



Scuola Internazionale Superiore Di Studi Avanzati
Master in Comunicazione della Scienza “Franco Prattico”
Anno Accademico 2017/2018

La citizen science nella didattica delle scienze a scuola

Candidata: Alessia Lodola

Relatrice: Martha Fabbri

Sommario

Introduzione	5
1. Citizen science: una breve introduzione	7
Che cos'è la citizen science?	7
L'evoluzione della citizen science	9
Identikit di un citizen scientist	13
Attività di citizen science oggi: alcuni esempi	14
2. La didattica per competenze	19
Le competenze nello scenario europeo	19
Conoscenze, abilità e competenze	20
Le competenze chiave	21
Il percorso di apprendimento per competenze nella scuola italiana	23
Un nuovo modo di insegnare	27
Gli strumenti di valutazione delle competenze	29
La didattica per competenze nei libri di testo	32
3. Una griglia di valutazione dei progetti di citizen science a scuola	35
Il ruolo della citizen science in ambito educativo	36
Il metodo di ricerca	38
La griglia di osservazione	38
4. L'analisi dei progetti di citizen science	41
L'osservazione dei progetti attraverso la griglia	41
Il progetto RadioLab	41
Il progetto City Soundscape	44
Il contest Trova l'alieno	47
Il progetto SKYSEF	48
5. Proposte di attività di citizen science sui libri scolastici	51
Il metodo di ricerca	51
<i>Focus Natura Green</i> : educazione al rispetto dell'ambiente	52
<i>Protagonisti delle scienze</i> per sviluppare le competenze	53
Il progetto Evolution MegaLab	54
Il progetto Evolution MegaLab in un testo scolastico	56
Citizen science sui libri scolastici: vantaggi e difficoltà	57
Conclusioni	59
Appendice A. La griglia di valutazione per la prova di fisica	61
Appendice B. Tabella riassuntiva per le attività analizzate	68

Introduzione

L'erudizione non educa la mente.

(Eraclito)

“Perché dobbiamo studiare queste cose?”. È una domanda che suona familiare e frustrante per molti insegnanti. Chi la pone, infatti, è un ragazzo che, non capendo a cosa potrà servirgli nella vita conoscere il legame covalente o la fotosintesi clorofilliana, non trova motivazione sufficiente per impegnarsi nello studio di questi argomenti. E, come è ben noto, la motivazione è essenziale per un buon percorso di studi.

Uno dei compiti degli insegnanti è quindi far riconoscere ai ragazzi che gli argomenti affrontati nelle lezioni hanno stretti collegamenti con il mondo reale e che non è poi così improbabile che, prima o poi, possano rivelarsi utili durante la vita quotidiana. Gli studenti che cominciano a intuire il legame tra scienza e società sui banchi di scuola avranno maggiori probabilità di diventare cittadini consapevoli di questa relazione in futuro.

Un modo per raggiungere questo scopo, almeno per quanto riguarda le discipline scientifiche, è quello di far partecipare gli studenti a una vera attività di ricerca: è possibile farlo, come sarà discusso in questa tesi, coinvolgendo la classe in un progetto di *citizen science*. Con questa espressione si indicano, infatti, tutte quelle attività, diverse per tipologia e ambito di riferimento, che prevedono la partecipazione nelle attività sperimentali di volontari che non siano scienziati di professione; negli ultimi vent'anni simili attività sono aumentate notevolmente in numero e ampiezza della popolazione coinvolta.

Lo scopo di questa tesi è indagare in che modo queste attività si integrino nella didattica delle scienze delle scuole secondarie, attraverso un'analisi suddivisa in due fasi: nella prima fase è stata messa a punto una griglia di osservazione dei progetti di citizen science, usata come strumento per catalogare alcuni progetti scelti come campione tra quelli a cui abbiano partecipato studenti italiani; nella seconda fase è stata valutata la presenza di proposte di attività di citizen science sui libri di testo per le scuole secondarie.

Il primo capitolo di questo lavoro è dedicato a un excursus generale sulla citizen science, per individuarne le principali caratteristiche e fornire alcuni cenni storici sulla sua origine. Nel secondo capitolo viene inquadrato l'attuale sistema scolastico, facendo particolare riferimento alla didattica per competenze, un metodo di insegnamento innovativo e caratterizzato da uno stretto legame con il mondo reale. Il terzo capitolo spiega il metodo di ricerca usato per analizzare le attività di citizen science. Infine, gli ultimi due capitoli sono dedicati alle due fasi dell'analisi vera e propria e alla presentazione dei risultati.

1. Citizen science: una breve introduzione

Nell'immaginario collettivo, la comunità scientifica è spesso vista come impenetrabile, una «torre d'avorio» nella quale sono ammessi solo ricercatori e professori universitari. La realtà non coincide esattamente con questa visione stereotipata: sempre più spesso gli scienziati si avvalgono dell'aiuto di cittadini volontari durante il loro lavoro, portando il pubblico, ovvero chi non è uno scienziato di professione, nel cuore della ricerca scientifica. Questo interessante fenomeno che vede volontari non specializzati calarsi nei panni di ricercatori, prende il nome di *citizen science*, in italiano "scienza dei cittadini" o "scienza fatta dai cittadini".

Che cos'è la citizen science?

L'espressione *citizen science* viene usata per indicare quelle attività che coinvolgono il pubblico nella ricerca e nelle quali i cittadini possono portare un contributo significativo a un esperimento o un progetto. Durante queste attività si crea una collaborazione tra istituzioni – enti di ricerca, musei o università – e persone – studenti, docenti o semplici privati – che non necessariamente possiedono una formazione scientifica. Questo porta dei vantaggi per entrambe le parti: da un lato gli scienziati possono contare sulla collaborazione di volontari, magari sparsi su un ampio territorio, per sviluppare monitoraggi su larga scala e ottenere una grande quantità di dati, difficilmente ottenibile con metodi tradizionali; dall'altro, i cittadini si sentono protagonisti di un progetto rilevante, diventano più consapevoli della ricerca scientifica, della sua importanza così come dei suoi limiti, e si avvicinano con un atteggiamento più aperto a tematiche di interesse sociale, come i cambiamenti climatici, la perdita di biodiversità o l'inquinamento (1). In questo modo si cerca quindi di ridurre la distanza percepita dai cittadini nei confronti del mondo della ricerca e di rendere la scienza un patrimonio di tutti.

Non è semplice dare una definizione precisa del termine citizen science: alcuni indicano con questa espressione esclusivamente il coinvolgimento del pubblico nei processi di raccolta e analisi dei dati (2); altri, in senso più ampio, la usano per descrivere una scienza più democratica, dove i cittadini possono partecipare a una qualsiasi fase della produzione del sapere scientifico, includendo così anche attività quali il porre domande alla comunità scientifica, formulare ipotesi o collaborare all'interpretazione dei risultati (3).

Sotto la denominazione di citizen science ricade perciò una vasta serie di attività, che spaziano su tutto il panorama delle discipline scientifiche, dalla fisica alla biologia alle scienze ambientali, e che prevedono modalità e livello di partecipazione dei volontari molto differenti.

Una possibile classificazione di queste attività in base al livello di coinvolgimento dei volontari è quella proposta da Muki Haklay, professore di Geographic Information Science allo University College di Londra. Haklay suddivide le attività nelle seguenti categorie (4).

1. *Passive sensing* (rilevazioni passive): i partecipanti mettono a disposizione una risorsa di loro proprietà (per esempio il proprio telefono cellulare o uno spazio all'interno del cortile) per effettuare delle rilevazioni in automatico mediante sensori appositi. Le informazioni ottenute vengono quindi inviate agli scienziati.
2. *Volunteered Computing* (calcolo offerto in modo volontario): i partecipanti mettono a disposizione degli scienziati le risorse inutilizzate (per esempio quando i dispositivi sono in stand by) dei loro computer, smartphone o tablet, in modo da sfruttare maggiore potenza di calcolo per eseguire calcoli complessi.
3. *Volunteered Thinking* (pensiero offerto in modo volontario): i partecipanti devono usare le proprie abilità cognitive, per esempio per riconoscere delle forme in alcune immagini o analizzare informazioni. Solitamente i compiti da svolgere sono standardizzati, in modo che i risultati provenienti da diversi partecipanti possano essere facilmente confrontati.
4. *Environmental and Ecological Observation* (osservazioni ambientali ed ecologiche): attività focalizzate sul monitoraggio dell'inquinamento o di flora e fauna.
5. *Participatory Sensing* (rilevazioni partecipative): tipologia simile alla precedente, dove però i partecipanti hanno un ruolo più attivo nel decidere quali dati raccogliere o analizzare, e un maggiore controllo sui processi.
6. *Civic/Community science* (scienza civica e di comunità): sono gli stessi partecipanti a identificare un problema che li riguarda, a dare inizio e a guidare un progetto con lo scopo di risolverlo usando metodi e strumenti scientifici.

Per fissare le idee, nella definizione di citizen science usata in questa tesi le attività possono differire per modalità e livello di partecipazione dei volontari, ma hanno una fondamentale caratteristica in comune: devono condurre alla produzione di una nuova e genuina conoscenza scientifica da mettere a disposizione della comunità.

Nell'ambito di questa tesi, quindi, attività come i laboratori didattici in cui l'esito dell'esperimento sia già noto, o attività in cui i dati raccolti non vengano comunicati ad altri oltre ai partecipanti, non sono classificabili come citizen science.

L'evoluzione della citizen science

Il primo utilizzo documentato dell'espressione "citizen science" con un significato simile a quello qui proposto risale al 1989, a proposito del cosiddetto *Citizen's Acid Rain Monitoring Network*, un programma di monitoraggio e sensibilizzazione sulle piogge acide organizzato dalla National Audubon Society, un'associazione ecologista statunitense. A partire dal 1987, 280 volontari da tutti gli Stati Uniti raccolsero mensilmente campioni di pioggia, ne misurarono i livelli di acidità e inviarono i risultati alla sede centrale dell'associazione (5). Il protocollo era stato messo a punto dall'associazione con esperti della Princeton University, e doveva essere «abbastanza sofisticato da produrre dati scientifici significativi una volta fatte le medie su molte letture, ma allo stesso tempo abbastanza semplice da essere eseguito da un non addetto ai lavori, o persino da un bambino sotto la supervisione di un adulto» (6).

Anche se il termine è relativamente recente, la citizen science affonda le sue radici nella tradizione scientifica del passato; per la maggior parte della storia, infatti, fare una distinzione semantica tra "scienza" e "scienza dei cittadini" sarebbe stato fuorviante (5).

