrici, favorendo la creazione delle condizioni necessarie per carriere più sostenibili e interessanti per loro nel settore Ricerca e Sviluppo”. Il provvedimento e i documenti allegati sono finalizzati allo sviluppo di un mercato europeo della ricerca, ispirato a principi di trasparenza, apertura e internazionalizzazione, considerato determinante per la crescita dell'economia e dell'occupazione nell'Unione europea. Si tratta, inoltre, di strumenti orientati a scongiurare il pericolo di una carenza di ricercatori (intesi in senso lato come professionisti impegnati nello sviluppo di nuove conoscenze e prodotti, indipendentemente dalla qualifica professionale) e le relative ricadute negative sul raggiungimento dell'obiettivo fissato a Lisbona nel 2000. L'atto, pur essendo formalmente rivolto agli Stati membri dell'Unione, ha lo scopo di “incoraggiare il dialogo tra ricercatori, referenti interessati e società in senso lato” (punto 11). La raccomandazione è quella di recepire i principi generali, tradurli in schemi di regolamento e linee guida, nonché di considerarli come parte integrante dei meccanismi istituzionali di garanzia della qualità, adottandoli come parametro per fissare i criteri di finanziamento e di valutazione degli enti pubblici.

La Strategia di Lisbona, varata all'inizio del nuovo millennio, ha dovuto essere rivisitata alla luce della congiuntura economica mondiale che ha reso necessario ridefinire i programmi, prevedere misure straordinarie per fronteggiare la crisi e avviare azioni propositive di lungo periodo. Il 17 giugno 2010 il Consiglio Europeo ha così ratificato il documento programmatico *Europa 2020: una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva* che disegna, per il successivo decennio, una strategia di sviluppo economico e sociale da mettere in atto mediante azioni concrete a livello europeo e nazionale. Le nuove linee guida, facendo tesoro degli insegnamenti e delle problematiche riscontrate durante il processo di attuazione della Strategia di Lisbona, mantengono intatta la visione sul futuro economico dell'Ue e individuano tre priorità di crescita da raggiungere entro il 2020: una crescita intelligente; una crescita sostenibile e una crescita inclusiva. Questi tre aggettivi sintetizzano l'idea di crescita che ha in mente il *policy maker* europeo che guarda al 2020: una crescita intelligente perché votata a sviluppare

un'economia basata sulla promozione della conoscenza, dell'innovazione, dell'istruzione e della società digitale; una crescita sostenibile perché dedicata a promuovere un'economia produttiva più efficiente sotto il profilo delle risorse disponibili, rispettosa dell'ambiente e più competitiva; una crescita inclusiva perché capace di creare coesione economica, sociale e territoriale e di promuovere la partecipazione al mercato del lavoro, l'acquisizione di competenze e la lotta alla povertà.

La concretizzazione di questa visione entro il termine fissato passa attraverso cinque obiettivi principali che ricadono nelle aree delle politiche dell'occupazione; della ricerca e innovazione; del cambiamento climatico ed energetico; dell'istruzione e della lotta alla povertà:

- il 75% delle persone di età compresa tra 20 e 64 anni deve avere un lavoro;
- il 3% del PIL deve essere investito in Ricerca e Sviluppo;
- i traguardi 20/20/20 in materia di clima-energia devono essere raggiunti (inclusa una riduzione del 30% delle emissioni se le condizioni lo permettono);
- il tasso di abbandono scolastico deve essere inferiore al 10% e almeno il 40% dei giovani deve essere laureato;
- 20 milioni di persone in meno devono essere a rischio di povertà.

Sette iniziative faro²⁷ sostengono il raggiungimento di questi obiettivi, richiedendo l'impegno e il coinvolgimento della Commissione, a livello europeo, degli Stati membri, a livello nazionale, e di tutti i settori della società civile (imprese, sindacati, organizzazioni non governative e singoli cittadini). Nella figura che segue (Fig. 5) sono riportate le tre priorità generali della strategia Europa 2020 connesse alle rispettive iniziative faro.

²⁷ Innovation Union; Youth on the Move; Digital Agenda for Europe; Resource-efficient Europe; Industrial Policy for the Globalization Era; Agenda for New Skills and Jobs; European Platform for Poverty.

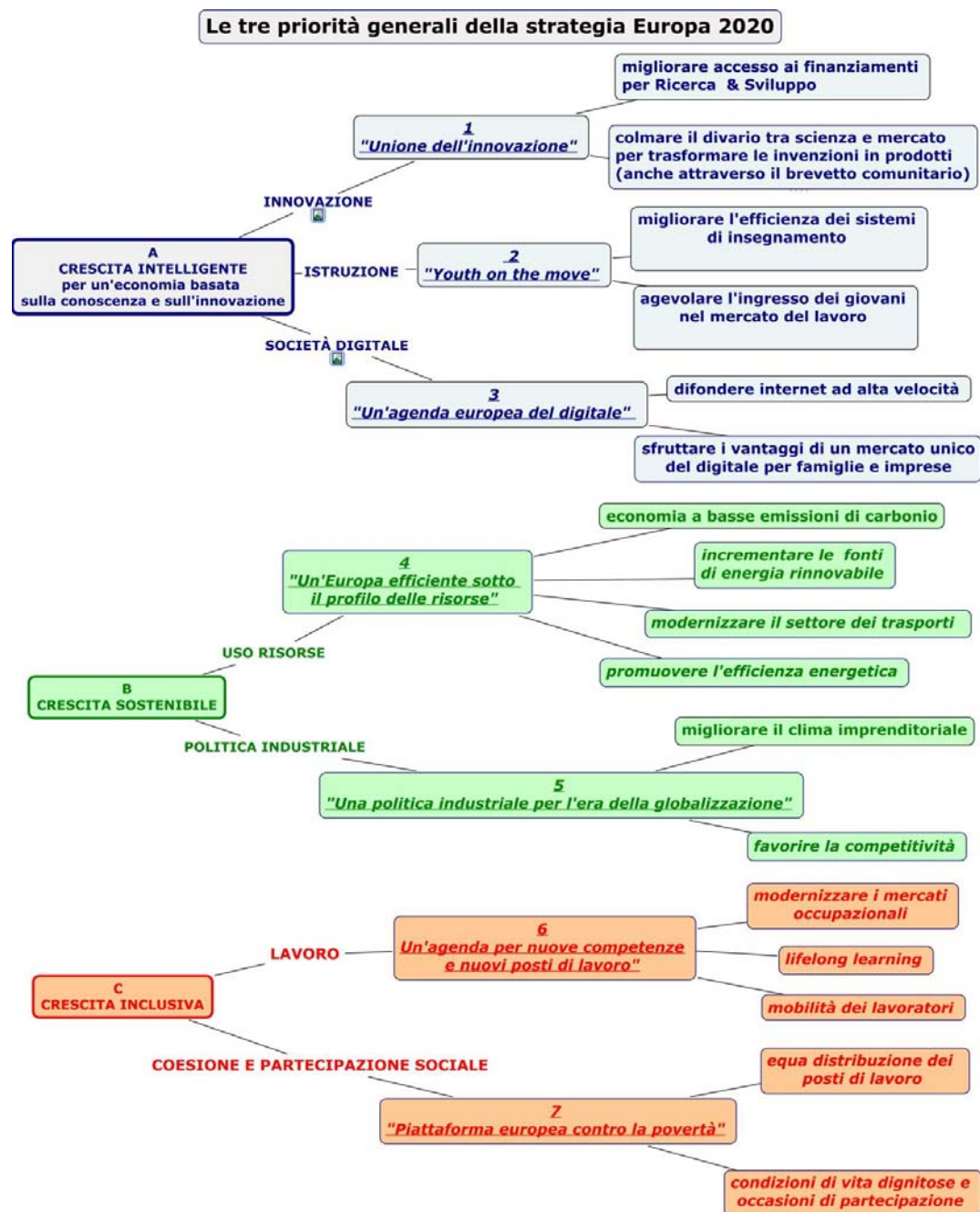


Figura 5: Le tre priorità generali della strategia Europa 2020

Come si può apprendere dalla figura 5, una crescita intelligente è quella basata su conoscenza e innovazione e che richiede, per proliferare, azioni nel campo delle politiche dell'istruzione volte a migliorare l'efficienza dei sistemi di insegnamento e ad agevolare l'ingresso dei giovani nel mercato del lavoro. *Youth on the move* è l'iniziativa faro con cui l'Unione europea mira a raggiungere queste finalità, delineando una serie di azioni per aiutare i giovani ad acquisire qualifiche e abilità utili ad affermarsi nel mercato del lavoro; per migliorare le prestazioni e l'efficienza dei sistemi di istruzione europei e per rafforzare l'attrattiva internazionale dell'istruzione superiore in Europa.

1.6.1 La cooperazione comunitaria nel settore dell'istruzione e della formazione

Le politiche dell'istruzione e della formazione sono al centro della creazione e della trasmissione delle conoscenze e rappresentano un elemento determinante delle potenzialità d'innovazione di ogni società. Queste politiche, a partire dalla Strategia di Lisbona, si trovano al centro di una dinamica europea che pone come *focus* la sinergia tra diversi ambiti d'azione comunitari, come, ad esempio, l'occupazione, l'inclusione sociale, la ricerca e l'innovazione, la cultura e la politica della gioventù, la politica d'impresa, la società dell'informazione, la politica economica e il mercato interno. L'istruzione e la formazione beneficiano degli sviluppi che intervengono in questi settori e contribuiscono, a loro volta, a rafforzarne l'impatto.

Sulla scorta di quanto definito a Lisbona, nel marzo del 2001, a Stoccolma, il Consiglio adotta tre obiettivi strategici incentrati su qualità, accesso e apertura al mondo (Consiglio Istruzione dell'Unione europea 2001): aumentare la qualità e l'efficacia dei sistemi di istruzione e di formazione nell'Unione europea; facilitare l'accesso ai sistemi di istruzione e di formazione e aprire al mondo esterno i sistemi di istruzione e formazione.

Il fine ultimo del Consiglio è rendere entro il 2010 i sistemi d'istruzione e di formazione dell'Unione europea un punto di riferimento di qualità a livello mondiale. Per realizzare questa ambizione, nel marzo del 2002, a Barcellona, il Consiglio europeo approva il programma di lavoro *Education and Training 2010* - Istruzione e formazione 2010 - che, nel contesto della Strategia di Lisbona, istituisce, per la prima volta, un quadro solido per la cooperazione europea nel settore dell'istruzione e della formazione. Fondato su obiettivi comuni, il programma incoraggiava il miglioramento dei sistemi d'istruzione e di formazione nazionali attraverso lo sviluppo di strumenti complementari a livello europeo, l'apprendimento reciproco e lo scambio di buone prassi tramite il metodo del coordinamento aperto. In seguito, è stato necessario procedere all'aggiornamento di questo quadro strategico per accrescere ulteriormente l'efficacia della cooperazione e sostenere i sistemi d'istruzione e di formazione degli Stati dell'Unione fino al 2020. Nel 2009 viene così adottato il programma di lavoro *Education and Training 2020* (ET 2020), che ha fissato quattro obiettivi comuni per affrontare le nuove sfide dei sistemi di istruzione e formazione:

- fare in modo che l'apprendimento permanente e la mobilità divengano una realtà;
- migliorare la qualità e l'efficacia dell'istruzione e della formazione;
- promuovere l'equità, la coesione sociale e la cittadinanza attiva;

- incoraggiare la creatività e l'innovazione, compreso lo spirito imprenditoriale, a tutti i livelli dell'istruzione e della formazione²⁸.

In particolare, viene precisato che il miglioramento della qualità e dell'efficacia debba avvenire attraverso una maggiore attenzione allo sviluppo delle competenze di base come la lettura, la scrittura e il calcolo; il rafforzamento delle competenze linguistiche e rendendo la matematica, le scienze e la tecnologia più allettanti; senza tralasciare la necessità di garantire un insegnamento di qualità attraverso l'offerta di una formazione iniziale adeguata per i docenti e uno sviluppo professionale continuo per insegnanti e formatori, così da presentare l'insegnamento come una scelta di carriera allettante (Consiglio dell'Unione europea 2009, ET 2020).

In linea con la Strategia Europa 2020, *Education and Training 2020* individua due obiettivi secondari: la riduzione del tasso di abbandono scolastico e formativo precoce di coloro che hanno un'età compresa tra 18 e 24 anni, portandolo dal 15% al 10% entro il 2020²⁹, e l'aumento della quota della popolazione dell'Unione, con età compresa tra 30 e 34 anni, che ha completato il ciclo di istruzione terziaria, portandolo dal 31% ad almeno il 40% entro la fine del decennio³⁰ (Commissione europea 2010, Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva).

L'attenzione che l'Unione europea dedica ai giovani è dovuta alla sue prospettive di crescita intelligente, sostenibile e inclusiva: i giovani rappresentano un quinto della popolazione dell'Unione, le loro competenze e abilità saranno, dunque, decisive per raggiungere quanto definito dalla strategia Europa 2020. I sistemi di istruzione e formazione europei, anche se differiscono da paese a paese, si trovano ad affrontare problemi analoghi come quello della dispersione scolastica che, nell'ottica di Europa 2020, è particolarmente serio perché l'abbandono precoce dell'istruzione e della formazione da parte dei giovani³¹ aumenta

²⁸ *Education and Training 2020* per l'istruzione fissa a livello europeo i seguenti parametri di riferimento per il 2020:

- una media di almeno il 15% di adulti dovrebbe partecipare all'apprendimento permanente;
- la percentuale dei quindicenni con risultati insufficienti in lettura, matematica e scienze dovrebbe essere inferiore al 15 %;
- la percentuale di persone tra i 30 e i 34 anni in possesso di un diploma d'istruzione superiore dovrebbe essere almeno del 40 %;
- la percentuale di giovani che abbandonano prematuramente l'istruzione e la formazione dovrebbe essere inferiore al 10 %;
- almeno il 95 % dei bambini di età compresa tra i 4 anni e l'età dell'istruzione primaria obbligatoria dovrebbe partecipare all'istruzione della prima infanzia.

²⁹ Questo obiettivo è stato tarato sulle specifiche condizioni di ogni Stato membro e per l'Italia il target fissato è del 16%. Fonte: EUROSTAT, Early Leavers from Education and Training by sex. Code: t2020_40, http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_40&plugin=1.

³⁰ Il target nazionale per l'Italia è del 26%. Fonte: EUROSTAT, Tertiary Educational Attainment by Sex, Age Group 30-34. Code: t2020_41, http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_41&plugin=1.

³¹ Le conclusioni del Consiglio dei Ministri dell'Istruzione dell'Unione Europea del maggio 2003 *Reference levels of European Average Performance in Education and Training* identificano coloro che abbandonano precocemente

notevolmente il rischio di disoccupazione e di povertà. Per la Commissione europea, il completamento del secondo anno di istruzione secondaria superiore costituisce la base minima necessaria ai giovani europei per interpretare un ruolo attivo nella società e nell'economia (Commissione europea 2011, Communication. Tackling Early School Leaving: A Key Contribution to the Europe 2020 Agenda). La riduzione della dispersione scolastica favorisce lo sviluppo di competenze di base e contribuisce ad aumentare il numero di coloro che scelgono di frequentare cicli di istruzione terziaria universitaria e post-secondaria³². Tuttavia, l'incremento della percentuale di popolazione che accede a percorsi di formazione superiore non può essere ritenuto un obiettivo soddisfacente per i sistemi europei di istruzione primaria e secondaria. Difatti, anche nei paesi in cui la percentuale di abbandono scolastico precoce è bassa, non vi è la garanzia che i sistemi di istruzione abbiano fornito agli studenti le necessarie competenze di base (Lamb, Markussen 2010, pp. 1-20). Sebbene per quest'ultimo punto Europa 2020 non indichi alcun obiettivo misurabile, il quadro strategico di cooperazione europea *Education and Training 2020* contiene un riferimento pertinente: entro il 2020, la percentuale di quindicenni con basse competenze in lettura, matematica e scienze dovrebbe essere inferiore al 15%. Per la valutazione del rendimento degli studenti la Commissione europea utilizza i risultati del programma OECD-PISA. I risultati ottenuti dai quindicenni europei ai test PISA sono indicatori non solo del grado di efficacia dei metodi di insegnamento adoperati in ogni paese nella scuola primaria e secondaria, ma anche della loro capacità di coinvolgere i bambini e i giovani adolescenti. Esiste una correlazione tra dispersione scolastica e competenze di base: mentre l'abbandono precoce della scuola non consente di conseguire un sufficiente livello di competenze di base, di contro la loro acquisizione in giovane età diminuisce la probabilità che gli studenti debbano affrontare fallimenti scolastici o difficoltà tali da indurli ad abbandonare la scuola e i percorsi di formazione. Al fine di affrontare entrambe le questioni, la Commissione europea ha avvertito la necessità di individuare le ragioni che stanno alla radice sia dell'abbandono precoce della scuola sia della mancata acquisizione delle competenze di base, identificandole in tre fattori: le circostanze individuali, le condizioni socio-economiche e i fattori

l'istruzione nei giovani, con età compresa tra i 18 e i 24 anni, che non partecipano a corsi di formazione e istruzione e hanno frequentato solo cicli di istruzione pre-primaria, primaria, secondaria inferiore o un ciclo breve, meno di due anni, di istruzione secondaria superiore (Commissione europea 2011, Early School Leaving in Europe-Questions and Answers).

³² Il terziario post secondario è un canale formativo di livello post secondario parallelo ai percorsi accademici, strutturato secondo aree tecnologiche di interesse strategico, che al termine di due anni e 1800-2000 ore di didattica in laboratorio e tirocinio in impresa rilascia un Diploma di Tecnico Superiore con l'indicazione dell'area tecnologica e della figura nazionale di riferimento. I percorsi sono erogati dagli Istituti Tecnici Superiori (ITS) che consistono in scuole speciali di tecnologia che formano tecnici superiori nelle aree tecnologiche strategiche per lo sviluppo economico e la competitività e si costituiscono secondo la forma della Fondazione di partecipazione che comprende Scuole, Enti di formazione, Imprese, Enti Locali, Università e Centri di ricerca. Fonte: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR).

educativi. La prima categoria fa riferimento alle difficoltà di apprendimento, alle condizioni di salute (compresa la salute mentale, comportamentale e problemi emotivi quale la mancanza di autostima) e alla disabilità (Lamb 2010, pp. 369-390). L'impatto di queste circostanze sul rendimento e sugli atteggiamenti degli studenti potrebbe essere attutito mediante adeguate politiche educative e sociali che prevedono attività di *tutoring*, *mentoring* e così via (Markussen, Sandberg 2010, pp. 391-405). Tuttavia, neanche i migliori sistemi educativi e di *welfare* saranno in grado di eliminare del tutto il problema dell'incidenza di questi fattori sui tassi di abbandono scolastico da parte degli studenti. Per quanto concerne l'impatto delle condizioni socio-economiche, è indiscutibile che un basso livello di istruzione da parte dei genitori e un basso reddito familiare aumentino negli studenti la probabilità di rendimenti scolastici poco proficui e di abbandono precoce della scuola. Allo stesso modo, gli studenti provenienti da esperienze migratorie potrebbero sommare alle condizioni socio-economiche sfavorevoli l'ostacolo della barriera linguistica: all'interno di una politica globale per l'integrazione, un'assistenza linguistica mirata potrebbe contribuire efficacemente a ridurre gli scarsi rendimenti degli studenti e a ripristinare in parte una situazione di equità (Commissione europea 2011 Communication Tackling Early School Leaving: A Key Contribution to the Europe 2020 Agenda). Pur riconoscendo la disuguaglianza sociale come un fattore capace di incidere pesantemente sia sui bassi risultati nelle competenze di base degli studenti sia sulla dispersione scolastica, si è scelto di focalizzare l'attenzione sui fattori educativi: questi ultimi possono influenzare positivamente l'esperienza scolastica che, in taluni casi, può mostrarsi incapace di catturare l'interesse degli studenti e di trasmettere loro conoscenze e competenze, portandoli, talvolta, a scarsi risultati, fallimenti, disimpegno e abbandoni scolastici.

In questo scenario, l'utilizzo di temi connessi a settori scientifici e industriali ad alta specializzazione tecnoscientifica, come quello spaziale, potrebbe contribuire a realizzare non solo le finalità propriamente correlate alle politiche dell'istruzione di Europa 2020, ma anche quelle individuate da *Youth on the Move* e dalle altre iniziative faro, che sono comunque correlate all'istruzione, facendo in modo che la componente educazione sia in grado di partecipare al raggiungimento degli altri obiettivi principali, ad esempio l'aumento dell'occupazione e, più in generale, di trasformare l'Unione in quell'economia intelligente, sostenibile e inclusiva a cui si tende.

1.6.2 Horizon 2020: Science with and for Society

Horizon 2020 è il più grande programma di investimento sulla ricerca e sull'innovazione mai realizzato dall'Unione europea con cui si intende creare un ponte tra il mondo della scienza e

quello dell'industria. *Horizon 2020* segue i precedenti Programmi Quadro³³ europei per trovare soluzioni a una vasta gamma di nuove sfide e rappresenta il centro della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Il programma contribuisce al raggiungimento di questi obiettivi associando la ricerca all'innovazione e concentrandosi su tre settori chiave quali l'eccellenza scientifica; la leadership industriale e le sfide per la società (Commissione europea 2014 *Horizon 2020 in breve*. Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione).

Il fine di stimolare la crescita economica attraverso la scienza e la tecnologia richiede la creazione di una crescente collaborazione tra scienza e società per sviluppare e reclutare risorse umane eccellenti in ambito tecnico-scientifico. Per raggiungere questo obiettivo, nell'ambito di *Horizon 2020*, è stata promossa l'azione *Science with and for Society* volta ad approfondire la cooperazione tra scienza e società; favorire la ricerca e l'innovazione responsabile; promuovere la cultura e l'educazione scientifica e rafforzare la fiducia del pubblico nella scienza favorendo l'impegno della società civile nelle questioni di ricerca e innovazione. Quest'azione, nel sostenere progetti che coinvolgono il cittadino, favorisce la comprensione reciproca tra comunità di specialisti e non, rendendo più attraente la scienza, in particolare per i giovani, e aumentando l'interesse della società per l'innovazione al fine di aprire nuovi scenari di ricerca. *Science with and for Society* rappresenta solo l'ultima tappa di un percorso che l'Unione europea ha avviato nel 2001, con il piano d'azione *Science and Society*, nell'ambito del Sesto Programma Quadro, per contribuire alla creazione di uno "Spazio europeo della ricerca" (SER) e per definire una strategia comune capace di effettuare una migliore connessione tra scienza e cittadini europei. Nel 2007, con il Settimo Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, *Science and Society* è diventato *Science in Society* (SiS) con l'obiettivo principale di favorire l'impegno pubblico e un costante dialogo bidirezionale tra scienza e società civile. A partire dal 2010 il *focus* di SiS è stato quello di rispondere alle aspirazioni e alle ambizioni dei cittadini europei attraverso la realizzazione di un *framework* di riferimento che incoraggiasse la creatività e l'innovatività delle società europee: la *Responsible Research and Innovation* (RRI).

All'interno di *Science with and for Society* la RRI riveste un ruolo importante per intraprendere sei attività chiave, quali:

³³ I Programmi quadro di ricerca e sviluppo tecnologico (PQ) rappresentano il risultato più qualificato della complessa storia della cooperazione scientifica e tecnologica dell'Unione europea. A partire dal 1984 essi costituiscono, infatti, lo strumento prioritario per il finanziamento della ricerca in Europa e garantiscono la continuità alla ricerca e l'aggiornamento periodico delle tematiche e dei metodi di lavoro. Per l'ampiezza delle azioni e delle tematiche e per l'entità delle risorse finanziarie ad essi destinate, i PQ sono diventati una componente essenziale della programmazione di ogni istituzione di ricerca europea.

- l’impegno pubblico, per ampliare la conoscenza in materia di comunicazione scientifica e migliorare, quindi, la qualità e l’efficacia delle interazioni tra scienziati, media e pubblico;
- le pari opportunità, perché la parità fra i sessi costituisce una delle principali priorità per la realizzazione dello “Spazio europeo della ricerca”;
- l’educazione scientifica, per rendere le carriere scientifiche e tecnologiche attraenti per i giovani studenti e favorire un dialogo duraturo tra scuole, istituti di ricerca, industria e organizzazioni della società civile;
- l’accesso aperto, al fine di migliorare l’accessibilità e l’utilizzo dei risultati della ricerca finanziata tramite risorse pubbliche;
- l’etica, per avvicinare la società alle tematiche, alle politiche e alle attività di scienza e innovazione, nonché integrare gli interessi e i valori dei cittadini, aumentando la qualità, la pertinenza, la sostenibilità dei risultati della ricerca, a partire dall’innovazione sociale fino a settori quali le biotecnologie e le nanotecnologie;
- il governo della ricerca, perché la definizione di una *governance* condivisa da tutte le parti interessate (ricercatori, autorità pubbliche, settore industriale e organizzazioni della società civile) è ritenuta necessaria per garantire un progresso tecnico-scientifico responsabile, sensibile alle esigenze e alle richieste della società e capace di promuovere un quadro deontologico per la ricerca e l’innovazione.

Il rafforzamento della cooperazione tra scienza e società, per consentire un maggiore sostegno all’innovazione, è stato al centro della conferenza “Scienza, innovazione e società: raggiungere ricerca e innovazione responsabili”, tenuta a Roma dal 19 al 21 novembre 2014. Organizzata nell’ambito del semestre di presidenza italiana del consiglio dell’Unione europea, la conferenza puntava a individuare politiche comuni e strategie pubbliche europee rivolte alla promozione del valore sociale della cultura scientifica. Alla base dell’evento, legato al programma *Horizon 2020*, c’era la certezza che la ricerca scientifica debba essere parte integrante delle politiche culturali delle città d’Europa e che, in una società complessa come quella attuale, la conoscenza sia uno strumento necessario per una democrazia davvero compiuta. La presentazione, nel corso dell’iniziativa, della “Dichiarazione di Roma su ricerca e innovazione responsabile in Europa” ha segnato un passaggio epocale da una scienza nella società a una scienza con e per la società, invitando le istituzioni europee, gli Stati membri, le organizzazioni di finanziamento e di promozione, le imprese e la società civile a lavorare insieme per individuare soluzioni inclusive e sostenibili alle sfide sociali, perché la ricerca ha il compito di servire la società³⁴. Il documento sottolinea l’esigenza di accompagnare gli sforzi per migliorare il dialogo tra scienza, società e

³⁴ Rome Declaration on Responsible Research and Innovation in Europe, Roma, 21 novembre 2014.

politica all'impegno di puntare sull'educazione scientifica e di fare spazio ai giovani, fornendo opportunità concrete a chi desidera lavorare nel mondo della ricerca³⁵.

1.7 L'Italia nel contesto europeo

Attraverso i programmi volti a favorire la collaborazione tra scienza e società, l'Europa intende attuare una strategia finalizzata a creare una migliore connessione e un dialogo a due vie tra la scienza e i cittadini europei. Questo obiettivo riveste un ruolo importante nell'approccio di *Horizon 2020*, in cui le grandi sfide sociali possono essere affrontate e vinte solo se tutte le componenti della società civile sono coinvolte nei processi di costruzione di soluzioni, prodotti e servizi innovativi. In questo scenario la *Responsible Research and Innovation* rappresenta uno strumento utile alla creazione di un sistema flessibile capace di utilizzare in modo più efficiente le risorse pubbliche destinate alla ricerca e all'innovazione.

In modo coerente all'approccio europeo, l'Italia ha sviluppato negli anni una strategia nei settori della ricerca, dello sviluppo e dell'innovazione per coordinare, da una parte, le esperienze di ricerca pubblica e industriale e arricchire, dall'altra, la base scientifica del Paese attraverso la promozione e il sostegno alle attività di ricerca svolte da università ed enti pubblici e privati. Alla base dell'evoluzione delle politiche per la ricerca e l'innovazione in Italia vi sono gli indirizzi ispiratori contenuti nella Carta costituzionale, dove i padri costituenti hanno sottolineato, nell'articolo 9, l'importanza che la Nazione assegna alla ricerca scientifica sancendo che "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica": per i padri costituenti la conoscenza assume un ruolo centrale per instradare il Paese verso un percorso di crescita duratura, con cittadini consapevoli dell'importanza della ricerca e istituzioni capaci di assicurare che la scienza e la tecnologia siano canali di dialogo tra gli attori della società civile. A partire dagli anni Sessanta, l'attenzione del Governo, del Parlamento e delle parti sociali si focalizza sul ruolo dell'innovazione tecnologica e della ricerca scientifica per la crescita, lo sviluppo e l'incremento di competitività del sistema produttivo. Con l'istituzione nel 1962 di un Ministero per il Coordinamento della Ricerca Scientifica, per la prima volta in Italia, il Governo assume un ruolo di indirizzo, coordinamento e programmazione degli interventi destinati al supporto della ricerca pubblica e privata. Dalla metà degli anni Sessanta l'assetto si consolida e vede come attori principali il Ministro, che assume funzioni di vigilanza e controllo, e il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), che svolge attività sia di ricerca in senso stretto sia d'indirizzo. Alla fine degli anni Ottanta, le politiche nazionali per la ricerca e l'innovazione, nonostante la forte connotazione nazionale e pubblica, sono

³⁵ SIS – RRI Conference. Science, Innovation and Society: achieving Responsible Research and Innovation, Press Review, 19-21 novembre 2014.

caratterizzate dalla frammentazione delle competenze e da una sostanziale assenza di meccanismi di controllo, valutazione e riallocazione delle risorse. A tal proposito, un rapporto dell'OECD del 1992³⁶ individua numerose criticità nel sistema italiano di governo del settore: la limitata spesa per la ricerca; l'eccesso di burocrazia e di legalismo; le lentezze procedurali; lo scarso coordinamento fra i diversi attori; la sperequazione nel sostegno alla ricerca delle imprese pubbliche rispetto alle imprese private; lo status troppo elevato dei professori universitari; la priorità attribuita alla cosiddetta *big science* (grandi programmi nel campo della fisica e dello Spazio) a discapito di iniziative di minore dimensione; la mancata valutazione dei programmi e delle strutture; la scarsa mobilità del personale (Sirilli, Villa 2008). Lo scenario resta immutato fino alla seconda metà degli anni Novanta quando, per far fronte all'acuirsi dei problemi di gestione e valutazione delle politiche su ricerca e innovazione e per conformare l'apparato amministrativo italiano alle linee guida europee, il Governo italiano, nell'ambito della Legge 15 marzo 1997, n. 59³⁷ chiede la delega per la riforma del settore Ricerca e Università. Emerge, dunque, la consapevolezza che dotarsi di una nuova politica della ricerca è un'esigenza strategica per l'Italia. L'obiettivo prioritario è la modernizzazione del Paese, nella convinzione che in un contesto mondiale aperto si possa competere solo innalzando la qualità, la capacità di innovazione, le conoscenze e le competenze dell'intero sistema produttivo e istituzionale.

1.7.1 Il Programma Nazionale della Ricerca 2015-2020

Il processo di trasformazione delle politiche per la ricerca e l'innovazione avviato nel 1997 ha portato all'introduzione, nel 1998, del Programma Nazionale della Ricerca (PNR)³⁸, un documento strategico per ridisegnare il sistema di ricerca nazionale. Il PNR, con riferimento alla

³⁶ OECD Politiche nazionali della Scienza e della Tecnologia – Italia. Traduzione in italiano curata dal MIUR, 1992.

³⁷ In questo contesto il Parlamento italiano attraverso la Legge 15 marzo 1997, n. 59 “Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa”, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 63 del 17 marzo 1997, conferisce al Governo la delega ad una riforma della Pubblica Amministrazione finalizzata a realizzare uno Stato più leggero e incisivo e articolata su tre direttrici: il trasferimento di funzioni e compiti dallo Stato verso le Regioni e gli Enti Locali; la riorganizzazione dell'amministrazione centrale e degli enti pubblici; la semplificazione dell'azione amministrativa e la valutazione dei costi e rendimenti.

³⁸ Il Decreto Legislativo 5 giugno 1998, n. 204 “Disposizioni per il coordinamento, la programmazione e la valutazione della politica nazionale relativa alla ricerca scientifica e tecnologica, a norma dell'articolo 11, comma 1, lettera d), della legge 15 marzo 1997, n. 59”, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 151 del 1 luglio 1998, è attuativo della Legge 15 marzo 1997, n. 59. Il decreto si sviluppa su due piani: la definizione di un nuovo assetto normativo e istituzionale del Sistema Nazionale della Ricerca e l'introduzione della pianificazione degli interventi attraverso il Programma Nazionale della Ricerca. In merito al secondo punto, il DLgs. 204/1998 dispone che il Governo, nel Documento di Programmazione Economica e Finanziaria, determini gli indirizzi e le priorità strategiche per gli interventi a favore della ricerca scientifica e tecnologica, stabilisca l'entità delle risorse finanziarie da allocare a tali interventi e ne assicuri il coordinamento con le altre politiche nazionali. Il PNR, in quanto strumento di pianificazione e indirizzo della ricerca nazionale, è il caposaldo di questo provvedimento. Viene elaborato dal MIUR e approvato dal Comitato interministeriale per la programmazione economica (CIPE) che, inoltre, valuta annualmente lo stato di attuazione del PNR sulla base di una relazione predisposta dal MIUR.

dimensione europea e internazionale della ricerca, definisce gli obiettivi generali e le modalità di attuazione degli interventi alla cui realizzazione concorrono le pubbliche amministrazioni, le università e gli enti di ricerca.

Il PNR 2015-2020 è l'ultimo documento adottato dal Governo italiano³⁹ per guidare la competitività industriale e lo sviluppo del Paese attraverso la conoscenza: esso si configura come uno strumento di coordinamento a disposizione di tutti gli attori del sistema della ricerca e dell'innovazione e mira a rinsaldare i legami tra ricerca e problemi della società, diffondendo tra i cittadini l'importanza della ricerca. Obiettivo del PNR è coordinare e integrare le iniziative italiane con quelle globali ed europee, in particolare con *Horizon 2020*, ponendo al centro della propria azione l'investimento nel capitale umano attraverso la formazione, il potenziamento e l'incremento del numero di ricercatori italiani, il trasferimento delle conoscenze e l'ingaggio della società sostenendo l'innovazione sociale, la filantropia per la ricerca e azioni di comunicazione e informazione sul ruolo della ricerca. Punto di partenza del documento è l'analisi dello scenario in cui si muove il sistema della ricerca e dell'innovazione nazionale, dove vengono evidenziati i suoi punti di forza e di debolezza: al basso investimento pubblico e privato in ricerca e alla poca capacità di assegnare priorità alle iniziative, l'Italia riesce a contrapporre la seconda manifattura d'Europa e un gruppo abbastanza numeroso di piccole e medie imprese leader nei propri settori; a dispetto dell'esiguo numero di ricercatori, rispetto al fabbisogno di un'economia avanzata, il Paese riesce a esprimere talenti capaci di competere ed eccellere sia nel numero e nella qualità delle pubblicazioni scientifiche sia nel vincere i bandi internazionali più prestigiosi.

Dopo un'analisi del contesto della ricerca, il documento identifica programmi e azioni riguardanti le discipline scientifiche della ricerca di base e la ricerca applicata. In particolare, destina alla ricerca di base azioni dedicate al capitale umano e alle infrastrutture di ricerca, mentre individua per la ricerca applicata dodici aree di specializzazione⁴⁰ per dare priorità alle iniziative più promettenti. Sulla base dell'analisi delle criticità e dei punti di forza del nostro sistema della ricerca vengono definiti sei programmi di intervento, ciascuno dei quali è strutturato con obiettivi precisi, azioni e risorse dedicate: internazionalizzazione, coordinamento e integrazione delle iniziative nazionali con quelle europee e globali; centralità all'investimento nel capitale umano; sostegno selettivo alle infrastrutture di ricerca; collaborazione pubblico-privato; il Mezzogiorno; efficienza e qualità della spesa.

³⁹ Il PNR 2015-2020 segue ai PNR 2000, PNR 2002, PNR 2005-2007 e PNR 2011-2013 http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/ricerca/pnr_precedenti.

⁴⁰ Aerospazio; Agrifood, Cultural Heritage; Blue growth; Chimica verde; Design, creatività e Made in Italy; Energia; Fabbrica intelligente; Mobilità sostenibile; Salute; Smart, Secure and Inclusive Communities; Tecnologie per gli Ambienti di Vita.

Il PNR pone particolare enfasi sulla qualità del capitale umano della ricerca pubblica e privata, con il fine di formare, potenziare e incrementare il numero di ricercatori, mirando alla creazione di un contesto e di opportunità in grado di stimolare i migliori talenti, rendendoli protagonisti della produzione e del trasferimento di conoscenza alla società nel suo complesso: i ricercatori e gli addetti alle attività di Ricerca e Sviluppo (R&S) in genere, rappresentano il più grande potenziale di sviluppo che un'economia avanzata, come quella italiana, ha a disposizione. I dati ISTAT riportati nel PNR 2015-2020 mostrano che al 2013 il totale delle persone impegnate in Italia in attività di ricerca e sviluppo è pari a 246.764 con una crescita complessiva del 2,7% rispetto al 2012⁴¹. Nonostante questo elemento in parte positivo, la performance innovativa del nostro Paese rimane sotto la media europea: in Italia, infatti, ci sono 4,85 ricercatori ogni 1000 abitanti, rispetto ad una media europea di 7,72⁴². A ciò si aggiunge, da una parte, una bassa percentuale di laureati sulla popolazione di età compresa tra i 30 e i 34 anni (22,4% nel 2013), dall'altra una scarsa propensione, sia pubblica sia privata, a investire in R&S (1,31% nel 2013)⁴³: nell'ambito della Strategia Europa 2020, la Commissione europea indica agli Stati membri di raggiungere il 40% di laureati e di investire il 3% del PIL in attività di R&S per accrescere i livelli di produttività e di occupazione.

Il *focus* posto dal PNR sulla formazione del capitale umano mira a rendere le carriere più dinamiche, attrattive e competitive con il resto del mondo, assicurando al sistema della ricerca e dell'innovazione le professionalità specifiche di cui necessita. Si tratta di un importante nuovo punto di vista per rendere il sistema della ricerca più dinamico, aperto e capace di creare benessere e sviluppo (PNR 2015-2020). È uno sforzo, questo, che chiama in causa, oltre al Governo, tutte le energie del sapere: università ed enti di ricerca, studenti e scuole, imprese e cittadini, intervenendo sulla qualità della formazione alla ricerca sin dall'età scolare per incrementare gli immatricolati ai corsi di laurea dell'area scientifica. Il rilancio della scienza di base e il potenziamento degli investimenti di alta tecnologia, infatti, sono condizioni irrinunciabili per ambire a essere competitivi sul piano internazionale.

Non sarà possibile raggiungere questo obiettivo senza un numero adeguato di ricercatori e tecnici ad alta qualificazione professionale nel campo della scienza e della tecnologia da inserire nel mondo della ricerca (pubblica e privata), nelle imprese, nelle università e nelle amministrazioni (pubbliche e private). Incentivare le immatricolazioni ai corsi universitari nelle

⁴¹ Fonte: ISTAT, 2015, Report Ricerca e Sviluppo in Italia.

⁴² Fonte: OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015.

⁴³ Nonostante nel 2013 la spesa per R&S *intra-muros* sostenuta da imprese, istituzioni pubbliche, istituzioni private non profit e università sia cresciuta e risulti pari a quasi 21 miliardi di euro, l'incidenza percentuale della spesa per R&S *intra-muros* sul PIL, che risulta pari all'1,31%, è ancora lontana dagli obiettivi fissati e sotto la media UE28 che è pari al 2,01%. Fonte: ISTAT, 2015, Report Ricerca e Sviluppo in Italia e ISTAT, Rapporto BES 2015.

scienze di base rientra in un progetto ampio, strutturato, utile a riportare in auge settori importanti del panorama degli studi universitari, contribuendo a formare una filiera che legghi direttamente il mondo della scuola a quello universitario e a quello del lavoro (Vittorio, Predazzi 2007).

1.7.2 Le iniziative italiane per rilanciare le immatricolazioni ai corsi di laurea dell'area scientifica

L'Unione europea assegna all'istruzione e alla formazione un ruolo cruciale per garantire la propria crescita economica e sociale. Questo obiettivo può essere raggiunto solo se i sistemi di istruzione e formazione europei sapranno essere competitivi a livello mondiale e in grado di formare un maggior numero di laureati nelle scienze di base⁴⁴.

A partire dagli anni Novanta e fino al 2001, molti Paesi industrializzati hanno registrato una crisi delle vocazioni scientifiche nelle scienze di base (OCSE 2008, Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies). In Italia, il calo delle immatricolazioni alle facoltà scientifiche e, in particolare, alle classi di lauree delle scienze cosiddette dure, come la matematica, la fisica e la chimica, ha destato preoccupazioni relativamente alla capacità del sistema paese di rispondere alla domanda, da parte del mondo industriale, di ricercatori e tecnici altamente qualificati. A ciò si aggiunge la difficoltà delle università e delle scuole di reclutare docenti adeguatamente formati nelle materie scientifiche (MIUR, Confindustria, Con.Scienze 2004)⁴⁵. In un'economia della conoscenza, una flessione cospicua delle iscrizioni ai corsi di laurea in scienze di base porta all'inevitabile risultato di una perdita di competitività internazionale nell'alta tecnologia. Questa consapevolezza ha portato il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) a varare il Decreto Ministeriale 23 ottobre 2003 n. 198⁴⁶, che incentiva direttamente le iscrizioni dei giovani alle classi di laurea in scienze e tecnologie chimiche; in scienze e tecnologie fisiche; in scienze matematiche e in scienze statistiche, e a intraprendere una serie di azioni destinate all'orientamento degli studenti delle scuole di ogni

⁴⁴ Nella riunione svolta a Bruxelles il 5 e il 6 maggio 2003, il Consiglio dei Ministri dell'Istruzione ha adottato Conclusioni in merito ai livelli di riferimento del rendimento medio europeo nel settore dell'istruzione e della formazione, individuando cinque aree prioritarie di intervento tra cui l'aumento dei laureati in matematica, scienze e tecnologie (un aumento di almeno il 15% entro il 2010). Fonte: Consiglio dell'Unione europea, *Conclusioni del Consiglio in merito ai livelli di riferimento del rendimento medio europeo nel settore dell'istruzione e della formazione (parametri di riferimento)*, n. doc. prec.: 8486/03 EDUC 73 + COR 1 (fr) + COR 2 (de), 7 maggio 2003 (13.05), Bruxelles.

https://archivio.pubblica.istruzione.it/buongiorno_europa/allegati/ConsiglioMinistri_Istruzione2003.pdf

⁴⁵ MIUR-Confindustria-Con.Scienze, Progetto Lauree Scientifiche, 17 Giugno 2004, <http://www.progettolaureescientifiche.eu/wp-content/uploads/2009/02/libro-blu-copia.pdf>

⁴⁶ Decreto Ministeriale 23 ottobre 2003 n. 198 *Fondo per il sostegno dei giovani e per favorire la mobilità degli studenti*. <http://attiministeriali.miur.it/anno-2003/ottobre/dm-23102003-n-198.aspx>

ordine e grado, come quelle rappresentate dal Piano Lauree Scientifiche (PLS), dal progetto M@t.abel e dal Piano ISS - Insegnare Scienze Sperimentali.

Il Piano Lauree Scientifiche⁴⁷ nasce con la costituzione nel 2004 di un tavolo tecnico tra il MIUR, Confindustria e la Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Scienze. Le considerazioni alla base del progetto riguardavano la serie di allarmi negativi rispetto al numero di iscrizioni nelle facoltà scientifiche e, in particolare, delle lauree in matematica, fisica, chimica e scienza dei materiali. A partire dal 2005, il PLS si occupa di migliorare l'insegnamento delle scienze e di diffondere la cultura scientifica nelle scuole secondarie di secondo grado. Fulcro del PLS è la creazione di un legame tra l'università e la scuola secondaria di secondo grado al fine di far conoscere maggiormente le facoltà scientifiche, di offrire agli studenti un'attività di orientamento attraverso la possibilità di fare esperienza pratica nelle università e nelle imprese e di conoscere le opportunità lavorative date dalle lauree scientifiche. Accanto a questo obiettivo di natura formativa, si aggiunge la volontà di offrire agli insegnanti una nuova offerta formativa basata su attività di ricerca e formazione sul campo. Il progetto prevede un'interazione attiva tra scuole e università nella progettazione e organizzazione delle attività: le università che partecipano all'iniziativa diventano dei poli di riferimento per le scuole con un'offerta che prevede esperienze di laboratorio per gruppi di studenti, lezioni, materiale didattico, stage estivi con il coinvolgimento di imprese del territorio e formazione per gli insegnanti. Ogni università, in accordo con le scuole, organizza dei pacchetti di attività e laboratori in modo autonomo, modulando l'offerta formativa a seconda della disponibilità e delle caratteristiche del territorio di riferimento. Al fine di rendere note agli studenti le opportunità e le prospettive lavorative di una carriera scientifica come chimico, matematico o fisico, il progetto prevede il coinvolgimento di imprese ed enti pubblici e privati.

Giunto alla sua terza fase, il PLS⁴⁸, denominato inizialmente Progetto Lauree Scientifiche, è stato sin da subito oggetto di un'attenta valutazione degli esiti complessivi delle attività di orientamento indirizzate agli studenti e di quelle di formazione rivolte agli insegnanti. Le valutazioni delle attività e dei progetti locali rientranti nel PLS, condotte dall'Istituto IARD RPS di Milano nel 2007 e nel 2010, hanno rilevato, rispettivamente, una maggiore consapevolezza degli studenti partecipanti sulle caratteristiche delle carriere professionali e accademiche legate alle scienze dure e alle loro applicazioni nella vita quotidiana e una generale soddisfazione degli

⁴⁷ Per maggiori informazioni: <http://www.progettolaureescientifiche.eu/>

⁴⁸ Prima fase: 2005-2009; seconda fase: 2010-2014; terza fase: 2014-2016. Il Decreto Ministeriale 29 dicembre 2014 n. 976 del MIUR "Fondo per il sostegno dei giovani e favorire la mobilità degli studenti, ai sensi dell'art. 1 del D.L-decreto-legge 9 maggio 2003 n. 105, convertito dalla legge 11 luglio 2003 n. 170", che ha previsto il finanziamento del PLS per il triennio 2014-2016, ha esteso il progetto anche ad altre discipline (Scienze Statistiche, Scienze Geologiche, Biotecnologie, Scienze Biologiche), coprendo tutto lo spettro delle discipline scientifiche insegnate nel triennio delle scuole secondarie di secondo grado.

insegnanti in termini di coinvolgimento degli studenti e di ricadute dell'esperienza sul lavoro di insegnamento. L'ultima valutazione del 2013, curata dal Dipartimento di Scienze Sociali e Politiche dell'Università degli Studi di Milano, ha evidenziato, oltre alle positive ricadute del progetto sulla didattica, sugli studenti e sulla sinergia tra mondo della scuola e quello universitario, problemi in merito al riconoscimento del lavoro svolto dagli insegnanti perché il PLS, pur richiedendo un grande impegno, non è riconosciuto ufficialmente come formazione. Altre note dolenti sono rappresentate dalla scarsa partecipazione del mondo dell'impresa, che rende difficile l'organizzazione di stage in azienda, e dalla mancanza di continuità nel coordinamento delle svariate attività che compongono il PLS attraverso i Tavoli Regionali e gli Uffici Scolastici Regionali (Casaglia 2013).

L'impegno del MIUR a sostenere e incrementare le competenze scientifiche degli studenti si è palesato anche in altri due progetti che hanno preso avvio in coerenza e continuità con il Progetto Lauree Scientifiche: il progetto M@t.abel e il Piano ISS - Insegnare Scienze Sperimentali.

Il progetto M@t.abel è stato avviato nell'autunno del 2005 con lo scopo di migliorare l'insegnamento della matematica nella scuola italiana, proponendo, mediante la collaborazione di esperti disciplinari, un rinnovamento della formazione dei docenti della scuola secondaria di primo grado e del primo biennio della secondaria di secondo grado attraverso un processo volto a consolidare e ad aggiornare le loro competenze. Il piano suggerisce attività basate su una didattica laboratoriale e per problemi, a supporto del lavoro in classe, perseguendo l'obiettivo di sperimentare e validare una nuova metodologia di insegnamento-apprendimento che consenta di ovviare alle carenze rilevate dall'indagine internazionale OECD-PISA sulla capacità degli studenti italiani di utilizzare le conoscenze matematiche e scientifiche apprese a scuola⁴⁹. Il progetto M@t.abel prevede incontri in presenza e *online* con tutor⁵⁰ dove i docenti vengono a conoscenza di una serie di attività da sperimentare dapprima in aula, sotto la guida del docente-tutor che funge da moderatore del gruppo, e, successivamente, in classe con gli studenti. M@t.abel si configura come uno strumento di aggiornamento e formazione professionale e come guida per una trasposizione didattica della matematica, ponendosi nel tempo il fine di migliorare le competenze di base degli studenti italiani in sinergia con altre iniziative del MIUR, tra cui il Piano ISS - Insegnare Scienze Sperimentali e il Piano Lauree Scientifiche.

⁴⁹ Sito web Risorse per docenti dai progetti nazionali, M@t.abel.
<http://www.scuolavalore.indire.it/superguida/matabel/>

⁵⁰ I tutor sono selezionati dagli Uffici Scolastici Regionali tra docenti in possesso delle competenze matematiche, dell'esperienza nell'uso delle tecnologie per l'insegnamento e delle capacità relazionali per la conduzione di gruppi di lavoro.

Il Piano ISS - Insegnare Scienze Sperimentali (Piano ISS), avviato nell'anno scolastico 2006-2007, è rivolto agli insegnanti della scuola primaria e del biennio della scuola secondaria di primo grado con l'obiettivo di orientare la formazione degli insegnanti attraverso azioni in grado di promuovere una più efficace didattica delle scienze sperimentali, produttiva di più alti livelli di *literacy* matematico-scientifica degli studenti italiani (MIUR 2006, Piano ISS Insegnare Scienze Sperimentali.). Come M@t.abel, obiettivo del Piano ISS è quello di offrire ai docenti una formazione riconducibile al modello della comunità di pratica, dove la crescita professionale degli insegnanti è legata alla sperimentazione di pratiche condivise tese a migliorare il processo di insegnamento-apprendimento. All'interno di queste comunità operano docenti adeguatamente formati per valorizzare e promuovere, nei confronti dei colleghi, esperienze formali e informali di formazione in ambito scientifico. Il progetto è orientato anche alla realizzazione e alla sperimentazione di materiali didattici e all'individuazione di standard di riferimento per la formazione di docenti-ricercatori capaci di innescare e sostenere autonomi processi di formazione-autoformazione per la validazione di modelli di intervento, di strutture e di materiali. Il cambiamento nella didattica delle scienze sperimentali è promossa attraverso la collaborazione tra soggetti diversi⁵¹, le istituzioni scolastiche e l'insieme delle risorse professionali e culturali presenti nel territorio, rappresentate da associazioni di docenti, musei, università, parchi, biblioteche e così via, nonché mediante la costituzione di gruppi interdisciplinari di ricerca sui problemi connessi alla costruzione delle conoscenze scientifiche per migliorare la qualità degli ambienti di apprendimento e diminuire la distanza tra esperienza comune, cultura scientifica e cultura umanistica. La collaborazione con le associazioni, i musei e le università incide sulla didattica in classe, individuando una strada innovativa per la formazione e l'aggiornamento dei docenti, legando il loro sviluppo professionale all'innovazione nelle classi e coinvolgendoli in un processo collaborativo supportato da esperti. Il Piano ISS si caratterizza per la creazione di presidi territoriali animati da docenti- tutor i quali, in tutte le regioni, con il supporto degli Uffici Scolastici Regionali e delle istituzioni coinvolte, promuovono iniziative in scuole e reti di scuole, mantenendo il raccordo con il livello nazionale, sia attraverso incontri in presenza sia con attività online (Carpignano, Govoni, Terreni 2010).

⁵¹ Come le associazioni disciplinari di settore (AIF - Associazione Insegnamento della Fisica, ANISN - Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali, SCI-DD - Società Chimica Italiana – Divisione di Didattica) e i musei scientifici Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano e il Museo Città della Scienza di Napoli.

1.8 Analisi delle immatricolazioni ai corsi di laurea dell'area scientifica in Italia dall'anno accademico 2003-2004 all'anno accademico 2015-2016

In Italia, il MIUR ha più volte evidenziato, nei suoi notiziari statistici, la grande crisi delle vocazioni scientifiche che ha determinato una flessione di circa il 50% delle immatricolazioni alle lauree scientifiche e, in particolare, ai corsi di laurea in chimica, fisica e matematica, nel periodo 1989-2000 (MIUR – Ufficio di Statistica 2009).

Sulla scia di questi allarmi e nella considerazione che la scelta del percorso di studio universitario, oltre ad avere una ricaduta determinante per l'inserimento nel mercato del lavoro del singolo studente, incide sullo sviluppo socio-economico di un Paese, si è ritenuto opportuno analizzare lo stato delle immatricolazioni nelle università italiane. Nel presente paragrafo, quindi, si è provveduto ad effettuare un'istantanea degli immatricolati alle classi di laurea dell'area scientifica dall'anno accademico 2003-2004 all'anno accademico 2015-2016. In particolare, sono state prese in considerazione le immatricolazioni ai corsi di laurea triennale e a ciclo unico delle classi di laurea interessate dal Piano Nazionale Lauree Scientifiche⁵² ovvero Scienze Matematiche (classe 35, ex classe 32), Scienze e Tecnologie Chimiche (classe 27, ex classe 21), Scienze e Tecnologie Fisiche (classe 30, ex classe 25). I dati, aggiornati al 10 marzo 2017⁵³, derivano dall'Anagrafe Nazionale degli Studenti (ANS)⁵⁴, che recepisce tutte le immatricolazioni correttamente trasmesse dai singoli atenei a partire dall'anno accademico 2003-2004.

Da un'analisi complessiva dei dati raccolti, la prima osservazione che appare opportuno mettere in evidenza è sicuramente il forte calo delle immatricolazioni che complessivamente si è registrato in tutte le aree disciplinari: dalle 332.711 prime iscrizioni avute nell'anno accademico 2003-2004 si è passato alle 272.811 dell'anno accademico 2015-2016 (-18% circa). Questo dato appare più significativo soprattutto se escludiamo l'ultimo anno accademico preso in considerazione che ha registrato un incremento delle immatricolazioni di quasi 2 punti percentuali rispetto all'anno precedente (Tab. 5).

⁵² Il Piano Nazionale Lauree scientifiche è focalizzato principalmente sulle seguenti discipline: Chimica, Fisica, Matematica e Statistica, Scienza dei Materiali. Quest'ultima include le classi di laurea in Scienze e Tecnologie Chimiche (classe 27, ex classe 21), Scienze e Tecnologie Fisiche (classe 30, ex classe 25). <http://www.progettolaureescientifiche.eu/il-piano-lauree-scientifiche/discipline>.

⁵³ Nonostante il livello di acquisizione dei dati possa considerarsi prossimo al totale, occorre precisare che alcune immatricolazioni risultano ancora in corso di perfezionamento. I dati possono ritenersi definitivi quando si completa la registrazione delle immatricolazioni anche da parte di Atenei che, erogando formazione a distanza, registrano immatricolazioni più tardive.

⁵⁴ L'Anagrafe nazionale degli studenti universitari è stata istituita con l'art. 1-bis della legge 11 luglio 2003, n. 170 e resa operativa con il Decreto Ministeriale 30 aprile 2004 n. 9. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>.

Anno Accademico	Totale immatricolati in tutte le aree didattiche
2003/2004	332.711
2004/2005	332.622
2005/2006	318.515
2006/2007	305.786
2007/2008	304.338
2008/2009	291.988
2009/2010	295.482
2010/2011	288.001
2011/2012	279.161
2012/2013	269.104
2013/2014	268.639
2014/2015	267.660
2015/2016	272.811

Tabella 5: Totale immatricolazioni. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>

Contrariamente a quanto riscontrato per le immatricolazioni in tutte le aree didattiche, l'area scientifica, che include numerose classi di laurea tra cui quelle rientranti nel Piano Nazionale Lauree Scientifiche, ha fatto registrare un incremento delle immatricolazioni (+ 3.721 unità) grazie esclusivamente all'anno accademico 2015-2016 che, con le sue oltre 99.000 immatricolazioni, ha ribaltato il saldo negativo che si è riscontrato tra l'anno accademico 2003-2004 e quello 2014-2015 (Fig. 6). Tuttavia, corre l'obbligo riportare che mediamente le immatricolazioni ai corsi di laurea afferenti all'area scientifica rappresentano neanche un terzo delle immatricolazioni complessive.

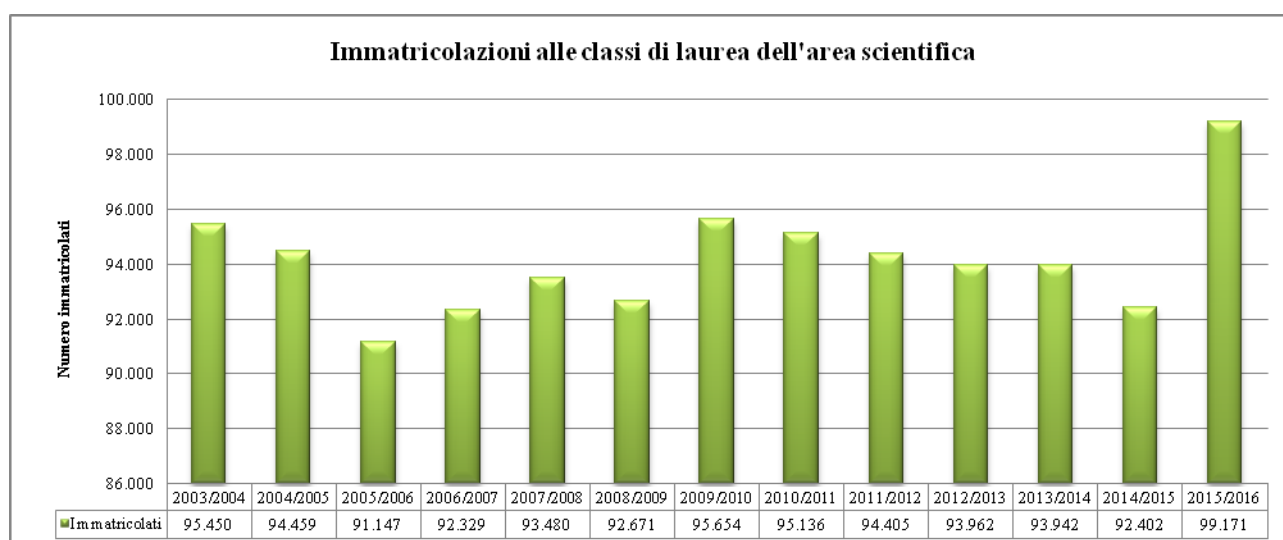


Figura 6: Immatricolati area scientifica. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>.

Analizzando nello specifico le immatricolazioni registrate nelle tre classi di laurea oggetto del presente studio, è evidente un considerevole aumento a fattor comune degli immatricolati che, in taluni casi, aumentano più del doppio, come avvenuto per la classe di laurea in Scienze e

Tecnologie Chimiche. Questo incremento, che a prima vista potrebbe apparire lusinghiero, in realtà deve tenere in considerazione l'esiguità del numero di immatricolati dell'anno accademico 2003-2004 e, più in generale, il basso tasso di immatricolazione che caratterizza ancora i tre corsi di laurea. Infatti, come si può evincere dai grafici di seguito riportati (Fig. 7, 8 e 9), nel primo anno preso in considerazione le immatricolazioni non raggiungono, per ciascun corso di laurea, neanche le 2.000 unità e nell'anno accademico 2015-2016, che generalmente ha fatto registrare un notevole incremento tanto delle immatricolazioni in generale quanto di quelle dell'area scientifica, si supera di poco e solo per il corso di laurea in Scienze e Tecnologie Chimiche le 4.000 unità.

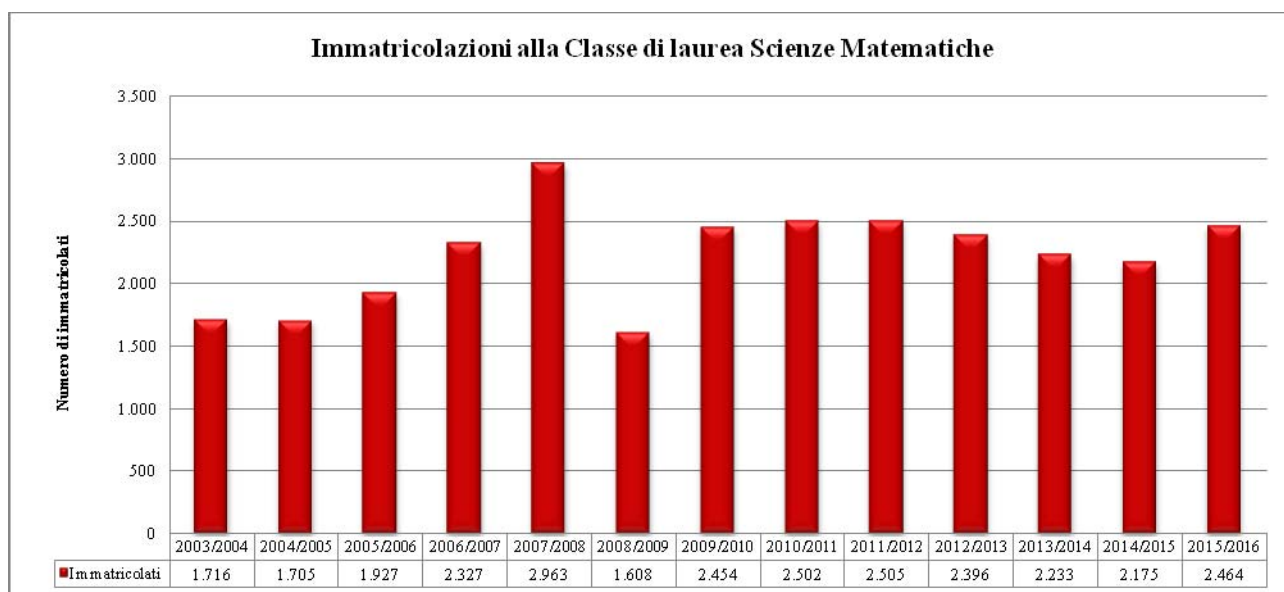


Figura7: Immatricolati alla Classe di laurea Scienze Matematiche. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>.

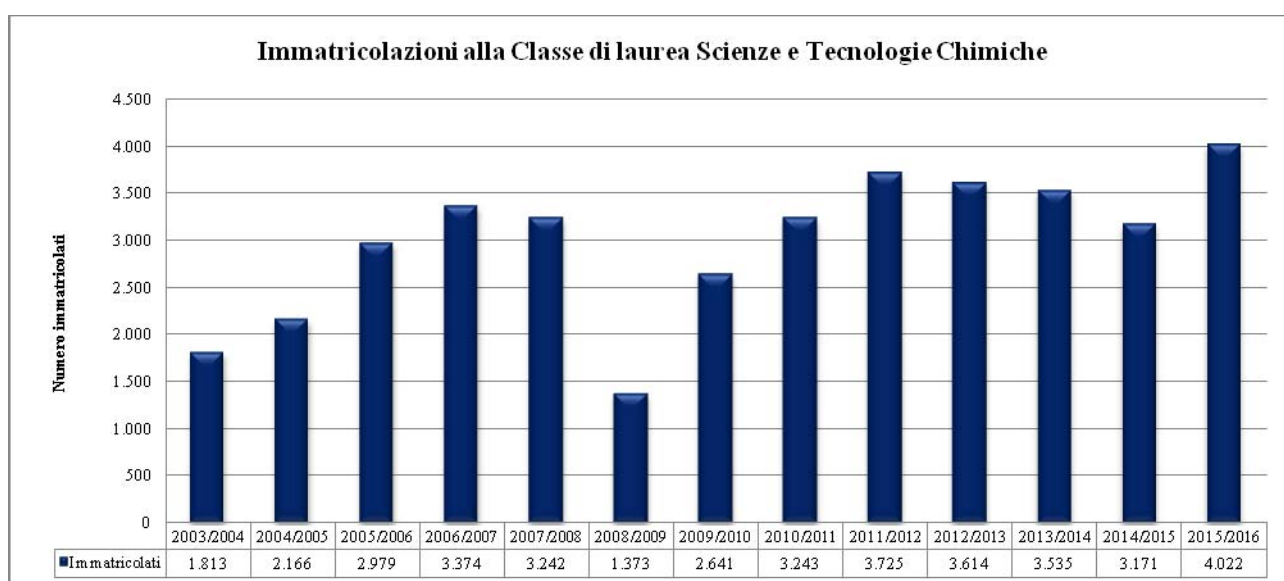


Figura 8: Immatricolati alla Classe di laurea Scienze e Tecnologie Chimiche. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>.

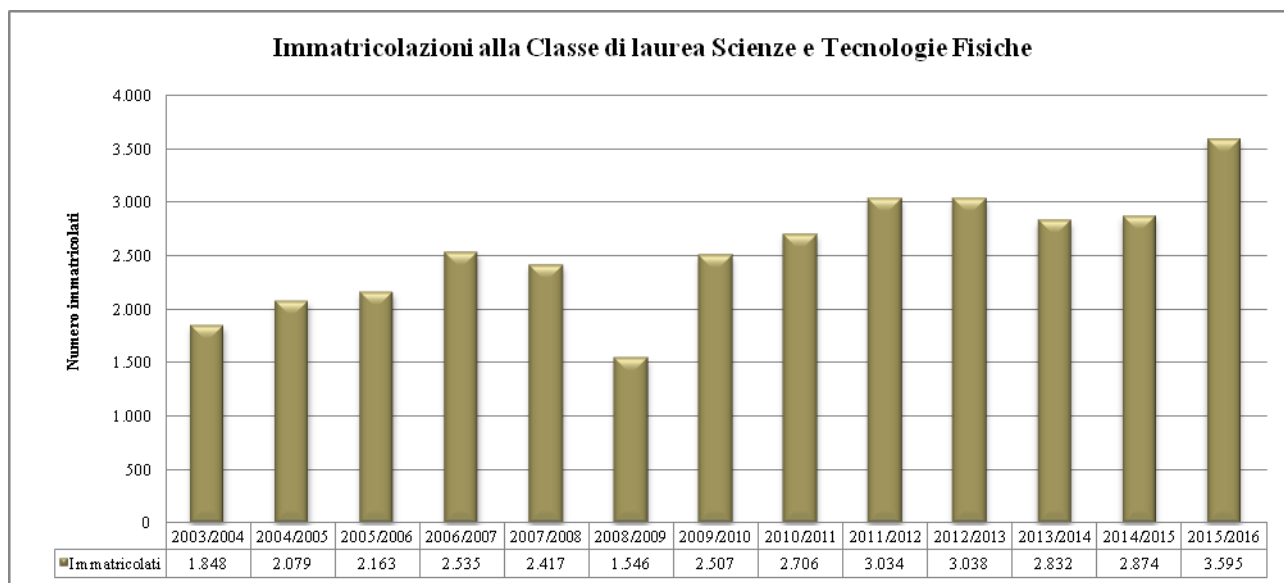


Figura 9: Immatricolati alla Classe di laurea Scienze e Tecnologie Fisiche. Fonte: <http://anagrafe.miur.it/index.php>.

Ad ogni modo, questo aumento delle immatricolazioni può essere messo in relazione alle diverse iniziative di incentivazione e di orientamento che il MIUR ha portato avanti a partire dal 2003. In particolare, l'aumento più cospicuo, registrato nell'anno accademico 2006-2007, può essere ricondotto in parte alle attività del Piano Lauree Scientifiche, avviate nelle scuole secondarie di secondo grado a partire dal 2005. Tuttavia, l'andamento altalenante che in generale si evince dai grafici e il calo delle immatricolazioni alle classi di lauree scientifiche, che a partire dall'anno accademico 2009-2010 si è avuto per sei anni consecutivi, destano nuove preoccupazioni e fanno ipotizzare che le iniziative condotte necessitano di un sostegno strutturato nel tempo e di una diversificazione delle attività al fine di stimolare l'interesse e l'entusiasmo degli studenti. Il proseguimento, infatti, del percorso di studio dei giovani diplomati costituisce il risultato di una scelta complessa che riflette sia decisioni a livello individuale sia interventi attivati a livello scolastico, attraverso attività di orientamento tese a rendere lo studente più cosciente e consapevole delle alternative (MIUR – Ufficio di Statistica 2012).

La scarsa propensione dei giovani a intraprendere studi tecnico-scientifici e i risultati conseguiti dai quindicenni europei nelle competenze di base, rendono evidente il paradosso in cui cade oggi la società europea che ha posto al centro della sua crescita la conoscenza: il sapere scientifico, anche se pervade la nostra quotidianità, influenzando il nostro modo di vivere, è scarsamente diffuso e condiviso a livello sociale. L'esiguo numero di laureati nelle discipline scientifiche e, in particolare, nelle STEM, ossia in Scienze, Tecnologia, Ingegneria e Matematica, invita a riflettere non solo sulle strategie di orientamento adottate dai sistemi di istruzione e di formazione, ma anche sulle ragioni che sono alla base della bassa alfabetizzazione scientifica. Una riflessione in tal senso può iniziare da una domanda: perché

studiare la scienza? Per provare a dare una risposta si è scelto di partire dalle questioni iniziali legate alla comunicazione pubblica della scienza e all'educazione scientifica. In tal senso, il Rapporto *The Public Understanding of Science*, pubblicato dalla Royal Society nel 1985, è un documento di riferimento per chi intende studiare le interazioni fra scienza e società. Il documento, chiamato rapporto Bodmer, anche se criticato e parzialmente superato, ha avuto il merito di essere riuscito a spostare l'attenzione degli analisti e dei *policy makers* sul pubblico, sulla scienza e sulla tecnologia (Carrada 2005).

CAPITOLO SECONDO

L'EDUCAZIONE SCIENTIFICA E LA COMUNICAZIONE PUBBLICA DELLA SCIENZA

Nel 1985, con la pubblicazione nel Regno Unito del Rapporto *The Public Understanding of Science* da parte della *Royal Society*, si pone per la prima volta il problema dell'incomunicabilità tra scienza e società: si comincia ad avvertire l'esigenza di costruire un legame sociale positivo e solido tra mondo scientifico e collettività, sottolineando la necessità di migliorare l'educazione scientifica sulla base della constatazione che in molti Paesi sempre meno giovani sembrano essere interessati alle materie tecniche e scientifiche.

La questione, apparentemente semplice, è in realtà molto complessa e suscita molti interrogativi che ruotano tutti intorno alla domanda: perché studiare la scienza? Per diversi decenni i ricercatori hanno proposto risposte che coinvolgono aspetti interdisciplinari, come, ad esempio, le intuizioni del metodo scientifico, le questioni pedagogiche, la concezione del ruolo della scienza nella società e dei cittadini nella società. Questo ha consentito di identificare le caratteristiche fondamentali dell'educazione scientifica che, a livello europeo, possono essere sintetizzate nei diversi piani d'azione *Science and Society*, *Science in Society* e *Science with and for Society* portati avanti dalla Commissione europea negli ultimi anni.

Prima di affrontare questi argomenti, e tentare di rispondere alla domanda che ci siamo posti, occorre definire cosa intendiamo per scienza e perché quando si parla di scienza, in quella che è stata definita "società della conoscenza", la comunicazione della scienza ai pubblici di non esperti, ovvero la comunicazione pubblica della scienza, viene indicata come uno dei fattori principali di democrazia.

2.1 Cosa si intende per scienza e perché si comunica la scienza?

Con vocabolario alla mano apprendiamo che la scienza può essere definita come "l'insieme di conoscenze ordinate e coerenti, organizzate logicamente a partire da principi fissati univocamente e ottenute con metodologie rigorose, secondo criteri propri delle diverse epoche storiche"⁵⁵ il cui scopo, come sostenuto dal sociologo statunitense Robert R. Merton⁵⁶, è quello di creare e comunicare conoscenza scientifica⁵⁷.

⁵⁵ Treccani, 1996, Dizionario delle Scienze Fisiche. http://www.treccani.it/enciclopedia/scienza_%28Dizionario-delle-Scienze-Fisiche%29/

⁵⁶ Robert R. Merton è identificato come il fondatore della sociologia della scienza. La sua produzione scientifica si apre nel 1938 con la tesi di dottorato *Scienza, tecnologia e società nell'Inghilterra del secolo XVII*, in cui il sociologo americano affronta il rapporto tra attività scientifica e sviluppo del capitalismo.

⁵⁷ [...] per la scienza, non è sufficiente che siano prodotte nuove idee, realizzati nuovi esperimenti, formulati nuovi problemi o istituiti nuovi metodi. Le innovazioni devono essere efficacemente comunicate agli altri. Dopo tutto, è

Quando si parla di scienza in una prospettiva sociologica⁵⁸ si guardano ai processi sociali con cui gli scienziati, come comunità, producono e organizzano le loro conoscenze. Questa prospettiva è interessante anche per lo studio della comunicazione della scienza. Da un punto di vista sociologico, infatti, la scienza può essere definita come “un’istituzione sociale dedicata alla costruzione di un consenso razionale d’opinione sul più ampio campo possibile” (Ziman 1987). In effetti, ogni processo scientifico può essere schematizzato in due stadi essenziali: il primo riguarda lo scienziato che conduce le proprie attività di studio, ricerca, osservazione; il secondo interessa lo scienziato che comunica i risultati delle sue interrogazioni. Non esiste scienza senza comunicazione: “il principio basilare della scienza è che i risultati devono essere resi pubblici. Qualsiasi cosa gli scienziati pensino o dicano individualmente, le loro scoperte non possono essere considerate come appartenenti alla conoscenza scientifica finché non sono state riferite e registrate in modo permanente” (Ziman 1987). Non è un caso che la scienza moderna sia nata dopo l’invenzione della stampa a caratteri mobili e, quindi, dopo che si è creata la possibilità tecnica di una comunicazione pubblica, che consente di riferire, registrare e discutere i risultati dell’osservazione dello scienziato. Il sistema di comunicazione conferisce una forte dinamica al processo scientifico e contribuisce all’evoluzione della scienza. Come quest’ultima, anche il sistema di comunicazione della scienza è in continua evoluzione: molti sono stati, infatti, i cambiamenti avvenuti in oltre quattrocento anni di storia della scienza moderna, da quando Galileo Galilei dà alle stampe il suo *Sidereus Nuncius* il 13 marzo 1610⁵⁹ (Greco 2004).

Nella prima parte della sua evoluzione la scienza ha costituito una sorta di cittadella separata dal resto della società, dove ogni decisione rilevante per lo sviluppo delle conoscenze scientifiche veniva presa all’interno delle comunità scientifiche. A partire dal secondo dopoguerra, in diversi contesti nazionali, la dialettica tra scienza e società si impone come uno degli elementi fondanti della democrazia nelle società libere. Emerge il crescente riconoscimento del ruolo della scienza nello sviluppo economico e nel benessere collettivo, assieme alla consapevolezza, da parte dei *policy makers*, del bisogno di approvazione sociale per i cambiamenti legati allo sviluppo

questo che significa dare un contributo alla scienza - ossia apportare qualcosa al fondo comune della conoscenza -. Alla fine quindi la scienza altro non è che il corpo della conoscenza socialmente condiviso e socialmente convalidato. Per lo sviluppo della scienza, è importante quindi solo ciò che è effettivamente percepito e utilizzato dagli altri scienziati [...] (Merton 1968, pp. 56-63).

⁵⁸ Ci sono quattro modi per guardare alla scienza: oltre al modo del sociologo vi sono quello del filosofo, che guarda ai processi logici e metodologici attraverso cui le conoscenze scientifiche si sviluppano e si organizzano; quello dello storico, che guarda alla successione dei processi attraverso cui le conoscenze scientifiche si sono organizzate e sviluppate nel tempo; quello dello psicologo, che guarda ai processi mentali con cui i singoli scienziati producono nuova conoscenza scientifica (Greco 2004).

⁵⁹ Come rileva Lewis S. Feuer, Galileo Galilei osa “spostare il foro competente alla discussione scientifica dagli intellettuali direttivi clericali al pubblico istruito al di fuori della cerchia clericale il cui senso comune era relativamente incontaminato dalla teologia o da interessi particolari” (Feuer 1969).

tecnico-scientifico: politici e cittadini chiedono di prendere parte al governo della tecnoscienza⁶⁰ e di assumere decisioni rilevanti per il loro benessere. Si entra, quindi, in una nuova epoca dell'organizzazione del lavoro degli scienziati, caratterizzata dal fatto che le decisioni rilevanti per lo sviluppo della scienza sono prese dalle comunità scientifiche sempre più in compartecipazione con una serie variegata di altri gruppi sociali, costringendo gli scienziati a stabilire una rete sempre più fitta di relazioni con i pubblici di non esperti (Greco, Silvestrini 2009, pp. 214-220). In questa nuova era, definita “*Mode-2 Science*” da Nowotny, Scott e Gibbons (2001) o come preferisce chiamarla Ziman (2002) “era post-accademica”, la scienza e la tecnologia sono così costrette ad abbandonare la sicurezza di un ruolo sociale riconosciuto per affrontare la diffidenza, la controversia, il confronto e l'*accountability*, ossia la necessità di dover rendere conto di ciò che si fa non soltanto nei confronti dei cittadini, ma anche delle stesse istituzioni che prima le avevano appoggiate senza condizioni.

La società necessita della scienza come motore del suo benessere sociale, economico e politico, mentre la scienza vive delle risorse, dei talenti e della libertà che la società mette a sua disposizione (Carrada 2005). È necessario, quindi, che la società civile tutta contribuisca al dibattito scientifico, accedendo all'informazione scientifica che viene prodotta nell'ambito delle attività di ricerca. I Governi finanziano la ricerca scientifica con risorse pubbliche, è allora importante che quando si decida quali programmi finanziare ci sia una partecipazione dal basso. La sfida della società della conoscenza consiste oggi nel non limitarsi a comunicare la scienza come tecnologia, ma comunicare la scienza come cultura. La ricerca scientifica non è solo una promessa di sviluppo, ma è anche cultura nel senso ampio del termine.

I media hanno un ruolo importante in questo processo poiché raccontano storie, trasmettono idee. Non solo i media, ma anche i sistemi di istruzione e di formazione, così come gli organismi operanti nel settore della ricerca, giocano un ruolo chiave nella diffusione delle conoscenze scientifiche e nella creazione di una cultura scientifica attraverso il coinvolgimento dei giovani e degli studenti, ossia di chi parteciperà in futuro al processo di avanzamento della scienza e della ricerca. Uno degli obiettivi generali delle istituzioni che producono conoscenza è la sua diffusione, ma anche instradare e orientare giovani.

2.2 Il Rapporto The Public Understanding of Science

Nel 1982 il Rapporto *Science Education 11-18 in England and Wales* constata la scarsa alfabetizzazione scientifica e il calo degli iscritti alle facoltà scientifiche, raccomandando al

⁶⁰Con tecnoscienza si intende il complesso delle conoscenze scientifiche applicate alla tecnologia. Il termine è proposto per la prima volta nel Novecento: in questo secolo il rapporto tra scienza e tecnica è diventato così stretto da spingere alcuni a parlare ormai di un'unica realtà.

Consiglio della *Royal Society*⁶¹ di costituire una commissione *ad hoc* per indagare come migliorare la comprensione pubblica della scienza. Il gruppo, costituito nell'aprile del 1983, sotto la guida del *Fellow of the Royal Society* (F.R.S.) Dr. W. F. Bodmer⁶², redige nel 1985 il Rapporto *The Public Understanding of Science*, noto come rapporto Bodmer, che afferma come una migliore comprensione pubblica della scienza possa promuovere la prosperità nazionale, migliorare la qualità dei processi decisionali pubblici e privati e arricchire la vita dell'individuo. Secondo il Rapporto, questi ultimi rappresentano importanti obiettivi a lungo termine a livello nazionale e richiedono un impegno costante per essere realizzati: migliorare la comprensione pubblica della scienza è un investimento per il futuro e non un lusso da permettersi solo quando le risorse lo consentono (The Royal Society 1985).

Con il Rapporto è istituito il *Committee for the Public Understanding of Science* (CoPus), grazie al quale vengono finanziate iniziative di diffusione e di divulgazione scientifica ampie e sistematiche per migliorare la comprensione pubblica della scienza. La gran parte di queste iniziative mira a colmare un presunto *deficit* conoscitivo dell'opinione pubblica in ambito tecnico-scientifico al fine di superare gli eventuali stalli decisionali legati ai temi della scienza. Secondo questa visione tecnocratica, la comprensione delle conoscenze, delle teorie e delle metodologie scientifiche consentirebbe di invertire gli umori del pubblico nei confronti della scienza e delle sue attività. L'obiettivo è quindi migliorare la comunicazione e la percezione pubblica della scienza attraverso una trasmissione a senso unico di un sapere estremamente semplificato, dall'alto (scienziati) verso il basso (pubblico). La scienza veniva considerata produttrice di una conoscenza genuina che doveva essere semplificata per essere accessibile al pubblico, considerato come un unico soggetto passivo e indifferenziato con *deficit* cognitivi. A questa visione lineare, pedagogica e paternalistica della comunicazione è valsa l'etichetta di modello del *deficit*.

Il Rapporto dedica un intero capitolo all'educazione formale⁶³: in esso si ritiene che una corretta educazione scientifica debba essere l'*incipit* per ogni tentativo di raggiungere un sufficiente livello di comprensione pubblica della scienza. Per consentire ciò il documento ritiene opportuno garantire:

⁶¹ La Royal Society è la più antica società scientifica inglese, fondata a Londra (Gresham College) nel 1660, che indicò quale suo scopo istituzionale l'incremento delle scienze fisico-matematiche («a *College for the promoting of physico-matematical experimental learning*»). Ebbe come suo primo presidente R. Moray. Insieme alla pubblicazione periodica delle *Philosophical transactions*, essenzialmente un notiziario della ricerca scientifica in Europa, l'accademia curò quella di lavori originali, come i *Philosophiae naturalis principia mathematica* di I. Newton (1687).

⁶² La commissione, oltre a Bodmer, era costituita da Mr R.E. Artus; Sir David Attenborough-F.R.S.; Professor R.J. Blin-Stoyle-F.R.S.; Sir Kenneth Durham; Sir John Mason; Treas.R.S.; Mr M.J. Savory; Lord Swann-F.R.S.; Professor Dorothy Wedderburn; Dame Margaret Weston; Professor J.M. Ziman-F.R.S..

⁶³ Il Rapporto *The Public Understanding of Science* affronta nel quarto capitolo la questione della *Formal Education*.

- una formazione di base in ambito scientifico fino ai 16 anni d'età;
- un ampliamento del programma di studio;
- un'attenzione ai principi teorici così come alla pratica;
- l'inclusione delle applicazioni pratiche e delle implicazioni sociali della scienza;
- migliori risorse per l'insegnamento delle scienze;
- una migliore offerta formativa ai docenti;
- un miglior collegamento tra il mondo della scuola e quello dell'industria.

Seguendo quanto riportato nel Rapporto Bodmer si apprende che l'educazione alle materie scientifiche e tecnologiche deve interessare gli studenti sin dalle scuole primarie, poiché in questa fase si pongono le basi per i successivi livelli di istruzione. Inoltre, deve essere garantito, a tutti gli studenti fino ai 16 anni di età, un ampio programma di studi scientifici che comprenda sia le tradizionali discipline scientifiche (fisica, biologia e chimica) e le loro interrelazioni, sia le altre scienze come quelle che riguardano lo studio della Terra. In particolare, nel Rapporto si specifica che per rendere più stimolante la scienza ai giovani, sarebbe opportuno affiancare alle spiegazioni teoriche gli esempi pratici capaci di mettere in evidenza il rigore del metodo scientifico e le implicazioni economiche e sociali. A ciò si aggiunge la necessità di disporre di adeguate risorse in termini sia di materiali e attrezzature didattiche (laboratori, testi aggiornati, etc.) sia di insegnanti. Questi ultimi molto spesso sono sfiduciati in loro stessi perché sono coscienti di non avere una formazione adeguata alla materia di insegnamento e, allo stesso tempo, non riescono ad aggiornare le loro conoscenze: solitamente chi ha una formazione scientifica o tecnologica intraprende una carriera nel campo della ricerca o dell'industria, considerando l'insegnamento una seconda scelta.

Benché l'istruzione formale risulti fondamentale per fornire a tutti i membri della società una base per la comprensione dell'importanza della scienza e della tecnologia, essa non è di per sé sufficiente per tutta la vita a causa del continuo evolversi delle conoscenze. Inoltre, un programma di istruzione formale su materie scientifiche non può portare rapidamente a un innalzamento generale dei livelli di comprensione pubblica della scienza in tutta la popolazione: nella considerazione che i primi risultati sono riscontrabili solo dopo 30-40 anni, queste iniziative devono essere affiancate ad altre che producono effetti nel breve periodo. Ad ogni modo, in una società basata sulla tecnologia e sulla conoscenza, un sistema di educazione formale, in relazione alla scienza, dovrebbe consentire lo sviluppo di un pensiero scientifico (osservazione-ricerca-spiegazione-sperimentazione-comunicazione-applicazione) da utilizzare in tutti i contesti sociali.

2.3 Il terzo Rapporto Science and Society e il Public Engagement with Science and Technology

Nel 2000 il terzo Rapporto *Science and Society*, pubblicato dall'*House of Lord* britannica, evidenzia l'esistenza di una criticità nel rapporto tra scienza e società all'inizio del nuovo millennio. In particolare, le opportunità garantite dagli sviluppi scientifici e dalle loro applicazioni pratiche se, da una parte, creano un clima di interesse pubblico crescente attorno alle questioni scientifiche, dall'altra, generano un profondo senso di disagio dovuto alla velocità e all'incertezza con cui tali conoscenze sembrano avanzare. Nello specifico, è il dibattito pubblico sui rischi a offrire occasioni per comprendere i cambiamenti che investono la relazione di fiducia della società nei confronti della scienza, nella piena consapevolezza che l'innovazione tecnico-scientifica, oltre a essere fonte di progresso sociale ed economico, è anche origine di rischi spesso ritenuti non accettabili a livello sociale.

Nella ricerca scientifica, le frontiere della conoscenza avanzano, nella maggior parte dei casi, mediante l'osservazione e la sperimentazione di ipotesi. Attraverso questo processo si sono sviluppate quella serie di conoscenze che oggi consideriamo certezze, che in precedenza non erano ritenute tali, come ad esempio la rotazione della Terra intorno al sole. Tuttavia, l'incertezza è sempre presente quando si tenta di perfezionare un certo tipo di conoscenza e quando si studiano sistemi intrinsecamente complessi. Nei campi in cui la scienza sta avanzando velocemente, come nel caso della genetica, molto spazio è lasciato all'incertezza e ancora più ampie sono le aree del disaccordo nel dibattito scientifico tra esperti. Il problema non va riconosciuto nel modo in cui le conoscenze scientifiche avanzano, bensì nel fatto che la maggior parte di esse viene applicata, nel bene o nel male, ai problemi della vita reale e utilizzata per progettare e produrre i beni che utilizziamo nella quotidianità. Quando si applica la scienza, il problema dell'incertezza può essere aggravato da problemi di natura etica, da implicazioni sociali, dall'accettabilità pubblica e dal fatto che spesso la valutazione del rischio associato a una nuova applicazione è basato solo su test di laboratorio.

Il Rapporto sottolinea, sin dal capitolo introduttivo, come l'analisi della crisi della fiducia nei confronti della scienza e degli scienziati sia un'attività importante da compiere per numerose ragioni: gli anglosassoni sono convinti che la ricchezza e il benessere delle società future dipendano in modo significativo dalla decisione dei giovani di intraprendere una carriera tecnica o scientifica. Nella Gran Bretagna del 1993, questa opinione era talmente diffusa tra i rappresentanti del Governo che nei primi paragrafi del Libro bianco *Realising our potential: a strategy for science, engineering and technology* si legge

The understanding and application of science are fundamental to the fortunes of modern nations. Science, technology and engineering are intimately linked with progress across the whole range of human endeavour: educational, intellectual, medical, environmental, social, economic and cultural [...] The history of the United Kingdom has shown the intimate connection between free trade, the application of science to tradeable products, and national prosperity [...] Science and engineering also make a most important contribution to improved public services and the quality of life. (Cabinet Office 1993).

Il Rapporto, inoltre, prospetta alcune soluzioni per migliorare il dialogo tra scienza e società, suggerendo di realizzare iniziative di comprensione pubblica della scienza, di migliorare la comunicazione del rischio e, cosa più importante, di cambiare la cultura del processo decisionale al fine di coinvolgere il pubblico nel dibattito su tematiche di carattere scientifico sin dalle fasi iniziali: in una società moderna, la partecipazione democratica al processo decisionale pubblico dipende, tra le altre cose, dalla capacità dei cittadini di comprendere, criticare e usare le conoscenze e le affermazioni scientifiche.

Alla fine degli anni Novanta, dunque, è cominciato ad apparire chiaro il fallimento dei programmi di diffusione e di divulgazione scientifica riconducibili al *Public Understanding of Science* (PUS): nonostante gli ingenti investimenti, la società civile non è rimasta solo poco alfabetizzata, ma l'auspicato apprezzamento si è trasformato in avversione nei confronti della ricerca (Pitrelli 2003, p.3) perché scelte e opinioni, ancorché giuste e provenienti da fonti autorevoli, non possono essere imposte. Atteggiamenti e opinioni sono il prodotto di processi complessi che dipendono dai modelli mentali individuali che scaturiscono da una pluralità di fattori: elementi fattuali, relazioni sociali, emozioni, considerazioni etiche, educazione, conoscenze pregresse e giudizi di valore, ossia da variabili che non possono essere modificate semplicemente con l'aggiunta di qualche informazione in più. In particolare, l'educazione scientifica nelle scuole è considerata, dagli autori del terzo Rapporto *Science and Society*, cruciale perché capace di formare, sin dall'età scolare, una corretta predisposizione nei confronti della scienza. In particolare, vengono affrontate due questioni tra di loro correlate: la qualità dell'insegnamento delle scienze nelle scuole e i programmi scolastici di scienze.

In analogia a quanto definito nel Rapporto Bodmer, il *Select Committee on Science and Technology*, che ha redatto il documento in analisi, ritiene che le fondamenta dell'interesse per le scienze siano poste nella scuola primaria. Tuttavia, il sapere scientifico, e più in generale l'interesse verso queste discipline, è trasmesso, agli studenti tra i cinque e gli undici anni, da insegnanti con poche, o addirittura del tutto assenti, qualificazioni scientifiche: la preparazione generale in tutte le discipline che caratterizza i docenti dei primi livelli d'istruzione, non permette loro né di comprendere la scienza e le sue applicazioni in maniera adeguata, né tanto

meno di infondere ai propri discenti la passione per questi percorsi di formazione. Riprendendo quanto affermato dalla Fondazione Nuffield, il terzo Rapporto *Science and Society* asserisce che le attitudini dei docenti e il loro grado di fiducia nella proprie capacità di insegnare le scienze sono fattori fondamentali per garantire quei cambiamenti necessari a formare una società migliore. A tal fine, nel testo è più volte sottolineato che l'insegnamento delle scienze nelle scuole debba affiancare al suo tradizionale ruolo di preparare gli allievi più talentuosi ai percorsi universitari scientifici, quello di fornire a tutti gli studenti un'alfabetizzazione scientifica⁶⁴, dedicando meno tempo al racconto dei fatti scientifici accertati e maggiore attenzione alla natura e al processo scientifico ovvero alle modalità di lavoro degli scienziati: una “democrazia sana e vibrante” ha bisogno di una società “che, pur apprezzando il valore della scienza e il suo contributo alla nostra cultura, abbia una visione ampia sulle principali conoscenze scientifiche e sia in grado di confrontarsi criticamente su temi e argomenti che coinvolgono la conoscenza scientifica” (Millar, Osborne 1998). Ovviamente per realizzare tutto questo è necessario assicurare ai docenti un costante aggiornamento professionale e materiale didattico adeguato.

Nell'ottobre 2002 la rivista *Science* pubblica un celebre articolo firmato da un nutrito gruppo di ricercatori inglesi dal titolo *From PUS to PEST* (Dalla Percezione Pubblica della Scienza al Pubblico Impegno in Scienza e Tecnologia). Questo articolo ha rappresentato una tappa importante nel dibattito sulla comunicazione pubblica della scienza. In questo breve intervento si denunciava la crisi del PUS, intesa come quella politica che avrebbe dovuto incentivare nel Regno Unito una migliore comunicazione e percezione pubblica della scienza. I fallimenti del modello PUS creano le condizioni per lo sviluppo di un nuovo tipo di approccio definito *Public Engagement with Science and Technology* (PEST) in cui il dialogo tra scienziati e non esperti rendesse questi ultimi più partecipi, riflettendo su “cosa” va comunicato e “a chi” in riferimento soprattutto alle legittime preoccupazioni delle persone a cui è rivolta la comunicazione. La PEST promuove un dialogo più paritetico tra i diversi attori che compongono i nuovi gruppi sociali, mettendo in gioco nuove modalità di formalizzazione del sapere scientifico più alla portata del cosiddetto uomo della strada. Secondo questa nuova prospettiva, la nozione di pubblico della scienza è radicalmente modificata: al posto di un pubblico passivo, indifferenziato, deficitario, appare un pubblico attento, variegato, mutevole, che si definisce come tale attorno a un problema preciso o a un sistema di valori condiviso (Science 2002, p.49).

⁶⁴ Nel documento l'alfabetizzazione scientifica è definita con i termini inglesi *scientific literacy* o *science for citizenship*

2.4 Ragioni per cui la scienza dovrebbe essere studiata

Nel 1985, il Rapporto Bodmer sottolinea che “La comprensione pubblica della scienza ha come base l’insegnamento delle scienze nelle scuole”⁶⁵ (The Royal Society 1985, p.7). Nel documento vengono altresì individuati gli aspetti necessari alla comprensione e all’apprendimento della scienza. Punto di partenza del ragionamento è la dimensione culturale, in base alla quale le straordinarie scoperte fatte dalla scienza influenzano profondamente il modo in cui pensiamo a noi stessi (The Royal Society 1985).

Successivamente, i dibattiti scientifici coinvolsero gli elementi che caratterizzavano i vecchi e i nuovi punti di vista sull’educazione e sulla comunicazione scientifica. Turner, in *School science and its controversies; or, whatever happened to scientific literacy?* (Turner 2008), basa il suo ragionamento su cinque dimensioni proposte da Millar⁶⁶ (Millar 1996): la dimensione culturale; la dimensione dell’utilità; la dimensione democratica; la dimensione economica e la dimensione sociale. Queste rappresentano le principali ragioni per lo studio della scienza. Le varie argomentazioni che si sono sviluppate attorno alla domanda “perché la scienza dovrebbe essere studiata?” hanno avuto influenza su “quale scienza insegnare” e su “come insegnarla”.

La dimensione culturale si fonda sull’idea che la scienza è un risultato importante della nostra cultura e che quindi esistono benefici per i giovani capaci di comprenderla e apprezzarla. Quest’affermazione racchiude in sé un decennio di ricerche sulla natura della scienza, nonché sulle concezioni che docenti e studenti hanno della scienza stessa (Lederman 1992). La selezione dei principali temi legati alla natura della scienza da insegnare in classe è strettamente legata al modo in cui dovrebbero essere insegnati (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, Duschl 2003).

La dimensione dell’utilità è strettamente legata a quella culturale, poiché la comprensione scientifica aiuta gli individui a prendere decisioni migliori. Uno degli obiettivi principali dell’educazione scientifica dovrebbe pertanto essere quello di coniugare la spiegazione del mondo materiale che la scienza offre con la comprensione di come la scienza funziona realmente.

Successivamente, la dimensione democratica introduce il tema della partecipazione informata dei cittadini nel processo decisionale pubblico, con particolare riferimento alle questioni politiche che includono sempre più componenti tecnico-scientifiche (European Research

⁶⁵ Nella sintesi del Rapporto Bodmer, si afferma, inoltre, che: “Una corretta educazione scientifica nella scuola deve fornire il fondamento ultimo per una adeguata comprensione della scienza”.