Fin verso la fine dell'Ottocento, quando essere uno scienziato diventò una vera e propria professione, quasi tutta la ricerca era fatta da semplici cittadini, ovvero da amatori che non vi si dedicavano per ricavarne guadagno, ma semplicemente per via di un loro particolare interesse per un certo argomento (7). Questo non voleva dire che non fossero esperti nel campo di cui si occupavano, anzi molto spesso le ricerche da loro condotte erano di livello paragonabile o addirittura superiore a quelle fatte dagli scienziati professionisti dell'epoca, come è accaduto, per esempio, nel campo della genetica con il ceco Gregor Mendel (1822-1884), un monaco agostiniano; o in quello della paleontologia con Mary Anning (1799-1847), esclusa dai circoli scientifici della sua epoca per questioni di genere, classe sociale, religione (8). Fare parte di un'istituzione accademica non era un requisito necessario per poter dare il proprio significativo contributo alla ricerca scientifica e la distinzione tra professionisti e amatori era molto meno marcata di quanto non sia al giorno d'oggi.

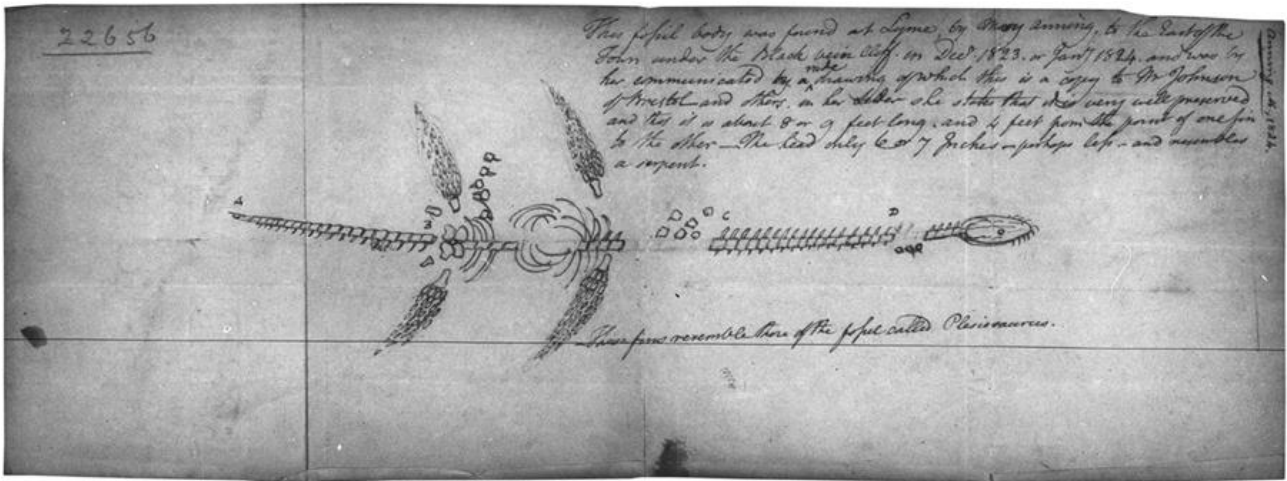


FIGURA 1 SCHIZZO DELLO SCHELETRO DI UN PLESIOSAURO, DI MARY ANNING (1824)

Anche il concetto di citizen science come collaborazione tra esperti e non esperti per produrre conoscenza scientifica non è nuovo. Già nel Settecento alcuni studiosi avevano iniziato ad avvalersi di una rete di volontari per ottenere un aiuto nella raccolta dei dati. Questo fenomeno ha avuto

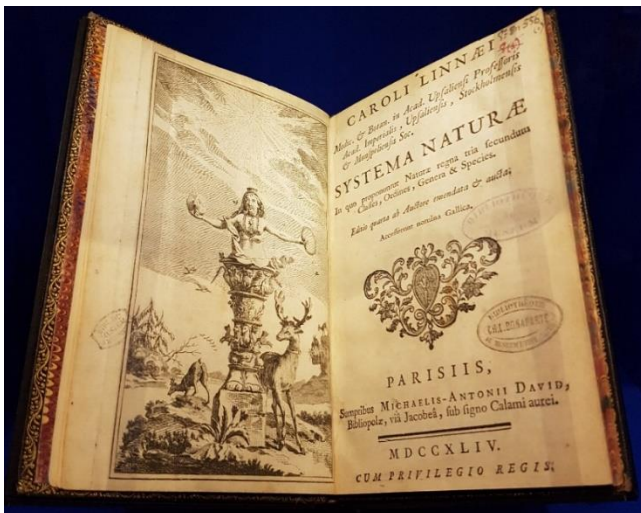


FIGURA 2 UNA PAGINA DEL SYSTEMA NATURÆ DI LINNÆUS (1735)

particolare importanza nel campo delle scienze naturali: figure di rilievo, come il naturalista svedese Carl Nilsson Linnaeus (1707-1778), che nel suo trattato *Systema Naturae* ha posto le basi per la moderna classificazione dei viventi, hanno potuto compiere i loro studi e costruire imponenti collezioni di animali e piante grazie agli esemplari provenienti da tutto il mondo inviati dalla loro rete di volontari non esperti.

Inoltre, nel campo degli studi sul clima e della meteorologia, i dati registrati dai volontari hanno sempre avuto un ruolo fondamentale. Disporre di una grande quantità di informazioni in questi settori era di vitale importanza per molte attività economiche, prima fra tutte l'agricoltura. Per questo motivo, fin dall'Ottocento, i diversi servizi meteorologici nazionali, sia in Europa sia negli Stati Uniti, hanno creato una vasta rete di collaboratori, sparsi su tutto il territorio, per raccogliere dati riguardo la quantità di precipitazioni, la temperatura o l'umidità (7) (9).

Tuttavia, a partire da circa 150 anni fa il modo di fare ricerca e la figura stessa dello scienziato iniziarono a subire un cambiamento radicale. Si sviluppò lentamente una separazione netta tra scienziati professionisti e non; chi si occupava di scienza ad alto livello lo faceva quasi

esclusivamente per lavoro e la parola “scienziato” diventò sinonimo di “accademico”, con il contributo dei volontari, estranei alle istituzioni ufficiali, ridotto a un’importanza sempre più marginale. Soprattutto dopo la Seconda Guerra Mondiale, con l’avvento della Big Science, cioè la nascita di progetti di ricerca condotti su larga scala con un elevato numero di personale e la necessità di ingenti finanziamenti (come lo Human Genome Project nel campo delle scienze della vita, o l’acceleratore di particelle LHC in quello della fisica delle interazioni fondamentali), è diventato sempre più difficile per i non professionisti partecipare in modo significativo alle attività di ricerca scientifica (5). Gli scienziati amatoriali, tuttavia, non sono scomparsi del tutto e, almeno in alcuni ambiti specifici, sono rimasti molto attivi:

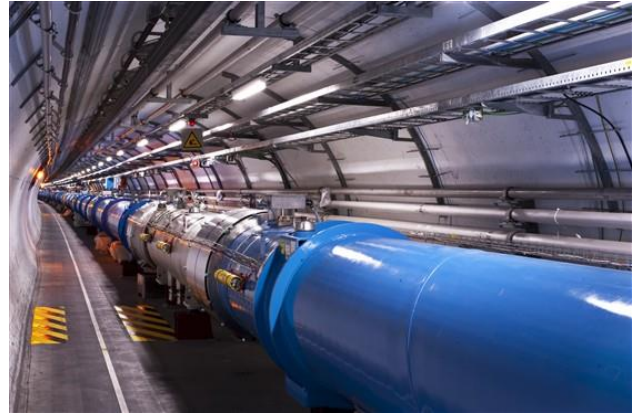


FIGURA 3 UNA SEZIONE DEL TUNNEL CHE OSPITA L'ACCELERATORE DI PARTICELLE LHC A GINEVRA.

per esempio gli appassionati di bird watching o gli astrofili.

Verso la fine del XX secolo il rapporto tra gli scienziati e il pubblico ha iniziato di nuovo a cambiare. Il livello di istruzione medio della popolazione è notevolmente aumentato; inoltre il diffondersi della rete internet ha reso accessibile a gran parte della popolazione dei Paesi con economie avanzate una quantità enorme di informazioni, impensabile fino a pochi anni prima. La stessa rete, insieme ai dispositivi di comunicazione mobile, permette poi di raccogliere e condividere informazioni in tempo reale e in qualunque momento. Tutti questi fattori hanno aumentato considerevolmente la capacità del pubblico di contribuire ai progetti scientifici, in un modo sia quantitativamente sia qualitativamente diverso rispetto al passato (4).

Un altro fattore abilitante delle iniziative di citizen science si ha in quei casi in cui i finanziamenti pubblici non riescono a sostenere le necessità della ricerca. Considerando per esempio l’ambito del monitoraggio ambientale, già alla fine degli anni Ottanta del secolo scorso la comunità degli esperti riconosceva un ruolo cruciale al contributo del pubblico: visto lo scarso interesse da parte dei governi a finanziare progetti di monitoraggio su larga scala e a lungo termine, critici per comprendere le risposte degli ecosistemi a perturbazioni croniche e di basso livello, erano benvenuti i dati raccolti dai cittadini appassionati di ecologia (10). Vent’anni dopo la situazione non era cambiata: «Il bisogno di comprendere a fondo l’integrità degli ecosistemi, comprese le loro funzioni e struttura, è spesso ostacolato dalla capacità di raccolta dati e dal livello dei monitoraggi – mancanti, inadeguati o incompleti – da parte di scienziati professionisti o agenzie governative. Per

colmare la lacuna, organizzazioni non professionistiche e di cittadini sono emerse in tutto il mondo per registrare gli andamenti e lavorare verso un'efficace e significativa gestione» (11).

È in questo scenario che, negli ultimi venti anni, sono nate e sono cresciute in numero e dimensioni le attività di citizen science.

A titolo di esempio, per quanto riguarda l'aumento della numerosità, sono riportati i risultati della review pubblicata nel 2015 da un gruppo di ricercatori della Trent University, in Canada. La review si concentra sull'ambito particolare del Community Based Monitoring (monitoraggio da parte di una comunità), definito come «un processo in cui cittadini interessati, agenzie governative, industrie, accademia, comunità civiche e istituzioni locali collaborano per monitorare, registrare e rispondere a questioni di comune interesse» (12). Tra il 1981 e il 2014, la review individua 244 paper accademici e 177 paper nella cosiddetta "letteratura grigia": queste ultime sono pubblicazioni al di fuori degli ambiti commerciali o accademici, tuttavia risultano importanti in una rassegna di citizen science, data la sua natura. Come si può notare nel grafico sottostante, il trend è estremamente pronunciato nella categoria accademica (13).