⁶⁶ Millar, nell’analizzare queste cinque dimensioni, muove dai nove benefici del Public Understanding of Science presentati da Thomas e Durant (Thomas, Durant 1987, pp. 1-14) e rivela la vicinanza dei due settori di ricerca: la comunicazione della scienza e l’educazione scientifica. Molto brevemente, i nove benefici presentati da Thomas e Durant riguardano: la scienza in quanto tale, le economie nazionali, il potere e l’influenza nazionale, gli individui, il governo democratico, la società, la cultura intellettuale, l’estetica e l’etica.

Advisory Board 2005). Per esempio, nelle discussioni sulla riforma dei programmi scolastici, questo argomento, insieme a considerazioni sull'efficacia, spesso controbilancia l'approccio che vede i programmi scientifici come percorsi strettamente diretti verso le carriere scientifiche. La dimensione democratica è stata specificamente considerata anche dall'*European Research Area* (ERA)⁶⁷: tra gli obiettivi della visione strategica individuati dal Consiglio dell'ERA da raggiungere entro il 2030 si legge che una cittadinanza più istruita è capace di partecipare al dibattito politico sulle questioni scientifiche e tecnologiche (Commissione europea 2009, p. 18). Un'ulteriore ragione per studiare la scienza si ritrova nella dimensione economica. Essa trova il proprio fondamento sull'idea che il benessere economico dipende dall'introduzione nel mercato del lavoro di personale sufficientemente qualificato dal punto di vista scientifico, così come è stato sottolineato anche dal Rapporto Wolfendale, secondo il quale esiste una relazione tra benessere economico e inclusione dei giovani nelle carriere scientifiche e tecnologiche (Rapporto Wolfendale 1995).

Infine, la dimensione sociale è particolarmente legata agli effetti che lo sviluppo dell'educazione scientifica porta alla società. Questa dimensione è rilevante anche nel contesto del *Responsible Research and Innovation* (RRI)⁶⁸ in cui l'educazione scientifica è parte integrante ed è collegata, allo stesso tempo, a una serie di altre questioni trasversali, tra cui l'impegno pubblico, la questione di genere, l'*open access* e l'etica. Ad esempio, l'*open access* porta a considerazioni sull'*open science*, in cui i processi di ricerca sono resi accessibili al controllo pubblico e, a sua volta, questo è collegato alla partecipazione pubblica e così via.

Muovendo dalle questioni sociali e democratiche trattate in questo contesto, si può sottolineare ulteriormente la dimensione partecipativa. L'educazione scientifica dovrebbe aiutare i cittadini ad affrontare questioni scientifiche e tecnologiche affinché non siano solo utenti o produttori di applicazioni scientifiche e tecnologiche (Marinelli, Ferri 2010), ma siano cittadini consapevoli (Jasanoff 2011, pp. 11-32.). Si tratta di cittadini ben informati e istruiti, in grado di gestire la conoscenza e assumere un ruolo attivo nei processi decisionali relativi alla propria sfera personale e sociale.

Accanto alle argomentazioni scientifiche, a partire dal vertice di Lisbona del 2000, il Consiglio dell'Unione europea e la Commissione europea hanno prodotto diversi documenti che

⁶⁷ ERA è l'area di ricerca unificata aperta a tutti e basata sul mercato interno europeo, in cui i ricercatori, le conoscenze scientifiche e le tecnologie circolano liberamente. Attraverso ERA, l'Unione e gli Stati membri hanno l'obiettivo di rafforzare le loro basi scientifiche e tecnologiche, la loro competitività e la loro capacità di affrontare collettivamente grandi sfide. Ulteriori informazioni e documenti sono disponibili sul sito http://ec.europa.eu/research/era/index_en.htm

⁶⁸ Come visto nel primo capitolo, la RRI è un approccio che anticipa e valuta le possibili implicazioni e le aspettative della società per quanto riguarda la ricerca e l'innovazione, con l'obiettivo di promuovere la progettazione della ricerca e dell'innovazione inclusiva e sostenibile. <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation>

definiscono la strada verso una società europea della conoscenza, la creazione dello “Spazio europeo della ricerca” e hanno sottolineato il connubio tra scienza, società e cittadinanza in Europa (Commissione europea 2000 Commission Working Document Science, society and the citizen in Europe). Allo stesso modo, le istituzioni internazionali, come l’OECD, nonché altre organizzazioni pubbliche e private, hanno contribuito a definire l’attuale stato delle conoscenze e prospettive sull’educazione scientifica e relative questioni. Una panoramica delle azioni dell’Ue, così come i documenti nel campo dell’educazione scientifica sono riportate nella Tabella 6 (Valente 2014, pp. 41-44):

2000	Report: Science, society and the citizen in Europe, EC
2001	EC Science and Society Action Plan
2002	Communication from the Commission of 20 November 2002 on European benchmarks in education and training: follow-up to the Lisbon European Council
2003	First Science and Society call on Science Education
2003	Communication from the Commission - “Education & Training 2010”: The success of the Lisbon Strategy hinges on urgent reforms
2004	Constitution of High Level Group on Human Resource for Science and Technology
2004	Report: Europe Needs More Scientists
2004	Calls in Science and Society include career dimension
2005	European Research Advisory Board Report: “Science in Society”: an agenda for a responsive and responsible European science in FP7
2006	OECD Policy Report: Evolution of student interest in Science and Technology Studies
2007	Mid-Term assessment of Science and Society activities
2007	Rocard Report: Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe
2007	Work programme Science in Society
2008	Report to the Nuffield Foundation Science Education in Europe: a critical reflection
2009	European Research Area Board Final Report: Preparing Europe for a New Renaissance
2009	Council conclusions of 12 May 2009 on a strategic framework for European cooperation on education and training (‘ET 2020’)
2010	Mobilization and Mutual Learning Action Plans, encompassing a series of SiS actions, including science education and public engagement
2011	Eurydice Report Science education in Europe: national policies, practices and research
2012	MASIS final synthesis Report
2012	Technopolis Report: Interim evaluation and assessment of future options for Science in Society actions
2013	Horizon 2020 work programme: 2014-2015 Science with and for Society. Making science education and careers attractive for young people
2015	Science Education for Responsible Citizenship

Tabella 6: Linee guida nel campo dell’educazione scientifica

A partire dal vertice di Lisbona, i capi di Stato e di Governo di tutta Europa hanno sottolineato la necessità di aumentare sostanzialmente il numero di persone che scelgono le carriere scientifiche e tecnologiche e di rendere centrale l’apprendimento in tutti gli aspetti della vita degli individui. La prima risposta della Commissione europea a tal fine è stata *Science and Society Action Plan* (Commissione europea 2002), uno dei principali capisaldi nel settore, in cui sono state poste le tematiche legate ai giovani, all’istruzione e alle carriere scientifiche, tra cui matematica, scienza e tecnologia. Il piano d’azione ha anche affrontato l’educazione degli adulti

e comprende argomenti socio-culturali, democratici ed economico-professionali in materia di educazione scientifica. È stato altresì previsto l'importanza di riunire *partner* operanti nel campo della ricerca e dell'istruzione.

Per quanto riguarda il peso riconosciuto all'apprendimento nella vita dei cittadini europei, il Consiglio europeo di Feira del giugno 2000 ha invitato gli Stati membri a “identificare strategie coerenti e misure pratiche al fine di favorire la formazione permanente per tutti” (Commissione europea 2001, p.3). In questo scenario, l'apprendimento permanente svolge un ruolo basilare non solo per rimuovere gli ostacoli che impediscono alle persone di accedere al mercato del lavoro o ne limitano le possibilità di carriera al suo interno, ma anche per realizzare la visione strategica europea. Nel 2001, la Comunicazione della Commissione europea *Realizzare uno spazio europeo dell'apprendimento permanente* riconosce che i cambiamenti socioeconomici, legati alla transizione verso una società della conoscenza, apportano cambiamenti tali - accresciute opportunità di comunicazione, viaggi e occupazione, ma anche il rischio di livelli più gravi di disuguaglianza ed esclusione sociale - da richiedere un approccio radicalmente nuovo all'istruzione e alla formazione poiché le politiche e le istituzioni tradizionali sono sempre meno adatte a rendere i cittadini europei capaci di affrontare in modo attivo le conseguenze della globalizzazione, dell'evoluzione demografica, della tecnologia digitale e del degrado ambientale. Il documento sottolinea la necessità di avviare un processo capace di favorire l'interazione tra lo spazio europeo dell'istruzione e della formazione permanente e lo “Spazio europeo della ricerca” per stimolare, in particolare, l'interesse dei giovani verso professioni di natura scientifica e tecnologica (Commissione europea 2001, p. 3).

La Comunicazione offre una definizione di formazione permanente, descrivendola come “qualsiasi attività di apprendimento intrapresa nelle varie fasi della vita al fine di migliorare le conoscenze, le capacità e le competenze in una prospettiva personale, civica, sociale e/o occupazionale” (Commissione europea 2001, p. 39). Al di là dell'enfasi posta sulla continuità cronologica (da prima della scuola a dopo la pensione), l'apprendimento permanente, dunque, ricopre l'intera gamma di modalità di apprendimento formale, non formale e informale e valorizza la centralità del discente, l'importanza delle pari opportunità e la qualità e pertinenza delle opportunità d'apprendimento. L'ampiezza della definizione consente di riflettere sui diversi aspetti che compongono i processi di apprendimento e, in particolare, sulle attività di apprendimento formale, non formale e informale per cui il documento offre le seguenti definizioni:

- “l'apprendimento formale è erogato tradizionalmente da un'istituzione di istruzione o formazione, strutturato (in termini di obiettivi di apprendimento e tempi o risorse per

l'apprendimento) e sfociante in una certificazione. L'apprendimento formale è intenzionale dal punto di vista del discente". Tale apprendimento avviene, dunque, in contesti istituzionali specifici come la scuola e, dal punto di vista dei contenuti, si riferisce sostanzialmente alle discipline oggetto del programma di studi;

- "l'apprendimento informale è quello risultante dalle attività della vita quotidiana legate al lavoro, alla famiglia o al tempo libero. Non è strutturato (in termini di obiettivi di apprendimento, di tempi o di risorse) e di norma non sfocia in una certificazione. L'apprendimento informale può essere intenzionale, ma nella maggior parte dei casi non lo è (ovvero è "fortuito" o casuale)". Questo apprendimento è legato a situazioni in cui si è pienamente coinvolti, si impara facendo - il cosiddetto *learning by doing* - e i contenuti non sono organizzati poiché il sapere è connesso ad azioni finalizzate e alla soluzione di problemi;
- "l'apprendimento non formale è quello non erogato da un'istituzione d'istruzione o formazione e che non sfocia di norma in una certificazione. Esso è peraltro strutturato (in termini di obiettivi di apprendimento, di tempi o di risorse per l'apprendimento). L'apprendimento non formale è intenzionale dal punto di vista del discente". Quest'ultimo tipo di apprendimento ha solitamente luogo al di fuori del programma previsto dall'istruzione formale, è finalizzato a favorire lo sviluppo personale e sociale dei partecipanti e avviene intenzionalmente sulla base di una scelta dei soggetti ovvero di chi è responsabile della loro formazione.

Gli apprendimenti formale, informale e non formale hanno luogo in quell'articolato intreccio di connessioni che si verificano tra la scuola, la famiglia, la società, la politica e i media e hanno in comune il riconoscimento del ruolo centrale del discente, per cui tali processi devono essere resi attraenti in termini di cittadinanza attiva, di autorealizzazione e di inserimento professionale. Di seguito, una rappresentazione grafica di quanto sopra detto:

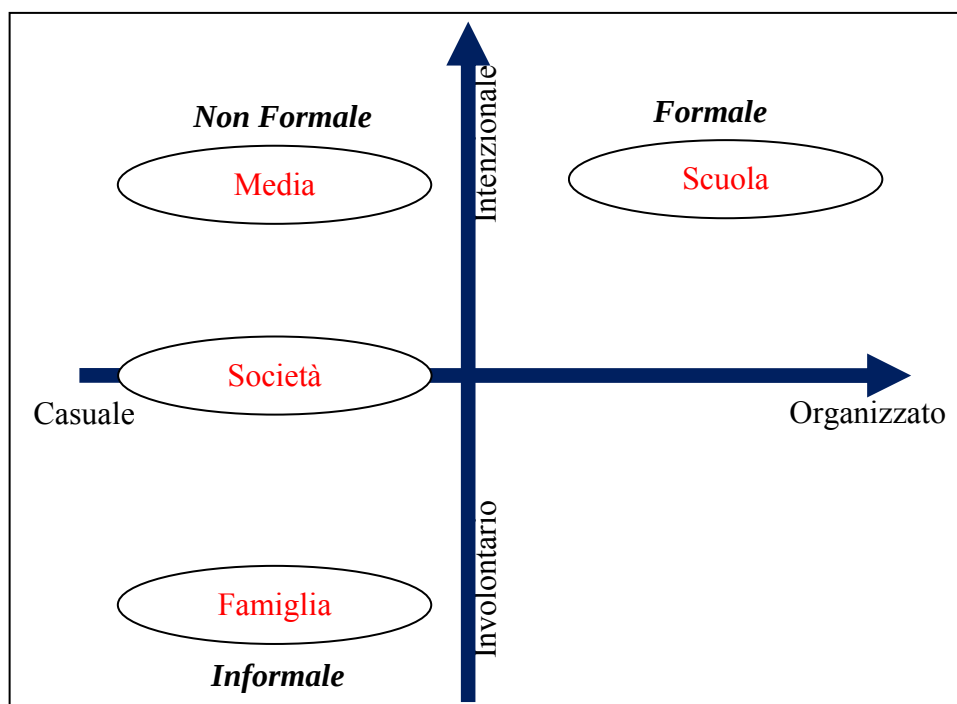


Figura 10: Apprendimenti formale, informale e non formale

Una didattica capace di integrare i vari contesti dell'apprendimento, nonché di avvicinare le modalità educative a quelle esperienziali della vita quotidiana introduce, tra gli studenti, l'abitudine alla cittadinanza attiva e consente, agli insegnanti, di innovare il proprio ruolo in facilitatore di un processo di scoperta che vede protagonisti gli studenti. L'importanza di una nuova dinamica d'apprendimento è riconosciuta dalla Commissione europea, che valorizza le esperienze didattiche condotte al di fuori delle tradizionali aree deputate alla formazione.

2.5 Quale scienza insegnare? Teoria didattica della Trasposizione

Qual è il rapporto esistente tra scienza e scienza insegnata? Quello che leggiamo sui manuali scolastici è la scienza o, proprio perché insegnata, rappresenta qualcos'altro? Tali domande non afferiscono solamente alle materie scientifiche, bensì a tutte le discipline scolastiche. Verret e Chevallard, due studiosi francesi di didattica, hanno fondato su queste domande la loro analisi sul processo di trasposizione didattica e hanno utilizzato, a tal proposito, strumenti della psicoanalisi, della linguistica e della filosofia della scienza⁶⁹.

L'idea di base è che nel complesso meccanismo della trasposizione didattica giochino un ruolo chiave elementi sociologici, psicologici e soprattutto le modalità del rapporto con il sapere. Con trasposizione didattica si intende quel "lavoro che di un oggetto del sapere da insegnare fa un

⁶⁹ Il primo a occuparsi esplicitamente di trasposizione didattica, coniandone anche il termine, è stato Yves Chevallard, disciplinarista francese della matematica. E', infatti, nell'ambito della didattica della matematica e delle scienze che il tema della trasposizione trova innanzitutto campo; ciò probabilmente per la complessità e l'astrattezza degli oggetti di studio di queste discipline e dunque per la necessità di ridefinirne la forma affinché possano essere compresi da un pubblico non esperto.

oggetto di insegnamento” (Chevallard 1985, p. 39), ovvero è quel processo in base al quale dei contenuti disciplinari vengono scelti per essere insegnati e vengono ristrutturati al fine di acquisire una forma scolastica, insegnabile e apprendibile. Il sapere scientifico non si trasmette automaticamente: sono necessari meccanismi specifici capaci di assicurarne il passaggio dal dominio del *savant*⁷⁰ a quello didattico. Questo transito determina una trasformazione dell’ambito epistemologico del sapere, generando, nel momento in cui tale sapere viene insegnato, qualcosa di completamente diverso.

Il dominio della didattica è completamente diverso da quello del *savoir*, così come il modo di conoscere dello scienziato è spesso molto diverso da quello che si propone all’alunno nell’insegnamento tradizionale. Nella scuola, secondo Verret (1975), avviene una trasformazione burocratica del sapere, rendendolo parcellizzato, depersonalizzato, finalizzato alla valutazione dell’alunno, suscettibile di controllo sociale. Se in Verret è più forte l’analisi sociologica, per Chevallard, matematico e studioso di didattica della matematica, è più importante vedere i meccanismi e i processi di trasformazione della conoscenza: l’insegnante agisce in un sistema didattico costituito da insegnanti, allievi e *savoirs enseignés* e, più in generale, in un sistema di insegnamento che include, oltre agli elementi del primo, anche l’ambiente che circonda la scuola. Un qualsiasi argomento scientifico e/o culturale, introdotto nel contesto di una istituzione scolastica, tende ad assumere significati diversi da quelli di origine: valori morali, estetici o sociali intervengono nel processo di trasformazione didattica allontanando sempre più il *savoir enseigné* dal *savoir*. La scienza, secondo Chevallard, è per l’insegnante qualcosa di molto lontano che è stato sostituito con i saperi da insegnare elaborati da autori di manuali, pedagogisti e politici dell’istruzione. I docenti, in modo particolare nella scuola primaria, non fanno appello all’epistemologia disciplinare quando preparano le loro lezioni o i loro percorsi didattici, bensì a un sapere che ha compiuto già due passaggi nel processo di trasposizione didattica: il primo è quello che da “sapere sapiente” lo ha fatto diventare “sapere da insegnare” (Chevallard 1985), introducendolo nei programmi o nelle indicazioni ministeriali; il secondo è quello che, da un lato, ha tradotto le indicazioni ministeriali in proposte didattiche grazie all’operato di disciplinaristi del settore e, dall’altro, ha inserito tali proposte nei manuali scolastici o in riviste e guide didattiche.

Il processo di insegnamento nella scuola è molto diverso dal processo di ricerca: in quest’ultimo un problema risolto può svilupparne altri o rinviare a tappe precedenti. Nell’insegnamento, invece, si procede, nella maggior parte dei casi, secondo uno sviluppo lineare, articolato in sequenze e misurabile in termini di apprendimento.

⁷⁰ Il termine francese *savant* può essere tradotto in italiano con il significato di sapiente, erudito, colto, dotto; in questo contesto si intende sapere “sapiente”.

La risposta alle difficoltà, secondo Chevallard, è un intervento dall'esterno: la riorganizzazione e l'innovazione dei saperi, con la sostituzione di quelli che determinano le difficoltà più evidenti, sono sostituiti da altri potenzialmente considerati più efficaci, motivanti e in grado di introdurre una diversa scansione didattica. Questo processo si realizza solitamente con riforme dei programmi o innovazioni e sperimentazioni didattiche.

2.6 Come insegnare la scienza? Didattica delle discipline scientifiche

La didattica è considerata una disciplina che si riferisce tanto alla progettazione dell'insegnamento, quanto alla conoscenza di modalità operative che possano assicurare l'efficacia formativa. È una tecnica, ma non è soltanto questa: è l'applicazione, svolta in modo sistematico e metodico, di una teoria psicopedagogica (Trisciuzzi 2001). Nell'uomo l'apprendimento, pur essendo un processo spontaneo, avviene soprattutto mediante attività di insegnamento, cioè percorsi di apprendimento volti a precise finalità. Per ciascuna finalità si devono individuare metodi appropriati e questo è il compito proprio della didattica.

I metodi di insegnamento hanno subito una notevole evoluzione attraverso le epoche storiche: i progressi nel campo delle tecnologie della comunicazione hanno arricchito il patrimonio di strumenti usati per l'insegnamento, dandogli un potente impulso. La didattica elabora e sperimenta procedimenti, tecniche e strumenti da applicare all'istruzione. Fin dall'antichità sono state perciò create istituzioni in cui realizzare forme strutturate di insegnamento, che richiedono un ambiente, dotato di appositi spazi (come aule, laboratori) e attrezzature, e il lavoro di professionisti specializzati (gli insegnanti). Dal Rinascimento in poi la scuola e le università rappresentano le principali istituzioni formative.

I metodi didattici mutano in funzione delle materie insegnate: i metodi per apprendere una nuova lingua, per esempio, sono molto diversi da quelli utili per acquisire concetti matematici (Lastrucci 2005). Storicamente, nel campo dell'insegnamento delle discipline scientifiche si rilevano due approcci: il metodo deduttivo e il metodo induttivo

2.6.1 Gli approcci pedagogici: deduttivo e induttivo

Il metodo deduttivo è quello classico legato al procedimento che passa dal generale al particolare, da una premessa a una conclusione. Il metodo deduttivo, tipico della filosofia scolastica, venne chiamato anche "a priori", ideale, soggettivo, sintetico (Trisciuzzi 2001).

In questo metodo, definito come un processo di trasmissione *top-down*, si parte da un assioma, che si dà per certo e assoluto, o da una ipotesi di lavoro, e si deducono le leggi implicate (tipico delle leggi filosofiche e matematiche): l'insegnante presenta i concetti, le loro implicazioni logico-deduttive e fornisce esempi di applicazioni, mentre gli studenti devono essere capaci di

utilizzare nozioni astratte, cosa che rende difficile cominciare l'insegnamento delle discipline scientifiche prima del livello secondario d'istruzione (Commissione europea 2007 Rapporto Rocard).

Il metodo induttivo, che prevalse nella prima metà del secolo XVII, è considerato tipico della scienza e fu definito “a posteriori”, sperimentale, analitico. Con il metodo induttivo si cercano le leggi partendo dal particolare e ricostruendo il tragitto tipico delle scienze applicate (Trisciuzzi 2001). Quest'ultimo approccio pedagogico, promosso nel 2007 dalla Commissione europea con la pubblicazione del Rapporto *Science Education Now: a Renewed Pedagogy for the future of Europe*, conosciuto anche come Rapporto Rocard, è stato ridefinito come *Inquiry Based Science Education*⁷¹ (IBSE) o *Inquiry Based Learning* (IBL). Questo metodo, definito come un processo di trasmissione *bottom-up*, prevede una sequenza di fasi innovativa rispetto ai consueti modi di fare lezione: gli studenti si confrontano con l'oggetto di studio (fenomeno biologico, variabili climatiche, livelli d'inquinamento, strumenti di misura, etc.), si pongono domande, formulano ipotesi, le verificano attraverso esperimenti e ne discutono i risultati⁷².

Per l'applicazione di questo metodo in classe può essere utilizzato il *5E Model*, un modello didattico basato sull'*inquiry* che propone una sequenza di insegnamento-apprendimento fondata su cinque fasi e che può essere utilizzato dagli insegnanti per progettare interi programmi, unità specifiche o singole lezioni⁷³. Le cinque fasi sono le seguenti: *Engagement, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*.

1. *Engagement*: l'attività inizia con l'osservazione di un fenomeno su cui gli studenti sono invitati a riflettere e a porsi domande. In questa fase i discenti sono lasciati liberi di esprimere le proprie opinioni e osservazioni, sarà compito dell'insegnante raccogliere quelle più

⁷¹ L'IBSE non è un singolo metodo pedagogico, ma un approccio all'insegnamento e all'apprendimento delle scienze che ha caratteristiche che possono essere implementate in vari modi e che derivano dall'analisi delle modalità di apprendimento degli studenti, dalla natura della ricerca scientifica e da una attenta riflessione sui contenuti fondamentali da imparare.

⁷² Le metodologie didattiche trovano il loro fondamento innanzitutto all'interno della riflessione pedagogica e, più in generale, delle scienze dell'educazione. In questo caso il riferimento pedagogico-metodologico principale è quello del costruttivismo, movimento che, da una parte, è il prodotto della ricerca psicopedagogica più recente e, dall'altra, rappresenta la sintesi delle riflessioni dei psicopedagogisti più importanti dell'ultimo secolo come Dewey, Piaget, Vygotskij e Bruner (Calvani 1998). Per il costruttivismo l'apprendimento si può realizzare se lo studente è posto al centro del processo di costruzione della sua conoscenza, se è attivo sul piano cognitivo e se il processo di insegnamento-apprendimento considera le complesse dinamiche relazionali che possono facilitare o ostacolare la costruzione della conoscenza.

⁷³ Il modello rientra tra le diverse proposte del learning cycle: si tratta di un modello di insegnamento basato sull'*inquiry* che deriva dalle idee costruttiviste e dallo sviluppo della teoria di Jean Piaget; è attribuito a Rodger Bybee del Biological Science Curriculum Study (BSCS) e può essere utile agli insegnanti per progettare materiali e strategie di insegnamento delle scienze. Per quanto riguarda Jean Piaget, egli sostiene che i bambini siano dei costruttori attivi di conoscenza che, attraverso l'esperienza, costruiscono il proprio sistema cognitivo. In particolare, il gioco, l'esplorazione, il lavoro in gruppi favoriscono l'apprendimento perché attivano processi di comunicazione che consentono ai bambini di costruire attivamente il proprio bagaglio conoscitivo.

significative ai fini dell'esperienza. Lo scopo è quello di attirare l'attenzione, stimolare la curiosità, indurre la sensazione di volerne saperne di più.

2. *Explore*: raccolte le domande su ciò che si desidera indagare, si indirizzano gli studenti verso la fase sperimentale, chiedendo loro di ideare un esperimento che possa dare delle risposte. È importante che l'insegnante sia pronto a ricevere suggerimenti e proposte anche dagli studenti che intendano sperimentare il fenomeno in modo diverso, affiancando tali idee a quelle del modulo didattico. È fondamentale che gli studenti identifichino le variabili in gioco e le sperimentino. Lo scopo è registrare dati, isolare variabili, creare grafici e analizzare i risultati.
3. *Explain*: gli studenti vengono introdotti a modelli, leggi e teorie, si fornisce un vocabolario che permetta loro di spiegare in modo scientificamente rigoroso i risultati delle proprie esplorazioni, stimolando la ricerca autonoma sul contesto studiato.
4. *Elaborate*: gli studenti elaborano quanto hanno scoperto nelle fasi precedenti applicandolo ad altre situazioni che possano fare emergere nuove domande e ipotesi da esplorare. I discenti dovrebbero raggiungere il trasferimento dell'apprendimento.
5. *Evaluate*: quest'ultima fase prevede la realizzazione di un prodotto finale che sarà valutato mediante autovalutazione, valutazione dei membri del proprio gruppo e valutazione da parte dell'insegnante. Il prodotto finale potrà essere discusso in vario modo: davanti agli insegnanti e ai ricercatori, in un'occasione apposita.

Seguendo le fasi descritte in questo modello didattico, lo studente è in grado di costruire la propria comprensione partendo da esperienze e idee nuove: egli è posto al centro del processo di costruzione della sua conoscenza, è attivo sul piano cognitivo e immerso in dinamiche relazionali e sociali che influiscono sulla costruzione della conoscenza. L'uso della discussione tra pari - *peer-to-peer* - nell'apprendimento della scienza modifica il contesto della classe: l'educatore americano Jerome Bruner (2001) vede i discenti come una "comunità" che interagisce, scambiando conoscenze e producendone di nuove attraverso il confronto. Il contesto *peer-to-peer* favorisce anche l'emergere di conoscenza tacita (Polanyi, 1967), cioè di quell'insieme di competenze non esprimibili in un discorso esplicito (Castellani 2012).

La possibilità di utilizzare una metodologia che guida la realizzazione di un progetto in tutte le sue fasi favorisce negli studenti un atteggiamento di curiosità cognitiva, motivando l'osservazione e la scoperta. La metodologia del porsi domande prevede un modello di insegnamento-apprendimento che parte dalla formulazione delle ipotesi e, con rigore procedurale, le analizza e studia strategie di soluzione che passano attraverso l'esperienza, la scelta di osservazioni appropriate e la loro determinazione sperimentale. Questo approccio offre

agli studenti una maggiore conoscenza dei principi di base del metodo scientifico e aiuta il dialogo tra scienza e società perché è in grado di creare consapevolezza e linguaggi comuni su cui innestare l'oggetto di comunicazione (Costa, Susa 2016, pp. 125-132). L'IBSE si configura, dunque, come un approccio idoneo a promuovere negli studenti l'alfabetizzazione scientifica, di cui abbiamo riportato la definizione nel primo capitolo.

Oltre a favorire e sostenere la diffusione del metodo scientifico tra gli studenti, è altrettanto importante mostrare gli aspetti professionali e umani della figura del ricercatore e promuovere le carriere scientifiche. La scelta di argomenti potenzialmente interessanti per un pubblico giovane e la possibilità di entrare in contatto diretto con il mondo della ricerca scientifica può contribuire a costruire un'immagine più corretta e significativa della scienza e a valorizzare i suoi contributi al benessere e alla crescita della società nel suo complesso.

Nel capitolo terzo analizziamo i fattori che incidono sulla scelta della professione da parte degli studenti e introduciamo la relazione tra Spazio ed educazione, illustrando quanto fatto dagli enti di ricerca spaziali per favorire e sostenere la formazione e l'apprendimento delle materie tecnico-scientifiche.

CAPITOLO TERZO

SPAZIO ED EDUCAZIONE SCIENTIFICA

La scienza è uno strumento fondamentale di conoscenza e comprensione del mondo nel quale viviamo, tuttavia spesso essa è vista come una mera tecnologia troppo complicata destinata all'utilizzo da parte di pochi eletti. Probabilmente anche questa è una delle ragioni per cui i giovani sono sempre più riluttanti a intraprendere una carriera in ambito scientifico. Fin dalla scuola primaria è importante preferire l'adozione di un approccio didattico capace di stimolare l'investigazione da parte degli studenti ad un apprendimento forzato di nozioni che non sempre consentono la comprensione del mondo e dei fenomeni naturali (Clementi, Serianni 2015, pp. 11-12). Allo stesso tempo è fondamentale incrementare la conoscenza tra gli studenti delle carriere e delle professioni afferenti ai comparti della scienza, della tecnologia, dell'ingegneria e della matematica. La progettazione di iniziative finalizzate alla promozione di tali carriere dovrebbe considerare almeno uno dei fattori che incidono sulla scelta della professione da intraprendere: la scuola, le informazioni sulla carriera, l'elemento psicologico e il contesto sociale e ambientale.

3.1 I fattori che incidono sulla scelta delle professioni

La scuola rappresenta un fattore cruciale nel processo di scelta di una carriera in ambito tecnico-scientifico: gli studenti maggiormente coinvolti durante l'*iter* scolastico nelle discipline scientifiche e nelle loro applicazioni sono quelli che hanno una probabilità più elevata di scegliere una carriera in questi settori. Una conoscenza approfondita, acquisita nel periodo scolastico, delle tematiche legate alle materie tecnico-scientifiche consente, infatti, allo studente di apprezzare lo studio di queste discipline, mentre un'esperienza negativa sembra dissuaderli dal perseguire studi in tali ambiti, agendo da barriera alle aspirazioni di carriere scientifiche (Cleaves 2005). Dunque, programmi e iniziative educative destinate a migliorare le conoscenze e le abilità degli studenti nelle materie STEM, mediante opportuni approcci didattici, possono contribuire ad aumentare il peso del fattore scuola nel processo di scelta professionale dello studente. Una conferma dell'utilità di tali iniziative deriva dall'esperienza della *Scientific Summer Academy* (SSA), portata avanti nella Regione Piemonte dal Centro Interuniversitario Agorà Scienza⁷⁴ e rivolta agli studenti del terzo e quarto anno delle scuole secondarie di secondo

⁷⁴ La *Scientific Summer Academy* è un progetto di educazione scientifica ideato dal Centro Interuniversitario Agorà Scienza in collaborazione con la Fondazione Giovanni Agnelli e supportato, nel corso degli anni, dalla stessa Fondazione, dall'Ufficio Scolastico Regionale del Piemonte, dalla Compagnia di San Paolo e dall'Unione europea

grado: un'indagine del 2015 fra gli studenti delle edizioni dal 2010 al 2014 della SSA ha mostrato che la grande maggioranza dei partecipanti era iscritta a un corso di laurea scientifico (Costa, Susa 2016, pp. 129-132).

La consapevolezza e la conoscenza tra gli studenti della varietà dei percorsi di carriera e delle opportunità professionali rappresenta un altro fattore chiave in grado di influenzare la decisione finale. Tuttavia, indagini condotte in Inghilterra nel 2013 e nel 2016 sulle aspirazioni di carriera dei giovani in ambito scientifico, hanno messo in evidenza che durante l'iter scolastico le informazioni sulle carriere scientifiche sono poche e offerte tardi (Archer, Osborne, DeWitt, Dillon, Wong, Willis 2013; Archer, Moote 2016). Gli incontri con esperti e professionisti, così come le visite presso centri di ricerca e industriali, possono contribuire a rendere i giovani più consapevoli nel momento della scelta perché rappresentano momenti formativi e informativi capaci di prospettare scenari lavorativi concreti.

Per quanto riguarda l'influenza del fattore psicologico, è possibile immaginare che la principale domanda che gli studenti si pongano al momento di scegliere il proprio percorso professionale sia: "questa carriera è adatta a me?". La risposta a tale quesito mette in relazione i tratti individuali di ognuno con gli elementi caratteristici di una data professione e con i compiti e le responsabilità che la contraddistinguono. Pertanto, un individuo, prima di decidere quale carriera intraprendere, dovrebbe conoscere in modo approfondito le proprie abilità e i propri valori in modo da stimare correttamente il suo livello di ambizione (Bandura, Barbaranelli, Caprara, Pastorelli 2001). In realtà, ciò che porta gli studenti a scegliere di intraprendere una formazione negli ambiti scientifici e tecnologici è la fiducia nei propri mezzi per riuscire in questi percorsi (Cleaves 2005) associata a buone prospettive di carriera. Le simulazioni di ruolo e degli scenari lavorativi rappresentano utili occasioni per formare nello studente il concetto di sé e della propria identità, anche in considerazione del fatto che gli individui si identificano più facilmente con le attività rispondenti alle proprie caratteristiche (Savickas, Nota, Rossier, Dauwalder, Duarte, Guichard, Soresi, Van Esbroeckf, van Vianeng 2009, pp. 239-250.).

Sulla scelta delle professioni incidono, infine, i fattori sociali e ambientali che, a loro volta, agiscono sulla percezione sociale delle professioni. Le aspirazioni degli studenti sono, infatti, influenzate dalla percezione che i genitori hanno delle potenzialità dei propri figli; dalla valutazione che gli insegnanti fanno dei propri studenti e dal modo in cui l'opinione pubblica e la società in generale considerano determinate carriere. Per quanto riguarda le professioni tecnico-scientifiche, è generalmente diffusa la sensazione che la difficoltà delle discipline rappresenti un

(attraverso il progetto *PE2020 – Public Engagement2020*). Nell'ambito dell'iniziativa 50 studenti ogni anno prendono parte a una settimana di formazione, esperienza e riflessione sulla scienza e la ricerca. La SSA è composta da lezioni frontali e attività di laboratorio.

ostacolo per l'accesso alle carriere. Ostacoli che diventano vere e proprie barriere se ad aspirare a queste professioni sono le ragazze a cui, ancora oggi, sono assegnate differenti aspettative di carriera (Fouad 2007). Anche se con il passare degli anni tra le donne diminuisce la percezione che alcuni lavori siano più consoni a uno dei due generi, esse continuano a ricercare e a voler portare avanti lavori appropriati al proprio genere. Appare opportuno, quindi, affrontare questo problema di genere, favorendo tra le ragazze lo sviluppo di una forte fiducia nelle proprie capacità e la consapevolezza di un'importante presenza femminile nei campi della matematica e della scienza.



Figura 11: Fattori coinvolti nel processo di scelta della professione

In linea con quanto rappresentato da Archer (2013), appare opportuno sottolineare che la propensione degli studenti verso le scienze inizia a calare già verso i 10/11 anni di età, rilevando un picco tra i 10 e i 14 anni. Per quanto precede, sebbene siano gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado quelli più vicini a effettuare la scelta della facoltà e quindi della carriera, uno sforzo maggiore dovrebbe essere fatto già a partire dalla scuola primaria affinché gli studenti mantengano e accrescano il proprio interesse per le STEM.

3.2 Lo Spazio come contesto per l'insegnamento e l'apprendimento delle STEM

Gli studenti, prima di ricevere informazioni adeguate, sviluppano preconcetti su determinati fenomeni (Driver, Squires, Rushworth, Wood-Robinson 1994). Queste concezioni, solitamente, differiscono dall'interpretazione scientifica, si formano in giovane età e rappresentano una barriera che interferisce con l'apprendimento e l'acquisizione di nuove conoscenze. Come già messo in evidenza in questo lavoro, le iniziative destinate a stimolare e a mantenere l'interesse degli studenti verso le discipline scientifiche non possono prescindere dal considerare il

pubblico di riferimento, al fine di assicurare che le singole azioni siano efficaci e rispondenti alle reali esigenze dei destinatari. I contenuti insegnati a scuola, secondo la teoria della trasposizione didattica di Chevallard (1985), devono essere una selezione delle conoscenze scientifiche e non una loro *diminutio*, una trasformazione, in definitiva, della conoscenza originale capace di far comprendere agli studenti i concetti chiave e, successivamente, le nozioni scientifiche più complesse.

Se è importante utilizzare un approccio pedagogico capace di motivare e supportare gli studenti, consentendo loro di sviluppare modelli adeguati attraverso l'indagine e la promozione del pensiero critico, altrettanto rilevante è proporre un contesto di insegnamento e apprendimento in grado di coinvolgere gli studenti nello studio delle discipline scientifiche: la conoscenza può, infatti, essere condizionata da una serie di circostanze ovvero da un contesto (Bransford, Brown, Cocking 2000).

I programmi spaziali rappresentano un'opportunità straordinaria per le attività di educazione scientifica, vista la grande attrattività che esercitano nell'immaginario collettivo. Il settore spaziale può rappresentare una risorsa ideale per realizzare un percorso univoco di avvicinamento alle materie tecnico-scientifiche che, a partire dalle scuole primarie, porti lo studente sino alla soglia della formazione universitaria. In quest'ottica, lo Spazio può essere considerato come un contesto di insegnamento-apprendimento motivante per le materie tecniche e scientifiche, che attrae l'interesse degli studenti perché in grado di stimolare la loro immaginazione, aprendo le porte a molteplici vocazioni. Fare leva su questa curiosità può essere utile per incoraggiare nei giovani un interesse più profondo per la scienza e la tecnologia e per creare quel bacino di scienziati, ricercatori e tecnici di cui l'Europa ha bisogno per diventare l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo.

Quel che accade al di sopra delle nostre teste, oltre le nuvole e tra i pianeti, affascina l'opinione pubblica, che trepida per le gesta degli astronauti. Oltre all'aspetto epico e coinvolgente delle missioni spaziali, il settore è in grado di contribuire in modo significativo alla crescita e all'occupazione in Europa perché fornisce tecnologie e servizi ormai indispensabili alla società; concorre a fronteggiare le sfide del futuro, come il cambiamento climatico; aumenta la conoscenza che abbiamo del nostro pianeta e dell'universo e, allo stesso tempo, irrobustisce l'identità, la coesione e la sicurezza europea. Lo Spazio, dunque, è anche una filiera produttiva e un comparto di grande rilievo e di sicuro sviluppo: è ormai normale parlare di *space economy*, basti pensare allo sfruttamento commerciale dei dati satellitari, ed è consolidata l'idea che a

fronte dell'investimento di un euro in ambito spaziale, il ritorno può essere sei o otto volte tanto (Platinum 2017).⁷⁵

In uno scenario economico, politico e sociale in cui le attività spaziali sono sempre più influenti sulla vita dei cittadini, sulla crescita economica e sulla competitività in ambito internazionale, la progettazione e la realizzazione di attività di educazione e di formazione in questo contesto rivestono un ruolo chiave, anche per l'Italia. La scienza spaziale, oltre a essere come detto un tema particolarmente affascinante e un ambito che solitamente scatena la fantasia e promuove la curiosità, aggrega conoscenze provenienti da diverse discipline ed è potenzialmente legata a molte materie scolastiche.

L'esigenza di avvicinare i ragazzi alle STEM sfruttando il potenziale dello Spazio per arginare il preoccupante fenomeno della fuga dagli studi di carattere tecnico-scientifico è avvertita dalle agenzie spaziali di tutto il mondo che lavorano a specifici programmi educativi per attirare l'attenzione di bambini e giovani e per orientarli nella scelta degli studi.

3.3 Il rapporto tra Spazio ed educazione

L'educazione e la diffusione della cultura scientifica rappresentano una parte importante delle finalità istituzionali delle agenzie spaziali sin dalla loro creazione. La relazione tra Spazio ed educazione può essere, infatti, identificata già nell'atto con cui il Congresso statunitense approva, nel luglio del 1958, l'istituzione della *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) attraverso il *National Aeronautics and Space Act of 1958*⁷⁶.

Il monito alla creazione della NASA va individuato nel successo del lancio dello *Sputnik I*, il primo satellite di ricerca scientifica artificiale, da parte dell'Unione Sovietica il 4 ottobre 1957 durante l'Anno Geofisico Internazionale⁷⁷. Questo avvenimento ebbe un forte valore simbolico: per l'opinione pubblica mondiale, infatti, esso indicava l'ingresso in una nuova era, quella che venne subito battezzata come "Era spaziale".

⁷⁵ Il settore spaziale mondiale è una nicchia di alta tecnologia con un'organizzazione economica e istituzionale complessa. Nel 2013 almeno 900.000 persone nel mondo lavoravano per lo spazio. Tale "ecosistema" comprende le amministrazioni pubbliche (agenzie spaziali, dipartimenti spaziali nelle organizzazioni civili e militari), l'industria manifatturiera spaziale (costruzione di missili, satelliti, infrastrutture terrestri); i fornitori diretti dell'industria spaziale (componenti) e il più ampio settore dei servizi spaziali (principalmente i satelliti commerciali di telecomunicazioni). Tuttavia, tali stime non tengono conto delle università e delle istituzioni di ricerca, che svolgono anch'esse un ruolo centrale nella R&S, quali destinatarie di appalti pubblici e ideatrici di gran parte delle innovazioni del settore spaziale (OECD 2014).

⁷⁶ Il "*National Aeronautics and Space Act of 1958*", Public Law 85-568, è firmato dal Presidente Dwight D. Eisenhower il 29 luglio 1958. U.S. Government Printing Office 30 November 2014 <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-72/pdf/STATUTE-72-Pg426-2.pdf>.

⁷⁷ Negli anni Cinquanta ebbe luogo un'importante iniziativa di cooperazione scientifica internazionale, promossa dall'*International Council of Scientific Unions* (ICSU), ossia l'Anno Geofisico Internazionale, al quale parteciparono sessantasei Paesi. L'obiettivo era lo svolgimento di ricerche sulla struttura degli strati superiori dell'atmosfera durante il periodo di più intensa attività solare previsto nel 1957-1958: la durata di questo "Anno" era prevista dal luglio 1957 al dicembre 1958 (De Maria, Orlando, Paoloni, Rea 2011).

Il lancio dello *Sputnik II* nel mese di novembre suscitò un timore generalizzato nell'opinione pubblica occidentale e una forte pressione politica sull'amministrazione del Presidente degli Stati Uniti Eisenhower, che reagì con un robusto aumento delle spese in ricerca e sviluppo, sia militari sia civili, e rafforzando la struttura istituzionale della ricerca aerospaziale. Già prima dello *Sputnik* la Conferenza parlamentare della NATO (*North Atlantic Treaty Organization*) aveva creato un gruppo di lavoro per analizzare e ridurre il supposto svantaggio tecnico-scientifico del mondo libero rispetto al mondo comunista; dopo l'ottobre del 1957 questo gruppo stilò il documento *Trained Manpower for Freedom* in cui il satellite sovietico era considerato un indicatore della qualità e della quantità delle risorse umane del blocco comunista, in termini di scienziati e ingegneri, e della tendenza al suo ulteriore rafforzamento. La propaganda sovietica, da parte sua, presentava il satellite come una prova della superiorità del socialismo.

Lo *Sputnik* finì per essere l'elemento catalizzatore delle vecchie paure e dei nuovi allarmi del pubblico, costituendo un'occasione per reclamare il potenziamento della scienza come elemento chiave nella difesa delle democrazie occidentali. Quanto affermato da Vannevar Bush nel 1945 nel suo *Science. The endless Frontier* sulla scienza come fattore di ricchezza, sviluppo e sicurezza sembrava confermato dagli avvenimenti storici. Se negli Stati Uniti si era già verificato durante la guerra un fortissimo sviluppo delle istituzioni di ricerca scientifica e tecnologica, l'Europa era stata meno pronta a cogliere l'importanza del legame tra politiche pubbliche, ricerca e sviluppo: lo *Sputnik* spinse tutti i governi del Vecchio Continente ad avviare, dalla fine degli anni Cinquanta, politiche di organizzazione del sistema della ricerca. La creazione degli organismi nazionali e internazionali per la ricerca spaziale va visto in questo contesto (De Maria, Orlando, Paoloni, Rea 2011, pp. 28-29).

Il clima di tensione generato negli Stati Uniti dal lancio dello *Sputnik* sovietico non fu dovuto semplicemente alla paura della guerra fredda, ma anche ai presunti fallimenti del sistema educativo statunitense. Il lancio dello *Sputnik*, almeno in retrospettiva, è stato interpretato come un fallimento del sistema educativo americano e ha portato, nel settembre del 1958, all'approvazione del *National Defense Education Act*⁷⁸, che viene considerato la pietra angolare della risposta americana allo *Sputnik* sovietico. La legge ha contribuito a rimodellare il sistema di istruzione negli Stati Uniti, attraverso massicci finanziamenti da parte del governo federale, e ha conferito alla formazione in ambito scientifico e tecnologico legittimità e lo scopo ideologico di garantire la sicurezza nazionale e l'avanzamento delle conoscenze scientifiche.

L'esperienza statunitense è da monito alla comunità spaziale europea che, nel 1975, nella Convenzione che istituisce l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) riconosce all'educazione un ruolo

⁷⁸ Il *National Defense Education Act*, Public Law 85-864, è approvato il 2 settembre 1958. http://www.edu.oulu.fi/tohtorikoulutus/jarjestettava_opetus/Troehler/NDEA_1958.pdf.

centrale tra le finalità della neonata agenzia. Oggi, in modo simile a quanto fatto da NASA ed ESA, la quasi totalità delle agenzie spaziali investe in attività di educazione e di diffusione della cultura spaziale, prevedendo la presenza di uffici dedicati alla realizzazione di programmi didattici.

Alla base del rapporto Spazio-educazione esiste un legame intrinseco dovuto a due fattori: da una parte, tutte le applicazioni spaziali trovano il proprio punto di origine nelle attività di ricerca eccellenti nei campi delle discipline STEM⁷⁹, dall'altra, la grande quantità delle attività legate allo Spazio, accanto al loro fine istituzionale, può essere adoperata per lo sviluppo di risorse didattiche rivolte a tutti i livelli di istruzione e per un'ampia gamma di argomenti, tra cui, in modo particolare, le STEM. Nonostante l'importanza che queste discipline rivestono nella formazione personale di ognuno, una buona parte degli europei, come abbiamo visto, trova problematico il modo in cui esse sono insegnate a scuola, con il conseguente calo di interesse per gli studi e le carriere in questi ambiti. La causa principale va riconosciuta nel modo poco attraente con cui le materie scientifiche sono insegnate nelle aule delle nostre scuole (Commissione europea 2007, Rapporto Rocard). Se la mancanza di fascino e di attrattiva può essere considerato un elemento correlato al basso livello di competenze e alla dispersione scolastica in Europa, la realizzazione di programmi e risorse didattiche basate sulla scienza spaziale assume un valore aggiunto proprio per la capacità dello Spazio di attirare l'attenzione dei giovani e di stimolare la loro motivazione (Quinn, Schweingruber, Feder 2008).