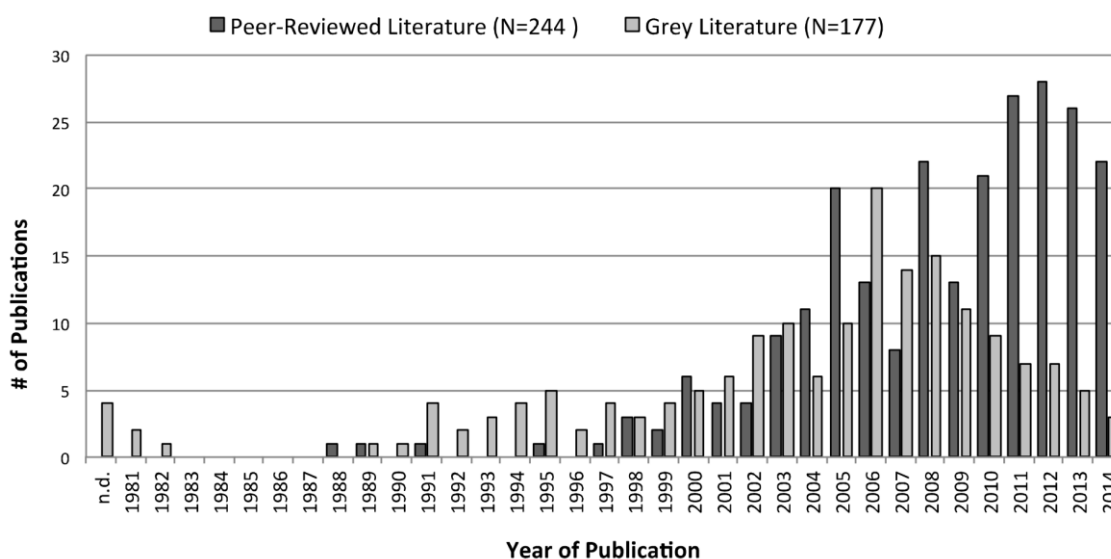


FIGURA 4 ANDAMENTO DEL NUMERO DI PUBBLICAZIONI SUL COMMUNITY BASED MONITORING, FINO AL 2014

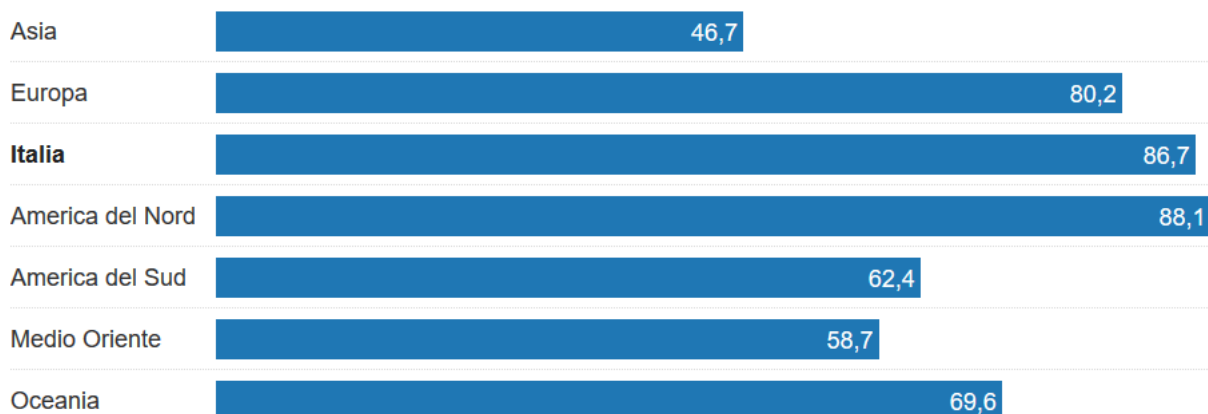
Per quanto riguarda la diffusione geografica delle iniziative di Community Based Monitoring, una review precedente indicava che sono USA, Australia, Canada, India e Federazione Russa a contribuire maggiormente (11).

Identikit di un citizen scientist

Se si provasse a tracciare un ritratto del partecipante medio alle attività di citizen science, il risultato sarebbe il seguente: una persona con un'educazione medio-alta, con un lavoro che consente una certa tranquillità economica e lascia abbastanza tempo libero, dotato di accesso a internet e possessore di uno smartphone (4). Analizzando più a fondo, si scopre inoltre che sono soprattutto gli uomini a dedicarsi alle attività di citizen science, probabilmente a causa del gap tra i generi ancora presente per quanto riguarda l'educazione scientifica.

Per quanto riguarda la provenienza geografica, si può notare che la maggior parte delle persone che prendono parte ai progetti di citizen science vivono in Paesi con economie avanzate, in particolar modo negli Stati Uniti e in alcune nazioni europee. In altre aree, infatti, la scarsa copertura internet rappresenta ancora un ostacolo per la comunicazione e la condivisione delle informazioni. I dati sulla percentuale di popolazione con accesso a internet nelle varie aree geografiche sono mostrati nel grafico seguente (14).

Percentuale di popolazione con accesso a internet



Anche il linguaggio può rappresentare un ostacolo per la partecipazione alle attività di citizen science: i materiali e i software necessari sono solitamente sviluppati da scienziati e per comprenderli è necessaria una certa conoscenza della materia in oggetto e del suo gergo specifico, con il risultato che una fetta della popolazione resta necessariamente esclusa.

Infine, anche la lingua in sé fa spesso da barriera; quasi tutti i materiali e gli strumenti di supporto alle attività di citizen science sono in inglese: conoscere abbastanza bene questa lingua è spesso un requisito essenziale per poter partecipare ai progetti.

In conclusione, nonostante si proponga come un metodo per democratizzare la scienza e includere nuovi gruppi sociali, la citizen science continua a essere un fenomeno elitario. Sono tuttavia in corso



FIGURA 5 DUE CACCIATORI-RACCOGLITORI DEL CONGO UTILIZZANO L'APP PROGETTATA PER LORO

alcuni tentativi per cercare di superare questo limite: in alcuni progetti una certa percentuale dei partecipanti viene scelta tra le comunità più svantaggiate. Per esempio, un progetto con lo scopo di monitorare e mappare lo stato delle foreste nel bacino del fiume Congo ha cercato di coinvolgere i cacciatori-raccoltori analfabeti della regione sviluppando un'app basata su disegni piuttosto che su parole scritte (4) (15).

Anche portare le attività di citizen science all'interno delle aule scolastiche può essere un modo per coinvolgere più persone: attraverso la scuola è possibile infatti raggiungere un gran numero di bambini e ragazzi, indipendentemente dal genere, dalla provenienza sociale e dalle condizioni socio-economiche.

Attività di citizen science oggi: alcuni esempi

Per concludere questo breve excursus sulla citizen science, in questo paragrafo verranno descritti, a titolo di esempio, alcuni progetti. Non si intende fornire un'analisi rappresentativa di tutti i progetti esistenti o passati – troppi per poter essere analizzati – bensì aiutare a comprendere meglio che cosa si intende quando si parla di attività di citizen science mostrando un caso per ognuna delle categorie proposte da Haklay.

Passive Sensing: Flightradar24

È un sito web, attivo dal 2007, che offre un servizio di tracciamento dei voli in tempo reale e che funziona grazie ai dati inviati da volontari, sparsi in tutto il mondo, che hanno installato sul tetto della propria abitazione un ricevitore ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast). Ogni dispositivo raccoglie le informazioni sulle posizioni degli aeromobili dall'impianto GPS di bordo, le integra con la quota e con il numero identificativo del volo e le ritrasmette a intervalli regolari. Le informazioni di tutti i ricevitori, insieme agli orari di volo



FIGURA 6 IL RICEVITORE ADS-B IN DOTAZIONE AI VOLONTARI DEL PROGETTO FLIGHTRADAR24.

programmati, permettono di avere sul sito di Flightradar24 una mappa che mostra il traffico aereo in tempo reale (16).

Oltre alla mappa che mostra la posizione degli aerei in tempo reale, sul sito web di Flightradar24 è possibile trovare un modulo da riempire per ricevere a casa un dispositivo ADS-B o le istruzioni per costruirne uno autonomamente. Si possono inoltre leggere le regole da seguire per contribuire efficacemente al progetto.

Volunteered computing: SETI@home

Si tratta di un esperimento scientifico di calcolo distribuito, organizzato dallo Space Science Laboratory dell'Università di Berkeley in California, in corso dal 1999. In passato è stato recensito dal Guinness dei primati come il più grande calcolo della storia. Il progetto utilizza computer connessi a internet per cercare intelligenze aliene (da cui il nome, Search for Extraterrestrial Intelligence). I privati possono partecipare scaricando un'applicazione che, una volta installata sulla propria macchina, può analizzare i dati dai radiotelescopi: l'ampliamento della potenza di calcolo consente l'analisi di un range di frequenze più ampio con maggiore sensibilità (17).