Analizzando la società europea della conoscenza, appare opportuno prestare attenzione a quanto fatto dall'ESA in questi anni nel campo dell'educazione e della diffusione della cultura spaziale, nonché alle iniziative che in Italia sono portate avanti dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). L'ESA ha, infatti, istituzionalizzato l'educazione tra i suoi obiettivi primari, dedicando cospicue risorse umane e finanziarie allo sviluppo e alla gestione di uno specifico Programma di Educazione basato sulle principali missioni scientifiche in cui è impegnata, mentre l'ASI opera per la diffusione della cultura scientifica sotto la vigilanza del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), realizzando iniziative per le scuole di ogni ordine e grado, concorsi per i più piccoli, progetti scientifici per studenti universitari, senza tralasciare la formazione e l'aggiornamento degli insegnanti.

Nei prossimi paragrafi ripercorriamo brevemente le tappe più importanti dell'istituzione dell'Agenzia Spaziale Europea e dell'Agenzia Spaziale Italiana, presentandone le finalità istituzionali.

⁷⁹ About NASA's Education Programme, <http://www.nasa.gov/offices/education/about/index.html>

3.4 L'Agenzia Spaziale Europea

Sin dagli albori dell'Era spaziale, il settore non ha mai smesso di essere considerato una realtà scientifica da investigare e un'importante fonte di crescita economica, di benessere sociale e di sviluppo sostenibile. I Paesi europei, in particolare, hanno considerato lo Spazio un *asset* strategico di fondamentale importanza per l'indipendenza, la sicurezza e la prosperità dell'Europa; un terreno fertile in cui far crescere e irrobustire la giovane cooperazione europea attraverso la creazione di un'organizzazione spaziale.

La collaborazione europea nel settore spaziale nasce ufficialmente nel 1964, tuttavia i semi dell'integrazione negli sviluppi scientifici e tecnologici furono piantati già alla fine degli anni Cinquanta da statisti scientifici di spicco. La proposta di istituire un'organizzazione europea per la ricerca spaziale, avanzata nel 1959 dal fisico italiano Edoardo Amaldi con il documento informale *Introduzione alla discussione sulla ricerca spaziale in Europa*, mette in moto un processo che sfocia nell'organizzazione di numerosi incontri della comunità scientifica europea nel corso di tutto il 1960. Il fisico italiano e i suoi interlocutori europei volevano che la ricerca scientifica nello Spazio fosse mantenuta libera dall'influenza dei militari. Non era la visione ingenua di un gruppo di idealisti, ma un punto di vista basato su solide ragioni pratiche: le bombe di Hiroshima e Nagasaki avevano suscitato molte critiche pubbliche, in Europa assai più che negli Stati Uniti, sulla libertà della scienza e del suo "asservimento" ai militari e vi era il desiderio di evitare implicazioni negative per un settore di ricerca che avrebbe richiesto un robusto sostegno economico e politico. Il modello portato ad esempio per la creazione di un'organizzazione europea spaziale era quello del Consiglio Europeo per le Ricerche Nucleari (CERN), che era stato concepito sulla base di principi tecnici e scientifici e non con finalità commerciali e politiche. Nel giugno del 1960 venne decisa a Parigi la creazione di un gruppo di studio (GEERS - *Groupe d'étude européen pour la collaboration dans le domaine des recherches spatiales*) per la collaborazione europea nel campo delle ricerche spaziali. Nel corso di quell'anno, passo dopo passo, vennero messi a punto gli aspetti organizzativi dell'*European Space Research Organization* (ESRO) - Organizzazione Europea per la Ricerca Spaziale -, le sue future relazioni con i centri di ricerca nazionali e definiti i suoi futuri centri di attività. I dettagli tecnici del trattato e la definizione dei programmi sperimentali vennero definitivamente messi a punto nella conferenza intergovernativa di Meyrin (28 novembre – 1 dicembre 1960), dove i rappresentanti di Belgio, Danimarca, Olanda, Francia, Gran Bretagna, Italia, Norvegia, Svizzera e Svezia diedero vita alla Commissione Preparatoria per le Ricerche Spaziali Europee (COPERS) per gestire la creazione dell'organizzazione nell'attesa delle ratifiche parlamentari.

La comunità scientifica dell'epoca condivideva l'idea che la scienza spaziale europea dovesse rimanere distinta, dal punto di vista organizzativo, dallo sviluppo di lanciatori. L'argomento, che era stato accantonato nei negoziati su ESRO, fu ripreso nel successivo negoziato per la costituzione di una seconda organizzazione europea, destinata a lanciare una collaborazione continentale nel settore dei lanciatori, l'*European Launcher Development Organisation* (ELDO) - Organizzazione Europea per lo Sviluppo dei Lanciatori -. Le due Convenzioni che istituiscono l'ESRO e l'ELDO entrano in vigore nel 1964.

Il percorso della cooperazione porta, successivamente, alla creazione di una nuova organizzazione, l'*European Space Agency* (ESA), derivante dall'ESRO e dall'ELDO, per favorire l'integrazione dei programmi spaziali nazionali e realizzare un programma spaziale europeo. La Convenzione istitutiva dell'ESA è firmata a Parigi il 30 maggio 1975 da Belgio, Danimarca, Francia, Germania, Italia⁸⁰, Paesi Bassi, Spagna, Svezia e Regno Unito: questi Paesi avevano constatato negli anni che "l'ampiezza delle risorse umane, tecniche e finanziarie necessarie alle attività relative al campo spaziale è tale da superare le possibilità individuali dei Paesi europei⁸¹". La Convenzione, che più tardi coinvolgerà anche altri Stati, intende proseguire e potenziare la cooperazione europea, a fini esclusivamente pacifici, nei settori della ricerca e della tecnologia spaziale e delle relative applicazioni, in vista della loro utilizzazione a scopi scientifici e per sistemi spaziali operativi di applicazioni. L'Agenzia, quindi, si configura come un viatico per accrescere l'efficacia globale dello sforzo spaziale europeo, con una migliore utilizzazione delle risorse destinate allo Spazio, e per definire un programma spaziale europeo avente fini esclusivamente pacifici, così come si legge nell'Articolo II della Convenzione ESA⁸² *"To provide for and promote, for exclusively peaceful purposes, cooperation among European states in space research and technology and their space applications and ensure the execution of fundamental activities from which education."*

Dal 1975 l'Agenzia Spaziale Europea guida lo sviluppo delle competenze che rendono possibili le attività nello Spazio. Riunendo le risorse di ventidue Stati membri⁸³, l'ESA realizza

⁸⁰ In Italia la Convenzione dell'ESA viene ratificata con la Legge 9 giugno 1977, n. 358, *Ratifica ed esecuzione della convenzione istitutiva di una Agenzia spaziale europea (A.S.E.), con allegati, firmata a Parigi il 30 maggio 1975*, Gazzetta Ufficiale n.184 del 7-7-1977.

⁸¹ Articolo I della Convenzione dell'ESA.

⁸² Articolo II della Convenzione dell'ESA: "L'Agenzia ha lo scopo di assicurare e sviluppare, a fini esclusivamente pacifici, la cooperazione fra Stati europei nel campo della ricerca e della tecnologia spaziali e delle loro applicazioni spaziali, in vista della loro utilizzazione a scopi scientifici e per sistemi spaziali operativi di applicazioni".

⁸³ I ventidue Stati membri dell'ESA sono: Austria, Belgio, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Romania, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna, Svezia, Svizzera e Ungheria. Inoltre, il Canada partecipa ad alcuni progetti in base a un accordo di cooperazione. Bulgaria, Lettonia, Lituania, Slovacchia e Slovenia sono "Stati Europei Cooperanti", mentre altre nazioni hanno siglato accordi di cooperazione con l'ESA. Come si può evincere, non tutti i Paesi membri dell'Unione europea sono membri dell'ESA e non tutti gli stati membri dell'ESA fanno parte dell'Unione

programmi e attività che vanno oltre gli interessi e le capacità di ogni singolo Paese, permettendo all'Europa di mantenersi all'avanguardia nelle attività spaziali globali. Il Consiglio è l'organo di governo dell'Agenzia Spaziale Europea, la sua funzione è quella di fornire le linee politiche di base per le attività dell'Agenzia; ogni Stato Membro è rappresentato nel Consiglio con un diritto di voto. Periodicamente questo organo si riunisce a livello ministeriale - Consiglio Ministeriale - per prendere decisioni sui programmi, nuovi o in corso, e per definire gli impegni finanziari. Il Consiglio Ministeriale dell'ESA si riunisce, inoltre, insieme al Consiglio dell'Unione europea formando il Consiglio dello Spazio europeo.

L'Unione europea e l'ESA condividono un obiettivo comune: rendere l'Europa più forte e offrire vantaggi ai propri cittadini. L'articolo 189 del Trattato di Lisbona del 2009 conferisce all'Unione europea il mandato per elaborare una politica spaziale europea, prevedendo che l'Unione stabilisca opportuni rapporti di collaborazione con l'ESA. Tra gli obiettivi strategici delle attività spaziali in Europa vi è quello di contribuire a una società basata sulla conoscenza attraverso la promozione della competitività e dell'innovazione industriale e l'accesso alle tecnologie, ai sistemi e alle capacità per assicurare l'indipendenza e la cooperazione.

L'ESA è una delle poche agenzie spaziali al mondo a operare in quasi tutti i settori dell'attività spaziale. Gli Stati membri, oltre a partecipare alle spese generali dell'Agenzia e ai programmi obbligatori, possono scegliere il loro livello di partecipazione ai programmi opzionali, finanziati *a la carte* dagli Stati partecipanti (Volo spaziale umano, Esplorazione, Osservazione della Terra, Lanciatori, Navigazione, Telecomunicazioni, Tecnologia, Operazioni). I programmi obbligatori sono divisi in due grandi aree: da una parte la Scienza spaziale, a cui gli Stati membri contribuiscono in accordo al proprio Prodotto Interno Lordo (PIL), che comprende il Sistema Solare, l'Astronomia e la Fisica Fondamentale, e, dall'altra, tutte le attività connesse allo studio e alla ricerca tecnologica, all'educazione, alle strutture, ai laboratori e alle infrastrutture di base. Periodicamente il Consiglio dell'ESA definisce obiettivi strategici e priorità d'azione per i successivi dieci anni, raccogliendo i programmi, le attività, approvate e future, e le relative risorse finanziarie nel Piano di lungo periodo. L'Allegato II del Piano di lungo periodo 2016-2025, sui piani non-programmatici, raccoglie priorità e obiettivi relativi alla *corporate governance* e alle attività di educazione, prevedendo, tra le priorità di breve periodo (2016-2018), un'ulteriore espansione delle attività di educazione con gli Stati membri e, tra gli obiettivi, di rispondere alla crescente esigenza di formazione nel campo delle STEM in Europa e

europea. L'ESA è un'organizzazione interamente indipendente, sebbene mantenga stretti legami con la Ue in base all'Accordo Quadro ESA/CE. Le due organizzazioni condividono una strategia spaziale congiunta e stanno sviluppando la politica spaziale europea secondo una visione assolutamente unitaria.

al nutrimento di una forza lavoro qualificata per le esigenze future dei programmi spaziali europei.

3.5 L'Agenzia Spaziale Italiana

A partire dal lancio dello *Sputnik 1* nel 1957, lo Spazio è stato considerato un campo di ricerca scientifico importante anche per le ricadute socio-economiche positive a esso correlate. Il successo delle numerose missioni susseguitesesi nel trentennio successivo, a cui l'Italia aveva partecipato con investimenti cospicui, sia attraverso l'adesione a programmi europei condotti dall'ELDO e dall'ESRO sia con iniziative nazionali, crea le condizioni per avviare anche nel nostro Paese la ricerca scientifica in ambito spaziale. Con lo scopo di coordinare i molteplici sforzi e investimenti che a partire dagli anni Sessanta l'Italia ha dedicato al settore⁸⁴, con la Legge 30 maggio 1988, n. 186⁸⁵ viene istituita l'Agenzia Spaziale Italiana. Il Governo assegna alla nuova Agenzia governativa le attività fino ad allora svolte dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) per la gestione del Piano spaziale nazionale, trasferendo gli impianti e le strutture del CNR per l'espletamento di tali compiti. Oggi l'Italia riveste nel settore spaziale un ruolo di primo piano tanto a livello europeo, dove è il terzo Paese contributore dell'ESA, quanto a livello mondiale, grazie alla stretta collaborazione con la NASA, con la quale ha partecipato alle più importanti missioni scientifiche degli ultimi anni.

L'ASI è un ente pubblico nazionale, assimilato agli enti di ricerca, avente il compito di promuovere, sviluppare e diffondere la ricerca scientifica e tecnologica applicata al campo spaziale e aerospaziale, nonché implementare servizi innovativi attraverso sia il coordinamento e la gestione di progetti nazionali sia la partecipazione italiana a progetti europei e internazionali. L'Agenzia, nel rispetto della Costituzione⁸⁶, è dotata di autonomia statutaria, scientifica, organizzativa, amministrativa, finanziaria, patrimoniale e contabile, ed è sottoposta alla vigilanza del MIUR. L'ente svolge funzioni di rilevante interesse sociale ed economico e, nell'attuazione dei suoi compiti, favorisce forme di sinergia tra gli enti di ricerca, le

⁸⁴ Il 15 dicembre 1964 dalla base della Nasa di Wallops Island, sulla costa orientale degli Stati Uniti, un vettore Scout lanciava il San Marco-1, una sfera di 66 centimetri con all'interno uno strumento che misurava la densità dell'atmosfera. Così l'Italia diventava il terzo Paese dopo Unione Sovietica e Stati Uniti a lanciare un satellite (Caprara 2014).

⁸⁵ Legge 30 maggio 1988, n. 186 *Istituzione dell'Agenzia spaziale italiana*, G.U. Serie Generale n.133 del 8-6-1988. Entrata in vigore della legge: 23-6-1988.

⁸⁶ Il sesto comma dell'articolo 33 della Costituzione recita che "L'arte e la scienza sono libere e libero ne è l'insegnamento. La Repubblica detta le norme generali sull'istruzione ed istituisce scuole statali per tutti gli ordini e gradi. Enti e privati hanno il diritto di istituire scuole ed istituti di educazione, senza oneri per lo Stato. La legge, nel fissare i diritti e gli obblighi delle scuole non statali che chiedono la parità, deve assicurare ad esse piena libertà e ai loro alunni un trattamento scolastico equipollente a quello degli alunni di scuole statali. È prescritto un esame di Stato per l'ammissione ai vari ordini e gradi di scuole o per la conclusione di essi e per l'abilitazione all'esercizio professionale. Le istituzioni di alta cultura, università ed accademie, hanno il diritto di darsi ordinamenti autonomi nei limiti stabiliti dalle leggi dello Stato".

amministrazioni pubbliche, le strutture universitarie e il mondo dell'impresa, assumendo modelli organizzativi tendenti alla valorizzazione, partecipazione e rappresentanza dell'intera comunità scientifica nazionale di riferimento, con particolare attenzione ai principi della Carta europea dei ricercatori (Articolo 1 dello Statuto dell'Agenzia Spaziale Italiana).

L'Agenzia, tra i suoi fini istituzionali, promuove la diffusione della cultura e delle conoscenze mediante attività di comunicazione che mirano a divulgare i risultati della ricerca all'interno del Paese. In parallelo a quanto fatto in Europa dall'ESA, l'Agenzia Spaziale Italiana si adopera per attirare i giovani verso le carriere tecnico-scientifiche, per accrescere l'interesse verso le attività spaziali e divulgare le potenzialità del settore. A tal fine l'ente realizza e partecipa a iniziative nazionali e internazionali di promozione della ricerca aerospaziale, di didattica e di comunicazione rivolte a studenti e docenti delle scuole italiane di ogni ordine e grado, offrendo progetti e prodotti educativi utili a supportare lo studio e l'approfondimento delle tematiche scientifiche connesse allo Spazio. Nel tempo l'ASI è divenuta molto attiva anche nel sostegno e nella formazione scientifica di laureandi, neolaureati e giovani ricercatori italiani nel campo dei progetti spaziali, nazionali e internazionali, promuovendo l'assegnazione di borse di studio e assegni di ricerca e favorendo, sulla base di apposite convenzioni con le università, corsi di dottorato di ricerca, anche con il coinvolgimento del mondo produttivo. In questo scenario l'Agenzia si propone come soggetto attivo che interviene a sostegno delle esigenze di formazione di figure professionali che dovranno sviluppare nuove competenze e abilità per lo sviluppo di tecnologie spaziali.

L'ente potrebbe svolgere un ruolo ancora più significativo nel coinvolgimento delle giovani generazioni proponendo percorsi di educazione e di diffusione della cultura scientifica finalizzati a creare un'interazione più forte tra scuola, università e centri di ricerca, che attualmente risulta carente in Italia, e creando un conteso scolastico informato sulle opportunità che le STEM possono offrire ai giovani.

3.6 I benefici della conoscenza prodotta dalle attività spaziali

Le attività spaziali sono uscite dalla fase pionieristica del secolo scorso e sono entrate in un periodo di rapida crescita dove nascono soluzioni ad alta tecnologia che trovano diretta applicazione in molti aspetti della vita quotidiana. Nel tempo hanno assunto importanza maggiore l'interdisciplinarietà e la multidisciplinarietà, ossia il rapporto delle attività spaziali con tutti gli aspetti antropici dell'attività umana, facendo maturare la convinzione della necessità di un approccio basato sulla strategia consolidata delle *convergent technologies* e di una stretta integrazione tra discipline tecniche e scientifiche tradizionalmente abbastanza distanti tra loro. Si pensi ad esempio alla biomedicina, alle scienze biologiche e alimentari, alla fisiologia, alle

green technologies, alle nanotecnologie, che si vanno a integrare con i filoni tradizionali quali la propulsione, la produzione di energia, l'astrofisica spaziale, le scienze dei materiali, il governo del territorio e così via. Alle discipline tecnico-scientifiche si aggiungono poi, con sempre maggiore interesse reciproco, anche discipline socio-economiche, politiche e giuridiche, come il diritto dello Spazio, le relazioni spaziali internazionali e la geopolitica, la *space economy*.

Gli enti operanti in ambito spaziale sono oggi chiamati a elaborare e sviluppare programmi in grado di coprire, in modo efficiente ed efficace, l'intera filiera "cultura → ricerca e sviluppo → innovazione → generazione di valore sociale ed economico" derivante dalla conoscenza acquisita e dalle ricadute tecnologiche. Questo tipo di approccio rafforza la società della conoscenza, fa evolvere più rapidamente i servizi al cittadino e le risposte alle problematiche attuali (ad esempio *green agriculture*, cambiamenti climatici, sicurezza), facilitando ed estendendo la ricaduta tecnologica dai grandi progetti spaziali, ma anche contribuendo a promuovere la cultura spaziale nelle giovani generazioni e a ispirare i grandi "sogni", motore indispensabile del progresso della società e dell'evoluzione in ambito spaziale. Ma è anche opportuno tener presente che i sistemi spaziali si stanno affermando sempre di più come strumenti di sviluppo economico e territoriale e di diplomazia internazionale. Lo *Space Council*, un organismo internazionale costituito dall'Unione europea e dall'Agenzia Spaziale Europea, adottando la *European Space Policy*⁸⁷ ha sancito l'importanza strategica dello Spazio per l'Europa, spiegando come il Continente debba continuare a dotarsi di sistemi spaziali necessari al proprio sviluppo economico e politico. Lo Spazio, dunque, non è più semplicemente un settore specializzato, a prevalente connotazione tecnico-scientifica, ma costituisce invece un settore maturo, considerato di importanza strategica per l'Europa. I programmi spaziali, integrando sviluppi scientifici, tecnologici, industriali, economici e sociali, assumono rilevanza crescente in rapporto alle possibilità di sviluppare applicazioni e di fornire servizi utili al cittadino, alle imprese e alle pubbliche amministrazioni, in risposta a una domanda pubblica e privata in costante crescita.

Oggi i sistemi spaziali sono la cartina tornasole del progresso di una società e sono in grado di contribuire ad affrontare le sfide del nuovo millennio, configurandosi come uno dei terreni più importanti di sperimentazione nella ricerca di punta e nell'innovazione: un settore le cui applicazioni possono stimolare la crescita e la competitività delle imprese europee, aprendo nuovi mercati con effetti benefici per i cittadini europei. Inoltre, attività come la messa in orbita di Sistemi Spaziali sono oggi in grado di offrire alle istituzioni pubbliche, alle imprese e ai cittadini un'ampia gamma di servizi, come mobilità più sostenibile, previsioni meteorologiche,

⁸⁷ L'*European Space Policy* – la politica spaziale europea – è stata adottata il 22 maggio 2007 dallo *Space Council*.

monitoraggio del cambiamento climatico, conoscenza e controllo del territorio, mezzi di reazione più rapidi in caso di catastrofi naturali. Ecco quindi che la possibilità dei sistemi spaziali di fornire servizi per la comunità diviene uno strumento che discende dallo sviluppo della conoscenza e dell'innovazione e ne costituisce quel terreno applicativo nel quale i cittadini trovano benefici e vantaggi per il loro vivere quotidiano.

Lo sviluppo della conoscenza, dell'innovazione e delle loro applicazioni possono realizzarsi solo se si coltivano le migliori capacità intellettuali e si garantisce il coinvolgimento dei giovani. Non c'è conoscenza, e quindi progresso, senza un tessuto umano di giovani menti in grado di cogliere gli aspetti decisivi del processo di conoscenza e innovazione. Lo Spazio è da sempre una sorgente di ispirazione e di visione per le nuove generazioni. Le attività spaziali costituiscono un elemento di sfida verso l'ignoto, ma anche di potenziale ricaduta tecnologica e sociale per la Terra, due elementi che si alimentano l'un l'altro con uno spirito costruttivo. La sfida più grande che l'Europa ha davanti a sé è quella di creare nuovi sogni e visioni capaci di spronare le prossime generazioni e, in questo, il settore spaziale può costituire un alveo stimolante e fruttuoso.

Negli anni Sessanta la “corsa allo Spazio” costituì un volano formidabile di passione ed entusiasmo. L'epopea delle missioni Apollo fu di estrema suggestione in quanto offrì, per la prima volta, la possibilità di assistere e partecipare a una tappa importante nel progresso dell'umanità. Le immagini della Terra vista dalla Luna sollevarono nella coscienza collettiva domande e riflessioni tali da produrre nei giovani di allora una potente spinta motivazionale a intraprendere studi e carriere nel settore scientifico e spaziale. Le scelte di quegli anni hanno portato in Italia e in Europa un incremento della cultura scientifica e dello sviluppo industriale, nonché disponibilità di tecnologie nuove. Nell'attuale fase di evoluzione economica e sociale diventa sempre più vitale poter tornare a proporre alle nuove generazioni modelli che producano ispirazione. Le attività spaziali, per l'intrinseco potenziale evocativo che le caratterizza, sono state e possono continuare a essere una fonte insostituibile di ispirazione. Comunicazione, educazione, informazione sono le tre aree principali che giocano un ruolo fondamentale per avere il supporto della pubblica opinione, attenta alle decisioni governative negli investimenti pubblici, nel rispetto del dettame della Convenzione di Århus⁸⁸ in materia ambientale, e per attrarre verso le discipline scientifiche, ingegneristiche e tecnologiche i nuovi talenti e le risorse di capitale umano qualificato da cui sommamente dipende, nell'economia della conoscenza

⁸⁸ La Convenzione di Århus, firmata dalla Comunità europea e dai suoi Stati membri nel 1998, è in vigore dal 30 ottobre 2001. Essa parte dall'idea che un maggiore coinvolgimento e una più forte sensibilizzazione dei cittadini nei confronti dei problemi di tipo ambientale conduca a un miglioramento della protezione dell'ambiente. Essa intende contribuire a salvaguardare il diritto di ogni individuo, delle generazioni attuali e di quelle future, di vivere in un ambiente atto ad assicurare la sua salute e il suo benessere.

globale, la capacità competitiva di un paese avanzato (ASI Documento di Visione Strategica 2010-2020, p. 19).

Nel 2003, la Commissione Europea, in sinergia con l'ESA, ha ribadito nel Libro Bianco *Spazio: una nuova frontiera europea per un'Unione in espansione - Piano di azione per attuare una politica spaziale europea*⁸⁹ che occorre incoraggiare maggiormente le carriere scientifiche e tecnologiche per favorire il raggiungimento dei principali obiettivi dell'Ue: crescita economica più rapida; creazione di occupazione e competitività industriale; allargamento e coesione; sviluppo sostenibile; sicurezza e difesa. La sfida posta è quella di ringiovanire la popolazione scientifica, la cui età media è cresciuta, aumentando l'afflusso di giovani ricercatori e ingegneri nel settore spaziale. Per realizzare le proprie ambizioni spaziali, l'Europa ha bisogno di un adeguato capitale umano. Ciò, però, non è scontato, visto il disinteresse per gli studi scientifici nel continente che, nel settore spaziale, provoca l'invecchiamento della comunità di scienziati e la penuria di giovani talenti. La generazione fortemente motivata, che aveva iniziato la sua carriera negli anni '60, sta andando in pensione e il numero di giovani di età inferiore a 30 anni nella comunità spaziale e tecnica europea è in forte calo. Esiste il rischio concreto di perdere preziose competenze e *know-how*. Gli Stati Uniti stanno registrando problemi analoghi e ciò ha indotto la NASA a investire circa 160 milioni di dollari l'anno in programmi di formazione. In Europa, nel suddetto Libro bianco è raccomandato di elaborare, con il supporto tecnico dell'ESA, un programma educativo e promozionale per gli studenti europei, comprendente i seguenti elementi: azioni per inserire i temi spaziali nei programmi scolastici e universitari; promozione generale delle carriere nelle scienze spaziali; misure per un uso ottimale dei programmi di mobilità (ad esempio borse Marie Curie); campagne mirate sui media per migliorare la comprensione dello Spazio da parte del pubblico in generale.

Nel quarto capitolo esaminiamo le iniziative portate avanti dall'Agenzia Spaziale Europea nell'ambito del suo Programma di Educazione. Nello specifico, come caso di studio, analizziamo l'*European Space Education Resource Office* (ESERO), il principale progetto nel campo della formazione primaria e secondaria coordinato dalla *STEM Education and outreach Unit* dall'ESA.

⁸⁹ Il Libro bianco della Commissione, dal titolo *Space: a new European frontier for an expanding Union. An action plan for implementing the European Space Policy* (COM/2003/0673) è stato redatto nel 2003 dalla Commissione in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea dopo sei mesi di consultazione sul Libro verde che lo ha preceduto.

CAPITOLO QUARTO

IL PROGRAMMA EDUCATIVO DELL'AGENZIA SPAZIALE EUROPEA E L'EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE - ESERO

Le attività educative e la formazione scientifica svolgono un ruolo importante nel raggiungimento degli obiettivi europei di crescita intelligente, sostenibile e inclusiva perché forniscono ai cittadini le abilità di cui l'Europa ha bisogno per innovare e competere nello scenario globale.

Il settore spaziale e l'Agenzia Spaziale Europea partecipano ai processi educativi per la formazione delle risorse umane di cui l'Unione europea ha bisogno per l'esecuzione dei suoi programmi spaziali.

4.1 Il Programma Educativo dell'Agenzia Spaziale Europea

Il Programma di Educazione dell'Agenzia Spaziale Europea sfrutta il fascino suscitato dallo Spazio sui giovani, utilizzandolo come viatico per l'insegnamento e l'apprendimento delle STEM in Europa (ESA 2015, p.20, Sustainable Development: 2013-2014 Report). Lo scopo è sostenere e incoraggiare lo sviluppo di una società europea sempre più basata sulla conoscenza ispirando e motivando i giovani a:

- migliorare la propria alfabetizzazione e la propria competenza nel campo della scienza e della tecnologia (le cosiddette STEM) e delle applicazioni ad esse associate;
- a perseguire una carriera in questi campi, in particolare in ambito spaziale;
- incrementare la consapevolezza del rilevante contributo apportato dal settore spaziale, dall'ESA e dai programmi spaziali nazionali alle società e alle economie moderne.

La *policy* dell'ESA in tema di istruzione è quella di rispondere alle reali esigenze della comunità didattica europea attraverso la creazione di adeguate reti e/o *partnerships* in grado di sfruttare sinergie di obiettivi e risorse; di ottimizzare la sostenibilità e la distribuzione delle capacità; di integrare un ventaglio più ampio di interessi nazionali ed europei e di consentire una valutazione del rendimento degli investimenti.

Il Programma di Educazione fa parte delle attività di competenza della Direzione generale dell'ESA e, in particolare, di quelle curate dal Dipartimento per le Relazioni con gli Stati membri, dove opera l'*Education & Knowledge Management Office*. Questo ufficio, che gestisce tutti gli aspetti del Programma di Educazione, è articolato in due unità operative, la *STEM Education and outreach Unit* e la *Tertiary Education Unit*, distinte per linee di attività e pubblici di riferimento.

La *STEM Education and outreach Unit* coordina i progetti e le iniziative di diffusione della cultura spaziale destinate alle scuole europee di ogni ordine e grado. Queste attività, che si propongono di far sperimentare ai giovani studenti europei le materie tecnico-scientifiche in modo interdisciplinare, innovativo e motivante, hanno come destinatari principali gli insegnanti, a cui sono offerte risorse didattiche d'aula e sessioni di formazione dedicate più volte all'anno.

La *Tertiary Education Unit* gestisce, invece, i programmi e le attività rivolte all'università e all'istruzione terziaria. In questo ambito il Programma di Educazione offre agli studenti supporto e opportunità concrete di acquisire una significativa esperienza pratica, all'interno di un ambiente di lavoro spaziale, permettendo la partecipazione a progetti spaziali reali (ESA 2015, Sustainable Development: 2013-2014 Report, p. 20). ESA propone agli studenti universitari numerosi progetti che coprono diversi settori della ricerca scientifica e tecnologica come: *European Students Earth Orbiter*⁹⁰ (ESEO) e *Fly Your Satellite!*⁹¹ in campo satellitare; *REXUS* e *BEXUS*⁹² che prevedono esperimenti da effettuare con lanciatori e palloni stratosferici con la successiva analisi dei dati; *Fly Your Thesis!*⁹³, *Drop Your Thesis!*⁹⁴ e *Spin Your Thesis!*⁹⁵ che hanno ad oggetto lavori di ricerca degli studenti nell'ambito della sperimentazione in ambiente microgravitazionale; diverse *Summer schools*⁹⁶ e conferenze per supportare studenti universitari e giovani ricercatori e così via.

Nella figura che segue si riporta una suddivisione delle principali attività previste dal Programma di Educazione dell'ESA per Unità di competenza.

⁹⁰ http://www.esa.int/Education/European_Student_Earth_Orbiter

⁹¹ http://www.esa.int/Education/CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/Fly_Your_Satellite!_programme#description

⁹² http://www.esa.int/Education/Rocket_Balloon_Experiments_for_University_Students; <http://rexusbexus.net/>

⁹³ http://www.esa.int/Education/Fly_Your_Thesis/Fly_Your_Thesis!_programme

⁹⁴ http://www.esa.int/Education/Drop_Your_Thesis/About_Drop_Your_Thesis

⁹⁵ http://www.esa.int/Education/Spin_Your_Thesis/Spin_Your_Thesis%21_programme

⁹⁶ Ad esempio Alpbach Summer school, GNSS summer school, NAROM European Space Camp, UIMP Astrobiology Summer School, etc.

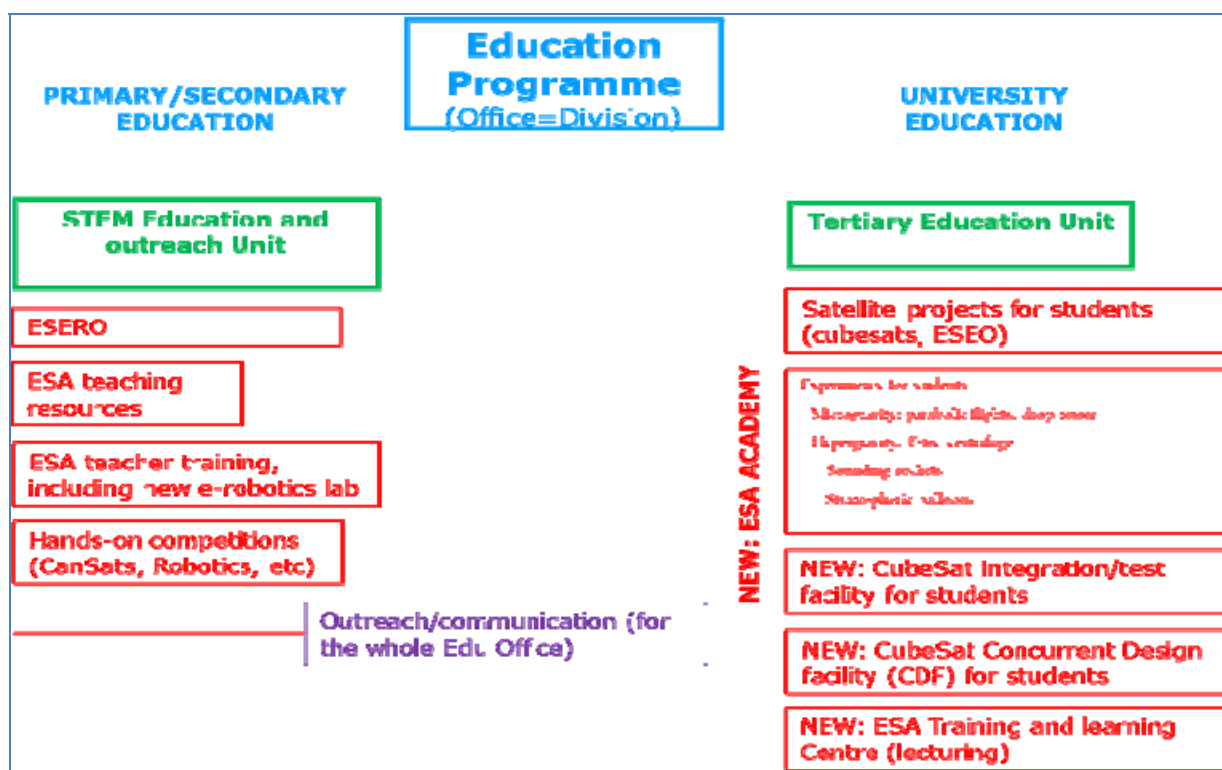


Figura 12: Programma di Educazione dell'ESA - Suddivisione delle attività per Unità di competenza

Per quanto attiene alle attività educative dedicate al livello primario e secondario di istruzione, nel 2014 l'ESA ha condotto un'indagine sulla scuola dell'obbligo in otto Paesi europei che ha evidenziato una grande varietà di programmi scolastici. Ciò nonostante, è stato possibile elaborare una sorta di “curricolo quadro” sulla base delle informazioni provenienti dai percorsi di istruzione obbligatoria e dalle materie potenzialmente collegate alla scienza spaziale (geologia, tecnologia, chimica, fisica, matematica e biologia) dei sistemi scolastici di Francia, Germania, Irlanda, Italia, Paesi Bassi, Norvegia, Spagna e Regno Unito. Nello specifico, il suddetto curricolo è stato sviluppato includendo gli argomenti obbligatori di ogni materia e livello di istruzione potenzialmente collegati allo Spazio.

	Lower Primary (approx. 6–9 years)	Upper Primary (approx.10–12 years)	Lower Secondary (approx.13–15 years)	Upper Secondary (approx.16–18 years)
Maths	Arithmetic, Geometry (Relationships- space, size)	Arithmetic, Geometry, Algebra (Statistics e Random, Changes- space, shape)	Algebra (Functions, Statistics, Probability), Geometry, Trigonometry, Arithmetic	Arithmetic, Algebra (Probability, Statistics), Geometry, Analysis (Problem solving), Historical Contexts
Physics	Celestial Phenomena (Night/day, seasons), Material	Optics (Phenomenology), Mechanics (Qualitative Introduction),	Electricity, Mechanics (Dynamics and Kinematics), Optics	Relativity, Electromagnetic Field, Nuclear Reactions, Quantum Physics, Thermodynamics, Radioactivity, Cosmology,

	Properties (Physical quantities)	Physical Quantities & Units of Measurement, Physical changes & Continuities, Energy (Energy sources), Matter (Gas, liquid, solid), Earth in the Solar System	(Geometrical optics), Energy, Matter, Waves, Gravity, Earth in the Universe	Mechanics (Interactions)
Chemistry	Material Properties	Reactions (Chemical changes)	Atomic Structure, Chemical Bond	Reactions (Chemical equation), Chemical Equilibrium
Biology	Sense of Sight	Microorganisms	Origin & Evolution of Organisms	Biotechnology
Geology	Orientation, Geological Terminology, Map Reading, Climate	Earth Origin, Weather	Earth Changes	Systems Theory
Technology	Day-to-day Technology, Assembling of Pieces (Technological equipment)	Instruments of Measure, Technological Processes (Design and make simple gadgets)	Technological Processes (Energy savings), Tools, Materials, ICT	Technological Development, Technological Processes (Design, innovation, production)

Tabella 7: Curriculum quadro

Lo studio ha indagato anche le attività e le risorse educative sviluppate dall’Agenzia, portando l’*Education & Knowledge Management Office* ad adottare una serie di misure atte a migliorare la qualità dell’offerta formativa dedicata alla comunità scolastica degli Stati membri. Lo studio, infatti, evidenziava la necessità di rafforzare ulteriormente l’uso del “tema Spazio” nei progetti e nei prodotti educativi dell’ESA, investendo maggiormente sui punti di forza del programma spaziale dell’Agenzia (interdisciplinarietà, esperienza, metodologia scientifica, conoscenza e *know-how*) con l’obiettivo di creare un legame più stretto tra il modo teorico in cui le STEM sono insegnate a scuola e quello pratico. Allo stesso tempo, lo studio sottolineava l’esigenza di utilizzare al meglio le sinergie tra i vari *partner* e progetti per aumentarne efficienza e capacità divulgative, ma anche l’opportunità di rendere i progetti e i materiali didattici più rispondenti ai bisogni degli insegnanti e degli studenti in termini di adeguatezza pedagogica, fattibilità, facilità di accesso e di uso. Le evidenze dello studio hanno portato l’Agenzia ad avviare un rinnovamento del portfolio delle risorse didattiche destinate agli insegnanti con l’obiettivo di fare dello Spazio il punto di ingresso delle STEM nelle aule scolastiche e di tarare maggiormente il livello dei contenuti sull’età degli studenti. È stato così creato un nuovo format per le risorse didattiche differenziato per il livello primario e secondario di istruzione: la raccolta

Teach with Space. Ogni risorsa della raccolta è prodotta con il supporto di esperti di educazione, è sottoposta alla validazione scientifica e tecnica degli esperti dell'ESA ed è testata e recensita da docenti. Il format in uso attualmente è quello di un libretto scaricabile contenente una guida per l'insegnante e una serie di attività per gli studenti, ad ogni modo l'Ufficio lavora costantemente per ampliare la gamma dei formati disponibili attraverso esercizi per studenti, applicazioni interattive per computer, tablet, video su concetti curriculari di base e così via. Per il raggiungimento dei propri obiettivi, alla fine del 2014 l'Ufficio ha inoltre dato avvio a una serie di attività, quali un censimento di tutte le risorse didattiche prodotte negli ultimi anni, sia internamente da ESA sia esternamente dagli uffici nazionali della rete ESERO, un piano d'azione per aggiornare il materiale didattico in uso e per produrre nuove risorse d'aula e una mappatura dei curricula europei relativi alle STEM.

Numerose sono anche le iniziative di divulgazione e di diffusione che supportano le attività educative dell'ESA attraverso i media on-line, come i portali web www.esa.int/education e www.esa.int/kids, i canali Facebook e Twitter, la produzione e la distribuzione di materiale promozionale e gadget, le animazioni didattiche e i poster scientifici destinati alle aule scolastiche, gli eventi, le campagne educative e divulgative legate alle missioni degli astronauti europei, le *partnerships* e le collaborazioni con i centri di ricerca e museali europei.

Nella tabella 8 sono riportati i principali programmi didattici e le attività di formazione portate avanti dall'ESA nell'ambito delle sue iniziative di educazione destinate al livello primario e secondario di istruzione. Per ogni iniziativa, si riportano i risultati conseguiti relativamente al numero di studenti e di insegnanti raggiunti nel periodo compreso tra giugno 2016 e giugno 2017.

Progetto	Stati membri	Studenti	Insegnati
ESERO formazione	A, B, CZ, DK, FI, IR, NL, NO, SW, PT, RO, PL, UK	291.060*	9.702**
ESERO eventi (149)	A, B, CZ, DK, FI, IR, NL, NO, SW, PT, RO, PL, UK	680.714	40.939
Totale attività ESERO	A, B, CZ, DK, FI, IR, NL, NO, SW, PT, RO, PL, UK	971.774	50.641
ESA Summer e Corsi aperti di formazione per insegnanti presso ESTEC (ESTEC Open teacher training workshop)	A, B, BUL, CH, CZ, Cyprus, D, DK, E, EST, FIN, F, GR, IR, IT, LUX, NL, NO, PL, PT, RO, SW, UK	3420 attraverso gli insegnanti formati*	114
e-robotic lab	A, B, CZ, D, DK, E, FIN, FR, GR, IR, IT, LUX, NL, PL, PT, RO, SW, UK	108 direttamente/ 4.740 attraverso gli insegnanti formati*	158

CESAR teacher training	E	1.693 direttamente/ 5.850 attraverso gli insegnanti formati*	195
Space Education International teacher workshop	BE, CH, CZ, DE, DK, ES, FR, GR, HU, IR, IT, NL, NO, PL, PT, RO, SW, UK	3.000 attraverso gli insegnanti formati*	100
EGU – GIFT teacher workshop	BE, ES, EST, FR, DE, GR, IR, IT, PL, PT, RO, UK	2.400 attraverso gli insegnanti formati*	80
EO teacher training (D/EOP)	Tutti gli Stati membri dell'ESA + gli Stati cooperanti	900 direttamente/ 18.000 attraverso gli insegnanti formati*	600
Totale attività di formazione per gli insegnanti guidate da ESA (cumulative)	Tutti gli Stati membri dell'ESA + gli Stati cooperanti	2.701 direttamente/ 37.410 attraverso gli insegnanti formati*	1.247
European CanSat competition	14 teams - CZ, D, DK, E, FIN, GR, IR, IT, NL, NO, OL, PT, RO, UK	71	20
European Astro Pi Challenge (Phase 1)	295 teams - AT, BE, DE, ES, FR, GR, HU, IR, IT, NL, NO, PL, PT, RO, UK	3497	~300
ESA Spheres robotics competition	24 teams - BE, DE, GR, IT, RO	100	24
MISSION X	AT, BE, CH, CZ, DK, ES, FIN, FR, GR, IT, NL, NO, PT, RO, SLO, SW, UK	30.899	~1.200
Cassini scientist for a day competition 2015-2016	BE, CZ, DE, DK, ES, EST, FIN, FR, GR, IR, IT, NL, NO, PL, PT, RO, SW, UK	901	N/A
Transit of Mercury schools challenge	DE, DK, GR, RO, UK	148	8
Totale progetti pratici e concorsi di ESA	Tutti gli Stati membri dell'ESA	35.616	1.552

* Dato calcolato considerando una media di 30 allievi/alunni per insegnante.

** Dato calcolato considerando gli insegnanti che frequentano le sessioni di formazione sia formali sia informali.

Tabella 8: Progetti didattici e attività previste dal Programma di Educazione dell'ESA per il livello primario e secondario di istruzione. Fonte: Annex 1: Education Programme – reach-out figures 2016 - European Space Agency Council, Information document Status Report on ESA Education Activities. ESA/C (2017) 60

Nella tabella 9 sono riportate le principali iniziative e i programmi che l'ESA rivolge al livello terziario di istruzione. Per ogni iniziativa, si riportano i risultati conseguiti relativamente al numero di studenti e docenti raggiunti nel periodo compreso tra giugno 2016 e giugno 2017.

Progetto	Stati membri	Studenti	Insegnati - Docenti universitari
European Student Earth Orbiter (ESEO)	9 università – HU (2), PL, IT, SP, DE, NL, UK, EST	+/- 90	20
'Fly Your Satellite'	3 CubeSats in Phase 2 - BE, DK, IT	+/- 170	10

BEXUS (Balloon Experiments) Lanciati a ottobre 2016	6 università ES, PT, BE, CZ, IT, PO	49	
BEXUS (Balloon Experiments) Selezionati a dicembre 2016	5 università IT (2), UK (2), SE	51	
REXUS (Rocket Experiments) Lanciati a marzo 2016	4 università CH, ES, UK, SE	27	
REXUS (Rocket Experiments) Realizzato nel 2016 (selezioni nel 2015 – llancio2017)	3 università IT, SE, PO	43	
REXUS (Rocket Experiments) Selezionati a dicembre 2016	5 università UK, PT, SE, FR, CH	32	
Spin Your Thesis! 2016	3 teams, 3 università – IT (2), PT (1)	11	3
Spin Your Thesis! 2017	2 teams, 4 università – IT (1), FR (1), DE (1), UK (1)	7	5
Fly Your Thesis! 2016	4 teams, 4 università – ES(2), IT (1), DE(1)	19	4
Fly Your Thesis! 2017	6 teams 7 università – IT (2), FR, GR, NL (3)	34	8
Drop Your Thesis! 2016	2 teams, 3 università – IT(1), UK (1), ES (1)	7	3
Drop Your Thesis! 2017	2 teams, 3 università – NL(2), ES (1)	7	3
Training and Learning Centre	Nazionalità: AU, BE, UK, BU, CZ, DK, NL, EST, FR, DE, GR, HU, IE, LV, NO, PL, PT, RO, SI, ES, SE, CH.	101	--
EOP University training & capacity building	Tutti gli Stati membri dell'ESA, Slovenia (PECS)	705 (in presenza) 10.000 (e-learning)	--
ECOSS & IAC 2016	--	18	--
Aerospace Student Challenge	Studenti sponsorizzati - ESA Grand Prix -FR	4	--
Fly a Rocket! Pilot cycle	IE, UK, PT, ES, FR, NL, CH, IT, AU, DE, CZ, NO, DK, SE, FI, PO, RO, HU, GR, CA	20	

Tabella 9: Progetti didattici e attività previste dal Programma di Educazione dell'ESA per il livello terziario di istruzione. Fonte: Annex 1: Education Programme – reach-out figures 2016 - European Space Agency Council, Information document Status Report on ESA Education Activities. ESA/C (2017) 60

Nella tabella 10 si segnalano le iniziative di promozione e *outreach* connesse alle attività educative. Come sopra, per ogni voce si riportano i risultati raggiunti in termini di utenti registrati nel periodo compreso tra giugno 2016 e giugno 2017.

Off-line	Numeri		
Eventi supportati	104		
Spedizioni materiali negli Stati membri dell'ESA	362		
On-line	Visualizzazione pagina	Visitatori unici	'followers'
Education portale web	807.489	647.553	--
Education facebook	--	--	13.690
Education twitter	--	--	4195
ESA kids-Paxi portale	8.100.683	1.752.536	--
ESA kids-Paxi facebook	--	--	3.922
ESA kids-Paxi twitter	--	--	2.618

Tabella 10: Iniziative di promozione e outreach relative alle attività di educazione dell'ESA. Fonte: Annex 1: Education Programme – reach-out figures 2016 - European Space Agency Council, Information document Status Report on ESA Education Activities. ESA/C (2017) 60

I dati riportati nelle tabelle mostrano che l'ESA, in collaborazione con gli uffici nazionali della rete ESERO e i *partner* istituzionali nazionali ed europei, è riuscita con le proprie iniziative a coinvolgere circa 53.440 insegnanti delle scuole primarie e secondarie, raggiungendo, potenzialmente, un milione di studenti nel periodo di riferimento. Inoltre, almeno 1.500 studenti universitari hanno beneficiato del trasferimento diretto dell'esperienza ESA attraverso le opportunità pratiche e di formazione offerte dall'Agenzia, mentre in 10.000 hanno goduto delle occasioni di formazione in *e-learning*.

4.1.1 Risorse didattiche spaziali per l'insegnamento e l'apprendimento in aula

L'utilizzo dei dati provenienti dall'attività di osservazione della terra nell'ambito di materie come la geografia, le scienze ambientali e la fisica costituisce un esempio del contributo che lo Spazio può offrire all'insegnamento e all'apprendimento in aula. L'ESA, al fine di garantire l'uso pedagogico dei dati derivanti dall'osservazione terrestre, ha creato il sito web *Eduspace*⁹⁷: una piattaforma destinata al livello secondario di istruzione che incoraggia gli insegnanti a utilizzare i dati dell'osservazione terrestre nei propri piani di studio mettendo a disposizione materiali didattici, in particolare dati provenienti da rilevazioni satellitari, progetti completi e suggerimenti su come introdurre in aula argomenti di carattere spaziale attraverso esempi pratici. Oltre ad un ricco catalogo di immagini di osservazione della terra, il sito web offre agli utenti un sofisticato pacchetto *software* per l'elaborazione delle immagini, esercizi e casi di studio su tematiche di attualità come il cambiamento climatico e il monitoraggio dei disastri ambientali.

⁹⁷ http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_IT/

Il sito web dell'ESA offre, inoltre, numerosi materiali didattici sviluppati sulla base delle reali attività svolte dall'Agenzia⁹⁸. Tra le più stimolanti e accattivanti vanno sicuramente incluse le risorse realizzate a partire dalle missioni di esplorazione spaziale come Rosetta, ideata dall'ESA per studiare la cometa 67P/Gerasimenko (ESA 2015, Status Report on ESA Education Activities). Il materiale didattico è fruibile liberamente sul sito web *Teach with Rosetta*⁹⁹ su cui è possibile accedere a informazioni e risorse educative sviluppate sulla base della metodologia dell'*Inquiry Based Science Education* (IBSE) che, attraverso attività di sperimentazione in aula guidate dall'insegnante, consente di coinvolgere maggiormente gli studenti (Commissione europea 2007, Rapporto Rocard). Il citato portale offre ai docenti delle scuole secondarie di secondo grado indicazioni per svolgere in classe attività pratiche come *Cooking a Comet - Ingredients for life*, finalizzata a familiarizzare gli studenti con i costituenti chimici delle comete, indicata nel corso delle lezioni di fisica, astronomia, biologia e chimica, e *Marble-ous ellipses – Speed and time of orbiting bodies* particolarmente adatta per materie come la fisica e la matematica perché, attraverso grafici, mostra i principi che regolano i corpi orbitanti.

Le attività educative basate sull'approccio IBSE, grazie all'utilizzo di forme di apprendimento attivo ispirate alla filosofia del "*learning by doing*" (Commissione europea 2011, p. 5, Tackling Early School Leaving: A Key Contribution to the Europe 2020 Agenda) possono contribuire a spazzare via dalla mente dei giovani studenti l'idea che le materie scientifiche siano un campo riservato a pochi eletti particolarmente geniali, incoraggiandoli, contemporaneamente, ad avere maggior fiducia nelle proprie capacità e a impegnarsi maggiormente in queste discipline. Secondo la Commissione europea, questo approccio educativo può contribuire a stimolare l'entusiasmo anche nei docenti (Commissione europea 2007, Rapporto Rocard) e, se a ciò si associa il fascino naturale suscitato dallo Spazio, ne consegue una migliore capacità della metodologia di coinvolgere insegnanti e studenti, ottimizzando esperienza e risultato educativo.

Il sito web *Teach with Rosetta* contiene anche contenuti educativi progettati per il livello primario di istruzione che perseguono un'idea di didattica che, in una logica di *edutainment*, sia in grado di insegnare intrattenendo. Sebbene collegati alle STEM, queste risorse si muovono in un'area più vasta abbracciando campi come la scrittura, il disegno e la progettazione che consentono di accrescere il fascino e l'attrattiva delle materie tecnico-scientifiche (International Space University 2012).

Considerato che il ciclo della scuola primaria corrisponde al tempo in cui negli individui si pongono le fondamenta per la costruzione della motivazione con effetti di lunga durata (Commissione europea 2007, Rapporto Rocard), la disponibilità, in questa fase, di insegnanti in

⁹⁸ http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner

⁹⁹ http://www.esa.int/Education/Teach_with_Rosetta/

grado di stimolare negli alunni l'adozione di un atteggiamento positivo verso le materie considerate più difficili è importante anche per ridurre il problema delle basse competenze di base e della dispersione scolastica. Secondo la Commissione europea, infatti, benché l'abbandono scolastico sia un evento che, nella maggioranza dei casi, si verifica quando lo studente ha già raggiunto il livello secondario di istruzione, esso deve essere visto come un processo di progressiva alienazione che parte dalle esperienze educative della prima infanzia (Commissione europea 2011, *Tackling Early School Leaving: A Key Contribution to the Europe 2020 Agenda*). Sulla base di questa suggestione, l'ESA ha creato il sito web *ESA Kids*¹⁰⁰ rivolto ai bambini a partire dai quattro anni d'età. Le pagine del sito propongono argomenti tipici del ciclo primario di istruzione e sono progettate per sviluppare nei più piccoli l'interesse per lo Spazio, avvicinandoli ai concetti di base del volo spaziale attraverso testi semplici, immagini, giochi, video e attività creative.

L'ESA, oltre a ideare e realizzare risorse educative, porta avanti progetti didattici e competizioni per avvicinare le scuole europee al mondo spaziale. Un esempio in tal senso è la competizione europea *CanSat*¹⁰¹ che ogni anno coinvolge squadre di studenti delle scuole secondarie di secondo grado nella progettazione e utilizzo di un satellite simulato, il *CanSat*. La sfida consiste nel riuscire a inserire e adattare tutti i principali sottosistemi di un satellite reale - alimentazione, sensori, sistema di comunicazione, etc. - all'interno di una normale lattina per bibite. Ogni *CanSat* deve effettuare un esperimento: la missione scientifica ha inizio quando il satellite viene lanciato da un razzo oppure lasciato cadere da una piattaforma o da un pallone frenato da una quota di poche centinaia di metri; successivamente il suo sistema di comunicazione deve essere in grado di trasmettere a terra i dati utili a eseguire l'esperimento. La competizione *CanSat* offre agli studenti l'opportunità di fare esperienza pratica di un vero progetto spaziale, contribuendo a sviluppare competenze nei campi della ricerca scientifica, della progettazione tecnica, dell'analisi e della presentazione dei dati e favorendo l'acquisizione di abilità pratiche connesse alla costruzione elettronica, alla saldatura, alla programmazione di software e al collaudo (ESA 2013, *Education. Inspiring the Future*). Tutto questo concorre a migliorare negli studenti le capacità di base oggetto di valutazione da parte dell'indagine OECD-PISA e, dunque, non solo la quantità di conoscenze posseduta dai quindicenni, ma anche la loro capacità di applicare quanto appreso in situazioni reali (OECD 2014, *PISA 2012 Technical Report*).

I benefici potenzialmente derivanti dalle diverse opportunità educative di cui si è parlato, possono concretizzarsi solo se gli insegnati sono a conoscenza della loro esistenza. In realtà, ciò che manca molto spesso è proprio la consapevolezza, tra i docenti, di poter disporre di risorse

¹⁰⁰ <https://www.esa.int/esaKIDSit/>

¹⁰¹ http://www.esa.int/Education/CanSat/What_is_a_CanSat

didattiche liberamente accessibili. Vale la pena ricordare che la Commissione europea ha individuato nel reclutamento e nello sviluppo di insegnanti altamente qualificati le precondizioni per il miglioramento della qualità dei sistemi di istruzione europei (Commissione europea, 2012, *Rethinking Education: Investing in Skills for Better Socio-Economic Outcomes*).

L'ESA contribuisce a diffondere la conoscenza delle opportunità e delle risorse educative offerte dal settore spaziale e alla crescita professionale della comunità degli insegnanti europei attraverso l'organizzazione di giornate di formazione che mirano a proporre lo Spazio come contesto di insegnamento e apprendimento di molte materie scolastiche. Negli ultimi anni, l'*ESA's Summer Teacher Workshop* è diventato un importante appuntamento a cui prendono parte docenti europei, ospitati presso il centro *European Space Research and Technology Centre* (ESTEC) dell'ESA nei Paesi Bassi (ESA 2013, *Education. Inspiring the Future*) che, nel corso di sessioni di formazione e attività di laboratorio con personale esperto proveniente dal mondo della scuola, imparano a utilizzare i diversi materiali didattici messi a disposizione dall'Agenzia. Nonostante la valenza formativa e informativa, queste occasioni non sono in grado di soddisfare da sole le esigenze della comunità scolastica dei ventidue Stati membri dell'ESA. Al fine di sopperire a tale incapacità, l'Agenzia ha sviluppato una strategia decentrata che viene attuata attraverso il progetto *European Space Education Resource Office* - ESERO.

4.2 Il progetto European Space Education Resource Office - ESERO

I sistemi di istruzione degli Stati membri dell'Unione europea si caratterizzano principalmente per la loro diversità, contribuendo a creare uno scenario educativo quanto mai variegato. La disomogeneità dei sistemi educativi dipende in gran parte dalla decisione, presa dagli Stati dell'Unione nel corso del processo di integrazione europeo, di mantenere una sovranità piena nell'area delle politiche dell'istruzione, della formazione professionale, della gioventù e dello sport. Dunque, la competenza dell'Unione europea nel campo delle politiche educative è limitata a sole azioni finalizzate a sostenere, coordinare o completare l'azione degli Stati membri (articolo 6 del TFUE) fissando obiettivi comuni e favorendo lo scambio di buone pratiche.

In considerazione dell'eterogeneità dei sistemi di istruzione e dei programmi scolastici nazionali, delle diverse lingue parlate dai cittadini europei e della vastità della comunità di insegnanti e studenti, l'Agenzia Spaziale Europea ha scelto di adottare, nell'ambito delle proprie attività educative, un approccio focalizzato sui suoi singoli Stati membri al fine di offrire un sostegno reale alle esigenze e alle priorità di ogni sistema nazionale di istruzione. L'attuazione di questo approccio è affidata al suo più grande progetto educativo: l'*European Space Education Resource Office* - ESERO.

4.2.1 ESERO: una strategia decentrata per l'educazione scientifica in Europa

Nell'ambito del Programma di Educazione dell'Agenzia Spaziale Europea è presente ESERO, che rappresenta il principale progetto nel campo dell'istruzione formale primaria e secondaria coordinato dalla *STEM Education and outreach Unit*.

L'obiettivo di ESERO è quello di incrementare l'alfabetizzazione dei giovani nelle materie scientifiche e tecnologiche, motivandoli a intraprendere una carriera nel campo delle STEM, e nel settore spaziale in particolare, e aumentando in loro la consapevolezza dell'importanza dell'ESA (Programma Spaziale Europeo), della ricerca spaziale, dell'esplorazione e delle applicazioni spaziali nella società e nell'economia moderna (ESA 2017, ESEROs Statement of Work 1.05.2017/31.012.2019).

Sotto il coordinamento dell'ESA e con il sostegno delle istituzioni e delle organizzazioni nazionali attive nel campo della didattica, il progetto mira a stimolare e a formare la comunità dei docenti, nonché a progettare e a promuovere l'utilizzo delle risorse e delle attività che fanno uso dello Spazio come contesto per l'insegnamento e l'apprendimento delle discipline correlate alle STEM.

Il progetto ESERO si basa sul presupposto che le attività più efficaci di intervento e sostegno per i sistemi didattici europei, tutti caratterizzati da programmi scolastici e lingue diverse tra loro, siano quelle in grado di adattarsi in modo ottimale alle diverse esigenze e priorità nazionali. Le attività didattiche fornite da ciascun ufficio ESERO vengono quindi adattate alla situazione specifica di ciascuno Stato membro, in stretta collaborazione con l'ESA e le agenzie spaziali nazionali. Questo fa sì che siano capaci di supportare alla perfezione le politiche e gli obiettivi nazionali in merito alle materie STEM. A tal fine, la strategia scelta è quella di istituire uffici ESERO nazionali per operare al meglio negli Stati membri che aderiscono al progetto. Questi uffici sono collegati a esperti di didattica di livello nazionale, in grado di lavorare in forte sinergia con le autorità nazionali del settore, le parti interessate e le reti, oltre che con il settore spaziale nazionale. Nei Paesi ospitanti, il piano delle attività didattiche sviluppato dagli uffici si focalizza principalmente sul sistema di istruzione formale e vede come obiettivo prioritario la comunità degli insegnanti della scuola primaria e secondaria, che può agire da moltiplicatore verso milioni di studenti in tutta Europa. Le attività sfruttano la ricchezza di risorse correlate allo Spazio già disponibili, fra cui spiccano i materiali e i progetti didattici sviluppati dall'ESA e dagli altri uffici ESERO, ed è fortemente incoraggiato il coinvolgimento attivo di risorse delle agenzie spaziali nazionali come esperti, strutture, laboratori, *facilities*, nonché l'individuazione delle possibili sinergie con altre iniziative nazionali e le attività spaziali in corso, per massimizzare il valore aggiunto e l'impatto del progetto ESERO a livello nazionale.

Nel 2005, l'Agenzia ha avviato il primo contratto ESERO con il *National Science and Technology Centre* (NEMO) di Amsterdam, inaugurando, l'anno successivo, il primo ufficio presso lo stesso centro alla presenza del Ministro dell'Istruzione, della Cultura e della Scienza olandese. Da allora, l'ESA ha avviato dodici uffici ESERO nazionali che coprono quattordici dei suoi Stati membri: Austria, Belgio, Danimarca¹⁰², Irlanda, Finlandia, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Spagna e Svezia. L'Agenzia ha, inoltre, avviato tavoli di discussione con Germania, Grecia, Italia, Lussemburgo e Ungheria per valutare la possibilità di creare nuovi *ESEROs* in questi Paesi (ESA 2017, Status Report on ESA Education Activities) e ha ricevuto l'interesse da parte di Francia e Svizzera.

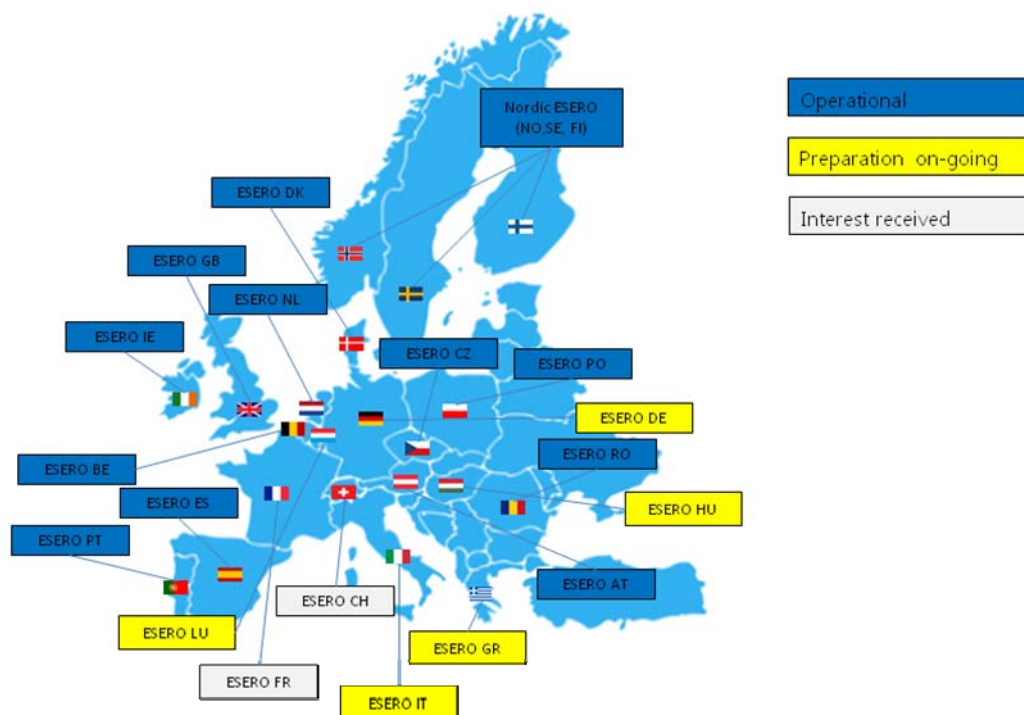


Figura 13: Mappa ESERO nazionali

L'ampliamento della rete degli ESERO mette in evidenza sia il crescente interesse degli Stati membri dell'ESA verso l'approccio del progetto sia la loro motivazione a collaborare per garantire alle scuole europee un pacchetto di attività formative curriculari STEM legate allo Spazio.

Sulla base di un meccanismo di finanziamento specifico, ogni ufficio nazionale è cofinanziato al 50% dall'Agenzia Spaziale Europea e al 50% dagli organismi e autorità nazionali che, in un determinato Stato membro, si fanno promotori del progetto, come ad esempio organismi non-

¹⁰² Dal 2013 e fino a fine aprile 2017 la Danimarca ha fatto parte dell'ESERO Nordic. Nel 2016, a seguito dell'enorme interesse per lo spazio e l'educazione scientifica generata dalle attività organizzate a livello nazionale attorno alla missione a bordo della Stazione Spaziale Internazionale dell'astronauta danese dell'ESA Andreas Mogensen, la Delegazione danese ha espresso l'intenzione di creare e gestire un Ufficio ESERO completamente danese, diventando così autonomo dal ESERO Nordic (ESA 2017, p.10, Status Report on ESA Education Activities).

profit, organizzazioni e istituzioni nazionali. I dodici uffici ESERO nazionali si distinguono per i network di attori nazionali che li compongono:

ESERO	Anno inizio attività	Network nazionale
ESERO Paesi Bassi	2006	ESERO Paesi Bassi è cofinanziato da ESA e dall'Ufficio Spaziale Olandese ed è situato presso il Nemo Science Learning Centre di Amsterdam (http://www.ruimtevaartindeklas.nl/).
ESERO Belgio	2007	ESERO Belgio è cofinanziato da ESA e dal Royal Planetarium di Bruxelles. L'ufficio, situato presso il Planetario dell'Osservatorio reale del Belgio di Bruxelles, è gestito in collaborazione con la Direction Générale de l'Enseignement Obligatoire (DGEO) e dalla Flemish Education Administration (http://www.esero.be/FR/).
ESERO Nordic (Finlandia, Norvegia e Svezia)	2009	ESERO Nordic opera in tre paesi (Finlandia, Svezia e Norvegia) ed è cofinanziato da ESA e dal Norwegian Center for Space-related Education (NAROM), dal Norwegian Space Center, dallo Swedish National Space Board, dal Department for Higher Education and Science Policy of the Finnish Ministry of Education and Culture e da numerose altri partners nei tre paesi. L'ufficio ha sede ad Andenes, in Norvegia, presso il Centro NAROM (http://esero.no/).
ESERO Regno Unito	2010	ESERO Regno Unito è cofinanziato da ESA e dal Department for Education in England (DfE), dal Science and Technologies Facilities Council e dall'Agenzia Spaziale del Regno Unito. L'ufficio ha sede presso il National STEM Learning Centre di York ed è gestito dallo STEM Learning Ltd (https://www.stem.org.uk/esero/).
ESERO Irlanda	2010	ESERO Irlanda è cofinanziato da ESA e dalla Science Foundation Ireland (SFI). ESERO Irlanda fa parte del Discover programme di SFI ed ha sede a Dublino (http://esero.ie/).
ESERO Portogallo	2013	ESERO Portogallo è cofinanziato da ESA e dal Ciência Viva di Lisbona ed ha sede presso il Padiglione della Conoscenza di Ciência Viva, il suo più grande science centre (https://www.esero.pt/).
ESERO Romania	2014	ESERO Romania è cofinanziato da ESA e dall'Agenzia Spaziale Romena (ROSA) di Bucharest, presso cui è stabilita la sede (http://www.esero.ro/).
ESERO Polonia	2014	ESERO Polonia è cofinanziato da ESA e dal Copernicus Science Centre di Varsavia presso cui è stabilita la sede (http://esero.kopernik.org.pl/).
ESERO Repubblica Ceca	2014	ESERO Repubblica Ceca ha sede a Praga ed è cofinanziato da ESA e da un consorzio nazionale che comprende l'Università Carolina di Praga, l'Università Tecnica di Praga, la Palacky University di Olomouc, l'Istituto astronomico dell'Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca, l'Associazione Tereza e l'IQ Landia Science Centre. Le attività sono gestite da SCIENCE IN (http://www.esero.sciencein.cz/).
ESERO Portogallo	2013	ESERO Portogallo è cofinanziato da ESA e dal Ciência Viva di Lisbona ed ha sede presso il Padiglione della Conoscenza di Ciência Viva, il suo più grande science centre (https://www.esero.pt/).
ESERO Austria	2016	ESERO Austria è cofinanziato da ESA e dall'Austrian Research Promotion Agency (FFG) e ha sede presso l'Ars Electronica Center di Linz, un modernissimo centro scientifico dedicato alle arti e alla scienza

		(https://www.aec.at/esero/).
ESERO Spagna	2017	ESERO Spagna ha sede all'interno del Parque de las Ciencias di Granada ed è cofinanziato da ESA e a livello nazionale dal Consorzio Parque de las Ciencias, dal Consiglio per l'Educazione della Junta de Andalucía, nonché da partners in altre regioni spagnole come: Xunta de Galicia, dal Dipartimento d'Ensenyament Generalitat de Catalunya, dal Centro Astronomico Aragonês, Comunidad de Madrid, Generalitat Valenciana e da molte altre organizzazioni (http://esero.es/).
ESERO Danimarca	2017	ESERO Danimarca è cofinanziato da ESA e a livello nazionale dal Ministero dell'Istruzione Superiore e della Scienza, da ASTRA, dall'House of Natural Sciences e dal Tycho Brahe Planetarium. ESERO Danimarca è ospitato presso ASTRA, il Centro Nazionale per l'Apprendimento nei campi della Scienza, della Tecnologia e della Salute che opera sotto il coordinamento del Ministero dell'Istruzione e del Ministero dell'Istruzione Superiore e della Scienza. La gestione delle attività è affidata alla House of Natural Sciences in accordo con ASTRA (https://esero.dk/).

Tabella 11: Network di attori nazionali che compongono i dodici uffici ESERO

Ogni ESERO nazionale coordina una serie annuale di sessioni di formazione, nazionali o regionali, per spiegare agli insegnanti della scuola primaria e secondaria le modalità e le opportunità per utilizzare in classe le diverse risorse didattiche (ESA 2013, Education. Inspiring the Future). I singoli uffici della rete non si limitano a diffondere la conoscenza e le modalità di utilizzo delle risorse educative offerte dall'ESA, ma adattano questo materiale ai programmi e alle lingue del paese in cui operano e producono nuove risorse in collaborazione con esperti nazionali. Un esempio di prodotto educativo ideato da un ufficio nazionale è il libro *Viaggio nello Spazio in 80 lezioni - Un libro sullo Spazio e l'astronomia per l'insegnamento primario*, realizzato da ESERO Paesi Bassi e destinato agli insegnanti che lavorano con gli studenti dai quattro ai dodici anni. Il testo, che utilizza il metodo IBSE, ha dimostrato di attagliarsi tanto bene al curriculum olandese da spingere l'ufficio nazionale a progettare l'uscita di un nuovo pacchetto di quaranta lezioni destinate agli insegnanti della scuola secondaria¹⁰³.

All'interno del *network* internazionale ESERO, la supervisione e la consulenza di ESA assicura la valenza scientifica ed educativa del materiale prodotto, la coerenza e l'armonizzazione delle attività tra gli uffici e la possibilità di scambiare conoscenze, pratiche e idee. Le attività del *network* mirano ad aiutare gli educatori europei a utilizzare appieno il potenziale offerto dal contesto spaziale per motivare gli studenti e migliorare la loro alfabetizzazione nelle STEM. Sebbene ad oggi non ci siano evidenze della misura in cui il progetto ESERO sia riuscito nella sua missione, due elementi possono essere considerati indicatori della riuscita dell'iniziativa educativa: da una parte, il *feedback* positivo e l'entusiasmo da parte dei docenti coinvolti nelle

¹⁰³ http://www.esa.int/Education/Reis_door_de_ruimte_in_80_lessen

attività del progetto¹⁰⁴, dall'altra, l'aumento in pochi anni del numero degli Stati membri dell'ESA che hanno scelto di collaborare con l'Agenzia stanziando risorse per la creazione di uffici nazionali. I tavoli di discussione in corso con altri Stati dell'ESA, fanno presagire il prossimo ingresso di nuovi membri nel *network* ESERO¹⁰⁵.

4.3 Il processo di avvio di un ESERO in uno Stato membro dell'ESA

L'avvio di un ufficio ESERO in uno degli Stati membri dell'ESA segue una procedura ben definita dall'Agenzia. Acquisito in un primo tempo l'interesse di una determinata delegazione nazionale ad avere un ESERO nel Paese, è necessario identificare successivamente l'organizzazione nazionale che ospiterà l'ufficio (*National ESERO Host Organisation* ovvero contraente). Tale processo di selezione è guidato dall'Agenzia Spaziale Nazionale con il supporto dell'ESA secondo i seguenti requisiti:

- capacità di garantire la copertura dell'intero territorio nazionale;
- capacità di aggregare le competenze necessarie in termini di:
 - a) didattica scolastica correlata alle STEM;
 - b) progettazione ed erogazione di formazione rivolta agli insegnanti di scuola primaria e secondaria;
 - c) progettazione e produzione di materiali didattici adeguati;
 - d) approvazione istituzionale da parte delle autorità regionali e nazionali operanti nel settore dell'istruzione (es. Ministero);
 - e) accesso alle competenze spaziali, scientifiche e tecnologiche (settore spaziale nazionale);
- capacità di ottenere, da uno o più contributori nazionali, le risorse necessarie, siano esse finanziarie, di personale ovvero *facilities*, per implementare il progetto.

Il processo di individuazione del *National ESERO Host Organisation* può avvenire seguendo due opzioni diverse:

- una prima opzione prevede che la delegazione nazionale, ossia l'Agenzia Spaziale Nazionale, supportata da ESA, pubblichi una manifestazione di interesse ufficiale per identificare l'organizzazione ospitante che guiderà il consorzio di *partner* competenti nel paese interessato. Chiusa la manifestazione di interesse, l'Agenzia Spaziale Nazionale e l'ESA

¹⁰⁴ ESERO rappresenta il progetto ammiraglio del Programma di Educazione che ESA rivolge al livello primario e secondario di istruzione. L'approccio all'educazione scolastica formale portato avanti da ESA-ESERO continua a dimostrarsi efficace e l'impatto dell'utilizzo dello Spazio come contesto di insegnamento-apprendimento in aula ha superato le aspettative della stessa Agenzia: gli insegnanti di diversi paesi aderenti all'iniziativa hanno segnalato un aumento delle conoscenze scientifiche nell'ambito della propria disciplina di insegnamento, registrando un maggiore interesse e migliori risultati da parte dei propri studenti (ESA 2017, Status Report on ESA Education Activities).

¹⁰⁵ www.esa.int/esero

redigono congiuntamente una lista dei candidati più interessanti e promettenti al fine di richiedere loro una proposta ufficiale, che concorrerà alla valutazione dell'organizzazione ospitante;

- una seconda opzione prevede che la delegazione nazionale, supportata da ESA, identifichi la migliore organizzazione ospitante e il relativo consorzio di *partner* in grado di soddisfare i requisiti specifici di cui sopra attraverso un processo di consultazione informale nel paese.

Il soggetto individuato, dopo aver sottoscritto un contratto con l'ESA, riceve e gestisce i contributi nazionali, guida il gruppo dei *partner* contributori e conduce uno studio dettagliato, consultando le parti interessate nello Stato membro, per: effettuare una mappatura completa dei programmi STEM nazionali a tutti i livelli di istruzione primaria e secondaria; identificare le esigenze e le potenziali aree di intervento prioritario per la comunità didattica nazionale; valutare il possibile ruolo delle risorse e delle attività correlate allo Spazio (dell'ESA e dei *partner*) nel soddisfare queste esigenze e produrre raccomandazioni per la definizione della struttura e del portfolio di attività ottimali per l'ESERO nazionale. Una volta ultimata la fase di studio e condivisi i risultati finali, viene definito e implementato un piano di attività composto da cinque pacchetti di lavoro da svolgere contemporaneamente: la gestione dell'ufficio ESERO; la formazione degli docenti; le attività e le risorse didattiche d'aula; le attività di sensibilizzazione; le attività dei gruppi di lavoro ESA/ESERO.

4.3.1 La gestione dell'ufficio ESERO e attività dei gruppi di lavoro ESA/ESERO

L'organizzazione individuata per ospitare l'ufficio ESERO nazionale, nel realizzare il piano di attività, delinea una struttura operativa corredata da una pianta organica delle risorse umane (ad esempio uno o più esperti di educazione scientifica) e nomina un manager ESERO che sarà il punto di contatto principale con l'Ufficio Educazione di ESA.

L'organizzazione dovrà attivarsi per sviluppare relazioni e *partnerships*, a sostegno degli obiettivi del progetto, con gli *stakeholders* nazionali operanti nel settore spaziale e in quello della formazione, avviando con essi attività di cooperazione. Questi ultimi possono essere individuati tra organizzazioni industriali e accademiche operanti nel settore spaziale nazionale; organismi nazionali che gestiscono e finanziano le attività spaziali nazionali come Ministeri, Consigli di ricerca, fondazioni, etc.; autorità nazionali e locali attive in campo educativo; istituti di formazione degli insegnanti e università; organizzazioni professionali interessate alla formazione in ambito spaziale e fornitori di servizi di orientamento; centri e musei scientifici; editori di opere educative e così via. In aggiunta a quanto sopra descritto, particolare rilevanza riveste sia il monitoraggio che l'ESERO nazionale deve condurre sulle tendenze e gli sviluppi del curriculum scolastico delle materie STEM dello Stato membro, contribuendo per quanto

possibile alla sua definizione, sia la condivisione delle *best practices* all'interno del network ESERO e la partecipazione nelle attività dei gruppi di lavoro ESA/ESERO per garantire lo sviluppo congiunto, la verifica, la revisione e la valutazione delle attività didattiche correlate allo Spazio di potenziale interesse comune e da utilizzare nei diversi paesi. A latere, inoltre, l'organizzazione è responsabile della redazione e dell'esecuzione di un piano di attività annuale e della rendicontazione¹⁰⁶ periodica a ESA e agli altri organismi nazionali di cofinanziamento dell'ufficio ESERO nazionale, che costituiscono il Comitato Direttivo dell'ESERO nazionale¹⁰⁷.

4.3.2 La formazione degli docenti, le attività e le risorse didattiche d'aula, le attività di sensibilizzazione

Il *National ESERO Host Organisation* ha il compito di sviluppare corsi di formazione per gli insegnanti sulla base delle risorse didattiche sviluppate da ESA e adeguate al contesto nazionale e di ideare corsi *ex novo* in collaborazione con *partner* nazionali. Le attività di formazione devono riportare collegamenti con le missioni e i programmi spaziali al fine sia di colmare il divario esistente tra il modo in cui le STEM sono insegnate a scuola e le reali pratiche scientifiche sia di contribuire a far conoscere il ruolo e le attività svolte dall'Agenzia. Se possibile, le varie iniziative di formazione devono rientrare tra le attività di Sviluppo Professionale Continuo ufficialmente accreditate dal Ministero o da altre autorità competenti e porre l'accento sulla metodologia *enquiry-based*, incoraggiando le attività pratiche.

L'ESERO nazionale, in collaborazione con ESA, deve supportare attivamente le attività didattiche che si svolgono nelle aule scolastiche nazionali attraverso lo sviluppo di nuove risorse educative¹⁰⁸, la traduzione e l'adattamento dei materiali e dei programmi didattici già sviluppati da ESA o dagli altri uffici ESERO. Esso ha il compito di progettare risorse e attività didattiche di qualità¹⁰⁹, scientificamente rigorose, riutilizzabili, sostenibili a lungo termine, accessibili e disponibili al più ampio numero possibile di insegnanti del Paese, anche attraverso il web.

¹⁰⁶ Le rendicontazioni devono contenere una valutazione complessiva delle attività, una sintesi dei progressi relativi a ognuno dei pacchetti di attività distinti per livello di istruzione (primario o secondario), un elenco e una descrizione degli eventi in programma per i quali si richiede il supporto dell'ESA, un dettagliato piano finanziario per il periodo di riferimento e un prospetto di bilancio per le attività previste nel trimestre successivo.

¹⁰⁷ Il Comitato Direttivo ESERO è responsabile di: attività di consulenza in materia di attuazione del programma e di revisione dei progressi compiuti rispetto agli obiettivi strategici e agli indicatori di prestazioni chiave, preventivamente concordati tra ESERO nazionale e suoi finanziatori; indirizzare il programma perché contribuisca in modo appropriato alle iniziative didattiche a livello nazionale e internazionale aventi per tema le materie STEM e lo spazio; attività di consulenza su sviluppo e comunicazione dell'offerta di supporto ai docenti delle materie STEM del paese; contribuire alla diffusione delle informazioni sul programma, la sua offerta e il suo impatto; di attività di consulenza su strategia e sostenibilità a lungo termine del progetto.

¹⁰⁸ In particolare risorse per l'insegnamento e l'apprendimento correlate allo spazio come lezioni sotto forma di documento, applicazione mobile, video, applicazioni interattive on-line e off-line e in qualsiasi formato adatto per l'uso in aula.

¹⁰⁹ Le risorse e le attività didattiche devono rispettare alti standard di pedagogia e didattica STEM ed essere correlate ad esempi chiaramente legati allo spazio, come l'uso nella vita di tutti i giorni della scienza e tecnologia spaziale, facendo riferimento a missioni e programmi spaziali dell'ESA e nazionali.

L'ufficio nazionale deve, inoltre, facilitare l'interazione diretta tra gli esperti e professionisti dello Spazio e la comunità di insegnanti e studenti tramite lezioni e conferenze, sessioni informative, *webinar* e qualsiasi altro mezzo idoneo, nonché organizzare e/o coordinare la partecipazione nazionale ai progetti didattici pratici promossi da ESA a livello europeo, come le competizioni nazionali *CanSat*, e sponsorizzare progetti scolastici esemplari per le materie STEM e correlati allo Spazio.

L'ESERO nazionale deve identificare e sfruttare le diverse opportunità di promozione dell'offerta ESERO e del valore di utilizzo dello Spazio come contesto stimolante per l'insegnamento e l'apprendimento delle materie STEM, nei confronti di docenti, studenti, famiglie e di altre parti interessate. A tal fine, l'ufficio nazionale, oltre a pianificare e a partecipare a eventi e a conferenze dedicate agli insegnanti, garantisce la presenza di propri rappresentanti ai maggiori eventi di diffusione della cultura scientifica e spaziale nazionali - *open days*, settimane della scienza, mostre, eventi di orientamento professionale - ogni volta che questi appuntamenti consentano di promuovere il valore didattico dello Spazio presso il personale docente. L'ESERO nazionale deve anche identificare i modi per collegare la propria attività di sensibilizzazione alle missioni e ai programmi spaziali, dell'ESA e nazionali, e far conoscere ai giovani l'importanza delle attività di ricerca ed esplorazione spaziale e delle applicazioni che ne derivano per la società e l'economia. Allo stesso tempo, è tenuto a promuovere l'offerta ESERO attraverso i diversi canali di cui dispone come il sito web nazionale del progetto ESERO, la newsletter dedicata e così via. Altra attività importante a cui l'ESERO nazionale è tenuto è quella di sensibilizzare la comunità dei docenti sulle opportunità professionali in ambito STEM e spaziale attraverso apposito materiale informativo, social media, *webinar*, l'uso di modelli di comportamento e così via.

4.4 Il progetto ESERO: un percorso educativo flessibile sul tema Spazio che valorizza lo scambio di buone pratiche nella comunità didattica europea

Partito come progetto pilota nei Paesi Bassi nel 2006, ESERO è basato sulle sinergie e sulla capacità di creare *network* tra *stakeholders* nazionali operanti nel campo dell'educazione, formale e informale, e organismi attivi nel settore spaziale. Al fine di realizzare e promuovere attività che rendono il "contesto Spazio" ideale per l'insegnamento e l'apprendimento delle discipline STEM, ESERO offre sessioni di formazione e *training* per insegnanti delle scuole primarie e secondarie, configurandosi come processo formativo importante, capace di entrare nel contesto scolastico nazionale, di suscitare interesse per le discipline tecnico-scientifiche grazie al naturale fascino provato dai giovani per lo Spazio, di motivare e ispirare le giovani

generazioni, di scoprire vocazioni mostrando la varietà delle carriere nel settore spaziale e di promuovere progetti spaziali nazionali ed europei.

Sin dall'istituzione della prima *partnership* ESERO nei Paesi Bassi, gli impatti e i benefici che il progetto ha apportato in Europa, nel campo dell'istruzione primaria e secondaria connessa alle STEM, sono stati considerevoli. Il numero di insegnanti e studenti coinvolti, la portata delle attività e l'impatto complessivo del progetto hanno raggiunto livelli che la singola azione da parte dell'ESA non avrebbe potuto garantire. La potenzialità dell'uso dello Spazio come contesto di insegnamento e apprendimento per le materie scientifiche è stato riconosciuto e sfruttato con successo. Gli uffici nazionali ESERO sono diventati nel tempo un punto di riferimento nell'insegnamento delle STEM, nonché un punto di aggregazione per l'educazione legata ai temi dello Spazio nei singoli Paesi.

La forza della metodologia operativa utilizzata da ESERO è da individuarsi non solo nella flessibilità di adattamento agli specifici bisogni dei sistemi di istruzione formale di ogni Stato membro, ma anche nella capacità di beneficiare dalle ibridazioni di idee, concetti e approcci pedagogici e delle migliori prassi all'interno del *network* europeo. Il coordinamento generale del progetto da parte dell'Ufficio Educazione dell'ESA consente ai nodi della rete ESERO l'accesso continuo ai contenuti, alle competenze, alle strutture e alle risorse connesse al settore spaziale opportunamente adeguate agli scopi didattici. Ancora, la disponibilità dei diversi canali di comunicazione istituzionale dell'ESA consente di sensibilizzare e promuovere il *concept* ESERO e le sue iniziative.

Nel corso del tempo è stato riconosciuto che la definizione e lo sviluppo di attività didattiche da parte degli uffici ESERO nazionali e dell'ESA può trarre beneficio dall'intensificazione del coordinamento, della collaborazione e della condivisione in rete. Proprio per questo, nel 2016 ESA ha formalmente istituito i gruppi di lavoro ESA/ESERO con lo scopo precipuo di consentire una condivisione sistematica delle migliori prassi e dei prodotti realizzati. L'intento finale è quello di realizzare una sinergia di competenze ancora più efficace: i gruppi di lavoro sono attivi su tematiche spaziali preidentificate e il loro obiettivo è quello di progettare insieme nuove risorse didattiche per l'insegnamento in aula e nuove attività adattabili ai programmi scolastici dei diversi Paesi ESERO. Il processo di estensione del progetto attraverso contratti offre la possibilità di aumentarne l'impatto in tutta Europa, a beneficio delle comunità didattiche europee.

L'approccio ESERO comprende il rafforzamento delle capacità delle comunità educative nazionali, con un *focus* particolare sugli insegnanti, considerati agenti principali del sistema educativo di ogni Paese. La rete ESERO offre sessioni di formazione per i docenti, a livello di

scuola primaria e secondaria, che mirano a fornire loro non solo metodologie e speciali materiali didattici a supporto del lavoro d'aula quotidiano, ma anche la fiducia necessaria per svolgere attività di natura tecnico-scientifica. Gli eventi di formazione dedicati agli insegnanti sono, ove possibile, accreditati ufficialmente come parte dello Sviluppo Professionale Continuo. Per sostenere l'insegnamento e l'apprendimento, la rete ESERO offre risorse d'aula, progettate sulla base e a misura degli specifici programmi nazionali relativi alle materie STEM, che utilizzano lo Spazio come contesto di riferimento: i dati spaziali reali e l'applicazione della metodologia scientifica, accompagnati dal supporto di esperti, come scienziati e astronauti, sono utilizzati il più possibile. Nell'ambito del progetto, inoltre, rientrano iniziative di sensibilizzazione finalizzate a stimolare la consapevolezza dei giovani sui programmi spaziali nazionali ed europei e della loro importanza per la società e l'economia moderna, oltre a fornire informazioni sulle carriere scientifiche e tecnologiche, nel settore spaziale in particolare.

Il progetto ESERO e le altre iniziative di educazione e di diffusione della cultura scientifica portate avanti dall'ESA mostrano solo una piccola parte del contributo che lo Spazio può dare non solo al settore dell'istruzione, ma anche al conseguimento degli obiettivi strategici di crescita previsti da Europa 2020. L'impatto che le politiche educative in generale possono avere sulle finalità strategiche nei campi dell'occupazione, della ricerca, dell'innovazione e dell'inclusione sociale deve essere tenuto in debito conto perché, all'interno della strategia europea orientata al 2020, l'istruzione è uno strumento capace di migliorare la competitività attraverso la formazione di capitale umano. In questo scenario lo Spazio può a sua volta svolgere un ruolo chiave: l'inclusione nel processo educativo delle tematiche, delle attività e delle missioni spaziali può ispirare nuove visioni del mondo e contribuire a creare un'identità europea. Attraverso un progetto come ESERO, lo Spazio può aiutare a risolvere i problemi delle basse competenze di base degli studenti europei e della dispersione scolastica, incoraggiando i giovani a frequentare percorsi terziari di istruzione connessi alle discipline STEM, obiettivo fondamentale quest'ultimo per la realizzazione della priorità strategica della crescita intelligente. Nel prossimo capitolo proviamo a comprendere se è possibile e come realizzare il progetto ESERO anche in Italia. A tal proposito, abbiamo condotto un'analisi delle caratteristiche del sistema d'istruzione italiano, delle risorse e delle esigenze della comunità di insegnanti e di studenti delle scuole presenti sul territorio nazionale. In particolare, sono stati esaminati documenti emanati dal MIUR e intervistati due dirigenti dello stesso ministero in qualità di testimoni privilegiati. Al termine di questa fase, abbiamo preso in esame i processi che hanno portato tre distinti Paesi europei a istituire un ufficio ESERO, così da determinare gli elementi salienti del funzionamento del progetto e conoscere i suoi eventuali punti di debolezza. È stato,

infine, ipotizzato e proposto un progetto di ESERO Italia che prova a rispondere, oltre agli obiettivi generali del progetto, anche alle esigenze nazionali messe in luce dall'analisi dello scenario italiano effettuata nel primo capitolo di questo lavoro.

CAPITOLO QUINTO

È POSSIBILE COSTITUIRE UN ESERO ITALIA?

Il primo passo per la costituzione di un Ufficio ESERO in Italia consiste nell'analisi del contesto in cui esso dovrà inserirsi al fine di individuare le principali caratteristiche del sistema d'istruzione italiano, nonché le risorse e le esigenze della comunità di insegnanti e di studenti delle scuole presenti sul territorio nazionale.

A tal fine, è stata condotta in un primo momento un'analisi dei seguenti documenti del MIUR:

- *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione;*
- *Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali;*
- *Istituti Tecnici Linee guida per il passaggio al nuovo ordinamento.*

Successivamente, il 23 marzo 2017, è stata svolta, presso la sede del MIUR di Viale Trastevere, un'intervista alla dott.ssa Anna Brancaccio¹¹⁰ e al dott. Massimo Esposito¹¹¹ della Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e la Valutazione del Sistema Nazionale di Istruzione del MIUR.

L'approccio utilizzato è un ibrido di ricerca su base documentaria e di intervista a testimoni qualificati.

L'analisi del materiale documentale ha consentito di individuare le principali caratteristiche del sistema d'istruzione italiano, con un *focus* sulle materie scientifiche e sulla matematica.

Per quanto attiene all'intervista, è stata sviluppata una traccia costituita da poche domande generali, alcune delle quali sono state ridefinite nel corso dell'intervista per adattarle alla sua dinamica concreta, a cui sono seguite domande per approfondire e chiarire alcuni aspetti emersi nel corso dell'incontro. In particolare, ai due dirigenti sono state chieste informazioni fattuali sulle linee di indirizzo del MIUR per le discipline scientifiche e valutazioni personali per delineare le caratteristiche principali del sistema d'istruzione italiano nell'ambito dell'insegnamento delle materie STEM.

Il processo di costituzione di un ufficio ESERO in Italia non può prescindere da un'analisi condotta sulle esperienze effettuate da altri Paesi. Dopo aver, infatti, esaminato lo scenario nazionale dell'educazione scolastica sulle STEM e compreso le linee di indirizzo del MIUR per

¹¹⁰ La dott.ssa Anna Brancaccio è un Dirigente Scolastico attualmente assegnata alla Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e la Valutazione del Sistema Nazionale di Istruzione del MIUR. Ha una laurea in fisica e ha insegnato matematica e fisica, informatica ed elettronica presso istituti di istruzione secondaria di secondo grado.

¹¹¹ Il dott. Massimo Esposito è un Dirigente Tecnico assegnato alla Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e la Valutazione del Sistema Nazionale di Istruzione del MIUR. Ha una laurea in ingegneria e ha insegnato informatica, matematica e fisica presso istituti di istruzione secondaria di secondo grado.

le discipline scientifiche, si è ritenuto opportuno prendere in esame i processi che hanno portato tre distinti Paesi europei a costituire un ufficio ESERO, così da determinare gli elementi chiave del funzionamento del progetto e conoscere i suoi eventuali punti di debolezza.

Le tre esperienze prese in esame sono quelle che hanno interessato i Paesi Bassi, perché sono stati pionieri in questo settore e quindi è possibile ipotizzare che abbiano affrontato gran parte delle difficoltà che una nuova esperienza può apportare, l'Irlanda e il Regno Unito, per l'elevato riscontro positivo che hanno ricevuto in ambito nazionale e internazionale.

Le informazioni sono state raccolte sia mediante intervista sia attraverso l'analisi di documenti ufficiali prodotti dai citati uffici ESERO. In particolare, lo studio delle caratteristiche di ESERO Paesi Bassi è stato realizzato grazie alla disponibilità della dott.ssa Wendy van den Putte, membro del gruppo di lavoro di ESERO Paesi Bassi e Project manager Senior del *National Science and Technology Centre* (NEMO), mentre l'analisi degli altri due uffici si è principalmente focalizzata sui *report* periodici che i gruppi di lavoro nazionali hanno trasmesso all'ESA per rendicontare l'andamento delle attività poste in essere.

5.1 L'analisi documentale

L'analisi condotta sui tre documenti del MIUR ha consentito di delineare chiaramente il compito che la Costituzione italiana assegna alla scuola e di estrapolare informazioni comuni ai diversi cicli di istruzione che si riportano nei paragrafi:

- *Il profilo educativo, culturale e professionale dello studente alla fine dei percorsi scolastici;*
- *Il curriculum scolastico: libertà d'insegnamento e autonomia scolastica;*
- *Il laboratorio: una risorsa didattica su cui investire;*
- *Le materie scientifiche oggetto dei curricula scolastici.*

5.1.1 Il compito assegnato dalla Costituzione alla scuola

La scuola italiana, statale e paritaria, svolge l'insostituibile funzione pubblica assegnata dalla Costituzione della Repubblica, per la formazione di ogni persona e la crescita civile e sociale del Paese. Assicura a tutti i cittadini l'istruzione obbligatoria di almeno otto anni (articolo 34), elevati ora a dieci¹¹². Contribuisce a rimuovere “gli ostacoli di ordine economico e sociale, che, limitando di fatto la libertà e l'eguaglianza dei cittadini, impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l'effettiva partecipazione di tutti i lavoratori all'organizzazione politica, economica e sociale del Paese” (articolo 3). L'azione della scuola si esplica attraverso la collaborazione con la famiglia (articolo 30), nel reciproco rispetto dei diversi ruoli e ambiti

¹¹² Decreto 22 Agosto 2007, n. 139, Regolamento recante norme in materia di adempimento dell'obbligo di istruzione.

educativi, nonché con le altre formazioni sociali ove si svolge la personalità di ciascuno (articolo 2).

La scuola dell'infanzia, la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado costituiscono il primo segmento del percorso scolastico e contribuiscono in modo determinante all'elevazione culturale, sociale ed economica del Paese e ne rappresentano un fattore decisivo di sviluppo e di innovazione (MIUR 2012, Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione).