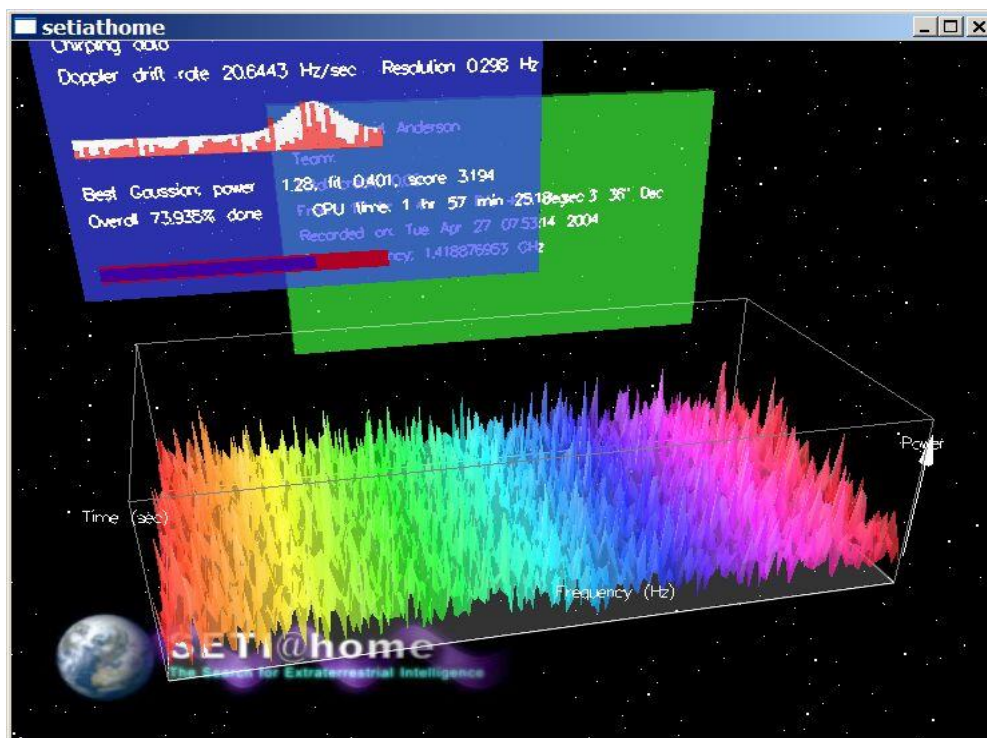


FIGURA 7 UN ESEMPIO DELLA FINESTRA DEDICATA A SETI@HOME SUL PC DEI PARTECIPANTI

Volunteered Thinking: Stardust@home

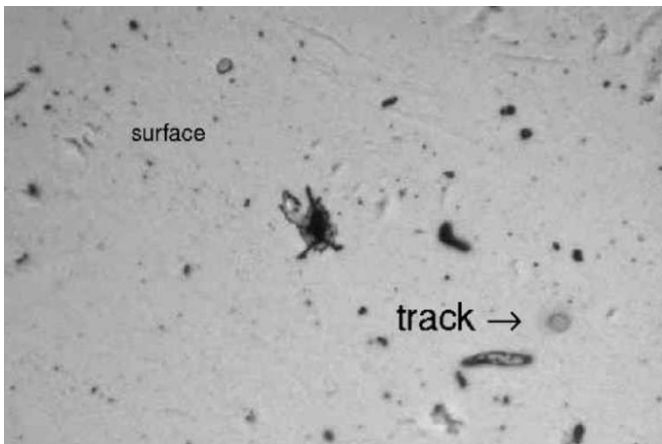


FIGURA 8 UN ESEMPIO DELLE SCANSIONI ANALIZZATE DAI PARTECIPANTI AL PROGETTO STARDUST

Si tratta di un'attività di citizen science organizzata dall'Università di Berkeley in California, iniziata nel 2006 e ancora in corso. In questo progetto i volontari devono cercare tracce di particelle di polvere interstellare di dimensioni di circa un micrometro all'interno di un cubo di aerogel¹ proveniente dalla sonda spaziale *Stardust*. La ricerca viene condotta osservando sullo schermo del proprio computer le immagini di piccole porzioni del

materiale attraverso un microscopio virtuale; i volontari possono controllare con il mouse la messa a fuoco del microscopio, in modo da analizzare la porzione di aerogel in tutto il suo spessore.

Per partecipare al progetto, i volontari devono accedere al sito web di Stardust@home, leggere le istruzioni per l'analisi delle scansioni delle porzioni di aerogel e superare un test per dimostrare di essere in grado di distinguere le particelle di polvere interstellare da altri residui non interessanti. I volontari che scopriranno una nuova particella potranno decidere come chiamarla e il loro nome apparirà insieme a quello dei ricercatori nell'articolo scientifico che annuncerà la scoperta della particella (18).

Environmental and Ecological Observation: CSMON-LIFE

È il primo progetto italiano sulla biodiversità, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE+². Il suo scopo è quello di coinvolgere i cittadini nello studio, nella gestione e nella conservazione della biodiversità. Nei suoi anni di attività ha lanciato numerose campagne su temi specifici, come i cambiamenti climatici o lo studio e la tutela delle specie rare. Il funzionamento di tutte le attività di CSMON-LIFE è basato su un'app per smartphone e tablet scaricabile gratuitamente, attraverso la quale i volontari possono inviare segnalazioni sugli esemplari di animali

¹ Una miscela di una sostanza allo stato solido e una allo stato gassoso, con aspetto simile a quello di una schiuma solida.

² Un progetto attraverso il quale l'Unione Europea eroga finanziamenti per iniziative di salvaguardia dell'ambiente e della natura, attivo fin dal 1992.

e piante avvistati e rappresenta quindi un esempio di come le moderne tecnologie agevolino la condivisione in tempo reale di dati.

L'utilizzo dell'app viene spiegato attraverso un videotutorial caricato su youtube (19); la segnalazione può essere arricchita con foto dell'esemplare avvistato e localizzata geograficamente in modo preciso utilizzando il sistema GPS dello smartphone o del tablet.

Le segnalazioni ricevute tramite l'app vengono controllate da esperti di settore prima di essere rese accessibili sul portale del progetto e archiviate nel database del Network Nazionale sulla Biodiversità (NNB), un sistema di banche dati nazionale promosso dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (20).



FIGURA 9 LA SCHERMATA DELL'APP DI CSMON-LIFE CHE CONSENTE DI INVIARE LE SEGNALAZIONI DEGLI ANIMALI AVVISTATI

Participatory sensing: Monitoraggio della fioritura delle alghe in Finlandia

Il progetto è stato organizzato dal VTT Technical Research Centre of Finland e il Finnish Environment Institute per monitorare la fioritura delle alghe nelle coste e nei laghi della zona del Mar Baltico: il fenomeno è complesso da osservare perché varia molto, nello spazio e nel tempo, persino nell'arco di brevi periodi.



FIGURA 10 FIORITURA DI ALGHE (*ELODEA CANADENSIS*) SULLA SUPERFICIE DI UN LAGO

Tra il 2011 e il 2013, grazie all'applicazione mobile Levävahti ("osservazione delle alghe") e al sito web collaborativo Järviwiki ("wiki del lago"), i cittadini hanno avuto la possibilità di registrare osservazioni visuali delle alghe in superficie. La correlazione tra le osservazioni dei cittadini e quelle condotte da esperti ha mostrato che il contributo dei cittadini può essere significativo (21).

Community science: Moors for the future

La comunità locale delle Moorland, tra Manchester e Sheffield, nel Regno Unito, si è organizzata in una partnership che, tra gli altri obiettivi, ha quello di sviluppare una expertise per proteggere e gestire la sostenibilità del luogo. Si interessa anche agli effetti dei cambiamenti climatici sul paesaggio attraverso un'iniziativa di Community science – finanziata da una lotteria – per la raccolta di dati su alcune specie di interesse, che poi vengono inviate a un database nazionale (22) (23).



FIGURA 11 LA ZONA DI BLACKHILL, NELLE MOORLAND, PRIMA E DOPO L'INTERVENTO DI TUTELA DEL TERRITORIO

2. La didattica per competenze

Prima di iniziare a parlare di attività di citizen science a scuola, è necessario inquadrare l'attuale sistema scolastico, facendo particolare riferimento a un genere di attività didattiche che cerca di andare oltre il sistema di apprendimento tradizionale – fatto di spiegazione, esercitazione, studio individuale e ripetizione dei contenuti – e di portare gli studenti verso un sapere più consapevole e riflessivo. Questa tipologia di insegnamenti, che in Italia ha iniziato a essere citata nelle linee guida ministeriali nella seconda metà degli anni 2000, prende il nome di *didattica per competenze*.

In ambito didattico con la parola “competenza” si intende un'integrazione di nozioni (il sapere), abilità (saperle mettere in pratica), capacità metacognitive e metodologiche (sapere come trovare, organizzare e comunicare informazioni), capacità personali e sociali (collaborare e relazionarsi con altre persone per raggiungere uno scopo comune, assumere iniziative e responsabilità, affrontare e gestire situazioni nuove o problematiche) (24). Si tratta quindi di un insieme di capacità complesse, che richiede la mobilitazione di conoscenze e risorse personali in modo coerente e organizzato.

Nel seguito del capitolo, tenendo conto dell'obiettivo di questa tesi, verrà fatto riferimento esclusivamente alla didattica per competenze applicata alle materie scientifiche.

Le competenze nello scenario europeo

Il concetto di didattica per competenze inizia ad apparire in alcuni documenti ufficiali dell'Unione Europea, come il cosiddetto *Libro bianco dell'Istruzione* (25), nella seconda metà degli anni Novanta del secolo scorso. In tali documenti si cercava di dare una definizione delle competenze che gli studenti avrebbero dovuto acquisire durante il percorso scolastico e di mettere in atto un processo a livello europeo per unificare e condividere queste definizioni (26). Lo scopo ultimo era quello di uniformare i vari sistemi scolastici dei diversi Paesi dell'Unione, e adeguarli alle rapide trasformazioni in corso nella società e nel mercato del lavoro.

Tale processo viene portato a compimento circa dieci anni dopo, con il *Quadro europeo delle qualifiche per l'apprendimento permanente* (European Qualification Framework o EQF) del 2008. Si tratta di un sistema che permette di collegare fra loro i sistemi di istruzione di Paesi diversi, in modo da rendere le qualifiche ottenute al termine dei vari cicli scolastici più leggibili e comprensibili a livello internazionale. I principali obiettivi dell'EQF sono infatti promuovere la mobilità transfrontaliera dei cittadini, consentendo loro di descrivere con maggiore facilità il proprio livello

di competenze ai potenziali datori di lavoro di altri Paesi, e incrementare le possibilità di accesso dei cittadini europei a percorsi di apprendimento permanente, ovvero «qualsiasi attività intrapresa dalle persone in modo formale, non formale, informale, nelle varie fasi della vita, al fine di migliorare le conoscenze, le capacità e le competenze, in una prospettiva personale, civica, sociale e occupazionale» (27) (28).

L'EQF collega i quadri di riferimento e i sistemi nazionali delle qualifiche dei vari Paesi europei classificando i diversi gradi di istruzione su otto livelli di apprendimento specifici: il livello 1 corrisponde all'uscita dalla scuola primaria, il livello 8 corrisponde invece al dottorato. I diversi livelli sono descritti in termini di risultati dell'apprendimento; poiché i sistemi di istruzione e formazione dei vari Paesi europei sono molto diversi tra loro, per poterli confrontare in modo efficace e dare vita a una cooperazione fra Paesi e istituzioni diverse è necessario, infatti, porre l'attenzione su quello che un individuo conosce e sa fare al termine di un determinato ciclo di istruzione, piuttosto che sulla durata del ciclo stesso.