A seguire, l'istruzione secondaria, nei suoi diversi percorsi liceali, tecnici e professionali¹¹³, rappresenta il secondo segmento del percorso scolastico finalizzato a fornire ai ragazzi gli strumenti culturali (saperi e competenze) utili a esercitare la propria cittadinanza, ad accedere all'istruzione superiore o alle professioni e a poter continuare ad apprendere lungo l'intero arco della propria vita (MIUR 2010, Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali).

L'ordinamento scolastico italiano tutela la libertà di insegnamento (articolo 33) ed è centrato sull'autonomia funzionale delle scuole (articolo 117). Le scuole sono chiamate a elaborare il proprio curriculum esercitando così una parte decisiva dell'autonomia che la Repubblica attribuisce loro.

Per garantire a tutti i cittadini pari condizioni di accesso all'istruzione e un servizio di qualità, lo Stato stabilisce le norme generali cui devono attenersi tutte le scuole, siano esse statali o paritarie. Tali norme comprendono: la fissazione degli obiettivi generali del processo formativo e degli obiettivi specifici di apprendimento relativi alle competenze degli studenti; le discipline di insegnamento e gli orari obbligatori; gli standard relativi alla qualità del servizio; i sistemi di valutazione e controllo del servizio stesso.

Il sistema scolastico italiano assume, come orizzonte di riferimento verso cui tendere, il quadro delle competenze-chiave per l'apprendimento permanente definite dal Parlamento europeo e dal Consiglio dell'Unione europea: comunicazione nella madrelingua; comunicazione nelle lingue straniere; competenza matematica e competenze di base in scienza e tecnologia; competenza

¹¹³ Nel secondo ciclo, gli studenti sono tenuti ad assolvere al diritto-dovere all'istruzione e alla formazione sino al conseguimento di un titolo di studio di durata quinquennale o almeno di una qualifica di durata triennale entro il diciottesimo anno di età. Allo scopo di garantire il più possibile che "nessuno resti escluso" e che "ognuno venga valorizzato", il secondo ciclo è articolato nei percorsi dell'istruzione secondaria superiore (licei, istituti tecnici, istituti professionali) e nei percorsi del sistema dell'istruzione e della formazione professionale di competenza regionale, presidiati dai livelli essenziali delle prestazioni definiti a livello nazionale. In questo ambito gli studenti completano anche l'obbligo di istruzione di cui al regolamento emanato con decreto del Ministro della pubblica istruzione 22 agosto 2007, n. 139.

digitale; imparare a imparare; competenze sociali e civiche; spirito di iniziativa e imprenditorialità; consapevolezza ed espressione culturale¹¹⁴.

Con particolare riferimento alle competenze-chiave in matematica e in scienza e tecnologia, il Legislatore europeo ha fornito la seguente definizione:

La competenza matematica è l'abilità di sviluppare e applicare il pensiero matematico per risolvere una serie di problemi in situazioni quotidiane. Partendo da una solida padronanza delle competenze aritmetico-matematiche, l'accento è posto sugli aspetti del processo e dell'attività oltre che su quelli della conoscenza. La competenza matematica comporta, in misura variabile, la capacità e la disponibilità a usare modelli matematici di pensiero (pensiero logico e spaziale) e di presentazione (formule, modelli, schemi, grafici, rappresentazioni). La competenza in campo scientifico si riferisce alla capacità e alla disponibilità a usare l'insieme delle conoscenze e delle metodologie possedute per spiegare il mondo che ci circonda sapendo identificare le problematiche e traendo le conclusioni che siano basate su fatti comprovati. La competenza in campo tecnologico è considerata l'applicazione di tale conoscenza e metodologia per dare risposta ai desideri o bisogni avvertiti dagli esseri umani. La competenza in campo scientifico e tecnologico comporta la comprensione dei cambiamenti determinati dall'attività umana e la consapevolezza della responsabilità di ciascun cittadino (Allegato alla Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 (2006/962/CE)).

5.1.2 Il profilo educativo, culturale e professionale dello studente alla fine dei percorsi scolastici

La scuola italiana attribuisce grande importanza alla relazione educativa e ai metodi didattici capaci di attivare pienamente le energie e le potenzialità di ogni bambino e ragazzo. Al tempo stesso essa ha imparato a riconoscere e a valorizzare apprendimenti diffusi che avvengono fuori dalle sue mura, nei molteplici ambienti di vita in cui i bambini e i ragazzi crescono: attraverso gli apprendimenti sviluppati a scuola, lo studio personale, le esperienze educative vissute in famiglia e nella comunità, i diversi cicli di istruzione consentono allo studente di iniziare ad affrontare in autonomia e con responsabilità le situazioni di vita tipiche della propria età.

Facendo riferimento alle conoscenze matematiche e scientifico-tecnologiche, alla fine del primo ciclo di istruzione¹¹⁵ uno studente italiano dovrebbe possedere conoscenze tali da consentirgli di

¹¹⁴ L'impegno a far conseguire tali competenze a tutti i cittadini europei di qualsiasi età, indipendentemente dalle caratteristiche proprie di ogni sistema scolastico nazionale, non implica da parte degli Stati aderenti all'Unione europea l'adozione di ordinamenti e curricoli scolastici conformi ad uno stesso modello. Al contrario, la diversità di obiettivi specifici, di contenuti e di metodi di insegnamento, così come le differenze storiche e culturali di ogni paese, pur orientati verso le stesse competenze generali, favoriscono l'espressione di una pluralità di modi di sviluppare e realizzare tali competenze. Tale processo non si esaurisce al termine del primo ciclo di istruzione, ma prosegue con l'estensione dell'obbligo di istruzione nel ciclo secondario e oltre, in una prospettiva di educazione permanente, per tutto l'arco della vita.

¹¹⁵ Il primo ciclo d'istruzione comprende la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado. Ricopre un arco di tempo fondamentale per l'apprendimento e lo sviluppo dell'identità degli alunni, nel quale si pongono le basi e si

analizzare dati e fatti della realtà e di verificare l'attendibilità delle analisi quantitative e statistiche proposte da altri. Il possesso di un pensiero razionale gli dovrebbe permettere di affrontare problemi e situazioni sulla base di elementi certi e di avere consapevolezza dei limiti delle affermazioni che riguardano questioni complesse che non si prestano a spiegazioni univoche.

A valle del percorso di istruzione secondaria, invece, uno studente italiano dovrebbe aver acquisito uno zoccolo di saperi e competenze comuni, integrato e declinato a seconda delle specificità dei percorsi intrapresi (liceali, tecnici o professionali). In particolare, dovrebbe aver acquisito un grado di apprendimento nell'area scientifica, matematica e tecnologica tale da consentirgli di comprendere il linguaggio formale specifico della matematica, di possedere i contenuti fondamentali delle scienze fisiche e delle scienze naturali (chimica, biologia, scienze della terra, astronomia), padroneggiandone le procedure e i metodi di indagine propri, anche per potersi orientare nel campo delle scienze applicate, di utilizzare criticamente strumenti informatici e telematici nelle attività di studio e di approfondimento (MIUR 2010, Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali).

5.1.3 Il curriculum scolastico: libertà d'insegnamento e autonomia scolastica

Nel rispetto e nella valorizzazione dell'autonomia delle istituzioni scolastiche, le *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*¹¹⁶; le *Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali* e le *Linee guida per il passaggio al nuovo ordinamento degli Istituti Tecnici* costituiscono il quadro di riferimento per la progettazione curricolare affidata alle scuole. Sono un testo aperto che la comunità professionale è chiamata ad assumere e a contestualizzare elaborando specifiche scelte relative a contenuti, metodi, organizzazione e valutazione coerenti con i traguardi formativi previsti dai documenti nazionali.

Il curriculum di istituto è espressione della libertà d'insegnamento e dell'autonomia scolastica e, al tempo stesso, esplicita le scelte della comunità scolastica e l'identità dell'istituto. Ogni scuola predispone il curriculum all'interno del Piano dell'offerta formativa con riferimento al profilo dello studente al termine del ciclo di istruzione, ai traguardi per lo sviluppo delle competenze, agli obiettivi di apprendimento specifici per ogni disciplina. A partire dal curriculum di istituto, i

acquisiscono gradualmente le competenze indispensabili per continuare ad apprendere a scuola e lungo l'intero arco della vita.

¹¹⁶ Le Indicazioni nazionali sono aggiornate a settembre 2012 e sono state elaborate ai sensi dell'articolo 1, comma 4, del decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 2009, n. 89, secondo i criteri indicati nella C.M. n. 31 del 18 aprile 2012.

docenti individuano le esperienze di apprendimento più efficaci, le scelte didattiche più significative, le strategie più idonee, con attenzione all'integrazione fra le discipline e alla loro possibile aggregazione in aree, così come indicato dal Regolamento dell'autonomia scolastica che affida questo compito alle istituzioni scolastiche.

L'itinerario scolastico dai tre ai quattordici anni, pur abbracciando tre tipologie di scuola caratterizzate ciascuna da una specifica identità educativa e professionale, è progressivo e continuo: negli anni dell'infanzia la scuola accoglie, promuove e arricchisce l'esperienza vissuta dai bambini in una prospettiva evolutiva, mentre nella scuola del primo ciclo la progettazione didattica è finalizzata a guidare i ragazzi lungo percorsi di conoscenza progressivamente orientati alle discipline e alla ricerca delle connessioni tra i diversi saperi (MIUR 2012, Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione).

Il percorso secondario di secondo grado è calibrato sulle strategie suggerite nelle sedi europee per la costruzione della società della conoscenza, sui risultati delle indagini nazionali e internazionali, nonché sulle conoscenze in ingresso delle matricole compiute dalle università (MIUR 2010, Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali).

5.1.4 Il laboratorio: una risorsa didattica su cui investire

L'acquisizione dei saperi richiede un uso flessibile degli spazi, a partire dalla stessa aula scolastica, ma anche la disponibilità di luoghi attrezzati che facilitino approcci operativi alla conoscenza per le scienze, la tecnologia, le lingue comunitarie, la produzione musicale, il teatro, le attività pittoriche, la motricità.

Con riferimento specifico alle discipline scientifiche, le Indicazioni nazionali per il curricolo del primo ciclo d'istruzione raccomandano sia di favorire l'esplorazione e la scoperta, al fine di promuovere il gusto per la ricerca di nuove conoscenze, sia di realizzare attività didattiche in forma di laboratorio, per incentivare l'operatività e allo stesso tempo il dialogo e la riflessione su quello che si fa. Il laboratorio, se ben organizzato, è la modalità di lavoro che meglio incoraggia la ricerca e la progettualità, coinvolge gli alunni nel pensare, realizzare, valutare attività vissute in modo condiviso e partecipato con altri. In matematica, come nelle altre discipline scientifiche, esso consente all'alunno di formulare le proprie ipotesi e di controllare le conseguenze, nonché di progettare, sperimentare, discutere e argomentare le proprie scelte, imparando a raccogliere dati, negoziare e costruire significati. Il laboratorio, inteso soprattutto come modalità per accostarsi in modo attivo e operativo a situazioni o fenomeni oggetto di studio, rappresenta un riferimento importante anche per la didattica della tecnologia perché combina la progettazione e

la realizzazione di semplici prodotti originali, promuovendo nei bambini e nei ragazzi forme di pensiero e atteggiamenti che preparino e sostengano interventi trasformativi dell'ambiente circostante (MIUR 2012, Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione).

Anche nelle Indicazioni nazionali per i percorsi liceali il laboratorio rimane un aspetto irrinunciabile della formazione scientifica e una guida per tutto il percorso formativo. L'esperimento è, infatti, un momento necessario della formazione scientifica e va pertanto promosso in tutti gli anni di studio e in tutti gli ambiti disciplinari perché educa lo studente a porre domande, a raccogliere dati e a interpretarli, acquisendo man mano gli atteggiamenti tipici dell'indagine scientifica (MIUR 2010, Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali).

Il laboratorio, come metodologia di apprendimento, riveste un ruolo chiave pure negli ordinamenti dell'istruzione tecnica¹¹⁷ dove è concepito non solo come il luogo nel quale gli studenti mettono in pratica quanto hanno appreso a livello teorico attraverso la sperimentazione di protocolli standardizzati, tipici delle discipline scientifiche, ma soprattutto come una metodologia didattica innovativa, che coinvolge tutte le discipline, perché facilita la personalizzazione del processo di insegnamento-apprendimento, consentendo agli studenti di acquisire il “sapere” attraverso il “fare” e rafforzando l'idea che la scuola è il posto in cui si “impara ad imparare” per tutta la vita. Tutte le discipline possono, quindi, giovare di momenti laboratoriali in quanto tutte le aule possono diventare laboratori. Il lavoro in laboratorio, e le attività a esso connesse, sono particolarmente importanti perché consentono di attivare processi didattici in cui gli allievi diventano protagonisti e superano l'atteggiamento di passività e di estraneità che caratterizza spesso il loro atteggiamento di fronte alle lezioni frontali. La didattica di laboratorio facilita l'apprendimento dello studente, coinvolgendolo anche dal punto di vista fisico ed emotivo nella relazione diretta e gratificante con i compagni e il docente. Gli insegnanti, utilizzando il laboratorio, hanno la possibilità di guidare l'azione didattica per “situazioni-problema” e di adoperare strumenti per orientare e negoziare il progetto formativo individuale con gli studenti, consentendo loro di acquisire consapevolezza dei propri punti di forza e di debolezza (MIUR 2010, Istituti Tecnici Linee guida per il passaggio al nuovo ordinamento).

¹¹⁷ L'identità degli istituti tecnici, in linea con le indicazioni dell'Unione europea, è caratterizzata da una solida base culturale a carattere scientifico e tecnologico, acquisita attraverso saperi e competenze sia dell'area di istruzione generale sia dell'area di indirizzo. Tale base ha l'obiettivo di far acquisire agli studenti sia conoscenze teoriche e applicative spendibili in vari contesti di vita, di studio e di lavoro sia abilità cognitive idonee per risolvere problemi, sapersi gestire autonomamente in ambiti caratterizzati da innovazioni continue, assumere progressivamente anche responsabilità per la valutazione e il miglioramento dei risultati ottenuti.

5.1.5 Le materie scientifiche oggetto dei curricoli scolastici

Attraverso l'analisi dei tre documenti del MIUR sono stati individuati i principali contenuti dei curricoli scolastici per le materie STEM, che sono stati aggregati in tre macroaree disciplinari di insegnamento: Matematica, Scienza e Tecnologia (tabella 12).

	Scuola primaria (6–10 anni)	Scuola secondaria di primo grado (11–13 anni)	Scuola secondaria di secondo grado (14–18 anni)
Matematica	Numeri, Spazio e figure, Relazioni, dati e previsioni	Numeri, Spazio e figure, Relazioni e funzioni Dati e previsioni	Aritmetica e algebra, Geometria, Relazioni e funzioni, Dati e previsioni, Informatica
Scienza	Oggetti, materiali e trasformazioni, Osservare e sperimentare sul campo, L'uomo i viventi e l'ambiente	Fisica e chimica, Astronomia e Scienze della Terra, Biologia	Scienze della Terra, Biologia, Chimica, Fisica
Tecnologia	Vedere e osservare, Prevedere e immaginare, Intervenire e trasformare	Vedere, osservare e sperimentare, Prevedere, immaginare e progettare, Intervenire, trasformare e produrre	

Tabella 12: Contenuti dei curricoli della scuola primaria, della scuola secondaria di primo grado e della scuola secondaria di secondo grado per le aree della matematica, della scienza e della tecnologia.

5.2 Intervista alla dott.ssa Anna Brancaccio e al dott. Massimo Esposito della Direzione Generale per gli Ordinamenti Scolastici e la Valutazione del Sistema Nazionale di Istruzione del MIUR

Per cominciare a delineare lo scenario italiano dell'educazione scolastica scientifica vorrei sapere, sulla base della Vostra esperienza, quali sono i punti di debolezza e i punti di forza del sistema dell'educazione scolastica scientifica (STEM) in Italia e quali le sue principali esigenze.

Le Indicazioni Nazionali e le Linee Guida per gli Istituti Tecnici forniscono indicazioni metodologiche per lo studio delle materie scientifiche e della matematica affinché la normale attività di risoluzione di problemi precostituiti sia affiancata da attività che possano mettere in evidenza le competenze degli studenti nel formulare e risolvere problemi in modo autonomo e costruttivo. Porre problemi induce nello studente non solo una maggiore padronanza degli argomenti, ma anche una maggiore motivazione allo studio della matematica. L'acquisizione di competenze specifiche nell'insegnamento della matematica, della fisica e delle scienze riguarda non solo gli studenti, ma soprattutto i docenti nell'ottica del binomio apprendimento-insegnamento.

Ciò nonostante, uno dei principali punti critici nel sistema di istruzione italiano nell'ambito dell'insegnamento della matematica, della fisica e delle scienze è riscontrato nella larga prevalenza di un approccio didattico a discendere dal generale al particolare e dalla debolezza nella preparazione degli studenti ad affrontare problemi in termini quantitativi. Il tema è di rilevante importanza nello studio della matematica e, in generale, di tutte le discipline scientifiche che richiedono, per essere capite e adoperate al meglio, l'attivazione di processi mentali che, attraverso la formulazione di problemi e la messa in discussione di dati e proprietà di un oggetto o di un fenomeno, possano portare allo sviluppo di ipotesi alternative e di pensiero critico negli studenti. Porre e risolvere problemi, infatti, implica la capacità di formulare modelli a partire da problemi individuati in contesti reali. Nella scuola italiana, invece, molti docenti non sono abituati all'applicazione della scienza e, in modo particolare, non lo sono i docenti con una formazione in matematica, perché abituati all'astrazione e al formalismo tipico di questa disciplina. Non è un caso che la matematica che più resta in mente è quella con cui si è entrati in contatto nel corso della scuola primaria, perché più pratica, è fatta fondamentalmente dalle quattro operazioni, e quindi ricordata più facilmente nel corso degli anni. Dopo la scuola primaria, la matematica nella scuola italiana è essenzialmente algebra e astrazione. E questo è un fatto paradossale perché poi il liceo scientifico resta quello più scelto da parte degli studenti.

Tra i punti di forza va segnalata sicuramente l'attrattiva del liceo scientifico, che risulta essere il percorso di istruzione secondario più scelto da parte degli studenti che escono dal primo ciclo. Se si analizza il curriculum del liceo scientifico opzione scienze applicate si capisce bene cosa intenda fare il MIUR per incentivare lo studio delle materie scientifiche: è stato eliminato l'insegnamento del latino ed è stato previsto l'insegnamento dell'informatica.

Una parte degli europei trova problematico il modo in cui le discipline STEM sono insegnate a scuola, da ciò il conseguente calo di interesse per gli studi e le carriere in questi ambiti. La causa principale va individuata nel modo poco attraente con cui le materie scientifiche sono insegnate tra i banchi scolastici. Siete d'accordo con questa affermazione? Secondo Voi qual è la qualità dell'insegnamento delle scienze nelle scuole italiane e quale la qualità dei curricoli?

La riforma del secondo ciclo di istruzione¹¹⁸ e la pubblicazione delle Indicazioni nazionali hanno cambiato i termini di approccio dei diversi indirizzi di studio. Dall'anno scolastico 2010/2011¹¹⁹, infatti, non ci sono più i programmi, la scuola si è così riappropriata di una competenza importante costituita dalla progettazione curricolare attraverso cui, pur restando nei limiti di un discorso nazionale imprescindibile, può progettare il suo curriculum sulla base delle

¹¹⁸ DPR 87/2010; DPR 88/2010; DPR 89/2010.

¹¹⁹ Le Indicazioni nazionali per i licei si applicano a decorrere dall'anno scolastico 2010/2011 a partire dalle classi prime e, gradatamente, di anno in anno alle classi successive fino al completamento del ciclo.

caratteristiche socioculturali e delle risorse del territorio in cui opera. Tuttavia, nel 2012, quando nella scuola secondaria di secondo grado è partito il primo anno del secondo biennio, ci si è resi conto che le scuole avevano ignorato la riforma, considerando facoltativo quanto indicato nelle Indicazioni nazionali. Queste ultime sono un contenitore ampio di contenuti e di obiettivi di apprendimento con alla base una filosofia che incentiva le scuole a sviluppare il proprio percorso didattico considerando le risorse del proprio territorio, come enti di ricerca, aziende e così via. Solo nell'anno scolastico 2012/2013, quando il MIUR ha avviato i progetti *Problem Posing and Solving* e *Licei Scientifici ad Opzione Scienze Applicate (LS-OSA)*, i docenti hanno cominciato a capire che i contenuti delle Indicazioni nazionali e delle Linee Guida non erano opzionali: nei documenti, infatti, la frase “lo studente dovrà acquisire le competenze necessarie” non significa che quanto indicato è facoltativo, bensì consiste in un obiettivo specifico di apprendimento da conseguire obbligatoriamente a livello nazionale. Il docente può scegliere liberamente gli argomenti da sviluppare e il modo in cui farlo considerando le caratteristiche e le risorse del territorio in cui lavora, la vicinanza a enti e università, il proprio percorso formativo e così via. Il programma di una disciplina, quindi, è tutto da costruire. Talvolta però i docenti non lo sanno fare e preferiscono affidarsi ai libri di testo. Questi libri costituiscono un *gap* del nostro sistema scolastico perché molte volte sono loro a fare il curricolo di una disciplina: il rischio, infatti, è che il docente si leghi moltissimo al libro di testo, seguendone pedissequamente l'indice degli argomenti. Questa prassi, sicuramente comoda, andrebbe superata per includere nella progettazione del curricolo le reali esigenze e le peculiarità degli studenti a cui ci si rivolge. Il Ministero promuove una didattica a spirale, vale a dire un approccio dove il docente può scegliere di presentare degli argomenti che nel corso dei vari anni scolastici possono essere trattati con un grado di approfondimento via via crescente. I diversi concetti possono così essere ripresi più volte, con l'uso di applicazioni sempre più sfidanti per lo studente, a cui sono presentati pochi argomenti, ma più approfonditi, con una preparazione che si sviluppa nei cinque anni. Questo tipo di didattica di tipo induttivo è più impegnativa e qualche volta può scoraggiare quei docenti che non vogliono mettersi alla prova, preferendo seguire un tipo di didattica tradizionale e sequenziale basata sul “far passare concetti che poi nel tempo si dimenticano”. La didattica induttiva è più efficace perché volta a far interiorizzare allo studente i procedimenti e la *forma mentis* di una certa disciplina. Ad ogni modo bisogna tenere presente che ogni docente è libero di organizzare il proprio percorso didattico come meglio crede e, dunque, libero di seguire un libro di testo se lo ritiene opportuno. Per quanto riguarda la trattazione degli argomenti da presentare alla classe, occorre sottolineare, infine, che l'ultimo anno della scuola secondaria di secondo grado rappresenta un problema perché il docente, diversamente dal secondo biennio

dove può costruire liberamente il proprio percorso, scegliendo argomenti e grado di approfondimento di ognuno, deve trattare obbligatoriamente i temi oggetto dell'esame di stato.

Una corretta educazione scientifica è l'incipit per ogni tentativo di raggiungere un sufficiente livello di comprensione pubblica della scienza (Rapporto Bodmer). Per consentire ciò si ritiene opportuno garantire una serie di cose tra cui una migliore offerta formativa ai docenti. Che tipo di corsi di aggiornamento frequentano i docenti italiani delle materie STEM?

L'aggiornamento professionale, accanto alla progettazione didattica e agli obiettivi di apprendimento presenti nelle Indicazioni nazionali e nelle Linee Guida per gli Istituti Tecnici, è un elemento fondamentale su cui investire poiché consente ai docenti di acquisire una serie di pratiche, conoscenze e risorse utili all'insegnamento in aula delle proprie materie. Alcuni studiosi, tra cui Israel, affermano che un docente sa insegnare se conosce una disciplina. Noi crediamo che questa affermazione non corrisponda al vero perché conseguire una laurea, conoscere una materia, non significa sapere insegnare. Si pensi alle classi di abilitazione per l'insegnamento che, risalendo agli anni Sessanta, costituiscono oggi un problema. Ad esempio, con le classi 047 Matematica, 048 Matematica Applicata e 049 Matematica e Fisica, è possibile insegnare matematica, tuttavia un matematico, che ha sostenuto solo due esami di fisica, può insegnare anche fisica, una disciplina molto diversa dalla matematica perché segue un'altra *forma mentis*. Un matematico, che è un formale, non sa affrontare l'approccio pratico tipico del fisico. Per insegnare è importante che il docente, oltre a conoscere la propria disciplina, abbia conoscenze nel campo della pedagogia, della sociologia e della formazione. Considerando quanto riportato nelle Indicazioni nazionali e sulla base della nostra esperienza professionale come insegnanti, possiamo affermare che un docente fa bene il proprio lavoro se riesce a sviluppare un progetto didattico adeguato ai propri studenti, adottando una metodologia induttiva e favorendo l'affermarsi nella propria aula di un approccio di tipo costruttivista alle scienze e alla matematica, capace di rendere gli studenti protagonisti e co-costruttori del loro sapere attraverso il procedere per compiti di realtà, problemi da risolvere, strategie da trovare e scelte da motivare. È sempre più forte, quindi, la necessità di integrare nelle discipline il concetto di competenza, inteso come capacità di ricontestualizzare conoscenza e abilità, per l'acquisizione dei saperi fondanti. Ovviamente, per praticare quanto affermato, è necessario proporre ai docenti corsi di aggiornamento in grado di offrire nuovi punti di vista sull'approccio metodologico.

In molti rapporti dell'Ue si afferma che l'Europa ha bisogno di più scienziati e di più cittadini con educazione scientifica di base che possano fare scelte consapevoli su temi, spesso controversi, al centro del dibattito pubblico. Inoltre, per restare competitiva l'Europa deve

potenziare e innalzare il livello qualitativo della ricerca esplorativa e finalizzata, dei sistemi produttivi e delle competenze tecnico scientifiche delle persone. Quali sono i programmi del MIUR volti a incentivare le immatricolazioni ai corsi universitari nelle scienze di base?

Il MIUR propone alle scuole e ai docenti una serie di programmi che mirano a orientare lo studente. Crediamo, infatti, che per incentivare il numero di studenti che scelgono di immatricolarsi, ma soprattutto di portare a termine un corso di laurea in materie scientifiche e in matematica, giochi un ruolo fondamentale il modo in cui queste discipline sono presentate. Si ritorna, dunque, sempre al lavoro svolto dai docenti con gli studenti nelle aule scolastiche. Per questo il MIUR si è attivato con una serie di programmi rivolti alle scuole e ai docenti. Tra questi ne segnaliamo due in particolare destinati ai docenti delle scuole secondarie di secondo grado: *Problem Posing and Solving* e LS-OSA. Il primo è un progetto per l'attuazione delle Indicazioni Nazionali e delle Linee Guida dei nuovi Licei, Istituti Tecnici e Professionali che mira ad attivare un processo di innovazione didattica basato sulla crescita di una cultura *problem posing and solving* che investa trasversalmente la struttura disciplinare con un uso più maturo delle tecnologie informatiche. LS-OSA, invece, è rivolto ai licei scientifici con particolare riferimento a quelli con opzione scienze applicate, perché promuove la didattica laboratoriale, fornisce ai docenti delle discipline scientifiche il supporto necessario per allestire, proporre e gestire attività sperimentali in classe.

5.3 Considerazioni sullo scenario nazionale

Il capitale culturale, sociale e umano è una risorsa strategica su cui investire per sostenere e accelerare la crescita dell'Italia. Il raggiungimento di questo obiettivo passa attraverso il miglioramento e l'innovazione del sistema educativo nazionale, ponendo particolare attenzione alla risoluzione dei suoi punti di debolezza e alla valorizzazione dei suoi punti di forza.

L'analisi documentale e l'intervista ai testimoni qualificati hanno rilevato l'esistenza di un sistema scolastico caratterizzato da elevata autonomia a livello di singola scuola: in un momento dove non esistono più programmi ministeriali nelle varie discipline, ma sono in vigore le Indicazioni nazionali e le Linee Guida, si lascia un'ampia libertà alle scuole e agli insegnanti di costruire il curriculum, con la possibilità di utilizzare al meglio le risorse del proprio territorio e di realizzare apprendimenti diffusi dentro e fuori dalle mura scolastiche. Tuttavia, l'allineamento del sistema scolastico italiano ai migliori standard internazionali dipende dal superamento dei suoi punti di debolezza: la predominanza di un approccio d'aula basato sulla trasmissione di un sapere cristallizzato in concetti astratti e generali, la scarsità di unità di apprendimento interdisciplinari e il mancato aggiornamento dei docenti con formazione disciplinare. Per quanto

riguarda quest'ultimo punto, la Legge 107/2015¹²⁰ (La Buona Scuola) propone un nuovo quadro di riferimento per lo sviluppo professionale del personale docente, rendendo “obbligatoria, permanente e strutturale” (comma 124) la formazione in servizio¹²¹. Le competenze acquisite nella formazione iniziale, infatti, divengono inerti se non supportate e ricostruite in modo continuo e attivo, soprattutto nel campo delle *soft skills*, attraverso percorsi formativi che tengano insieme la riflessione teorica e la pratica (MIUR, Piano per la formazione dei docenti 2016-2019 p.11).

Il superamento degli altri due punti critici può essere favorito grazie alla progettazione di percorsi formativi per competenze, oltre che per contenuti. Quando si progetta un percorso per competenze è necessario che gli studenti sappiano affrontare quelli che si chiamano problemi reali, problemi contestuali e prove esperte. La didattica per competenze mette in evidenza il legame tra le aule scolastiche e il mondo al di fuori di esse e richiede alla scuola e ai docenti di rivedere le proprie modalità di insegnamento per favorire la nascita di ambienti di apprendimento basati sull'applicazione di metodologie attive, capaci di rendere lo studente protagonista e co-costruttore del suo sapere attraverso il procedere per compiti di realtà, problemi da risolvere, strategie da trovare e scelte da motivare. Gli studenti, come i docenti, hanno bisogno di motivazione e hanno necessità di apprendere attraverso casi pratici. Veicolare i contenuti in modo nuovo, non attraverso una lavagna piena di formule, ma con il coinvolgimento diventa importante per il cambiamento e l'innovazione della scuola. La diffusione delle conoscenze scientifiche, tecnologiche, fisiche e matematiche nelle aule scolastiche, dunque, passa tramite nuove modalità di insegnamento-apprendimento, attraverso un approccio di tipo costruttivista e mediante l'allontanamento da un modello di didattica prevalentemente trasmissiva, basata sulla progettazione per obiettivi e sulla sola valutazione di contenuti appresi. Questo non significa trovare un modello didattico, piuttosto vuol dire creare ambienti di apprendimento o situazioni di apprendimento dove l'enfasi va posta sulla costruzione della conoscenza e non sulla sua riproduzione, evitando eccessive semplificazioni e preferendo la contestualizzazione a situazioni reali rispetto all'astrazione. Presentare compiti autentici e contestualizzati, con l'ausilio di ambienti di apprendimento derivanti dal mondo reale, favorisce il ragionamento e permette allo studente costruzioni della conoscenza dipendenti dal contesto e dai contenuti.

¹²⁰ Legge 13 luglio 2015, n. 107 Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti. (15G00122) (GU Serie Generale n.162 del 15-7-2015).

¹²¹ La formazione in servizio rappresenta, eticamente oltre che giuridicamente, il presupposto fondamentale per lo sviluppo professionale individuale e della intera comunità docente, oltre che obiettivo prioritario da raggiungere per il 2020 nello spazio europeo dell'istruzione e della formazione, che individua nel corpo docente la risorsa chiave per il miglioramento della qualità dei sistemi educativi in Europa (ET 2020 - Conclusioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Maggio 2009).

Ci troviamo in un buon momento anche per ampliare le opportunità di apprendimento delle materie scientifiche e della matematica in contesti formali, non formali e informali perché la mancanza di programmi ministeriali lascia alle scuole ampia libertà di scegliere percorsi, relazione educativa e metodi didattici. Un sistema di istruzione vive e si sviluppa attraverso la sperimentazione, promuovendo l'innovazione, a livello sia di singola scuola sia di intero sistema scolastico, nonché permettendo alle migliori pratiche di diventare sistema e alle migliori energie di proporre nuovi prototipi formativi. Ciò implica, oltre al ripensamento delle modalità tradizionali di insegnamento e di organizzazione didattica, la capacità di coinvolgere gli studenti e i docenti in aula e fuori, promuovendo sinergie con il mondo della ricerca e, in particolare, con quegli ambiti caratterizzati da alta innovazione e sviluppo tecnologico. In questo senso, diventa strategico l'apertura del sistema scolastico alle istituzioni scientifiche, come gli enti pubblici di ricerca, perché capace di introdurre nella scuola nuovi stimoli culturali e offrire ai docenti sguardi e prospettive diverse sulle esperienze didattiche.

Il progetto ESERO dell'Agenzia Spaziale Europea, potrebbe essere in grado di incoraggiare, nel contesto educativo italiano, la connessione tra progettazione dei curricoli, azione didattica in classe e formazione del corpo docente attraverso la valorizzazione di apprendimenti diffusi e l'utilizzo di un contesto di insegnamento-apprendimento coinvolgente come lo Spazio. ESERO propone attività didattiche che hanno come riferimento prioritario la comunità degli insegnanti, che agisce da moltiplicatore verso milioni di studenti. Le sessioni di formazione organizzate nell'ambito del progetto rientrano tra le attività di Sviluppo Professionale Continuo e mirano a rafforzare la capacità della comunità educativa nazionale attraverso la proposta di metodologie didattiche, approcci d'aula e strumenti che, oltre a supportare il lavoro dei docenti, infondono in loro la necessaria fiducia per svolgere attività tecnico-scientifiche di natura pratica e laboratoriale. Il *network* internazionale garantisce agli insegnanti scambi e formazione all'estero, contribuendo alla crescita del capitale umano, allo sviluppo e alla condivisione di pratiche innovative, nonché alla creazione di comunità di pratiche durevoli e stimolanti. ESERO, in linea con quanto previsto a livello europeo¹²², individua nel corpo docente la risorsa chiave per il miglioramento della qualità dei sistemi educativi in Europa.

5.4 Analisi di caso dello sviluppo del progetto ESERO in uno o più Paesi europei

L'analisi condotta sulle esperienze effettuate da Paesi Bassi, Irlanda e Regno Unito ha consentito di delineare i processi che hanno portato i tre Paesi europei a costituire un ufficio

¹²² Education and training 2020 (ET 2020) - Conclusioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Maggio 2009. Caena Francesca, 2011, Literature review Quality in Teachers' continuing professional development, European Commission. http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/policy/strategic-framework/doc/teacher-development_en.pdf

ESERO e di determinare gli elementi chiave del funzionamento del progetto nelle realtà nazionali considerate. Le evidenze sono riportate nei paragrafi:

- *ESERO Paesi Bassi: best practices and lesson learned;*
- *ESERO Irlanda: le lezioni chiave apprese fino ad oggi;*
- *ESERO Regno Unito: il network, i cluster locali, la comunicazione integrata.*

5.4.1 ESERO Paesi Bassi: best practices and lesson learned

Perché si è ritenuto opportuno sviluppare il progetto ESERO dell'Agenzia Spaziale Europea nei Paesi Bassi?

Nei Paesi Bassi, in analogia alla maggior parte dei Paesi europei, si è riscontrato un forte calo della propensione dei giovani studenti a iscriversi a percorsi di formazione prevalentemente tecnico-scientifici, determinando una conseguente mancanza di personale qualificato nel settore tecnologico. Una serie di studi condotti a livello nazionale per fronteggiare questa criticità hanno messo in evidenza che:

- la maggior parte degli insegnanti delle *Basisschool*¹²³ non ha un'adeguata esperienza e conoscenza delle discipline STEM e, quindi, non riesce a infondere nei giovani studenti una propensione a questi studi;
- nei Paesi Bassi esiste tradizionalmente un forte divario di genere;
- gli studenti non hanno una conoscenza accurata delle possibilità di carriera in ambito tecnico-scientifico.

Per contrastare questa tendenza, nei Paesi Bassi sono stati sviluppati una serie di progetti educativi su diverse tematiche scientifiche, tra cui quelle spaziali, che venivano gestiti dal centro scientifico *National Science and Technology Centre* (NEMO) di Amsterdam e finanziati dal Ministero dell'Istruzione, della Cultura e della Scienza Olandese e dall'Ufficio Spaziale Olandese. Sulla scia di questa esperienza, l'ESA nel 2006 ha ritenuto opportuno convogliare, nel progetto ESERO, tutti gli sforzi fino ad allora condotti, affidando la gestione di questo ufficio sempre in seno al centro scientifico NEMO. Gli obiettivi e le competenze di ESA, dell'Ufficio Spaziale Olandese e di NEMO ben si fondono con gli scopi del progetto ESERO: preparare i giovani ad affrontare le sfide del ventunesimo secolo e stimolarli a intraprendere studi e carriere in ambito scientifico e tecnologico. La collaborazione creatasi tra i tre *partner* ha dato luogo a una forte sinergia: i contenuti e le innovative competenze scientifico-tecnologiche fornite dall'ESA e dall'Ufficio Spaziale Olandese si affiancano all'esperienza maturata dal centro NEMO nell'ambito dell'apprendimento scientifico per infondere nei ragazzi di tutte l'età

¹²³ Nei Paesi Bassi l'istruzione primaria (5-12 anni di età) consiste nella *Basisschool* e nella *Speciale school voor basisonderwijs* (scuola primaria per bisogni educativi speciali).

l'entusiasmo necessario a intraprendere quella formazione tecnico-scientifica di cui tanto lamentano la carenze le industrie nei Paesi Bassi e nell'Europa tutta.

Prima che il progetto ESERO partisse nei Paesi Bassi è stato condotto uno studio sul tipo di formazione degli insegnanti e sulle risorse didattiche disponibili?

Più di dieci fa, fu condotto un utile e vasto studio sui diversi aspetti relativi al progetto ESERO e sulle sue interazioni con le realtà pre-esistenti nel Paese: industria, istituzioni, progetti simili, risorse esistenti, necessità e atteggiamento degli insegnanti, politica e così via.

Come è stato strutturato ESERO Paesi Bassi? Potrebbe descrivere la struttura dell'ufficio, il team di progetto e la rete delle partnerships? Che tipo di rapporti sono stati stabiliti con l'ESA e con gli stakeholders educativi nazionali?

Descrizione delle relazioni interne di ESERO Paesi Bassi.

ESERO Paesi Bassi è parte integrante del *Science Learning Center* (SLC) di NEMO. Il team è composto da due responsabili dei progetti educativi e da un funzionario che cura le attività di comunicazione e marketing.

I responsabili dei progetti educativi rispondono dell'esecuzione di tutti i pacchetti di attività assegnati da ESA; essi, pur avendo suddiviso tra loro la responsabilità dei diversi pacchetti, contribuiscono entrambi all'esecuzione complessiva delle diverse attività. I responsabili dei progetti educativi sono supportati dal personale del *Science Learning Center* di NEMO nello sviluppo dei materiali didattici e nell'organizzazione dei laboratori e dei *workshop* destinati agli insegnanti dove intervengono come relatori.

Il funzionario del reparto di *marketing* e comunicazione, invece, cura tutte le attività connesse all'utilizzo del marchio ESERO, alla promozione delle diverse iniziative e alla gestione del sito web.

Il team di progetto si riunisce ogni due settimane e una volta al mese incontra il responsabile del *Science Learning Center* di NEMO, che funge anche da supervisore di ESERO Paesi Bassi.

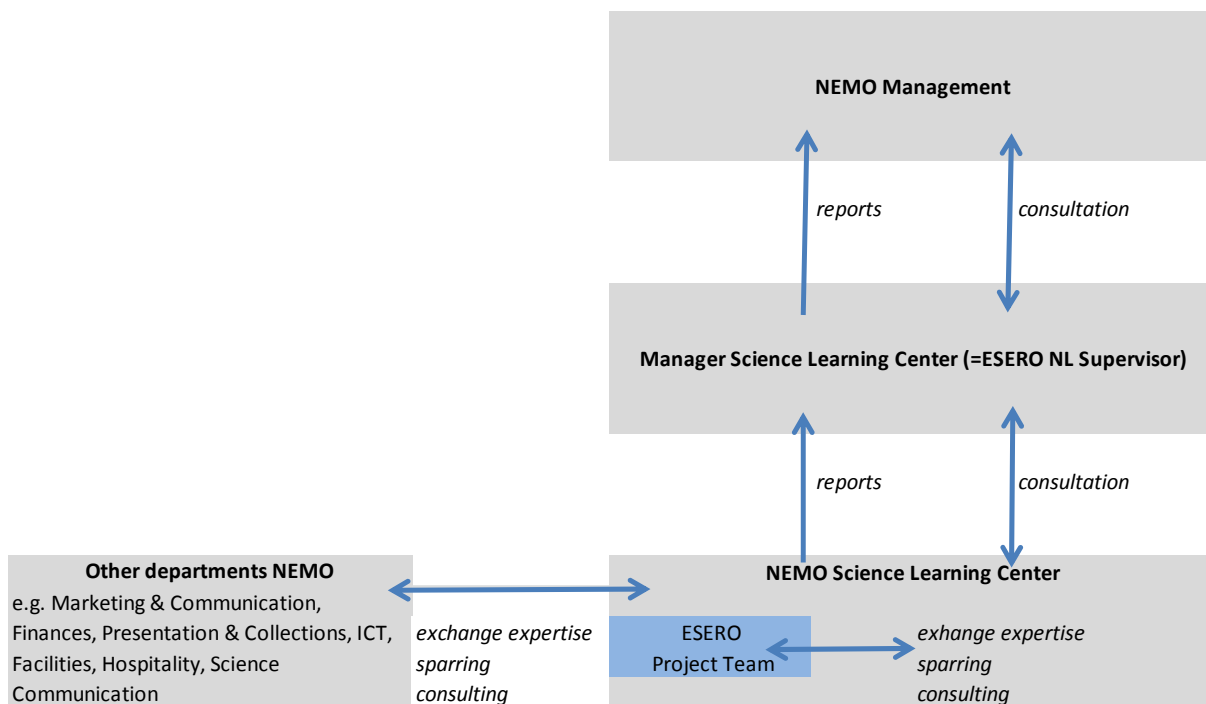


Figura 14: Relazioni interne ESERO Paesi Bassi

Descrizione delle relazioni esterne di ESERO Paesi Bassi.

Per quanto riguarda le relazioni e le *partnerships* con gli *stakeholders* nazionali, solitamente esse vengono sviluppate con il mondo dell'industria, con le università e le istituzioni che operano nel campo della conoscenza e dell'educazione, con i media e con organizzazioni semigovernative.



Figura 15: Relazioni esterne ESERO Paesi Bassi

Potrebbe fornire informazioni sulle risorse d'aula sviluppate per i vari gradi di istruzione scolastica?

Sin dalla partenza di ESERO Paesi Bassi nel 2006 abbiamo sviluppato una vasta gamma di risorse e di progetti didattici destinati alle scuole di ogni ordine e grado. Generalmente, per la realizzazione di queste iniziative, lavoriamo con *partner* ed esperti, ma il livello di collaborazione può essere diverso a seconda dei casi: i progetti, infatti, possono essere sviluppati congiuntamente con i *partner* della rete, mentre altre volte i *partner* intervengono come consulenti o esperti. I principali progetti sviluppati in questi anni da ESERO Paesi Bassi sono:

- *Viaggio nello Spazio in 80 lezioni*, destinato alla fascia d'età 4-12 anni;
- la serie di quaranta lezioni destinata alla scuola secondaria di primo grado (12-14 anni);
- *Astronave Terra*;
- *Missione Luna*;
- Modulo sui Satelliti e sull'Osservazione della Terra rivolto agli studenti delle scuole secondarie di secondo grado;
- Video con esperti spaziali.

Tutte le risorse sono raggiungibili dal sito web www.ruimteschipaarde.nl/.

Potrebbe fornire informazioni sulle conferenze di formazione dedicate agli insegnanti? Tali attività sono accreditate ufficialmente dalle autorità olandesi competenti?

ESERO Paesi Bassi ha sviluppato in questi anni una lunga serie di iniziative, conferenze e incontri dedicati agli insegnanti. Il nostro Paese non dispone di un sistema di accreditamento ufficiale per i docenti in servizio.

Di seguito si offre un'istantanea del portfolio di attività ESERO Paesi Bassi.

Tipo di Conferenza	Pubblico di riferimento	Contenuti	Organizzatori
Livello Nazionale			
Primary education ESERO conference	Primary education	Different theme each year	Organization by NEMO
Science Night	Lower Secondary education	Newly developed resources	Joined organization NEMO/NEMO-Kennislink and ESERO
<i>Su richiesta</i>			
Workshops at third party national conferences	depends	depends	Organization by third parties
Livello locale			
“space in the classroom”: training	Primary education teachers and Pre service teachers	Afternoon 1: sun-earth-moon and solar system Afternoon 2: rockets and satellites	In cooperation with local teacher training colleges> they provide location, catering and promotion, ESERO provides content
<i>Su Richiesta</i>			

School team Professionalisation	School teams	Afternoon 1: sun-earth-moon and solar system Afternoon 2: rockets and satellites Other subjects at request	Part of larger NEMO professionalisation program. At request School boards
Workshops at third party local conferences and events	PE/SE teachers	depends	At request of and in cooperation with regional science hubs, teacher training colleges and other educational organizations

Tabella 13: Portfolio attività ESERO Paesi Bassi

In dieci anni di attività ESERO Paesi Bassi ha organizzato 139 *workshops* e 34 conferenze, raggiungendo un numero di docenti pari a 6.575.

	Primary education			Secondary education		
	workshops	conferences	No of teachers	workshops	conferences	No of teachers
2006	1	1	96			
2007	4	3	348	1		30
2008	6	3	560		1	100
2009	15	5	826	1	1	65
2010	28	3	610		1	50
2011	9	2	437		1	82
2012	5	1	182	1	1	100
2013	7	2	287	2	1	169
2014	15	2	636	3	1	272
2015	18	1	550	1	1	209
2016	19	2	715	3	1	251

Tabella 14: Attività di formazioni per docenti ESERO Paesi Bassi

Quali sono le best practices e la lesson learned in più di dieci anni di attività di ESERO Paesi Bassi?

Come detto, ESERO Paesi Bassi opera ormai dal 2006. In questo periodo abbiamo avuto modo di individuare una serie di azioni capaci di coadiuvare la promozione e la diffusione del progetto ESERO e delle sue tante attività. Possiamo provare a stilare una sorta di elenco di “buone pratiche” che abbiamo utilizzato per realizzare il progetto ESERO nei Paesi Bassi:

- favorire un approccio regionale: nel periodo 2013-2016 ESERO Paesi Bassi ha lavorato per instaurare rapporti sia con organizzazioni educative operanti nell’ambito delle materie STEM a livello locale sia con gli istituti di formazione degli insegnanti. Questo approccio ha permesso di raggiungere un gran numero di docenti coinvolgendo anche chi lavora e vive nelle regioni più lontane dalla nostra sede di Amsterdam. La cooperazione, inoltre, con

partner consolidati, come gli istituti di formazione per gli insegnanti, ha incrementato la reputazione e l'autorità di ESERO Paesi Bassi nel campo della *science education*;

- attuare una promozione congiunta: l'allineamento e la promozione delle attività ESERO, congiuntamente ai progetti del centro NEMO, ha permesso una maggiore diffusione delle diverse iniziative;
- ascoltare gli insegnanti: l'ascolto degli insegnanti è cruciale. La consultazione e il confronto con i docenti ci ha permesso di ricevere *feedback* e di attuare una serie di cambiamenti come, ad esempio, la modifica apportata al nostro sito web in modo da renderlo più rispondente alle esigenze della comunità di insegnanti. Nel corso del 2017 creeremo dei *focus group* sui corsi di formazione destinati agli insegnanti della scuola secondaria;
- cooperare con la rete ESERO: la collaborazione con gli altri gruppi di lavoro della rete ESERO rappresenta un contributo prezioso per lo sviluppo di corsi di formazione nazionali e di risorse didattiche d'aula;
- costruire una rete forte e diversificata a livello nazionale e locale;
- partire dai propri punti di forza: cominciare a costruire le attività partendo dai punti di forza dell'organizzazione. Per ESERO Paesi Bassi i punti di forza erano:
 - l'esperienza e il *network* costruito a livello dell'istruzione primaria. Una volta consolidate le basi nell'ambito delle risorse destinate al livello primario ci siamo estesi all'istruzione secondaria;
 - portare l'educazione informale in quella formale;
 - la visione del centro NEMO sull'apprendimento: tutto deve essere manipolabile (*Hands-on*);
 - il forte marchio NEMO. I nostri progetti sono caratterizzati da un approccio tipico, molto apprezzato dagli insegnanti e dagli studenti, che chiamiamo "stile NEMO". Usiamo questo stile anche per promuovere i progetti ESERO.