Conoscenze, abilità e competenze

Nell'EQF i risultati dell'apprendimento sono classificati in tre categorie, come mostrato nella tabella seguente (24).

Categorie che delineano un risultato di apprendimento nell'ambito dell'EQF	
Conoscenze	Indicano il risultato dell'assimilazione di informazioni attraverso l'apprendimento. Sono l'insieme di fatti, principi, teorie e pratiche relativi a un settore di studio o di lavoro.
Abilità	Indicano le capacità di applicare conoscenze e di usare <i>know-how</i> per portare a termine compiti e risolvere problemi. Sono descritte come <i>cognitive</i> (uso del pensiero logico, intuitivo e creativo) e <i>pratiche</i> (che implicano l'abilità manuale e l'uso di metodi, materiali e strumenti).
Competenze	Indicano la comprovata capacità di usare conoscenze, abilità e capacità personali, sociali e/o metodologiche in situazioni di lavoro o di studio e nello sviluppo professionale e/o personale. Sono descritte in termini di <i>responsabilità</i> e <i>autonomia</i> .

Dalla tabella si nota che sono definite "conoscenze" solo quelle nozioni che vengono assimilate dallo studente, quelle cioè che rimangono in modo permanente nella sua memoria anche dopo la fine del

percorso scolastico e contribuiscono effettivamente al suo arricchimento culturale e allo sviluppo della persona.

Per “abilità” si intende invece la capacità di usare una particolare procedura o un processo per raggiungere un determinato scopo; possono essere di tipo cognitivo, come per esempio la capacità di risolvere un’equazione o di tradurre un testo da una lingua straniera, o di tipo pratico, come la capacità di portare a termine un esperimento scientifico guidato o di suonare uno strumento musicale. Le abilità non sono comunque separate dalle conoscenze: per possedere un’abilità è senza dubbio necessario avere anche una profonda conoscenza in quel determinato settore e possedere un bagaglio di nozioni tecniche.

La “competenza” viene definita come una «comprovata», cioè dimostrata da evidenze, capacità di integrare conoscenze, abilità e capacità personali nei più diversi contesti di vita, di studio o di lavoro. Differisce dall’abilità, anch’essa usata per affrontare situazioni problematiche, perché è una caratteristica della persona, non strettamente legata a un preciso processo o compito. Mentre l’abilità è la profonda conoscenza di una procedura, la competenza è la capacità di affrontare situazioni slegate dalle situazioni note e permette di affrontare anche imprevisti nel processo, generalizzando, trasferendo, creando nessi tra conoscenze e abilità possedute rispetto ad altri contesti; chi è competente sa costruire nuove conoscenze e abilità (24).

Le competenze chiave

Tra le competenze indicate dagli organi dell’Unione Europea hanno un’importanza particolare le otto **competenze chiave per l’apprendimento permanente**, considerate fondamentali per preparare i giovani alla vita adulta e basilari per poter consolidare e accrescere saperi e competenze in un processo di apprendimento permanente.

Tali competenze, indicate dalla *Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio* del 18 dicembre 2006, sono:

1. comunicazione nella madrelingua
2. comunicazione nelle lingue straniere
3. competenza matematica, competenze di base in scienza e tecnologia
4. competenza digitale
5. imparare a imparare
6. competenze sociali e civiche

7. spirito di iniziativa e imprenditorialità
8. consapevolezza ed espressione culturale

Queste competenze chiave sono il punto di arrivo di un vasto confronto scientifico e culturale a livello europeo sulle competenze utili per la vita, al quale l'Italia ha attivamente partecipato.

I Paesi membri si sono impegnati a far ottenere tali competenze a tutti i cittadini di qualsiasi età, indipendentemente dalle caratteristiche proprie di ogni sistema scolastico nazionale. Il processo di sviluppo delle competenze inizia con il primo ciclo di istruzione, 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.

Ciò non implica che i vari Stati europei debbano uniformare i propri sistemi scolastici; al contrario, considerando la diversità di obiettivi specifici, di contenuti e di metodi di insegnamento, così come le specificità storiche e culturali di ogni Paese, si lascia libertà ai diversi Stati di scegliere le modalità con le quali sviluppare e realizzare le otto competenze chiave.

In Italia, le competenze chiave proposte dal Parlamento Europeo sono state rielaborate in otto **competenze chiave di cittadinanza**, da acquisire nel corso degli anni di istruzione obbligatoria (in Italia l'obbligo di istruzione termina al compimento dei 16 anni), Queste competenze chiave devono e possono sottendere l'insegnamento di tutte le discipline scolastiche, come si può capire leggendole mentre si fissano le idee, per esempio, su una materia scientifica come la fisica. (29).

- **Imparare ad imparare:** organizzare il proprio apprendimento, individuando, scegliendo e utilizzando varie fonti e varie modalità di informazione e di formazione (formale, non formale e informale), anche in funzione dei tempi disponibili, delle proprie strategie e del proprio metodo di studio e di lavoro.
- **Progettare:** elaborare e realizzare progetti riguardanti lo sviluppo delle proprie attività di studio e di lavoro, utilizzando le conoscenze apprese per stabilire obiettivi significativi e realistici e le relative priorità, valutando i vincoli e le possibilità esistenti, definendo strategie di azione e verificando i risultati raggiunti.
- **Comunicare:**
 - *comprendere* messaggi di genere diverso (quotidiano, letterario, tecnico, scientifico) e di complessità diversa, trasmessi utilizzando linguaggi diversi (verbale, matematico, scientifico, simbolico ecc.) mediante diversi supporti (cartacei, informatici e multimediali);

- *rappresentare* eventi, fenomeni, principi, concetti, norme, procedure, atteggiamenti, stati d'animo, emozioni ecc. utilizzando linguaggi diversi (verbale, matematico, scientifico, simbolico ecc.) e diverse conoscenze disciplinari, mediante diversi supporti (cartacei, informatici e multimediali).
- **Collaborare e partecipare:** interagire in gruppo, comprendendo i diversi punti di vista, valorizzando le proprie e le altrui capacità, gestendo la conflittualità, contribuendo all'apprendimento comune e alla realizzazione delle attività collettive, nel riconoscimento dei diritti fondamentali degli altri.
- **Agire in modo autonomo e responsabile:** sapersi inserire in modo attivo e consapevole nella vita sociale e far valere al suo interno i propri diritti e bisogni riconoscendo al contempo quelli altrui, le opportunità comuni, i limiti, le regole, le responsabilità.
- **Risolvere problemi:** affrontare situazioni problematiche costruendo e verificando ipotesi, individuando le fonti e le risorse adeguate, raccogliendo e valutando i dati, proponendo soluzioni utilizzando, secondo il tipo di problema, contenuti e metodi delle diverse discipline.
- **Individuare collegamenti e relazioni:** individuare e rappresentare, elaborando argomentazioni coerenti, collegamenti e relazioni tra fenomeni, eventi e concetti diversi, anche appartenenti a diversi ambiti disciplinari, e lontani nello spazio e nel tempo, cogliendone la natura sistemica, individuando analogie e differenze, coerenze e incoerenze, cause ed effetti e la loro natura probabilistica.
- **Acquisire ed interpretare l'informazione:** acquisire e interpretare criticamente l'informazione ricevuta nei diversi ambiti ed attraverso diversi strumenti comunicativi, valutandone l'attendibilità e l'utilità, distinguendo fatti e opinioni.

Il percorso di apprendimento per competenze nella scuola italiana

Le qualifiche ottenute al termine di ogni ciclo di istruzione prevedono che lo studente abbia raggiunto, in combinazioni differenti, un ampio ventaglio di risultati dell'apprendimento diversificati in conoscenze, abilità e competenze. In Italia, tra il 2010 e il 2012, il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca ha pubblicato le *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, le *Indicazioni nazionali per i licei* e le *Linee guida per gli istituti tecnici e professionali*, indicando le competenze che devono essere possedute dagli studenti

al termine dei diversi cicli di istruzione e articolandole nella specificità del percorso formativo della scuola italiana. Tali competenze si riferiscono sia all'insieme delle discipline di insegnamento, sia al pieno esercizio della cittadinanza.

A titolo di esempio, è riportato l'insieme delle competenze che devono essere possedute da uno studente al termine del primo ciclo di istruzione (30).

Profilo delle competenze dello studente al termine del primo ciclo di istruzione

Lo studente al termine del primo ciclo, attraverso gli apprendimenti sviluppati a scuola, lo studio personale, le esperienze educative vissute in famiglia e nella comunità, è in grado di iniziare ad affrontare in autonomia e con responsabilità le situazioni di vita tipiche della propria età, riflettendo ed esprimendo la propria personalità in tutte le sue dimensioni.

Ha consapevolezza delle proprie potenzialità e dei propri limiti, utilizza gli strumenti di conoscenza per comprendere se stesso e gli altri, per riconoscere ed apprezzare le diverse identità, le tradizioni culturali e religiose, in un'ottica di dialogo e di rispetto reciproco. Interpreta i sistemi simbolici e culturali della società, orienta le proprie scelte in modo consapevole, rispetta le regole condivise, collabora con gli altri per la costruzione del bene comune esprimendo le proprie personali opinioni e sensibilità. Si impegna per portare a compimento il lavoro iniziato da solo o insieme ad altri.

Dimostra una padronanza della lingua italiana tale da consentirgli di comprendere enunciati e testi di una certa complessità, di esprimere le proprie idee, di adottare un registro linguistico appropriato alle diverse situazioni. Nell'incontro con persone di diverse nazionalità è in grado di esprimersi a livello elementare in lingua inglese e di affrontare una comunicazione essenziale, in semplici situazioni di vita quotidiana, in una seconda lingua europea. Utilizza la lingua inglese nell'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Le sue conoscenze matematiche e scientifico-tecnologiche gli consentono di 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 consente 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.

Si orienta nello spazio e nel tempo dando espressione a curiosità e ricerca di senso; osserva ed interpreta ambienti, fatti, fenomeni e produzioni artistiche.

Ha buone competenze digitali, usa con consapevolezza le tecnologie della comunicazione per ricercare e analizzare dati ed informazioni, per distinguere informazioni attendibili da quelle che necessitano di approfondimento, di controllo e di verifica e per interagire con soggetti diversi nel mondo.