In cosa consiste lo stile NEMO?

Il Museo Scientifico NEMO è percepito dai visitatori, insegnanti e studenti, come divertente, pratico, interattivo, attivo, informale, scientificamente affidabile, di qualità. NEMO è molto conosciuto tra il nostro target di riferimento, mentre ESERO non lo è allo stesso modo. Comunicando che gli eventi e le risorse didattiche sono, rispettivamente, organizzati e sviluppate dal personale di NEMO, è più probabile che gli insegnanti partecipino alle nostre iniziative ed esaminino i nostri materiali. Di seguito, il decalogo che meglio definisce l'approccio NEMO e quindi il museo scientifico e le altre attività realizzate dal centro:

1. i visitatori si divertono;

2. i visitatori sono attivi;
3. le attività sorprendono i visitatori;
4. i visitatori imparano insieme;
5. le attività rispondono al *target group*;
6. è offerta un'ampia varietà di attività;
7. le attività sono impegnative e sfidanti, ma si fa sempre attenzione affinché i visitatori e gli studenti riescano nelle attività in cui sono coinvolti;
8. forma e contenuti sono collegati, specialmente nel museo;
9. le attività sono affidabili e sicure;
10. le attività riguardano la scienza e la tecnologia.

5.4.2 ESERO Irlanda: le lezioni chiave apprese fino ad oggi

ESERO Irlanda¹²⁴ nasce nel novembre 2009 da una *partnership* tra l'Agenzia Spaziale Europea e il *Science Foundation Ireland* (SFI)¹²⁵, la fondazione nazionale irlandese per gli investimenti nella ricerca scientifica e ingegneristica. SFI investe sui ricercatori accademici e nei gruppi di ricerca che hanno più probabilità di generare nuove conoscenze, tecnologie all'avanguardia e imprese competitive nei settori della scienza, della tecnologia, dell'ingegneria e della matematica (STEM).

In linea con l'Agenda europea che guarda al 2020, SFI, con le sue attività, mira alla formazione di un pubblico più impegnato e scientificamente più informato. Per raggiungere questi obiettivi, la fondazione porta avanti *Discover Primary Science and Maths*¹²⁶, un programma di educazione e di partecipazione pubblica di cui ESERO Irlanda fa parte, che si pone il fine esplicito di catalizzare, ispirare e guidare l'eccellenza e le migliori pratiche nell'ambito della *STEM education* e del coinvolgimento pubblico. Punto di partenza del programma è la convinzione che i giovani e il pubblico meritino di accedere alle opportunità offerte dal mondo delle STEM e che il supporto all'educazione tecnico-scientifica e una maggiore comprensione pubblica contribuiscono ad alimentare lo sviluppo economico nazionale.

ESERO Irlanda ha istituito e promosso nel tempo una rete attiva tra le organizzazioni degli insegnanti, il mondo accademico, il governo e il mondo industriale, sfruttando le reti e le relazioni esistenti di SFI. Tra le relazioni chiave instaurate si annoverano quelle con:

- il *National Council for Curriculum and Assessment* (NCCA), *Department of Education and Skills curriculum development organisation*;

¹²⁴ <http://esero.ie/>

¹²⁵ <http://www.sfi.ie/>

¹²⁶ <http://www.primaryscience.ie/>

- i centri di educazione e diffusione incentrati sullo Spazio come *CIT – Blackrock Castle Observatory*, *Armagh Observatory/Planetarium* e *Birr Castle Demesne*;
- le organizzazioni rappresentative degli insegnanti come *Irish Science Teachers' Association (ISTA)*, *Institute of Physics teachers group* e *Institute of Guidance Counsellors*;
- l'*Enterprise Ireland Space Industry Liaison Group*;
- i competenti dipartimenti delle principali istituzioni accademiche nazionali come il *Trinity College* di Dublino, la *National University of Ireland (Galway & Maynooth)*, l'Università di Limerick, l'Istituto di Tecnologia di Cork e l'Istituto di Tecnologia di Dublino;
- le organizzazioni di astronomia amatoriale come *Astronomy Ireland*.

ESERO Irlanda ha integrato il tema Spazio in tutti i programmi di SFI già esistenti e ha posto un'attenzione particolare agli insegnanti, a cui destina numerosi seminari approvati dal *Department of Education and Skills* nel corso dei quali sono condivise buone pratiche e risorse per l'insegnamento-apprendimento connesse allo Spazio. Nel corso di questi appuntamenti sono affrontati temi diversi, in cui i contenuti spaziali rivestono sempre un ruolo prioritario, utilizzando come *framework* di riferimento l'*Inquiry Based Science Teaching and Learning*, con il supporto di materiali sviluppati da ESERO Irlanda, da ESA e dagli altri uffici ESERO¹²⁷. Le risorse didattiche già esistenti realizzate da ESA vengono riesaminate e mappate per il curriculum irlandese e promosse presso la comunità degli insegnanti.

Molto importante è il rapporto che nel tempo ESERO Irlanda ha instaurato con il *National Council for Curriculum and Assessment*, con cui è nata una collaborazione per rivedere i contenuti di alcune discipline, come per esempio la fisica, e includere in esse tematiche legate allo Spazio e all'astronomia. Da menzionare, inoltre, l'impegno profuso dall'ufficio irlandese nella promozione delle carriere nel settore spaziale, riuscendo a far inserire il settore industriale spaziale tra le sezioni del principale portale web nazionale dedicato alle carriere (www.careersportal.ie) rivolto ai consiglieri all'orientamento scolastico, ai genitori e agli studenti.

Operativo dal 2009, ESERO Irlanda ha maturato negli anni di attività un'esperienza pratica che ha consentito di sintetizzare i punti più rilevanti in lezioni chiave (*Key lessons learned*):

- lo Spazio è un grande tema interdisciplinare, ciò nonostante è bene essere consapevoli che esso potrebbe non interessare la totalità degli insegnanti. Per coinvolgere il maggior numero possibile di docenti, è stato incorporato con discrezione il tema in argomenti di portata più generale come, ad esempio, la gravità;

¹²⁷ Per saperne di più si veda la "Teacher zone" del sito web dedicato al *Discover Primary Science and Maths Programme*, http://www.primaryscience.ie/teachers_introduction.php.

- affinché il progetto ESERO possa svolgersi proficuamente negli istituti scolastici, è fondamentale lavorare a stretto contatto con le istituzioni pubbliche nazionali operanti nell’ambito dell’istruzione;
- la collaborazione con progetti nazionali di successo già attivi può favorire la diffusione del progetto ESERO e promuovere il “*brand ESERO*” nel sistema educativo nazionale;
- se si dà il via a un nuovo progetto nell’ambito di ESERO, è importante iniziare con una fase pilota per ottenere un modello di riferimento da espandere successivamente. Ad esempio, il progetto *CanSat* può essere inizialmente rivolto a poche scuole (tre o quattro) per poi coinvolgere, successivamente, più istituti scolastici;
- si è dimostrato molto efficace il collegamento delle diverse iniziative a una reale missione dell’ESA come, ad esempio, la missione Rosetta del 2014;
- per ottenere il meglio dalle conferenze di formazione destinate agli insegnanti, è importante sviluppare delle attività concrete piuttosto che distribuire semplicemente materiale e prodotti;
- la formazione degli insegnanti è la priorità del progetto ESERO, tuttavia è necessario investire con decisione anche nella promozione della consapevolezza generale per sviluppare il “*brand ESERO*”;
- non esiste un legame tra ESERO e l’ESA per le persone esterne alle rete;
- risulta molto difficile ottenere sponsorizzazioni finanziarie dal mondo industriale. E’ più facile ottenere partecipazioni in termini di tempo dedicato al progetto per la promozione delle carriere. Bisogna ricordare che anche queste forme di collaborazione sono altrettanto preziose.

Per quanto riguarda l’esperienza irlandese, si vuole, infine, sottolineare il lavoro svolto dall’Ufficio nazionale per la valutazione dei corsi di formazione erogati ai docenti come Sviluppo Professionale Continuo. Questa attività, svolta per l’anno scolastico 2016-2017 per il terzo anno consecutivo, è stata gestita dal *St Patricks College of Education* e ha mostrato che, sin dal primo anno, attraverso il programma gli insegnanti coinvolti hanno aumentato la propria fiducia in se stessi e hanno dedicato maggior spazio all’insegnamento della scienza, insegnandola più spesso e per più tempo. Il 100% dei dirigenti scolastici e il 77% degli insegnanti ritiene che l’approccio didattico proposto abbia generato una modifica nell’atteggiamento verso la scienza sia da parte degli insegnanti che degli studenti (ESA 2017, Status Report on ESA Education Activities).

5.4.3 ESERO Regno Unito: il network, i cluster locali, la comunicazione integrata

Avviato nel 2010, ESERO Regno Unito¹²⁸ è riuscito sin da subito ad affermarsi quale *focus* per l'utilizzo del contesto spaziale finalizzato ad arricchire le esperienze di insegnamento-apprendimento delle materie STEM in tutto il Paese. L'ufficio è stato in grado di raggiungere questo obiettivo con il sostegno e il finanziamento di varie organizzazioni nazionali, come *Myscience*, il *National STEM Center*, l'Agenzia spaziale del Regno Unito, il Dipartimento per l'Istruzione, il *Science and Technology Facilities Council* (STFC), e naturalmente dell'ESA. Ogni *partner* ha partecipato al progetto fornendo importanti finanziamenti e, cosa altrettanto rilevante, ciascuna organizzazione ha offerto all'ufficio ESERO consulenza, orientamento e altre forme di supporto a seconda delle proprie risorse e caratteristiche.

Myscience è un'iniziativa della *Sheffield Hallam University* e del *White Rose University Consortium*, che comprende le Università di Leeds, Sheffield e York, con sede presso l'Università di York, da dove il gruppo di lavoro gestisce una serie di progetti di educazione legati alle STEM. *Myscience* è una società a responsabilità limitata, di cui ciascuna delle quattro università detiene una quota pari al 25%, che non mira a generare profitto; il suo obiettivo, infatti, è quello di favorire il coinvolgimento dei giovani nelle STEM attraverso programmi volti a incentivare la formazione e a sviluppare attività scientifiche per gli insegnanti e le scuole, a cui propone sviluppo professionale di alta qualità, condivisione di esperienze e pratiche, accesso a informazioni e risorse di qualità per sostenere e arricchire i processi educativi in ambito tecnico-scientifico, agendo da ponte tra l'istruzione e il mondo del lavoro in questi settori. Le principali iniziative attuate da *Myscience* sono il *National STEM Center* e il *National Science Learning Network*. Quest'ultimo comprende il *National Science Learning Center* (NSLC), inaugurato nel novembre 2005 con sede a York, e 51 partenariati per la formazione scientifica, che erogano sviluppo professionale a tutti coloro che sono coinvolti nel campo dell'educazione scientifica: docenti, tecnici, assistenti di laboratorio, dirigenti scolastici e così via.

Il *National STEM Center*, istituito nel 2008, fornisce informazioni, orientamenti e risorse per sostenere gli insegnanti operanti in ambito STEM. Oltre a fornire accesso a una raccolta di risorse tangibili, il *National STEM Center* ha sviluppato un *eLibrary* sulle STEM da cui gli insegnanti possono scaricare informazioni e materiali per arricchire il binomio insegnamento-apprendimento in queste discipline. Nel 2009 al Centro è stato affidato il contratto per la gestione dell'ufficio ESERO Regno Unito, noto anche come Ufficio per l'Educazione Spaziale del Regno Unito, che incoraggia l'uso dello Spazio come contesto per migliorare e sostenere l'insegnamento e l'apprendimento delle STEM nelle nazioni e nelle regioni del Paese.

¹²⁸ <https://www.stem.org.uk/esero/>

Myscience e il *National STEM Center* hanno consentito a ESERO Regno Unito di raggiungere più insegnanti di quanto il solo ufficio ESERO avrebbe potuto fare operando da solo. *Myscience* ha anche suggerito il modo per offrire agli insegnanti attività di Sviluppo Professionale Continuo e per misurare l'impatto di queste iniziative, mentre il *National STEM Center* ha messo a disposizione del progetto le proprie risorse, come l'*eLibrary*, consentendo a ESERO di creare un'imponente raccolta di materiali didattici spaziali molto apprezzati dai docenti. Attualmente, oltre 67.000 insegnanti accedono all'*eLibrary*, che contiene più di 9.500 risorse, di cui 390 sono correlate allo Spazio. In media il sito web del *National STEM Center* attrae 89.000 visitatori al mese con la raccolta spaziale ESERO, che resta una delle più popolari.

Nel tempo ESERO Regno Unito ha sviluppato un'ottima sinergia con l'Ufficio educazione dell'Agenzia spaziale britannica, l'ente governativo responsabile del programma spaziale civile in Gran Bretagna. L'Agenzia, nell'ambito delle proprie attività, sostiene la ricerca accademica, diffonde la cultura spaziale presso il largo pubblico e le scuole e porta avanti una strategia educativa che include lo Spazio sia per migliorare l'insegnamento e l'apprendimento a beneficio dell'economia sia per supportare la formazione della futura generazione di scienziati e ingegneri che alimenterà il settore spaziale. L'Ufficio educazione dell'Agenzia, in particolare, promuove ESERO attraverso la comunità spaziale nazionale e lo coinvolge in tutti gli aspetti e le attività che rivolge alle scuole nazionali. L'ufficio ESERO supporta l'Agenzia spaziale del Regno Unito in vario modo, ad esempio, offrendo consulenza e orientamento sulle iniziative che l'Agenzia indirizza a insegnanti e studenti, sostenendola nello sviluppo di risorse educative, nella gestione della comunicazione on-line con le scuole e i docenti, nella promozione delle carriere e mettendo a disposizione personale specializzato per i gruppi e i comitati che assegnano i finanziamenti nazionali destinati all'educazione in ambito spaziale e alle attività di diffusione e sensibilizzazione.

Il Dipartimento per l'Istruzione britannico finanzia e supporta ESERO Regno Unito sin dal suo avvio nel 2010. Nonostante lo Spazio rappresenti una parte relativamente minore del curriculum scolastico nazionale, il Dipartimento crede che il contesto spaziale e il materiale didattico curricolare ad esso connesso possano arricchire e migliorare il binomio insegnamento-apprendimento in ambito STEM grazie alla capacità dello Spazio di ispirare chiunque vi si approcci. Il Dipartimento per l'Istruzione, inoltre, ha finanziato negli anni le attività di ESERO connesse alla promozione delle missioni spaziali dell'ESA. In questo contesto, la grande visibilità mediatica della missione dell'astronauta dell'ESA di nazionalità britannica Tim Peake, a bordo della Stazione Spaziale Internazionale dal 15 dicembre 2015 al 18 giugno 2016, è stata un'opportunità per estendere le iniziative ESERO a un numero maggiore di scuole e insegnanti

in tutto il Regno Unito, nonché per promuovere l'uso dello Spazio come contesto di insegnamento-apprendimento delle STEM¹²⁹.

Il *Science and Technology Facilities Council* (STFC)¹³⁰ è un'agenzia pubblica britannica che supporta un'ampia gamma di attività tecnico-scientifiche e fornisce importanti servizi ai ricercatori. Il Consiglio finanzia lo sfruttamento scientifico delle missioni spaziali e dei laboratori britannici per progettare, sviluppare e testare gli strumenti spaziali. STFC ha messo a punto un vivace programma per favorire il coinvolgimento e l'impegno del largo pubblico, degli insegnanti e delle scuole nelle tematiche poste dalla scienza di oggi al fine di aprire più canali di comunicazione e dialogo per raggiungere vari obiettivi, tra cui: offrire informazioni ai contribuenti pubblici che finanziano le attività di ricerca e sviluppo nazionali; aumentare l'alfabetizzazione scientifica; sviluppare le competenze dei ricercatori; ispirare i giovani a interessarsi alle discipline STEM attraverso il coinvolgimento fattivo in una ricerca attraente e concreta. STFC finanzia progetti di educazione scientifica formali e informali e collabora con enti come l'*Institute of Physics* e l'*Institution of Engineering & Technology*; con realtà che operano nell'ambito dell'educazione; con l'organizzazione nazionale dei docenti di scienze del Regno Unito e con soggetti attivi nel settore scientifico e tecnologico. STFC, inoltre, finanzia la realizzazione di risorse didattiche per l'insegnamento collegate al programma curricolare e alle attuali missioni spaziali, come la ricerca della vita extra-terrestre, l'osservatorio spaziale di *Herschel* e l'esplorazione di Marte, e porta avanti programmi rivolti agli scienziati e agli ingegneri spaziali per fornire loro gli strumenti adeguati per lavorare a contatto con docenti e studenti e per intervenire nell'ambito dei corsi di Sviluppo Professionale Continuo per gli insegnanti che vengono ospitati presso i propri laboratori. Il *Science and Technology Facilities Council* ha contribuito al progetto ESERO in modo significativo: gli uffici di educazione e diffusione del STFC in tutto in Regno Unito hanno lavorato a stretto contatto con ESERO, consentendo agli studenti di conoscere esperti, scienziati e ingegneri spaziali, nonché di effettuare visite scolastiche presso le proprie sedi dove le scuole sono state coinvolte in una vasta gamma di attività.

Nel corso degli anni ESERO Regno Unito ha collaborato anche con altre organizzazioni che svolgono attività spaziali, tra le principali si annoverano l'*Institute of Physics* e il *National Space Academy*. L'ufficio ha, inoltre, sviluppato e accresciuto il proprio *Space Ambassador Network* (SAN): una rete regionale formata da professionisti provenienti da una varietà di ambiti di insegnamento, industria e ricerca. Gli ambasciatori spaziali sostengono lo sviluppo

¹²⁹ Nell'ambito del Primary Project della missione di Tim Peake sono state coinvolte 715 scuole, 2.554 insegnanti e circa 22.000 allievi (ESA 2017, Status Report on ESA Education Activities).

¹³⁰ <http://www.stfc.ac.uk/>

professionale e conducono attività in aula nelle scuole delle diverse regioni del Paese, offrendo informazioni sulle varie iniziative legate al mondo dello Spazio. Lo *Space Ambassador Network* è stato fondamentale per il successo del progetto ESERO, configurandosi come un mezzo efficiente per coinvolgere le scuole in un grande paese, geograficamente diversificato, come il Regno Unito. Sotto questo punto di vista, elemento importante è stato l'attenzione posta sui *cluster* locali e il metodo utilizzato per fornire Sviluppo Professionale Continuo nel Paese: a un approccio basato sui grandi eventi nazionali ne è stato preferito uno maggiormente focalizzato sui *cluster* locali, impostato su un modello di miglioramento guidato dalla scuola, coadiuvato dagli ambasciatori spaziali e da partenariati per l'apprendimento scientifico, che ha consentito di raggiungere anche le istituzioni scolastiche situate nelle regioni più remote del Paese. A questo si aggiungono i corsi di formazione online per offrire accesso alla formazione anche in quei territori dove è più difficile partecipare in presenza a questo tipo di iniziative.

ESERO Regno Unito costituisce oggi una pietra miliare per la diffusione delle attività di educazione dell'ESA in tutto il Paese: l'ufficio, infatti, rappresenta il crocevia nazionale presso cui passano tutte le attività di educazione formale sviluppate dall'Agenzia Spaziale Europea. Uno dei punti di forza dell'ESERO britannico è rappresentato dalla sua capacità di progettare le attività di sensibilizzazione e diffusione: queste ultime sono previste in piani di comunicazione annuali che individuano, per ogni iniziativa, la modalità di promozione sulla base delle risorse, delle opportunità e dei canali di diffusione presenti nel *network* ESERO nazionale. Questo approccio utilizza un mix di azioni che, sfruttando gli strumenti e i prodotti di comunicazione dei vari *partner*, consente di raggiungere diversi pubblici in modi differenti, che includono:

- le opportunità di visibilità offerte da *Myscience* come, ad esempio, gli articoli presentati regolarmente nella *newsletter* elettronica del *National STEM Centre* e il materiale cartaceo incluso nelle spedizioni del *National Science Learning Network*. La *newsletter* elettronica del *National STEM Centre* è distribuita a più di 66.800 utenti registrati e il sito web del centro conta l'accesso di oltre 107.500 utenti registrati, garantendo a ESERO Regno Unito un efficace canale promozionale rivolto alle scuole primarie e secondarie di tutto il Paese;
- la promozione attraverso i social media e, in particolare, attraverso i profili *Facebook* e *Twitter* del *National STEM Centre*;
- le conferenze e gli eventi organizzati dall'ufficio ESERO;
- le esposizioni ai principali eventi educativi e alle conferenze sui temi scientifici e sulla matematica rivolte agli insegnanti nel Regno Unito;
- la condivisione delle informazioni sulle iniziative ESERO attraverso i siti web, le *newsletters* e i *networks* dei *partner* e dello *Space Ambassador Network*;

- il confezionamento di articoli per pubblicazioni, come “*School Science Review*” e “*SpaceUK*”, e per blogs, per esempio quelli del *National STEM Centre* e del *National Science Learning Network*.

A ciò si aggiunge il sito web di ESERO Regno Unito¹³¹ che si caratterizza per un’esperienza di navigazione utente semplice e intuitiva. Il sito, oltre a raccogliere prodotti e iniziative, presenta risorse mediali, prodotti, materiali, corsi ed eventi collegati a particolari avvenimenti, come, ad esempio, quello realizzato in occasione della missione *Principia* dell’astronauta Tim Peake, per offrire agli insegnanti supporto e risorse da utilizzare in classe con gli studenti.

La natura organizzativa del lavoro di un’istituzione scientifica come l’ESA si caratterizza, in generale, per la sua complessità, derivante sostanzialmente dai molti e differenti soggetti coinvolti nelle numerose iniziative intraprese in ambito scientifico, industriale, tecnologico e così via. Questa complessità si estende, ovviamente, anche nell’arena educativa e comunicativa, ed è per questa ragione che il contatto regolare tra l’ESA e gli uffici ESERO nazionali resta importante per garantire un approccio coerente alle attività educative e di diffusione della cultura scientifica nei vari Paesi europei. L’ufficio nazionale, infatti, oltre a garantire la conoscenza del sistema educativo di riferimento, può favorire lo sviluppo di una strategia di comunicazione che tenga conto delle caratteristiche culturali, storiche, ambientali, scientifiche e industriali del territorio. Dotarsi di una strategia consente di raggiungere il pubblico giusto e di facilitarne i processi di comprensione, obiettivo imprescindibile quando si parla di scienza e tecnologia.

5.5 Una proposta di ESERO Italia

Gli enti pubblici di ricerca svolgono attività formative coadiuvando i programmi nazionali di studio, promossi dai Ministeri competenti e integrando la propria azione con gli altri soggetti pubblici e privati, internazionali e sovranazionali. L’Agenzia Spaziale Italiana, ente pubblico di ricerca vigilato dal MIUR, è divenuta nel corso degli ultimi decenni un punto di riferimento nel sostegno delle attività scolastiche, universitarie e post-universitarie e della formazione tecnico-scientifica, a indirizzo spaziale, di studenti, laureandi, neolaureati e giovani ricercatori italiani.

Le attività d’istruzione e formazione dell’ASI rivestono, dunque, un ruolo chiave in un quotidiano in cui lo Spazio è sempre più presente. In particolare, l’Agenzia intende, attraverso le tematiche spaziali, stimolare e orientare i giovani verso le discipline tecnico-scientifiche a indirizzo spaziale. In tale contesto, il progetto ESERO dell’ESA rappresenta un’importante opportunità a sostegno delle attività educative dell’ASI, a livello sia nazionale sia europeo.

¹³¹ <https://www.stem.org.uk/esero>

In questo paragrafo proveremo a ipotizzare e a proporre un progetto di ESERO Italia che, seguendo le indicazioni fornite dall'Agenzia Spaziale Europea nel suo documento *ESEROs Statement of Work* (SoW), risponda, oltre agli obiettivi generali del progetto, anche alle esigenze nazionali messe in luce dall'analisi dello scenario italiano descritta nei capitoli precedenti.

L'Agenzia Spaziale Europea ha identificato l'Agenzia Spaziale Italiana come istituzione nazionale focale per la realizzazione del progetto ESERO nel nostro Paese. L'ASI, oltre a manifestare il proprio interesse e a intraprendere l'iter formale di adesione al progetto educativo, ha organizzato il 17 novembre 2016, presso la propria sede di Roma, un seminario informativo per incontrare istituzioni pubbliche e organizzazioni private non profit, attive nel settore della ricerca scientifica e dell'educazione sul territorio nazionale, e presentare il progetto ESERO, illustrandone le diverse fasi di adesione all'iniziativa¹³². La realizzazione di un ufficio ESERO in Italia potrebbe essere cofinanziato dall'ASI in osservanza a quanto disposto dall'art. 31 "Aiuti alla formazione" del Regolamento della Commissione Europea n. 651/2014 del 17.6.2014¹³³.

Il passo successivo sarà la pubblicazione di un bando pubblico ovvero di una manifestazione di interesse ufficiale da parte di ASI per selezionare l'organizzazione capofila (*National ESERO Host Organisation*) che, dopo aver sottoscritto il contratto di gestione di ESERO Italia con ASI ed ESA¹³⁴, ospiterà l'ufficio, co-finanzierà il progetto (con risorse economiche e/o non economiche come personale, *facilities*, etc.) e garantirà l'esecuzione delle attività del progetto sul territorio nazionale, guidando la rete dei *partner* competenti e interfacciandosi con ASI. L'ufficio ESERO Italia farà parte del *network* ESERO, che include oggi dodici uffici che coprono quattordici Stati Membri dell'ESA.

Nella considerazione che il SoW raccomanda di implementare un piano di attività composto da cinque pacchetti di lavoro da svolgere contemporaneamente, si propone di costituire un team composto da un manager responsabile della gestione dell'Ufficio e delle attività connesse ai gruppi di lavoro ESA/ESERO e da almeno altre tre persone che si occupino, rispettivamente, della formazione dei docenti, delle attività e delle risorse didattiche d'aula e delle attività di sensibilizzazione. Ad ogni membro del gruppo di lavoro sarà assegnato il compito di curare uno specifico pacchetto di attività, ma tutti dovranno contribuire all'esecuzione complessiva dei diversi pacchetti.

¹³² <http://www.asi.it/it/eventi/workshop/info-day-programma-esaesero>

¹³³ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0651&from=IT>

¹³⁴ Dal 1 maggio 2017 è partito il nuovo periodo contrattuale che terminerà il 31 dicembre 2019. Come si apprende dallo *Status Report on ESA Education Activities 2017*, l'ESA ha sviluppato un nuovo *ESEROs Statement of Work* che prevede l'introduzione di un nuovo pacchetto di lavoro per regolare le operazioni dei gruppi di lavoro ESA-ESERO e, al fine di migliorare la *governance* del progetto a livello nazionale, l'introduzione obbligatoria di Comitati Direttivi nazionali per la gestione del progetto ESERO nei Paesi che non ne hanno già uno.

Il manager di ESERO Italia, oltre ad essere il responsabile della gestione dell'ufficio, sarà il referente in Italia per l'Ufficio Educazione dell'ESA. A questa figura spetta il compito di individuare e collaborare con esperti e specialisti operanti in ambito educativo che possano offrire consigli e indicazioni; proporre all'organizzazione capofila eventuali *partner* e/o *stakeholders* italiani attivi in campo spaziale ed educativo con cui instaurare relazioni e *partnerships* a sostegno degli obiettivi del progetto; monitorare le tendenze del comparto scuola e istruzione e gli sviluppi dei curricula scolastici; redigere piani di attività annuali in modo da raggiungere gli obiettivi individuati da ESA e ASI; rendicontare periodicamente a ESA lo stato di avanzamento delle attività connesse al progetto; condividere con altri ESERO le proprie esperienze, chiedendone il sostegno ove opportuno; partecipare alle operazioni dei gruppi di lavoro ESA-ESERO e rendicontare al Comitato Direttivo ESERO nazionale.

Al responsabile delle attività di sensibilizzazione, invece, saranno devolute tutte le attività di comunicazione, divulgazione e *public outreach* capaci di promuovere il marchio ESERO Italia e le sue iniziative. La creazione di un portale web nazionale del progetto ESERO dovrà essere il primo passo per la messa in opera delle attività di sensibilizzazione. Il sito, brandizzato con i colori del progetto ESERO, si dovrà configurare come il canale multimediale con cui l'ufficio dialoga anche con il mondo della didattica, proponendosi quale polo di riferimento sulle tematiche spaziali capace di offrire informazioni certificate, sempre aggiornate, sull'uso didattico dello Spazio, nonché strumenti di supporto alla didattica in grado di promuovere, migliorare e sostenere l'insegnamento e l'apprendimento delle STEM. A latere di tutto ciò, non bisogna dimenticare l'importanza rivestita dalle attività di sensibilizzazione nella promozione delle carriere STEM tra i docenti. Si potrà far leva sul sito web per informare e orientare, offrendo a insegnanti e studenti, in particolare della scuola secondaria di primo e di secondo grado, una panoramica dei diversi indirizzi in cui si articola la scuola superiore, delle facoltà tecnico-scientifiche e delle carriere in ambito scientifico, tecnico e spaziale con una mappa dei possibili profili e sbocchi occupazionali. Per ampliare la propria notorietà tra i giovani e per accrescere il loro interesse per la scienza spaziale, ESERO Italia dovrà essere attivamente presente sui principali *social network*, *Facebook*, *Twitter*, *YouTube* e *Instagram*, che consentono di fornire informazioni attraverso il linguaggio accattivante di foto, video e immagini. Necessario, inoltre, sarà redigere una *newsletter* con le notizie di interesse da inviare a una *mailing list* di insegnanti, realizzare comunicati stampa per i media, poster scientifici e *brochure* didattiche. La partecipazione ai principali eventi di natura scientifica ed educativa, quali i festival della scienza e i saloni dedicati all'orientamento, dovrà rappresentare un momento saliente per diffondere le attività ESERO ed entrare in contatto con nuovi insegnanti e studenti.

I responsabili della formazione dei docenti e dello sviluppo delle attività e delle risorse didattiche d'aula avranno l'onere di curare il “*core business*” di ESERO Italia. In particolare, al primo spetterà non solo la progettazione di corsi di formazione e aggiornamento per insegnanti sulla base delle risorse didattiche disponibili, ma anche l'ideazione di nuovi percorsi, seminari e laboratori basati su attività di ricerca, sulla formazione sul campo e sulla sperimentazione di pratiche condivise. Questi percorsi dovranno portare alla nascita di comunità di pratica capaci sia di attivare processi di formazione-autoformazione sia di fornire la fiducia e le conoscenze necessarie per sperimentare nuovi approcci d'aula che, allontanandosi dalla tradizionale trasmissione di concetti astratti e generali, favoriscono l'applicazione di metodologie attive capaci di rendere lo studente co-costruttore del suo sapere.

In linea con gli obiettivi riportati nel PNR 2015-2020, le attività di formazione dovranno porre particolare attenzione al Mezzogiorno i cui studenti, come evidenziato dalle indagini IEA - TIMSS e INVALSI, conseguono risultati di gran lunga più bassi rispetto a quelli raggiunti dai coetanei dell'Italia Settentrionale. La frattura tutt'oggi esistente tra il Nord e il Sud d'Italia rappresenta una sfida che ESERO Italia dovrà affrontare nel medio - lungo periodo mediante la formazione degli insegnanti del Sud e la valorizzazione dei centri scientifici locali, senza però dimenticare di coltivare i livelli più elevati di competenza.

Per rispondere, inoltre, a un'altra criticità emersa durante l'analisi dello scenario italiano, l'attività di formazione dovrà essere incentrata prioritariamente sui docenti delle scuole secondarie di primo grado al fine di consentire loro di orientare al meglio gli studenti nella scelta del percorso superiore da intraprendere. La scarsa conoscenza dei diversi indirizzi in cui si articola la scuola superiore porta spesso gli studenti a intraprendere percorsi non appropriati alle proprie inclinazioni e/o aspettative.

Al fine di consentire la partecipazione alle attività formative dei docenti delle scuole ubicate nelle zone più remote del nostro Paese, dovrà essere prevista la possibilità di erogare corsi di formazione online che hanno anche il duplice beneficio di essere tanto consultabili all'occorrenza, quanto di garantire un risparmio in termini di tempo e finanziamenti. Nella considerazione, infine, che la partecipazione alle iniziative di formazione richiederà agli insegnanti un grande impegno, sia in termini di tempo sia di risorse personali, il responsabile della formazione, sulla base di quanto messo in evidenza dalla valutazione del Piano Lauree Scientifiche del MIUR, dovrà adoperarsi per garantire il riconoscimento ufficiale delle attività di formazione proposte da ESERO Italia come Sviluppo Professionale Continuo, puntando all'accreditamento delle attività presso il MIUR.

Per quanto attiene allo sviluppo delle attività e delle risorse didattiche d'aula, il responsabile di questa attività avrà cura inizialmente di provvedere all'adattamento delle risorse e delle

iniziative educative sviluppate dagli altri ESERO e dall'ESA al contesto italiano e, successivamente, in sinergia con il responsabile della formazione, dovrà ideare e realizzare nuove risorse e materiali educativi destinati ai docenti delle scuole di ogni ordine e grado. Al fine di promuovere il gusto per la ricerca e la progettualità, i materiali da sviluppare dovranno facilitare approcci operativi alla conoscenza e favorire l'esplorazione e la scoperta. In linea con questo approccio, dovrà essere incentivata la realizzazione di attività didattiche in forma di laboratorio perché permette agli alunni di accostarsi in modo attivo e operativo a situazioni o fenomeni oggetto di studio. Il lavoro in laboratorio, e le attività ad esso connesse, infatti, sono particolarmente importanti perché consentono di attivare processi didattici in cui gli allievi diventano protagonisti e superano l'atteggiamento di passività e di estraneità che spesso assumono di fronte alle lezioni frontali.

I diversi materiali saranno resi noti alla comunità dei docenti durante gli eventi di sensibilizzazione e nel corso delle giornate di formazione, dove sarà indicato in quali contesti e con quali modalità potranno essere utilizzati. Considerato che le STEM ben si prestano allo sviluppo di strumenti didattici digitali, sarà opportuno, anche al fine di accattivare l'interesse delle nuove generazioni di studenti, realizzare prodotti che sfruttano le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie. Questa scelta, oltre a consentire all'ufficio di mantenere aggiornate le risorse, permetterà anche una loro rapida e capillare diffusione: la piattaforma web di ESERO Italia dovrà essere, infatti, il canale di accesso principale per il *download* di questi prodotti. Dovrà, inoltre, essere tenuta in debita considerazione la compatibilità degli strumenti prodotti da ESERO Italia con quelli già messi a disposizione dei docenti e degli alunni dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca: a partire dal 2008 il MIUR ha avviato una serie di azioni¹³⁵ per modificare gli ambienti di apprendimento e promuovere l'innovazione digitale nella scuola italiana.

Come premesso, per avviare un ESERO Italia, l'ASI, supportata dall'ESA, dovrà pubblicare un bando pubblico ovvero una manifestazione di interesse ufficiale per identificare l'organizzazione che guiderà la rete di *partner* competenti in Italia. Il soggetto individuato dovrà avere una solida esperienza nel campo della pedagogia e della didattica STEM e nella

¹³⁵ Azione LIM promossa per la prima volta nel 2008, prevedeva la diffusione capillare della Lavagna Interattiva Multimediale (LIM) nella didattica in classe; Azione Cl@ssi 2.0 con l'obiettivo di stimolare l'ideazione e la realizzazione di ambienti di apprendimento innovativi; Azione Scuol@ 2.0, avviata nel 2011, ha consentito a 14 istituti scolastici di percorrere una linea di innovazione molto avanzata, attraverso strategie che coniugassero l'innovazione nella programmazione didattica con nuovi modelli di organizzazione delle risorse umane ed infrastrutturali dell'istituzione scolastica; Azione Editoria digitale scolastica, avviata nel 2010 e finalizzata alla produzione di contenuti digitali in 20 istituti scolastici, ripartiti tra i vari ordini e gradi di scuola; Accordi MIUR – Regioni per garantire una maggiore sinergia e collaborazione tra il livello centrale e quello regionale; Azione Centri Scolastici Digitali (CSD) per soddisfare esigenze di scuole situate in territori particolarmente disagiati dal punto di vista geografico; Azione wi-fi per la connettività wireless nelle scuole; Azione Poli Formativi per l'organizzazione e la gestione di corsi di formazione sul digitale rivolti ai docenti. Fonte: MIUR, Piano Nazionale Scuola Digitale.

progettazione e produzione di materiale destinato alla formazione dei docenti e ai corsi tecnico-scientifici delle scuole di ogni ordine e grado. Allo stesso tempo, dovrà conoscere i programmi scolastici italiani a indirizzo tecnico-scientifico, avere accesso a *network* e associazioni di insegnanti e garantire la copertura dell'intero territorio nazionale in termini di penetrazione nelle scuole. L'organizzazione sottoscriverà un contratto con ASI ed ESA per ricevere e gestire le risorse e i finanziamenti di ESA, di ASI e dei *partner* che intenderanno contribuire economicamente.

Il primo impegno a cui la citata organizzazione sarà chiamata a rispondere sarà la conduzione di uno studio che rispecchi il percorso effettuato in questo lavoro di ricerca e quindi individui le esigenze educative nazionali in ambito STEM, la capacità di soddisfare tali bisogni attraverso le risorse didattiche di ESA e ASI e suggerisca come strutturare l'Ufficio ESERO Italia e le sue attività.

Successivamente, il contraente dovrà attivarsi per sviluppare e mantenere relazioni e *partnerships*, a sostegno degli obiettivi del progetto, con gli *stakeholders* nazionali operanti nel settore spaziale e in quello della didattica. Il *network* di ESERO Italia sarà, quindi, un'insieme di reti che gli consentiranno di usufruire delle competenze e delle risorse dei grandi nodi nazionali e delle loro reti di relazioni, delle loro *facilities*, laboratori e strutture.

5.5.1 Relazioni e *partnerships* di ESERO Italia

Il primo attore da coinvolgere nel grande progetto ESERO Italia sarà sicuramente il MIUR che, grazie alla sua rete di Uffici Scolastici Regionali e alle organizzazioni dei docenti, consentirà a ESERO di essere presente in tutto il Paese. Inoltre, il MIUR, con il suo portale della ricerca italiana *Researchitaly*¹³⁶, offre una panoramica degli enti di ricerca, delle università e degli altri centri di ricerca, pubblici e privati, che potenzialmente potrebbero essere coinvolti nel progetto ESERO Italia. Tra questi, gli enti del comparto pubblico della ricerca in campo spaziale, oltre all'Agenzia Spaziale Italiana, sono l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)¹³⁷ e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)¹³⁸. Come l'ASI, questi enti si adoperano per favorire la

¹³⁶ Il portale offre una fotografia del mondo della ricerca italiana, aggregando le informazioni scientifiche provenienti dai 12 enti di ricerca ad esso afferenti, le università e gli altri centri di ricerca, pubblici e privati, presenti sul territorio nazionale. Fonte: <https://www.researchitaly.it>.

¹³⁷ L'INAF è il principale ente di ricerca italiano per lo studio dell'Universo. L'ente promuove, realizza e coordina, anche nell'ambito di programmi dell'Unione europea e di organismi internazionali, attività di ricerca nei campi dell'astronomia e dell'astrofisica, sia in collaborazione con le università che con altri soggetti pubblici e privati, nazionali, internazionali ed esteri. Progetta e sviluppa tecnologie innovative e strumentazione d'avanguardia per lo studio e l'esplorazione del Cosmo. L'INAF è presente sul territorio italiano con 19 strutture di ricerca (osservatori astronomici e istituti) e con una sede amministrativa a Roma. È inoltre presente nelle Isole Canarie con la sede del Telescopio Nazionale Galileo. Fonte: <http://www.inaf.it/it/inaf-in-breve>

¹³⁸ L'INFN è l'ente pubblico nazionale di ricerca dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano. Le attività di ricerca dell'INFN si svolgono tutte in un ambito di competizione internazionale e in stretta collaborazione con il mondo universitario italiano. L'attività dell'INFN si basa su due tipi

diffusione della cultura scientifica: l'INAF persegue questo obiettivo attraverso la piattaforma educativa Risorse Educative per l'Astronomia Laboratoriale (REAL) raggiungibile da www.edu.inaf.it e grazie a progetti di didattica e divulgazione dell'astronomia che si rivolgono alle scuole e, in generale, alla società tutta. L'INFN concretizza la sua vocazione alla diffusione della cultura scientifica partecipando ai principali appuntamenti di divulgazione nazionale e organizzando mostre ed eventi in tutto il Paese.

Altre risorse, sempre annoverate da *Researchitaly* e capaci di supportare e favorire la diffusione delle attività di ESERO su tutto il territorio nazionale, sono il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)¹³⁹; il Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”¹⁴⁰; l'Istituto Nazionale di Alta Matematica Francesco Severi (INdAM)¹⁴¹ e organismi privati non profit come l'Unione Matematica Italiana (UMI)¹⁴² che, oltre a promuovere e divulgare lo sviluppo delle scienze matematiche e delle loro applicazioni, cura in Italia le varie fasi delle *Olimpiadi della Matematica*¹⁴³.

Beni da utilizzare sono anche i molti e diversi musei scientifici di cui il nostro Paese è ricco in quanto sono dei serbatoi di conoscenze, sperimentazioni e innovazioni, oltre ad essere dei luoghi

di strutture di ricerca complementari: le Sezioni e i Laboratori Nazionali. I quattro Laboratori Nazionali, con sede a Catania, Frascati, Legnaro e Gran Sasso, ospitano grandi apparecchiature e infrastrutture messe a disposizione della comunità scientifica nazionale e internazionale. Le 20 Sezioni e i 6 Gruppi collegati alle Sezioni o Laboratori hanno sede in altrettanti dipartimenti di fisica universitari e garantiscono la stretta connessione tra l'istituto e le Università. Fonte: <http://home.infn.it/it/istituto/la-missione-e-le-sue-origini> e <http://home.infn.it/it/la-struttura/le-strutture-sul-territorio>

¹³⁹ Il CNR è la più grande struttura pubblica di ricerca in Italia. Fondata nel 1923, ha operato in passato come consulente di Governo in materia di ricerca e come fondo di finanziamento per i grants della ricerca universitaria. Dal 1989 il CNR è un Ente di ricerca con la missione di realizzare progetti di ricerca, promuovere l'innovazione e la competitività del sistema industriale nazionale, l'internazionalizzazione del sistema di ricerca nazionale e di fornire tecnologie e soluzioni ai bisogni emergenti nel settore pubblico e privato. Esso è il primo ente di ricerca per numero di ricercatori ed è composto da 7 dipartimenti e 102 istituti con specializzazione sui principali saperi, settori scientifici e tecnologici, con più di 330 sedi secondarie e laboratori sul territorio in Italia e all'estero tra cui le basi scientifiche in Artide e Antartide. Fonte: <https://www.cnr.it/it/chi-siamo> e <https://www.cnr.it/it/cnr-in-numeri>

¹⁴⁰ Il principale obiettivo del Centro Fermi è dare vita ad attività di ricerca di avanguardia e di carattere interdisciplinare, tenendo bene in vista sia le applicazioni scientifiche che le ricadute tecnologiche. Al tempo stesso promuove la diffusione e la promozione della cultura scientifica, attività portata avanti con grande efficacia, anche grazie alla sua doppia identità di istituto di ricerca e museo. Le attività del Centro Fermi si basano su: grants per nuovi talenti e per ricercatori al fine di indirizzarli o sostenerli verso ricerche originali e di alto valore interdisciplinare; progetti di ricerca scientifica col fine di realizzare e promuovere ricerche interdisciplinari avanzate; attività per la diffusione della cultura scientifica e memoria storica, in particolare attraverso il ripristino del complesso monumentale di Via Panisperna a Roma e la progettazione di un moderno museo multimediale allestito al suo interno. Fonte: <https://www.researchitaly.it/enti-governativi/CENTRO-FERMI/> e <http://www.centrofermi.it/it/>

¹⁴¹ L'INdAM è l'ente nazionale per la ricerca in matematica. Coordina progetti scientifici, di ricerca e alta formazione, in coerenza con le direttive europee; promuove, sul piano nazionale e internazionale, la formazione e l'aggiornamento dei ricercatori in matematica; favorisce le ricerche in matematica pura e applicata, curando il trasferimento delle conoscenze alle applicazioni tecnologiche; promuove programmi di collaborazione in ambito comunitario. Fonte: <https://www.researchitaly.it/enti-governativi/INDAM/> e <http://www.altamatematica.it/it>

¹⁴² Fonte: <https://www.researchitaly.it/private-non-profit/UMI/> e <http://umi.dm.unibo.it/>

¹⁴³ Le Olimpiadi della Matematica sono una gara di soluzione di problemi matematici elementari rivolta ai ragazzi delle scuole secondarie di secondo grado. Lo scopo è quello di avvicinare gli studenti al tipo di *problem-solving* che un matematico di professione incontra nel suo lavoro. Nel 2017 circa 1.500 scuole italiane hanno aderito Progetto Olimpiadi della Matematica, per un totale di circa 200.000 studenti partecipanti alla prima fase della gara. Fonte: <http://olimpiadi.dm.unibo.it/chi-siamo/cosa-le-olimpiadi/>

di aggregazione ed educazione informale che piacciono molto ai giovani. Nel corso del tempo, i musei scientifici, da meri luoghi di conservazione, studio e fruizione di oggetti in qualche modo legati alla scienza, si sono trasformati sempre più in *science center*: luoghi di visita, educazione scientifica, turismo culturale, basati sull'interattività e sulla sperimentazione diretta dei fenomeni naturali e delle tecnologie. I *science center*, molto diffusi in tutto il mondo, sono importanti strumenti di educazione e diffusione della cultura scientifica attraverso mostre, incontri con scienziati, campagne e attività di promozione della scienza e della tecnologia, ma anche di divertimento intelligente per tutta la famiglia. Attraverso la manualità, l'interattività e una comunicazione chiara ed efficace questi luoghi, in cui la scienza si tocca con mano perché è “vietato non toccare”, possono svolgere una parte importante per promuovere la scienza e la tecnologia e i loro risvolti pratici nella vita quotidiana, offrendo a chi li visita la possibilità di imparare facendo (*learning by doing*). Tra i *science center* e i musei scientifici italiani più noti vi sono Città della Scienza di Napoli; l'Immaginario Scientifico di Trieste; il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano e altri ancora. Accanto ai musei e ai *science center* più conosciuti, l'Italia pullula, soprattutto nei piccoli centri, di musei civici, collezioni scolastiche, mini *science center* che svolgono un ruolo molto importante per le comunità locali anche per la loro capacità di collaborare con scuole, enti e istituzioni presenti sul territorio di riferimento¹⁴⁴.

Oltre al comparto pubblico della ricerca, dovrà essere coinvolto anche quello privato: in Italia il settore dell'aerospazio rappresenta il maggiore comparto manifatturiero nel segmento dei sistemi integrati ad alta tecnologia tanto da creare un Cluster Tecnologico Nazionale Aerospazio (CTNA) che aggrega tutti i principali attori del sistema aerospaziale nazionale. Gli organi che compongono il CTNA, oltre ai già citati ASI e CNR, sono la Federazione Aziende Italiane per l'Aerospazio, la Difesa e la Sicurezza (AIAD); Avio Aero; Leonardo S.p.A. e i Distretti Aerospaziali di Piemonte; Campania; Lombardia; Puglia e Lazio¹⁴⁵.

Infine, le associazioni di amatori e di volontari rappresentano importanti risorse perché partecipano alla diffusione delle informazioni e alla promozione della cultura scientifica. Si pensi, ad esempio, al lavoro svolto dall'associazione di radioamatori AMSAT Italia, che collabora da tempo con ASI ed ESA per diffondere la cultura scientifica e quella delle scienze aerospaziali permettendo collegamenti radio tra gli studenti e gli astronauti a bordo della

¹⁴⁴ L'European Network of Science Centres and Museums (ECSITE), con cui l'ESA collabora, propone un elenco dei principali musei e science center italiani. ECSITE è un network europeo con la *mission* di migliorare e ispirare le organizzazioni della sua rete per coinvolgere il largo pubblico sulle tematiche scientifiche. Fonte: <https://www.ecsite.eu>

¹⁴⁵ Fonte: Research Italy. <https://www.researchitaly.it/cluster-tecnologici-nazionali/aerospazio/#null>

Stazione Spaziale Internazionale¹⁴⁶. O ancora alle attività portate avanti da BIS-Italia, la sezione italiana della *British Interplanetary Society* (BIS), la più antica associazione di astronautica al mondo, che in forma di volontariato porta avanti attività di diffusione della scienza spaziale, rivolte alle scuole e al largo pubblico, partecipando a eventi e manifestazioni e intervenendo nelle scuole con conferenze e attività pratiche svolte con simulatori attraverso il supporto di studenti universitari di corsi di laurea tecnico-scientifici¹⁴⁷. Di rilievo sono anche le iniziative intraprese dell'*Italian Mars Society* (IMS), la sezione italiana di *Mars Planet*, un'organizzazione internazionale che promuove la ricerca e l'applicazione industriale legata all'esplorazione di Marte e dello Spazio. L'IMS lavora da diversi anni sul progetto ERAS (www.erasproject.org) che ha l'obiettivo di costruire in Lombardia un centro di ricerca e di divulgazione scientifica avanzato dedicato all'esplorazione di Marte. Nell'ambito di questo progetto l'IMS ha acquisito conoscenze e sviluppato tecnologie che, oltre ad avere un valore intrinseco per gli scopi di ricerca spaziale, costituiscono un ottimo sistema di diffusione delle scienze dello Spazio e uno strumento di educazione e formativo importante¹⁴⁸.

Le organizzazioni annoverate, benché rappresentino i principali *stakeholders* nazionali operanti nel settore spaziale, della ricerca tecnico-scientifica, della diffusione della conoscenza, dell'istruzione e dell'educazione STEM, non sono da considerarsi esaustivi di uno scenario quanto mai variegato come quello italiano.

Individuati i *partner*, al contraente spetterà, infine, il compito di redigere un piano di comunicazione annuale che permetta all'ufficio di programmare, gestire e monitorare le strategie e le azioni di sensibilizzazione e di diffusione: sulla base delle risorse, delle opportunità e dei canali di diffusione presenti nel *network* nazionale, sarà opportuno individuare le modalità di promozione delle singole iniziative. Tra queste ultime dovranno essere sicuramente incluse tutte le iniziative di educazione sviluppate da ESA per le scuole primarie e secondarie, alcune delle quali sono state presentate nel quarto capitolo di questo lavoro. A queste serie di attività dovranno, inoltre, affiancarsi i programmi didattici realizzati da ASI come, ad esempio, *Lessons on the International Space Station* (LISS)¹⁴⁹ e *Youth ISS Science* (YISS)¹⁵⁰ che si propongono di

¹⁴⁶ AMSAT Italia è un'associazione che ha finalità puramente tecniche, scientifiche e non commerciali che comprendono lo studio e lo sviluppo della teoria e della pratica delle telecomunicazioni via satellite nelle diverse applicazioni e di tutte le discipline e materie a questa collegate. AMSAT Italia raccoglie gli appassionati delle tecniche avanzate di radiocomunicazione, in particolare nel campo spaziale, e opera nei campi dell'elettronica, studiando, progettando, sperimentando e realizzando apparecchiature, satelliti e sistemi per le radiocomunicazioni; della didattica, promuovendo attività atte alla diffusione a livello culturale di tali tecniche; della collaborazione con Enti di Ricerca ed Università, per scambi di esperienze e conoscenze. <http://www.amsat.it/cms/>

¹⁴⁷ <http://www.bis-italia.it/>

¹⁴⁸ <http://www.marsplanet.org/>

¹⁴⁹ LISS è un'iniziativa didattica ideata da ASI per far conoscere meglio la Stazione Spaziale Internazionale (ISS), che rappresenta il più grande programma di cooperazione internazionale mai intrapreso nella storia della scienza e

creare un collegamento stabile e diretto tra il mondo della scuola e quello dell'università e della ricerca in ambito spaziale¹⁵¹. Infine, un'opportunità da cogliere è rappresentata dall'iniziativa del MIUR *Alternanza scuola-lavoro*¹⁵² che propone una metodologia didattica capace di attuare modalità di apprendimento flessibili ed equivalenti per collegare la formazione in aula con l'esperienza pratica, favorendo sia l'orientamento dello studente sia collegamenti organici tra mondo della scuola e quello del lavoro. In questo scenario, accanto alle realtà imprenditoriali, anche gli enti di ricerca possono offrire esperienze formative in linea con le aspettative del Ministero. A partire dal 2016, l'ASI ha proposto, nell'ambito dell'*Alternanza scuola-lavoro*, percorsi didattici capaci di valorizzare i principali aspetti delle attività tecnico-scientifiche svolte dall'Ente e di offrire agli studenti la possibilità di conoscere una realtà, quella della comunità spaziale italiana, basata sull'eccellenza¹⁵³.

della tecnologia. Partito come edizione pilota nell'anno scolastico 2014-2015, il progetto ha coinvolto gli studenti di cinque scuole secondarie di secondo con seminari in classe e attività nei laboratori accademici delle Università: Statale di Milano; Federico II di Napoli; Tor Vergata a Roma e Università degli studi di Sassari. I temi trattati da LISS (esplorazione umana dello spazio; ambiente spaziale; ISS; cellule e spazio; piante e spazio; astrobiologia) consentono di far comprendere gli effetti dell'ambiente spaziale sugli esseri viventi e come l'alimentazione influisca sul corpo umano sulla terra e nello spazio. Per saperne di più sul LISS e per scaricare la versione digitale gratuita del libro è possibile collegarsi alla pagina: <http://www.asi.it/it/educational/liss-a-lezione-sulla-iss>.

¹⁵⁰ YISS è un concorso bandito dall'ASI, nell'anno scolastico 2016-2017, in occasione della Missione ISS *Expedition 52/53* dell'astronauta italiano dell'ESA Paolo Nespoli. L'obiettivo dell'iniziativa è stato quello di sfruttare il potenziale immaginativo e ispiratore dello spazio per coinvolgere le università e gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado nel processo di ideazione e presentazione di proposte sperimentali di carattere scientifico e tecnologico da eseguire in microgravità a bordo della ISS. Per saperne di più su YISS: <http://www.asi.it/it/educational/al-via-il-concorso-di-education-yiss-youth-iss-science>.

¹⁵¹ Nel tempo ASI ha ideato, realizzato e coordinato molte iniziative didattiche e di comunicazione rivolte al mondo della scuola, anche in collaborazione con università, centri di ricerca, agenzie spaziali, etc, nonché ideato e sviluppato strumenti a supporto della didattica in aula e materiali per diffondere la scienza spaziale ai più giovani come fumetti; cartoni animati; giochi educativi e filmati. Una rassegna non esaustiva delle iniziative dell'ASI è riportata nella sezione Education presente sul sito web dell'Agenzia (www.asi.it).

¹⁵² La Legge 107 del 13 luglio 2015 introduce importanti novità nel mondo scolastico prevedendo l'obbligo di alternanza scuola-lavoro da svolgersi per tutti gli alunni nell'ultimo triennio delle scuole secondarie di secondo grado. L'obiettivo è quello di coinvolgere gli studenti in occasioni formative di alto profilo offrendo loro l'opportunità di inserirsi in contesti lavorativi adatti a stimolare la propria creatività, per favorire lo sviluppo della capacità di tradurre idee in azioni nonché consolidare le conoscenze acquisite a scuola e nuove competenze.

¹⁵³ I Piani didattici hanno compreso attività seminariali e laboratoriali, presso le scuole e le sedi dell'ASI, che hanno avuto ad oggetto i seguenti temi: l'ASI e le sue attività (ad es. Esplorazione del sistema solare; Abitabilità nello Spazio; Geodesia spaziale e Telerilevamento; Navigazione satellitare; Osservazione della Terra; Sistemi informativi territoriali; Monitoraggio dei detriti spaziali; Project management e Relazioni internazionali in ASI; Sicurezza sui luoghi di lavoro in ASI); lo Space Science Data Center e la gestione e l'utilizzo dell'archivio dati delle principali missioni di cosmologia; i laboratori del Key Enabling Technology Laboratory; la comunicazione della scienza in ASI).

NOTE CONCLUSIVE

Affinché i cittadini possano accedere al sapere bisogna cominciare da ciò che è alla base della piramide della società della conoscenza, la scuola. Perché è nel tempo della scuola che si cominciano a gettare i semi da cui potrà germogliare l'interesse per la cultura scientifica. Tuttavia, la scienza nella scuola italiana è materia che manca quasi sempre di un percorso sperimentale, di una sintesi tra teoria e pratica e fra osservazione e speculazione intellettuale. Le carenze non sono solo qualitative, ma soprattutto quantitative perché, anche laddove sono presenti, laboratori e attrezzature sono poco utilizzati e non incidono in modo sostanziale nell'effettiva attività didattica delle discipline tecnico-scientifiche. Senza stimolare la curiosità, il fascino e l'entusiasmo di costruire il proprio sapere attraverso l'osservazione di fenomeni reali non è possibile garantire la diffusione della cultura e dell'interesse scientifico a livello sociale. Un progetto come quello che abbiamo provato a proporre, che si pone l'obiettivo di facilitare la diffusione e la fruibilità delle conoscenze scientifiche nella comunità didattica, che punta sulla formazione dei docenti e sulla relazione tra scuola, ricerca e società civile rappresenta un'opportunità per un Paese, come l'Italia, che non può permettersi di rimandare ulteriormente la formazione delle nuove generazioni nelle materie tecnico-scientifiche. L'intreccio virtuoso tra comunità scientifica e società tutta può essere agevolato facendo leva su uno dei settori più affascinanti e più importanti a livello nazionale, quello aerospaziale, e mediante uno strumento istituzionale che ha tra i suoi fini pubblici e sociali il trasferimento del sapere e la comunicazione dei risultati delle proprie attività scientifiche e di ricerca, l'Agenzia Spaziale Italiana.

Il progetto ESERO, nei Paesi dove è stato realizzato, ha dimostrato di essere capace di offrire sostegno ai sistemi nazionali di istruzione, proponendo una filiera educativa che declina nei vari contesti nazionali tre elementi fondamentali: il collegamento tra la formazione e il mondo del lavoro, l'opportunità di imparare attraverso lo svolgimento di attività pratiche e il sostegno alla formazione continua degli insegnanti.

ESERO Italia potrebbe rappresentare una valida risposta alle esigenze della comunità scolastica italiana perché si presenta come una sperimentazione didattica che potrebbe, nel tempo, condurre a una riforma dei programmi scolastici e abbreviare la filiera della trasposizione didattica, configurandosi come un'interfaccia tra la comunità scientifica spaziale e gli insegnanti delle materie scientifiche. La copertura nazionale delle attività, richiesta dall'Agenzia Spaziale Europea nel suo documento *ESEROs Statement of Work (SoW)*, consentirebbe, inoltre, di colmare il divario esistente tra gli studenti italiani del Nord e del Sud nelle materie scientifiche: le indagini condotte

da IEA, OECD e INVALSI hanno evidenziato, infatti, che gli studenti del Nord Italia conseguono risultati in matematica e in scienze più alti rispetto ai colleghi del Sud.

Sulla base degli elementi caratterizzanti il progetto ESERO e dei punti positivi emersi nel corso dell'analisi condotta sulle esperienze effettuate da Paesi Bassi, Irlanda e Regno Unito, possiamo ipotizzare, in prima battuta, che anche in Italia il progetto sia in grado di offrire soluzioni adeguate per migliorare i punti di debolezza del sistema scolastico nazionale. Per cominciare, il problema del mancato aggiornamento dei docenti italiani con formazione disciplinare può trovare giovamento grazie all'offerta formativa che ESERO destina precipuamente agli insegnanti. Proseguendo, la questione della predominanza di un approccio d'aula basato sulla trasmissione di concetti astratti e generali può essere migliorata in almeno due modi: da una parte, attraverso la formazione del corpo docente, a cui ESERO propone approcci d'aula e risorse didattiche basate sulla metodologia dell'*Inquiry Based Science Education* che, attraverso attività di sperimentazione in aula guidate dall'insegnante, consente di coinvolgere maggiormente gli studenti. Dall'altra, mediante un *carnet* ricco non solo di risorse didattiche (il sito web *Eduspace*, il materiale di *Teach with Rosetta* e altro ancora di cui abbiamo offerto una descrizione nel quarto capitolo), ma anche di programmi e competizioni che fanno uscire docenti e studenti dalle aule scolastiche per fare esperienza pratica di veri progetti spaziali. Infine, la difficoltà posta dalla scarsità di unità di apprendimento interdisciplinari può trovare una soluzione in questi programmi perché la gestione di un progetto spaziale richiede la collaborazione tra individui e il concorso di conoscenze e competenze afferenti a diversi settori disciplinari. Queste iniziative, inoltre, richiedendo e sviluppando competenze in campi diversi (ricerca scientifica, progettazione tecnica, analisi e presentazione dei dati, etc.) e favorendo l'acquisizione di varie abilità pratiche (costruzione elettronica, saldatura, programmazione di software, collaudo e così via), possono essere paragonate, per loro stessa natura, a unità di apprendimento interdisciplinari dove gli studenti compiono il lavoro attraverso le risorse possedute e la ricerca di nuove informazioni per la risoluzione di problemi. A latere di quanto detto, la possibilità di beneficiare della forza dell'approccio a rete sviluppato da ESA consentirebbe a ESERO Italia di aggregare le competenze e le *facilities* presenti sul territorio nazionale e di accedere alle risorse sviluppate dagli altri uffici del *network* ESERO, adattandole alle caratteristiche e alle specifiche esigenze del proprio sistema di istruzione.

Più in generale, un percorso educativo come ESERO, composto da attività didattiche declinabili con flessibilità nei diversi contesti scolastici, è capace di orientare gli studenti verso percorsi universitari e professionali negli ambiti connessi alle discipline STEM e di diffondere la cultura scientifica nella società. Inoltre, l'opportunità di sperimentare una nuova visione dell'apprendimento, in cui la didattica formale e informale si ibridano, rappresenta un grande opportunità: le attività pratiche, che

danno la possibilità di imparare facendo, inseriscono i docenti e gli studenti in un contesto nuovo dove, i primi, sono facilitatori di un processo di scoperta che vede, i secondi, partecipare in modo attivo alla costruzione delle proprie conoscenze. Sotto questo punto di vista, la possibilità di uscire dalla classe ed entrare nei centri di ricerca e nei laboratori è sicuramente premiante; non di meno la classe può essere trasformata in un luogo del fare attraverso attività pratiche e creative in cui gli studenti imparano facendo, costruendo, sbagliando¹⁵⁴. Le attività educative basate sull'approccio IBSE, grazie all'utilizzo di forme di apprendimento attivo ispirate alla filosofia del *learning by doing*, possono contribuire a spazzare via dalla mente dei giovani studenti l'idea che le materie scientifiche siano un campo riservato a pochi eletti particolarmente geniali, incoraggiandoli, contemporaneamente, ad avere maggior fiducia nelle proprie capacità e a impegnarsi maggiormente in queste discipline. Secondo la Commissione europea, questo approccio educativo può contribuire a stimolare l'entusiasmo anche nei docenti (Commissione europea 2007, Rapporto Rocard) e, se a ciò si associa il fascino naturale suscitato dallo Spazio, ne consegue una migliore capacità della metodologia di coinvolgere insegnanti e studenti, ottimizzando esperienza e risultato educativo.

Il progetto educativo ESERO concretizza, mediante l'azione delle agenzie spaziali, le politiche dell'Unione europea nell'ambito dell'istruzione e della formazione perché tende a sostenere e a incoraggiare lo sviluppo di una società europea sempre più basata sulla conoscenza, sulla scienza e sulla scuola. Esso potrebbe, dunque, rappresentare per l'Italia un investimento per il futuro, poiché le sue attività potrebbero contribuire a sensibilizzare i giovani verso le discipline STEM, a orientarli verso percorsi di formazione e di carriera nei settori scientifici e tecnologici come quello spaziale e a incrementare la consapevolezza del rilevante contributo apportato dal settore spaziale alle società e alle economie moderne.

¹⁵⁴ Un approccio che si sta diffondendo in ambito ludico e didattico è quello del *tinkering* che insegna a creare improvvisando, utilizzando gli oggetti, per lo più materiale povero o riciclato, che si ha a disposizione. Questo approccio, proposto da centri come l'*Exploratorium* di San Francisco negli Stati Uniti d'America, si sta sperimentando anche in alcune scuole italiane grazie al lavoro di ricercatori, come quelli dell'Istituto di Astrofisica Spaziale dell'INAF, che si recano nelle aule scolastiche per svolgere questo tipo di attività anche con studenti molto piccoli. Si veda: <https://www.youtube.com/watch?v=PwzJjhtKSzMj>

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Agenzia esecutiva per l'istruzione, gli audiovisivi e la cultura (EACEA P9 Eurydice), 2011, *L'insegnamento delle scienze in Europa: politiche nazionali e pratiche di ricerca*, Bruxelles.
http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133IT.pdf.
- Agenzia Spaziale Europea, 2013, *Education. Inspiring the Future*, ESA/ESTEC, Education & Knowledge Management Office. <http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/ESA-EdSuccess.pdf>.
- Agenzia Spaziale Europea, 2015, *European Space Education Resource Offices (ESEROs)*, Statement of Work 1 Jan 2016 - 20 Apr 2017.
- Agenzia Spaziale Europea, 2015, *Sustainable Development: 2013-2014 Report*, SP-1331, June 2015. <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/SP-1331/offline/download.pdf>
- Agenzia Spaziale Europea, 2015a, *European Space Agency Council Information document Status Report on ESA Education Activities*, ESA/C(2015) 50, Paris, 21 May 2015.
- Agenzia Spaziale Europea, 2017, *European Space Agency Council Information document Status Report on ESA Education Activities*, ESA/C(2017) 60, Paris, 31 May 2017.
- Agenzia Spaziale Europea, 2017, *European Space Education Resource Offices (ESEROs)*, Statement of Work 1 May 2017 - 31 Dec 2019.
- Agenzia Spaziale Italiana, 2011, *Testo dello Statuto dell'Agenzia Spaziale Italiana*.
<http://www.asi.it/sites/default/files/STATUTO%20DEFINITIVO%20PUBBLICAZIONE%20GU%20%281%29.pdf>
- Agenzia Spaziale Italiana, *Documento di Visione Strategica 2010-2020. Analisi e Prospettive Strategiche*. http://www.asi.it/sites/default/files/ASI-Analisi-e-prospettive-strategiche_2010-2020.pdf
- Agenzia Spaziale Italiana, *Piano Triennale della Attività 2017-2019*.
http://www.asi.it/sites/default/files/attach/dettaglio/022_-_pta_2017-2019_-_pta_2017-2019_finale2.pdf.
- Archer Louise, Moote Julie, 2016, *ASPIRES 2 Project Spotlight: Year 11 Students' Views of Careers Education and Work Experience*, King's College London, Department of Education & Professional Services, London, February 2016.
<https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-2-Project-Spotlight---Year-11-Students-Views-on-Careers-Education-and-Work-Experience.pdf>
- Archer Louise, Osborne Jonathan, DeWitt Jennifer, Dillon Justin, Wong Billy, Willis Beatrice, 2013, *ASPIRES Young people's science & career aspirations, age 10-14*, King's College London, Department of Education & Professional Studies, London.

<https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-final-report-December-2013.pdf>.

- Bandura Albert, Barbaranelli Claudio, Caprara Gian Vittorio, Pastorelli Concetta, 2001, *Self-efficacy beliefs as shapers of children's aspirations and career trajectories*, in "Child Development", vol. 72, Issue 1, January/February 2001, pp. 187-206.
- Beck Ulrich, Giddens Anthony, Lash Scott, 1999, *Modernizzazione Riflessiva. Politica, tradizione ed estetica nell'ordine sociale della modernità*, Asterios Delithanassis Editore, Trieste.
- Berlinguer Luigi, 2008, *L'intreccio virtuoso tra scuola, cultura scientifica ed economia*, L'Unità, 21 aprile 2008
- Bransford John D., Brown Ann L, Cocking Rodney R., 2000, *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School: Expanded Edition*, National Academy Press, Washington, D.C.
<http://www.colorado.edu/MCDB/LearningBiology/readings/How-people-learn.pdf>.
- Bruner Jerome S., 2001, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli.
- Bucchi Massimiano, 2004, *Sociologia della scienza*, in "Nuova Informazione Bibliografica", anno I, n.3/luglio-settembre 2004.
- Bush Vannevar, 1945, *Science, the Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington. <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>.
- Cabinet Office, 1993, *Realising Our Potential: A strategy for Science, Engineering and Technology*, Her Majesty's Stationary Office, London.
- Caena Francesca, 2011, *Literature review Quality in Teachers' continuing professional development*, European Commission.
http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/policy/strategic-framework/doc/teacher-development_en.pdf
- Calvani Antonio, 1998, *Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie*, in Bramanti Donatella (a cura di) *Progettazione formativa e valutazione*, Carocci, Roma.
- Caprara Giovanni, 2014, *San Marco: lanciato 50 anni fa il primo satellite italiano*, Corriere della Sera, 15 dicembre 2014. http://www.corriere.it/scienze/14_dicembre_15/san-marco-lanciato-50-anni-fa-primo-satellite-italiano-177e89ea-8468-11e4-b9cc-80d61e8956c5.shtml.
- Carpignano Rosarina, Govoni Riccardo, Terreni Vincenzo, 2010, *La nascita di un Piano*, in *Il Piano «Insegnare Scienze Sperimentali»*, Annali della pubblica istruzione, Rivista bimestrale del MIUR 5-6/2009-1/2010, Le Monnier, Firenze.
http://www.annaliistruzione.it/var/ezflow_site/storage/original/application/e1eeb6022917512dcb4cf12ca97600de.pdf.

- Carrada Giovanni, 2005, *Comunicare la scienza, kit di sopravvivenza per ricercatori*, Sironi Editore, Milano.
- Casaglia Anna, 2013, *Piano nazionale Lauree Scientifiche: punti di forza e debolezza della governance sul territorio tra scuola-università-imprese*, Dipartimento di Scienze Sociali e Politiche dell'Università degli Studi di Milano, Novembre 2013, Milano.
http://www.progettolaureescientifiche.eu/wp-content/uploads/2013/06/PLS_Report2013.pdf.
- Castellani Tommaso, 2012, *La scuola e l'informazione scientifica*, in Chiancone, E. (a cura di) *Formare e informare - Dallo studio della Biodiversità all'incontro tra Accademia, Scuola e Giovani*, Aracne, Roma. <https://sites.google.com/site/tcastellani/articoli/didattica-della-scienza/la-scuola-e-l-informazione-scientifica>.
- Castellani Tommaso, 2014, *Public Engagement*, in Conference science, Innovation and Society: achieving Responsible Research and Innovation, CNR, Roma, 19-21 novembre 2014, pp.7-22.
- Chevallard Yves, 1985, *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Cleaves Anna, 2005, *The formation of science choices in secondary school*, in "International Journal of Science Education", vol. 27, Issue 4, pp. 471-486.
- Clementi Francesco, Luca Serianni (a cura di), 2015, *Quale scuola?Le proposte dei Lincei per l'italiano, la matematica, le scienze*, Carocci editore, Roma.
- Commissione europea, 2000, *Commission Working Document Science, society and the citizen in Europe*, Brussels, 14 novembre 2000, SEC(2000) 1973.
https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_public_engagement/ss_en.pdf.
- Commissione europea, 2001, *Comunicazione della Commissione Realizzare uno spazio europeo dell'apprendimento permanente*, Bruxelles, 21 novembre 2001, COM(2001) 678 finale
https://archivio.pubblica.istruzione.it/dg_postsecondaria/allegati/apprperm211101.pdf.
- Commissione europea, 2002, *Science and Society Action Plan*, Office for official publications of the European communities, Luxembourg.
https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_gender_equality/ss_ap_en.pdf.
- Commissione europea, 2003, *Libro Bianco Spazio: una nuova frontiera europea per un'Unione in espansione. Piano di azione per attuare una politica spaziale europea* (COM/2003/0673).
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0673&from=IT>
- Commissione europea, 2005, *Raccomandazione della Commissione riguardante la Carta europea dei ricercatori e un codice di condotta per l'assunzione dei ricercatori*, 2005/251/CE, Gazzetta Ufficiale Ue 22.3.2005. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32005H0251>.

- Commissione europea, 2005, *Working together for Growth and Jobs. A new start for the Lisbon Strategy*, COM (2005) 24, Brussels, 02.02.2005. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0024&from=EN>.
- Commissione europea, 2007, *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Rapporto Rocard), Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- Commissione europea, 2009, *Preparing Europe for a New Renaissance - A Strategic View of the European Research Area, First Report of the European Research Area Board – 2009*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. https://ec.europa.eu/research/erab/pdf/erab-first-annual-report-06102009_en.pdf.
- Commissione europea, 2010, *Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Comunicazione COM(2010) 2020 del 3.3.2010, http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/eu2020/em0028_it.htm.
- Commissione europea, 2011, *Communication. Tackling Early School Leaving: A Key Contribution to the Europe 2020 Agenda*, COM(2011) 18 final, Brussels, 31.1.2011. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0018:FIN:EN:PDF>.
- Commissione europea, 2011, *Early School Leaving in Europe-Questions and Answers*, MEMO/11/52, Brussels, 31 gennaio 2011, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-52_en.htm.
- Commissione europea, 2011, *Realizzare uno spazio europeo dell'apprendimento permanente*, COM (2001) 678, Bruxelles, 21 novembre 2001. https://archivio.pubblica.istruzione.it/dg_postsecondaria/allegati/apprperm211101.pdf
- Commissione europea, 2012, *Rethinking Education: Investing in Skills for Better Socio-Economic Outcomes*, COM (2012) 669 final, 20.11.2012, Strasbourg.
- Commissione europea, 2013, *Special Eurobarometer 401. Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology*, Novembre 2013. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_en.pdf.
- Commissione europea, 2014, *Horizon 2020 in breve. Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, Lussemburgo. https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_IT_KI0213413ITN.pdf.
- Commissione europea, 2014, Regolamento (Ue) n. 651/2014 della commissione del 17 giugno 2014 che dichiara alcune categorie di aiuti compatibili con il mercato interno in applicazione degli

articoli 107 e 108 del trattato. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0651&from=IT>

Commissione europea, 2014, *Special Eurobarometer 419. Public Perceptions of Science, Research and Innovation*, Ottobre 2014. http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_419_sum_en.pdf.

Commissione europea, 2015, *Science education for Responsible Citizenship*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf.

Comunità europea, 1987, *Atto unico europeo*, del 28 febbraio 1986, GU L 169, 29.6.1987. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=LEGISSUM:xy0027>.

Consiglio dell'Unione europea, 2002, *Presidency conclusions. Barcelona European Council 15 and 16 March 2002*, SN 100/1/02 REV 1. http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/barcelona_european_council.pdf

Consiglio dell'Unione europea, 2003, *Conclusioni del Consiglio in merito ai livelli di riferimento del rendimento medio europeo nel settore dell'istruzione e della formazione (parametri di riferimento)*, n. doc. prec.: 8486/03 EDUC 73 + COR 1 (fr) + COR 2 (de), 7 maggio 2003 (13.05), Bruxelles. https://archivio.pubblica.istruzione.it/buongiorno_europa/allegati/ConsiglioMinistri_Istruzione2003.pdf.

Consiglio dell'Unione europea, 2004, *“Education & Training 2010” The success of the Lisbon Strategy hinges on urgent reforms*, 6236/04 EDUC 32 + COR 1, 14358/03 EDUC 168 – COM (2003) 685 final, 26 February 2004, Brussels. <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%206905%202004%20INIT>.

Consiglio dell'Unione europea, 2009, *Education and training 2020 (ET 2020) - Conclusioni del Consiglio del 12 maggio 2009 su un quadro strategico per la cooperazione europea nel settore dell'istruzione e della formazione («ET 2020»)*, 2009/C 119/02. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 28.5.2009 [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528\(01\)&from=IT](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528(01)&from=IT).

Consiglio Istruzione dell'Unione europea, 2001, *Gli obiettivi futuri e concreti dei sistemi di istruzione e di formazione*, Documento n. 5680/01 EDUC 18, Bruxelles, 14 febbraio 2001 (16.02). <https://archivio.pubblica.istruzione.it/argomenti/qualita/testi/allegati/relazione14febbraio.pdf>.

Consiglio Nazionale delle Ricerche, *Il Cnr in numeri*. https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/Cnr_in_numeri.pdf

- Costa Marco, Susa Isabella, 2016, *Il metodo scientifico: una cosa da ragazzi*, in “Scienza & Società”, 25/26 Luglio 2016, Egea, Milano.
- Costituzione della Repubblica Italiana.
- De Maria Michelangelo, Orlando Lucia, Paoloni Giovanni, Rea Francesco (a cura di Mastrangelo Emanuele e Rea Francesco) 2011, *L'Italia dello spazio 1948 – 2008*, Storia in Rete Editore.
- Decreto 22 Agosto 2007, n. 139, Regolamento recante norme in materia di adempimento dell'obbligo di istruzione.
https://archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/2007/dm139_07.shtml
- Decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 87, Regolamento recante norme per il riordino degli istituti professionali, a norma dell'articolo 64, comma 4, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni, dalla legge 6 agosto 2008, n. 133. (10G0109) (GU Serie Generale n.137 del 15-06-2010 - Suppl. Ordinario n. 128).
<http://www.gazzettaufficiale.it/gunewsletter/dettaglio.jsp?service=1&datagu=2010-06-15&task=dettaglio&numgu=137&redaz=010G0109&tmstp=1276687571279>
- Driver Rosalind, Squires Ann, Rushworth Peter, Wood-Robinson Valerie, 1994, *Making sense of secondary science-research into children's ideas*, Routledge, London.
- Education and training 2020 (ET 2020) - Conclusioni del Consiglio del 12 maggio 2009 su un quadro strategico per la cooperazione europea nel settore dell'istruzione e della formazione («ET 2020») 2009/C 119/02. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 28.5.2009. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528\(01\)&from=IT](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528(01)&from=IT)
- European Research Advisory Board, 2005, “*Science and Society*”: *An Agenda for responsive and responsible European science in FP7*, ERAB 05.35 Finale Report, September 2005.
https://ec.europa.eu/research/eurab/pdf/eurab_05_035_wg6_final_report-rev_160905.pdf.
- EUROSTAT, *Early Leavers from Education and Training by sex*. Code: t2020_40, http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_40&plugin=1.
- EUROSTAT, *Tertiary Educational Attainment by Sex, Age Group 30-34*. Code: t2020_41. http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_41&plugin=1.
- Ferri Paolo, Marinelli Alberto, 2010, *Introduzione: New media literacy e processi di apprendimento*, in Ferri, P.M., Marinelli, A. (a cura di), *Culture partecipative e competenze digitali: media education per il XXI secolo*, di Jenkins H., Guerini, Milano.
- Feuer Lewis S., 1969, *L'intellettuale scientifico*, Zanichelli, Bologna.

- Fischhoff Baruch, 2013, *The sciences of science communication*, in "PNAS", 20 August 2013, vol. 10, suppl.3, pp. 14033-14039.
- Fouad Nadya A., 2007, *Work and Vocational Psychology: Theory, Research, and Applications*, in "Annual Review of Psychology", vol. 58, pp. 543-564.
- Foy Pierre, Martin Michael O., Mullis Ina V.S., 2008, *TIMSS 2007 International Mathematics Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Chestnut Hill.
https://timss.bc.edu/TIMSS2007/PDF/TIMSS2007_InternationalMathematicsReport.pdf.
- Fregonara Gianna, 2016, *Ocse, è un «analfabeta matematico» un ragazzo italiano su quattro*, Corriere della Sera, 10 febbraio 2016. http://www.corriere.it/scuola/medie/16_febbraio_09/ocse-ragazzo-italiano-quattro-analfabeta-matematica-ded9c1f2-cf4f-11e5-a78b-52d074ea1480.shtml?refresh_ce-cp
- From PUS to PEST, 2002, *Science*, vol. 298, 4 ottobre 2002.
- Giddens Anthony, 1994, *Le conseguenze della modernità*, il Mulino, Bologna.
- Greco Pietro, 2004, *Il modello Venezia, La comunicazione nell'era post-accademica della scienza*, in Pitrelli Nico e Sturloni Giancarlo (eds.), *La comunicazione della scienza. Atti del I e II Convegno Nazionale*. Introduzione di Greco Pietro, Prolusione di Rossi Paolo, Zadigroma Editore, Roma.
- Greco Pietro, Silvestrini Vittorio, 2009, *La risorsa infinita. Per una società democratica della conoscenza*, Editori riuniti University Press, Roma.
- Hess Charlotte, Ostrom Elinor, 2009, *Studiare i beni comuni della conoscenza*, in Hess Charlotte, Ostrom Elinor, (a cura di), *La conoscenza come bene comune. Dalla teoria alla pratica*, Mondadori, Milano.
- House of Lord, 2000, *Science and Society: Third Report of the Select Committee on Science and Society*, House of Lord, London.
<http://www.publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm>.
- International Space University, 2012, *TP Report - Space: One giant leap for education*, Strasbourg Central Campus. https://isulibrary.isunet.edu/opac/doc_num.php?explnum_id=413.
- INVALSI 2016, *OCSE PISA 2015 Indagine OCSE PISA 2015: i risultati degli studenti italiani in scienze, matematica e lettura*.
http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2015/doc/rapporto_2015_assemblato.pdf.

- INVALSI, 2012, *Indagini IEA 2011 PIRLS e TIMSS: i risultati degli studenti italiani in lettura, matematica e scienze*.
http://www.invalsi.it/invalsi/ri/timss2011/documenti/Rapporto_PIRLS_TIMSS.pdf.
- INVALSI, 2012, *Quadro di Riferimento di TIMSS 2011*. Versione italiana di Ina V.S. Mullis, Michael O. Martin, Graham J. Ruddock, Christine Y. O'Sullivan, Corinna Preuschoff, *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
http://pub.iea.nl/fileadmin/user_upload/Publications/Electronic_versions/TIMSS_2011_Frameworks_Italian.pdf.
- INVALSI, 2016, *Indagini IEA 2015 TIMSS IV anno di scolarità: sintesi dei risultati degli studenti italiani in matematica e scienze*.
http://www.invalsi.it/invalsi/ri/timss2015/documenti/IEA_TIMSS_2015_sintesi_risultati_4grado_daup.pdf.
- INVALSI, 2016, *Indagini IEA 2015 TIMSS VIII anno di scolarità: sintesi dei risultati degli studenti italiani in matematica e scienze*, Roma 6 dicembre 2016.
http://www.invalsi.it/invalsi/ri/timss2015/documenti/IEA_TIMSS_2015_sintesi_risultati_8grado_daup.pdf.
- INVALSI, 2017, *Rilevazioni Nazionali degli Apprendimenti 2016-2017*. https://invalsi-areaprove.cineca.it/docs/file/Rapporto_Prove_INVALSI_2017.pdf.
- Istituto Nazionale di Astrofisica, *Il miglior punto di vista sull'universo*. <http://www.inaf.it/it/inaf-in-breve/inaf-1>
- Jasanoff Sheila, 2011, *The Politics of Public Reason*, in *The Politics of Knowledge*, Patrick Baert e Fernando Domínguez Rubio, Routledge, Abingdon, pp. 11-32.
- Lamb Stephen, 2010, *School Dropout and Inequality*, in Lamb Stephen, Markussen Eifred, Teese Richard, Sandberg Nina, Polesel John, *School Dropout and Completion*, in *International Comparative Studies in Theory and Policy*, Springer, Dordrecht Heidelberg.
- Lamb Stephen, Markussen Eifred, 2010, *School Dropout and Completion: An International Perspective*, in Lamb Stephen, Markussen Eifred, Teese Richard, Sandberg Nina, Polesel John, *School Dropout and Completion*, in *International Comparative Studies in Theory and Policy*, Springer, Dordrecht Heidelberg.
- Lastrucci Emilio, 2005, *Enciclopedia dei ragazzi*, Treccani.
http://www.treccani.it/enciclopedia/didattica_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/.

- Lederman Norman G., 1992, *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research*, in "Journal of Research in Science Teaching", Vol. 29, Issue 4, pp.331–359, aprile 1992.
- Legge 13 luglio 2015, n. 107, Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti. (15G00122) (GU Serie Generale n.162 del 15-7-2015). <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G00122/sg>
- Legge 30 maggio 1988, n. 186, *Istituzione dell'Agenzia spaziale italiana*, Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.133 del 8-6-1988.
- Legge 9 giugno 1977, n. 358, *Ratifica ed esecuzione della convenzione istitutiva di una Agenzia spaziale europea (A.S.E.), con allegati, firmata a Parigi il 30 maggio 1975*, Gazzetta Ufficiale n.184 del 7-7-1977.
- Markussen Eifred, Sandberg Nina, 2010, *Policies to Reduce School Dropout and Increase Completion*, Lamb Stephen, Markussen Eifred, Teese Richard, Sandberg Nina, Polesel John, *School Dropout and Completion*, in International Comparative Studies in Theory and Policy, Springer, Dordrecht Heidelberg.
- Merton Robert K, 1968, *The Matthew Effect in Science. The reward and communication systems of science are considered*, in "Science", vol. 159, n. 3810, p. 56-63, 5 January 1968. <http://www.garfield.library.upenn.edu/merton/matthew1.pdf>.
- Millar Robin, 1996, *Toward a Science Curriculum for Public Understanding*, in "School Science Review", vol. 77, n. 280, pp. 7- 18.
- Millar Robin, Osborne Jonathan, 1998, *Beyond 2000: Science education for the future*, Published by King's College London, School of Education, Cornwall House, Waterloo Road, London SE1 8WA. <http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf>.
- MIUR – Ufficio di statistica, 2009, *Immatricolazioni anno accademico 2008/2009*, Notiziario statistico, n. 1/2009. http://statistica.miur.it/data/notiziario_1_2009.pdf.
- MIUR – Ufficio di Statistica, 2012, *Focus "Il passaggio dalla scuola secondaria di secondo grado all'Università"*, Notiziario 1/2012, febbraio 2012. http://statistica.miur.it/Data/notiziario_1_2012.pdf.
- MIUR, 2006, *Piano ISS Insegnare Scienze Sperimentali. Ricerca- azione per la realizzazione di laboratori e la formazione continua degli insegnanti*, Documento di base, 20 febbraio 2006. http://archivio.pubblica.istruzione.it/docenti/allegati/piano_iss_06.pdf.
- MIUR, 2010, *Istituti Tecnici Linee guida per il passaggio al nuovo ordinamento*. Decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 88 "Regolamento recante norme concernenti il riordino degli istituti tecnici ai sensi dell'articolo 64, comma 4, del decreto legge 25 giugno

2008, n.112, convertito dalla legge 6 agosto 2008, n.133” (Art. 8, comma 3).
http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/nuovi_tecnici/INDIC/_LINEE_GUIDA_TECNICI_.pdf

MIUR, 2010, Schema di regolamento recante “*Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali di cui all’articolo 10, comma 3, del decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 89, in relazione all’articolo 2, commi 1 e 3, del medesimo regolamento.*”
http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/licei2010/indicazioni_nuovo_impaginato/_decreto_indicazioni_nazionali.pdf

MIUR, 2012, Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione.
http://www.indicazioninazionali.it/documenti_Indicazioni_nazionali/indicazioni_nazionali_infanzia_primo_ciclo.pdf

MIUR, Confindustria, Con.Scienze, 2004, *Libro Blu Progetto Lauree Scientifiche*, 17 Giugno 2004.
<http://www.progettolaureescientifiche.eu/wp-content/uploads/2009/02/libro-blu-copia.pdf>

MIUR, Confindustria, Con.Scienze, 2004, *Progetto Lauree Scientifiche*, 17 Giugno 2004.
<http://www.progettolaureescientifiche.eu/wp-content/uploads/2009/02/libro-blu-copia.pdf>

MIUR, Decreto Ministeriale 23 ottobre 2003 n. 198 *Fondo per il sostegno dei giovani e per favorire la mobilità degli studenti*. <http://attiministeriali.miur.it/anno-2003/ottobre/dm-23102003-n-198.aspx>.

MIUR, *Piano Nazionale Scuola Digitale*.
http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf

MIUR, *Piano per la formazione dei docenti 2016-2019*.
http://www.istruzione.it/allegati/2016/Piano_Formazione_3ott.pdf

MIUR, *Programma Nazionale per la Ricerca 2015-2020*.
http://www.istruzione.it/allegati/2016/PNR_2015-2020.pdf

NASA, *About NASA’s Education Programme*,
<http://www.nasa.gov/offices/education/about/index.html>

National Aeronautics and Space Act of 1958, Public Law 85–568, 29 luglio 1958. U.S. Government Printing Office 30 November 2014 <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-72/pdf/STATUTE-72-Pg426-2.pdf>.

National Defense Education Act (NDEA), Public Law 85-864, September 2 1958, United States Statutes at Large, vol. 72, pp. 1580-1605.
http://www.wedu.oulu.fi/tohtorikoulutus/jarjestettava_opetus/Troehler/NDEA_1958.pdf

- Nowotny Helga, Scott Peter, Gibbons Michael, 2001, *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Polity Press, Cambridge.
- OECD, 1992, *Politiche nazionali della Scienza e della Tecnologia – Italia*. Traduzione in italiano curata dal MIUR, 1992.
- OECD, 2003, *The PISA 2003 Assessment framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, OECD Publishing, Paris. <http://www.oecd.org/edu/school/programme-for-international-student-assessment/pisa/33694881.pdf>
- OECD, 2008, *Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies*, 28 novembre 2008.
- OECD, 2014, *Multilingual Summaries PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do* (Volume I, Revised edition, February 2014). *Student Performance in Mathematics, Reading and Science*. Summary in Italian. PISA, OECD Publishing, Paris. http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/pisa-2012-results-what-students-know-and-can-do-volume-i-revised-edition-february-2014/summary/italian_d05d81d3-it#.WcTj2l4UnIU.
- OECD, 2014, *PISA 2012 Technical Report*, OECD Publishing, Paris. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA-2012-technical-report-final.pdf>.
- OECD, 2014, *The Space Economy at a Glance 2014*, Summary in Italiano, OECD Publishing, Paris, 23 October 2014 . http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/the-space-economy-at-a-glance-2014/summary/italian_2724f6dd-it#.WXC-ff4UnIU#page1.
- OECD, 2016, *Low Performing Students: Why They Fall Behind and How to Help Them Succeed*, PISA, OECD Publishing, Paris.
- Osborne Jonathan, Collins Sue, Ratcliffe Mary, Millar Robin, Duschl Rick, 2003, *What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community*, in “Journal of Research in Science Teaching”, vol. 40, Issue 7, pp. 692–720, September 2003.
- Pitrelli Nico, 2003, *La crisi del “Public Understanding of Science” in Gran Bretagna*, in “JCOM” 2 (1), Marzo 2003.
- Platinum Ricerca & Innovazione, 2017, *C’è Spazio per tutti*, in “Platinum Ricerca & Innovazione”, Quadrimestrale anno 10 n. 28, luglio 2017.
- Polanyi Michael, 1967, *The Tacit Dimension*, Anchor Books, New York.
- Quaranta Giancarlo, 2007, *Conoscenza, responsabilità e cultura: riflessioni sulla comunicazione scientifica*, in “Journal of Science Communication”, JCOM 6 (4), December 2007, 21/12/2007, SISSA – International School for Advanced Studies https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/Jcom0604%282007%29C05_it.pdf

- Quinn Helen R., Schweingruber Heidi A., Feder Michael. A., 2008, *NASA's Elementary and Secondary Education Program: Review and Critique*, Committee for the Review and Evaluation of NASA's Precollege Education Program, National Research Council, The National Academies Press, Washington D.C. https://www.nasa.gov/pdf/550499main_Elem-Sec-EdProg-Review-Critique.pdf.
- Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente (2006/962/CE). Allegato Competenze chiave per l'apprendimento permanente — un quadro di riferimento europeo. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 30.12.2006. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=IT>
- Rapporto Wolfendale, 1995, *Report of the Committee to Review the Contribution of Scientists and Engineers to the Public Understanding of Science, Engineering and Technology* (Wolfendale Report), October 1995.
- Rome Declaration on Responsible Research and Innovation in Europe, Roma, 21 novembre 2014. https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/rome_declaration_RRI_final_21_November.pdf.
- Savickas Mark L, Nota Laura, Rossier Jerome, Dauwalder Jean-Pierre, Duarte Maria Eduarda, Guichard Jean, Soresi Salvatore, Raoul Van Esbroeckf, van Vianeng Annelies E.M, 2009, *Life designing: A paradigm for career construction in the 21st century*, in "Journal of Vocational Behavior", vol. 75, Issue 3, December 2009, pp. 239-250.
- Science 2002, *From PUS to PEST*, in "Science", n. 298.
- Sirilli Giorgio, Villa Anna, 2008, *Una valutazione delle politiche della ricerca e dell'innovazione in Italia*, ISSiRFA-CNR.
- SIS – RRI Conference. Science, Innovation and Society: achieving Responsible Research and Innovation, Press Review, 19-21 novembre 2014.
- The Royal Society, 1982, *Science education 11-18 in England and Wales: the report of a study group*, Royal Society, London.
- The Royal Society, 1985, *The Public Understanding of Science* (Bodmer Report), The Royal Society, London.
- Thomas Geoffrey, Durant John, 1987, *Why Should We Promote the Public Understanding of Science*, in "Scientific Literacy Papers", pp. 1-14. https://ocw.mit.edu/courses/science-technology-and-society/sts-014-principles-and-practice-of-science-communication-spring-2006/readings/durant_promote.pdf
- Treccani, 1996, Dizionario delle Scienze Fisiche. http://www.treccani.it/enciclopedia/scienza_%28Dizionario-delle-Scienze-Fisiche%29/.

- Treccani, 1996, *Dizionario delle Scienze Fisiche*.
http://www.treccani.it/enciclopedia/scienza_%28Dizionario-delle-Scienze-Fisiche%29/
- Trisciuzzi Leonardo, 2001, *Dizionario di didattica*, Edizioni ETS, Pisa.
- Turner Steven, 2008, *School science and its controversies; or, whatever happened to scientific literacy?*, in “Public Understanding of Science”, January 2008, vol. 17, no. 1, pp. 55-72.
- Unione europea, 1992, *Trattato sull’Unione europea*, del 7 febbraio 1992, GU C 191, 29.7.1992.
https://www.ecb.europa.eu/ecb/legal/pdf/maastricht_it.pdf.
- Valente Adriana, 2014, *Science Education What Science to study and why*, in Conference science, Innovation and Society: achieving Responsible Research and Innovation, CNR, Roma, 19-21 novembre 2014, pp.41-46.
- Valente Adriana, 2014, *Science Education What Science to study and why*, in Conference science, Innovation and Society: achieving Responsible Research and Innovation, CNR, Roma, 19-21 novembre 2014, pp.41-46.
- Verret Michel, 1975, *Le temps des études*, Librairie Honoré Champion, Paris.
- Versione consolidata del trattato sull’Unione europea e del trattato sul funzionamento dell’Unione europea, Gazzetta ufficiale n. C 326 del 26/10/2012, pp. 0001 – 0390.
- Vittorio Nicola, Predazzi Enrico, 2007, *Scuola, Università e mondo del lavoro: la filiera del progetto «lauree scientifiche»*, in Il Progetto «Lauree scientifiche», *Annali della Pubblica Istruzione* 2-3, 2007, Le Monnier. http://www.progettolaureescientifiche.eu/wp-content/uploads/2008/11/01_scuola-universita-e-mondo-del-lavoro.pdf.
- Ziman John, 1987, *Il lavoro dello scienziato*, Laterza, Bari-Roma.
- Ziman John, 2002, *La vera scienza. Natura e modelli operativi della prassi scientifica*, Edizioni Dedalo, Bari.