Possiede un patrimonio di conoscenze e nozioni di base ed è allo stesso tempo capace di ricercare e di procurarsi velocemente nuove informazioni ed impegnarsi in nuovi apprendimenti anche in modo autonomo.

Ha cura e rispetto di sé, come presupposto di un sano e corretto stile di vita. Assimila il senso e la necessità del rispetto della convivenza civile. Ha attenzione per le funzioni pubbliche alle quali partecipa nelle diverse forme in cui questo può avvenire: momenti educativi informali e non formali, esposizione pubblica del proprio lavoro, occasioni rituali nelle comunità che frequenta, azioni di solidarietà, manifestazioni sportive non agonistiche, volontariato, ecc.

Dimostra originalità e spirito di iniziativa. Si assume le proprie responsabilità e chiede aiuto quando si trova in difficoltà e sa fornire aiuto a chi lo chiede.

In relazione alle proprie potenzialità e al proprio talento si impegna in campi espressivi, motori ed artistici che gli sono congeniali. È disposto ad analizzare se stesso e a misurarsi con le novità e gli imprevisti.

Il Profilo delinea un quadro generale entro il quale le *Indicazioni Nazionali* articolano, in modo più preciso, traguardi per il raggiungimento delle competenze e obiettivi di apprendimento specifici per

ogni materia. Gli obiettivi sono organizzati in nuclei tematici e definiti in relazione a periodi didattici lunghi: l'intero triennio della scuola d'infanzia, l'intero quinquennio della scuola primaria, l'intero triennio della scuola secondaria di primo grado e il primo biennio della scuola secondaria di secondo grado, che corrisponde al termine dell'obbligo scolastico.

Come esempio, per fissare le idee, sono riportati di seguito gli "Obiettivi di apprendimento" che devono essere raggiunti al termine della scuola secondaria di primo grado per la materia Scienze (30).

Obiettivi di apprendimento	
Fisica e chimica	<p>Utilizzare i concetti fisici fondamentali quali: pressione, volume, velocità, peso, peso specifico, forza, temperatura, calore, carica elettrica, ecc., in varie situazioni d'esperienza; in alcuni casi raccogliere dati su variabili rilevanti di differenti fenomeni, trovarne relazioni quantitative ed esprimerle con rappresentazioni formali di tipo diverso. Realizzare esperienze quali ad esempio: piano inclinato, galleggiamento, vasi comunicanti, riscaldamento dell'acqua, fusione del ghiaccio, costruzione di un circuito pila-interruttore-lampadina.</p> <p>Costruire e utilizzare correttamente il concetto di energia come quantità che si conserva; individuare la sua dipendenza da altre variabili; riconoscere l'inevitabile produzione di calore nelle catene energetiche reali. Realizzare esperienze quali ad esempio: mulino ad acqua, dinamo, elica rotante sul termosifone, riscaldamento dell'acqua con il frullatore.</p> <p>Padroneggiare concetti di trasformazione chimica; sperimentare reazioni (non pericolose) anche con prodotti chimici di uso domestico e interpretarle sulla base di modelli semplici di struttura della materia; osservare e descrivere lo svolgersi delle reazioni e i prodotti ottenuti. Realizzare esperienze quali ad esempio: soluzioni in acqua, combustione di una candela, bicarbonato di sodio + aceto.</p>
Astronomia e scienze della Terra	<p>Osservare, modellizzare e interpretare i più evidenti fenomeni celesti attraverso l'osservazione del cielo notturno e diurno, utilizzando anche planetari o simulazioni al computer. Ricostruire i movimenti della Terra da cui dipendono il dì e la notte e l'alternarsi delle stagioni. Costruire modelli tridimensionali anche in connessione con l'evoluzione storica dell'astronomia.</p> <p>Spiegare, anche per mezzo di simulazioni, i meccanismi delle eclissi di sole e di luna. Realizzare esperienze quali ad esempio: costruzione di una meridiana, registrazione della traiettoria del sole e della sua altezza a mezzogiorno durante l'arco dell'anno. Riconoscere, con ricerche sul campo ed esperienze concrete, i principali tipi di rocce ed i processi geologici da cui hanno avuto origine.</p> <p>Conoscere la struttura della Terra e i suoi movimenti interni (tettonica a placche); individuare i rischi sismici, vulcanici e idrogeologici della propria regione per pianificare eventuali attività di prevenzione. Realizzare esperienze quali ad esempio la raccolta e i saggi di rocce diverse.</p>
Biologia	<p>Riconoscere le somiglianze e le differenze del funzionamento delle diverse specie di viventi.</p> <p>Comprendere il senso delle grandi classificazioni, riconoscere nei fossili indizi per ricostruire nel tempo le trasformazioni dell'ambiente fisico, la successione e l'evoluzione della specie. Realizzare esperienze quali ad esempio: in coltivazioni e allevamenti, osservare la variabilità in individui della stessa specie.</p>

	<p>Sviluppare progressivamente la capacità di spiegare il funzionamento macroscopico dei viventi con un modello cellulare (collegando per esempio: la respirazione con la respirazione cellulare, l'alimentazione con il metabolismo cellulare, la crescita e lo sviluppo con la duplicazione delle cellule, la crescita delle piante con la fotosintesi). Realizzare esperienze quali ad esempio: dissezione di una pianta, modellizzazione di una cellula, osservazione di cellule vegetali al microscopio, coltivazione di muffe e microorganismi.</p> <p>Conoscere le basi biologiche della trasmissione dei caratteri ereditari acquisendo le prime elementari nozioni di genetica.</p> <p>Acquisire corrette informazioni sullo sviluppo puberale e la sessualità; sviluppare la cura e il controllo della propria salute attraverso una corretta alimentazione; evitare consapevolmente i danni prodotti dal fumo e dalle droghe.</p> <p>Assumere comportamenti e scelte personali ecologicamente sostenibili. Rispettare e preservare la biodiversità nei sistemi ambientali. Realizzare esperienze quali ad esempio: costruzione di nidi per uccelli selvatici, adozione di uno stagno o di un bosco.</p>
--	--

Si vede che, coerentemente con un'impostazione per competenze della didattica, scompare il vecchio concetto di "programma". Si indicano alcuni concetti chiave, ma ciascuna scuola può personalizzare il percorso didattico nella misura del 20% rispetto a quanto prescritto dalle Linee guida.

Si riportano inoltre i "Traguardi per lo sviluppo delle competenze", sempre per la materia Scienze (la numerazione è stata aggiunta qui, per comodità).

Traguardi per lo sviluppo delle competenze al termine della scuola secondaria di primo grado	
1.	L'alunno esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite.
2.	Sviluppa semplici schematizzazioni e modellizzazioni di fatti e fenomeni ricorrendo, quando è il caso, a misure appropriate e a semplici formalizzazioni.
3.	Riconosce nel proprio organismo strutture e funzionamenti a livelli macroscopici e microscopici, è consapevole delle sue potenzialità e dei suoi limiti.
4.	Ha una visione della complessità del sistema dei viventi e della loro evoluzione nel tempo; riconosce nella loro diversità i bisogni fondamentali di animali e piante, e i modi di soddisfarli negli specifici contesti ambientali.
5.	È consapevole del ruolo della comunità umana sulla Terra, del carattere finito delle risorse, nonché dell'ineguaglianza dell'accesso a esse, e adotta modi di vita ecologicamente responsabili.
6.	Collega lo sviluppo delle scienze allo sviluppo della storia dell'uomo.
7.	Ha curiosità e interesse verso i principali problemi legati all'uso della scienza nel campo dello sviluppo scientifico e tecnologico.

Con la didattica per competenze si cerca di legare il più possibile le conoscenze a problemi concreti e ancorati alla realtà, in modo da consentire agli studenti di comprendere e interiorizzare maggiormente le nozioni apprese e di sviluppare una serie di competenze trasversali e

multidisciplinari, utili per affrontare problemi reali. A questo scopo, le *Indicazioni Nazionali* riferite alle Scienze suggeriscono di dedicare ampio spazio all'attività sperimentale.

Anche se nelle *Indicazioni Nazionali* non sono presenti riferimenti espliciti ai traguardi per lo sviluppo delle competenze negli anni successivi al termine dell'obbligo scolastico, questo non significa che negli anni successivi la didattica per competenze debba essere abbandonata; al contrario, le competenze degli studenti devono essere ulteriormente amplificate e approfondite sulla base dei risultati raggiunti durante gli anni di istruzione obbligatoria.

Un nuovo modo di insegnare

Lavorare per competenze implica una marcata ridefinizione del metodo di insegnamento e del lavoro dell'insegnante, per quanto riguarda sia la progettazione dell'attività didattica, sia lo svolgimento della lezione in classe.

Con la didattica per competenze, l'importanza dei tradizionali risultati dell'apprendimento, identificabili principalmente con le conoscenze e misurabili attraverso verifiche come interrogazioni e compiti in classe, non viene meno: si chiede però ai docenti di impostare l'insegnamento in modo che gli alunni possano avvicinarsi al sapere attraverso l'esperienza e acquisire la teoria attraverso un percorso induttivo. Il percorso di apprendimento deve essere centrato sullo studente e sui suoi bisogni, su un sapere non fatto a compartimenti stagni e settoriale, bensì aperto all'interdisciplinarietà e al mondo reale. Le conoscenze dovrebbero essere costruite insieme da insegnanti e studenti, facendo ricorso anche a modalità di apprendimento cooperativo e laboratoriale, e non semplicemente trasferite dagli uni agli altri secondo un modello top-down (31). A tale scopo, i docenti sono esortati ad abbandonare i tradizionali metodi di insegnamento, in cui gli studenti ricevono passivamente il sapere che viene loro trasmesso, e ad avvalersi di percorsi didattici specificatamente studiati per permettere, al tempo stesso, lo sviluppo delle competenze degli studenti e l'ampliamento delle loro conoscenze. Interessanti attività di questo tipo possono essere trovati on line sul portale Scuola Valore, curato dall'Istituto Nazionale Documentazione Innovazione Ricerca Educativa (INDIRE) e patrocinato dal MIUR (32).

Per esempio, come percorso didattico di biologia per la scuola secondaria di primo grado, il portale propone un'attività denominata *Lo strano caso dell'insetto stecco*, nella quale si deve allevare e far riprodurre in classe insetti stecco. Si tratta di un insetto che ha l'aspetto di un ramoscello, è poco mobile, ha grandi dimensioni, è facile da reperire e da allevare, e può riprodursi sia in modo sessuato sia per partenogenesi (lo sviluppo dell'uovo avviene cioè senza che sia stato fecondato).

Nella fase iniziale dell'attività i ragazzi devono semplicemente osservare in modo libero e autonomo l'insetto; in seguito l'insegnante raccoglie le molte domande scaturite



FIGURA 12 UN INSETTO STECCO

dall'osservazione (*Che cosa mangia?, È maschio o femmina?, Come nascono i piccoli?...*) e seleziona quelle più interessanti, che meritano di essere indagate.

Il percorso si articolerà quindi come una serie di investigazioni, coordinate dall'insegnante, ma nella progettazione delle quali verranno coinvolti anche gli studenti, su diverse caratteristiche e abitudini dell'animale. Si potrà scegliere, per esempio, di studiare quali sono le condizioni microclimatiche ottimali per la vita dell'insetto stecco e le sue abitudini alimentari, di analizzarne le caratteristiche morfologiche e le strategie di adattamento all'ambiente; oppure di studiarne le modalità riproduttive.

Durante l'attività vengono affrontati alcuni argomenti riportati tra gli obiettivi di apprendimento per la scuola secondaria di primo grado, come lo studio delle caratteristiche degli esseri viventi e della biodiversità. Il percorso didattico consente inoltre agli studenti di familiarizzare con l'utilizzo di strumenti come il termometro e l'igrometro per il monitoraggio dell'habitat dell'insetto e di acquisire le abilità necessarie per utilizzarli. Infine, la partecipazione attiva degli studenti nell'ideazione del protocollo sperimentale consente loro di imparare in modo più consapevole e profondo rispetto a quanto avviene con le attività laboratoriali tradizionali, dove i ragazzi eseguono un'attività progettata da altri, e di sviluppare e mettere in gioco alcune delle competenze citate nelle *Indicazioni Nazionali*. Per studiare in modo efficace l'animale e le sue caratteristiche, gli studenti dovranno infatti impiegare capacità operative, progettuali e manuali, padroneggiare tecniche di osservazione, di raccolta e di analisi dei dati, imparare a schematizzare e creare dei

modelli per l'analisi di fenomeni reali e sviluppare la propria capacità di problem solving per affrontare gli imprevisti che possono verificarsi nel corso di un'attività sperimentale.

Per la valutazione dell'attività, gli insegnanti possono utilizzare le specifiche prove di valutazione disponibili sul portale Scuola Valore e avvalersi dei "diari di bordo" che gli studenti dovrebbero tenere per tutta la durata del percorso didattico e nel quale dovrebbero riportare le attività compiute, le loro riflessioni e gli eventuali dubbi.

Gli strumenti di valutazione delle competenze

Un decreto ministeriale dell'ottobre 2017 disciplina la certificazione delle competenze al termine della scuola primaria e del primo ciclo di istruzione creando dei modelli unici nazionali per la valutazione, nei quali per ogni competenza deve essere indicato il livello raggiunto dallo studente, scegliendolo tra quattro livelli disponibili, dall'iniziale all'avanzato. Di seguito, è riportato il modello per la certificazione al termine del primo ciclo di istruzione (33).

	Competenze chiave europee³	Competenze dal Profilo dello studente al termine del primo ciclo di istruzione⁴	Livello
1	Comunicazione nella madrelingua o lingua di istruzione	Ha una padronanza della lingua italiana tale da consentirgli di comprendere e produrre enunciati e testi di una certa complessità, di esprimere le proprie idee, di adottare un registro linguistico appropriato alle diverse situazioni.	
2	Comunicazione nelle lingue straniere	È in grado di esprimersi in lingua inglese a livello elementare (A2 del Quadro Comune Europeo di Riferimento) e, in una seconda lingua europea, di affrontare una comunicazione essenziale in semplici situazioni di vita quotidiana. Utilizza la lingua inglese anche con le tecnologie dell'informazione e della comunicazione.	
3	Competenza matematica e competenze di base in scienza e tecnologia	Utilizza le sue conoscenze matematiche e scientifico-tecnologiche per analizzare dati e fatti della realtà e per verificare l'attendibilità di analisi quantitative proposte da altri. Utilizza il pensiero logico-scientifico per affrontare problemi e situazioni sulla base di elementi certi. Ha consapevolezza dei limiti delle affermazioni che riguardano questioni complesse.	
4	Competenze digitali	Utilizza con consapevolezza le tecnologie della comunicazione per ricercare le informazioni in modo critico. Usa con responsabilità le tecnologie per interagire con altre persone.	
5	Imparare ad imparare	Possiede un patrimonio organico di conoscenze e nozioni di base ed è allo stesso tempo capace di ricercare e di organizzare	

³ Dalla Raccomandazione 2006/962/CE del 18 dicembre 2006 del Parlamento europeo e del Consiglio.

⁴ Dalle "Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012". D.M. n. 254 del 16 novembre 2012.

		nuove informazioni. Si impegna in nuovi apprendimenti in modo autonomo.	
6	Competenze sociali e civiche	Ha cura e rispetto di sé e degli altri come presupposto di uno stile di vita sano e corretto. È consapevole della necessità del rispetto di una convivenza civile, pacifica e solidale. Si impegna per portare a compimento il lavoro iniziato, da solo o insieme ad altri.	
7	Spirito di iniziativa e imprenditorialità	Ha spirito di iniziativa ed è capace di produrre idee e progetti creativi. Si assume le proprie responsabilità, chiede aiuto quando si trova in difficoltà e sa fornire aiuto a chi lo chiede. È disposto ad analizzare sé stesso e a misurarsi con le novità e gli imprevisti.	
8	Consapevolezza ed espressione culturale	Riconosce ed apprezza le diverse identità, le tradizioni culturali e religiose, in un'ottica di dialogo e di rispetto reciproco.	
		Si orienta nello spazio e nel tempo e interpreta i sistemi simbolici e culturali della società.	
		In relazione alle proprie potenzialità e al proprio talento si esprime e dimostra interesse per gli ambiti motori, artistici e musicali.	
9	L'alunno/a ha inoltre mostrato significative competenze nello svolgimento di attività scolastiche e/o extrascolastiche, relativamente a:		

Livello	Indicatori esplicitivi
A – Avanzato	L'alunno/a svolge compiti e risolve problemi complessi, mostrando padronanza nell'uso delle conoscenze e delle abilità; propone e sostiene le proprie opinioni e assume in modo responsabile decisioni consapevoli.
B – Intermedio	L'alunno/a svolge compiti e risolve problemi in situazioni nuove, compie scelte consapevoli, mostrando di saper utilizzare le conoscenze e le abilità acquisite.
C – Base	L'alunno/a svolge compiti semplici anche in situazioni nuove, mostrando di possedere conoscenze e abilità fondamentali e di saper applicare basilari regole e procedure apprese.
D – Iniziale	L'alunno/a, se opportunamente guidato/a, svolge compiti semplici in situazioni note.

Gli insegnanti devono quindi certificare il conseguimento delle competenze basandosi sui traguardi di sviluppo disciplinari e trasversali fissati dalle *Indicazioni nazionali*, ma possono procedere in autonomia nella definizione dei percorsi e degli strumenti ritenuti più idonei per svilupparle, verificarle e valutarle.

Uno degli strumenti usati più di frequente a tale scopo è il **compito di realtà**, ovvero un'attività che consiste nella richiesta rivolta allo studente di risolvere «una situazione problematica, complessa e nuova, quanto più possibile vicina al mondo reale, utilizzando conoscenze e abilità già acquisite e trasferendo procedure e condotte cognitive in contesti e ambiti di riferimento moderatamente

diversi da quelli resi familiari dalla pratica didattica». Attraverso i compiti di realtà l'insegnante deve prestare attenzione a come ciascun alunno «mobilita e orchestra le proprie risorse – conoscenze, abilità, atteggiamenti, emozioni – per affrontare efficacemente le situazioni che la realtà quotidianamente propone, in relazione alle proprie potenzialità e attitudini» (30).

Le caratteristiche fondamentali dei compiti di realtà sono le seguenti (34):

- propongono attività che ci si trova ad affrontare nel mondo reale
- sono aperti a molteplici interpretazioni e non risolvibili con l'applicazione meccanica di procedure note
- permettono più soluzioni alternative
- sono complessi e richiedono diverso tempo (giorni o settimane) per essere portati a termine
- richiedono la collaborazione di più studenti
- possono essere multidisciplinari e permettono agli studenti di assumere diversi ruoli e di sviluppare esperienze in molti settori
- sono strettamente connessi con la valutazione
- sfociano in un prodotto finale completo e autosufficiente

Per valutare in modo completo il compito di realtà, il docente non può limitarsi a osservare il prodotto finale ottenuto da ogni studente o gruppo di studenti, ma deve tenere conto anche del modo in cui è stato svolto il lavoro, osservando gli studenti per tutta la durata dell'attività e avvalendosi di schede di autovalutazione compilate da ogni studente. In particolare, nella fase di valutazione il docente deve fare riferimento ai sei indicatori per le competenze individuati dalle

Linee guida:

1. **autonomia:** è capace di reperire da solo strumenti materiali necessari e di usarli in modo efficace
2. **relazione:** interagisce con i compagni, sa esprimere e infondere fiducia, sa creare un clima propositivo;
3. **partecipazione:** collabora, formula richieste di aiuto, offre il proprio contributo;
4. **responsabilità:** rispetta i temi assegnati e le fasi previste del lavoro, porta a termine la consegna ricevuta;
5. **flessibilità:** reagisce a situazioni o esigenze non previste con proposte divergenti, con soluzioni funzionali, con utilizzo originale di materiali ecc.;
6. **consapevolezza:** è consapevole degli effetti delle sue scelte e delle sue azioni.

La didattica per competenze nei libri di testo

Come era facile aspettarsi, le indicazioni a cambiare il modo di insegnare secondo una didattica per competenze si riflettono anche sull'impostazione dei testi scolastici.

Rispetto a quelli pubblicati prima del 2010, i libri attuali mostrano una più marcata attenzione al collegamento tra gli argomenti presentati e il mondo reale. Nelle sezioni dedicate alla spiegazione teorica, in molti testi si cerca di proporre un approccio induttivo: l'argomento è introdotto presentando situazioni reali in cui si verifica un determinato fenomeno, per stimolare l'attenzione o attivare una connessione tra l'immaginario o l'esperienza degli studenti e l'argomento da affrontare con il docente; solo successivamente sono espone le leggi scientifiche o i principi che lo regolano.

A titolo di esempio, nell'immagine sottostante è mostrato l'inizio del capitolo dedicato alle forze di un libro di scienze per le scuole secondarie di primo grado (*Protagonisti delle scienze (35)*), dove l'argomento viene introdotto suggerendo semplici attività, come far rotolare una pallina contro degli ostacoli o deformarla con la mano, per aiutare gli studenti ad avere una comprensione intuitiva del concetto di forza, prima di passare a definirlo con rigore scientifico.



FIGURA 13 LA PARTE INIZIALE DEL CAPITOLO DEDICATO ALLE FORZE IN UN LIBRO DI SCIENZE PER LE SCUOLE SECONDARIE DI PRIMO GRADO (35)

Inoltre, la spiegazione è spesso corredata da esempi o esercizi svolti calati nella realtà, meglio se facenti riferimento a esperienze vicine e note agli studenti.



Sali minerali e tessuto cartilagineo

Che cosa succede se... un bambino piccolo si frattura un osso? E se la frattura riguarda una persona anziana?

Aiutati con un'esperienza: osserviamo come si comportano un grissino e un legno verde (non secco) se sono sottoposti a uno sforzo.

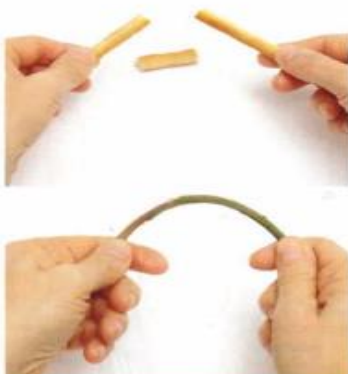


FIGURA 14 UN BOX CHE AFFIANCA LA SPIEGAZIONE DEL TESSUTO OSSEO E CARTILAGINEO IN UN LIBRO DI SCIENZE PER LE SCUOLE SECONDARIE DI PRIMO GRADO (52)

Nell'immagine a fianco, tratta ancora da un libro di scienze per le scuole secondarie di primo grado (*Focus Natura Green* (36)) è riportato un box che affianca la descrizione delle caratteristiche del tessuto osseo e cartilagineo e delle modifiche che subiscono con l'invecchiamento; per spiegare come le ossa di individui di età diversa reagiscano a un trauma viene proposto agli studenti di modellarle usando oggetti facilmente reperibili: le ossa di un anziano, più fragili, possono essere rappresentate da un grissino che si spezza facilmente, quelle di un bambino, più resistenti e flessibili, da un bastoncino di legno verde.

Anche le parti dedicate agli esercizi hanno subito un'evoluzione; i quesiti posti agli studenti non sono più astratti e non richiedono più una mera applicazione delle conoscenze acquisite, ma vengono spesso ambientati in un contesto reale e richiedono allo studente non solo di applicare la legge o il principio giusto per risolverli, ma anche di comprendere e interpretare la situazione.

Di seguito è riportato un esempio nell'ambito della Fisica (il livello è quello della scuola secondaria di secondo grado). Un esercizio astratto sul moto uniformemente accelerato potrebbe essere formulato in questo modo:

Un corpo A si muove alla velocità di 15,4 km/h con moto rettilineo uniforme. Un corpo B, alla distanza di 38,5 m, si muove nella stessa direzione e nello stesso verso con velocità iniziale di 15,5 km/h. Se il corpo B subisce un'accelerazione costante pari a $0,100 \text{ cm/s}^2$, riuscirà a raggiungere il corpo A entro sei minuti?

Lo stesso esercizio, con un'ambientazione realistica, può essere riformulato come segue:

La Barcolana è una regata che si tiene annualmente a Trieste, a metà ottobre circa. Sul campo di regata, due barche si danno battaglia: la Nabucodonosor, in testa, sta viaggiando alla velocità media di 8,30 nodi (1 nodo marino = 1,85 km/h), inseguita dalla Perdissa che la tallona a una distanza di 38,5 m e si muove a 8,40 nodi. Il capitano della Perdissa riesce a imbrigliare una folata di vento propizia, che conferisce alla barca un'accelerazione di $0,100 \text{ cm/s}^2$. Riuscirà la Perdissa a superare la Nabucodonosor nei 6 minuti esatti che mancano alla conclusione della regata? Assumi che le due imbarcazioni si muovano di moto rettilineo (37).

Lo studente a cui è assegnato un esercizio di questo tipo deve mettere in gioco alcune competenze trasversali, oltre alle conoscenze necessarie. Per esempio, facendo riferimento a quanto visto in un paragrafo precedente a proposito delle competenze trasversali di cittadinanza, deve essere in grado di *Comunicare* (nell'accezione di "Comprendere": il brano che presenta la situazione problematica

è ricco di informazioni, alcune non interessanti al fine della risoluzione, e va tradotto in dati) e *Risolvere problemi* (il modello e di seguito la strategia utili per la risoluzione non sono immediatamente riconoscibili, perché il problema non ha una forma astratta semplice).

Infine, i libri di testo cercano di agevolare gli insegnanti nella valutazione delle competenze proponendo vere e proprie attività per competenze, come i compiti di realtà, e fornendo spunti per l'autovalutazione degli studenti e griglie di valutazione dell'attività.

Inoltre, è particolarmente interessante l'evoluzione della seconda prova scritta per l'esame di Stato della scuola secondaria di secondo grado. Al momento, la Fisica è l'unica materia per cui siano stati pubblicati un Quadro di riferimento e diverse prove di simulazione nell'ambito dell'annunciata riforma dell'esame di Stato. Le prove scritte di fisica prevedono un elevato livello di competenza (spesso fanno riferimento all'interpretazione di una situazione sperimentale), e la loro valutazione si svolge mediante griglie che, appunto, fanno specifico riferimento alle competenze mostrate nella risoluzione. Nell'Appendice A è mostrata, a titolo di esempio, la griglia di valutazione dell'ultima simulazione disponibile (38).

3. Una griglia di valutazione dei progetti di citizen science a scuola

Nel capitolo precedente è stato illustrato come l'introduzione della didattica per competenze nei percorsi scolastici stia creando un avvicinamento tra ciò che viene studiato sui libri e il mondo reale. Includere attività di citizen science, cioè vera ricerca scientifica, nei curricula scolastici potrebbe rappresentare un ulteriore passo in questa direzione.

I progetti di citizen science, infatti, grazie al coinvolgimento di ricercatori specializzati, rappresentano un esempio di didattica innovativa che consente a studenti e insegnanti di confrontarsi con questioni scientifiche reali e attuali, in un modo che non può essere raggiunto con nessun altro tipo di attività. Per quanto visto nei due capitoli precedenti, possiamo dire che le attività di citizen science in ambito scolastico offrono eccellenti esempi di “compito di realtà”, al fine di sviluppare negli studenti – e quindi valutare – alcune delle competenze previste nei Traguardi disciplinari. Per esempio, nel caso di Scienze per la scuola secondaria di primo grado:

- Esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite.
- Sviluppa semplici schematizzazioni e modellizzazioni di fatti e fenomeni ricorrendo, quando è il caso, a misure appropriate e a semplici formalizzazioni.
- Ha una visione della complessità del sistema dei viventi e della loro evoluzione nel tempo; riconosce nella loro diversità i bisogni fondamentali di animali e piante, e i modi di soddisfarli negli specifici contesti ambientali.
- È consapevole del ruolo della comunità umana sulla Terra, del carattere finito delle risorse, nonché dell'ineguaglianza dell'accesso a esse, e adotta modi di vita ecologicamente responsabili.
- Ha curiosità e interesse verso i principali problemi legati all'uso della scienza nel campo dello sviluppo scientifico e tecnologico.

In questo capitolo si cercherà di contestualizzare le attività di citizen science nell'ambiente scolastico, di comprendere meglio il loro potenziale educativo e di elaborare una serie di criteri per l'analisi e la classificazione dei progetti svolti nelle scuole.

Il ruolo della citizen science in ambito educativo

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, gli ultimi anni sono stati caratterizzati da una crescita del numero di progetti di citizen science realizzati da università ed enti di ricerca e da un'evoluzione dei metodi di insegnamento a scuola verso un maggiore contatto con la realtà e una maggiore consapevolezza, meglio se derivata da esperienze fatte in prima persona, del metodo scientifico. Pensare a docenti e a studenti come potenziali partecipanti alle attività di citizen science sembra quindi naturale: gli enti di ricerca possono trovare nella scuola un ampio numero di volontari da impiegare nei progetti e, allo stesso tempo, la partecipazione di una classe ad attività di citizen science può rivelarsi un momento altamente vantaggioso e formativo, sia per gli insegnanti sia per gli studenti.

In primo luogo, l'interazione con gli scienziati e la partecipazione a progetti di ricerca fornisce ad alunni e docenti l'opportunità di accedere in modo diretto a informazioni aggiornate e precise sugli argomenti oggetto dell'attività e rappresenta un esempio di applicazione pratica di concetti studiati solo in modo astratto e teorico, favorendone una comprensione più profonda e duratura. Diversi studi hanno infatti mostrato che introdurre modelli educativi interattivi e basati sull'indagine scientifica (*Inquiry Based Science Education*) può migliorare notevolmente i risultati scolastici degli alunni partecipanti (5) (39).

La partecipazione a veri esperimenti aiuta inoltre a comprendere meglio le caratteristiche e lo spirito della ricerca scientifica, nella quale non sempre esistono procedure precise da seguire e in cui le conclusioni non sono sempre quelle attese. Partecipare a un'attività di ricerca mobilita quindi negli studenti una serie di competenze, abilità e risorse personali che travalica l'ambito disciplinare di riferimento, in accordo con quanto richiesto ai docenti dalle *Indicazioni Nazionali*.

Inoltre, gli studenti che partecipano a questo tipo di progetti aumentano il loro interesse verso gli argomenti affrontati e l'attività di citizen science può essere un'occasione per sensibilizzarli su tematiche di stampo sociale o ecologico.

Infine, il coinvolgimento degli studenti in progetti di citizen science fa loro conoscere le diverse figure professionali impiegate nel mondo della ricerca e può spingere alcuni a perseguire in futuro una carriera professionale in questo ambito. (40).

Realizzare un'attività di citizen science efficace e adatta agli studenti non è però un compito semplice. Anche se la rete e i social media favoriscono la comunicazione tra le istituzioni scientifiche e le scuole e i vari dispositivi mobili (smartphone, tablet...) semplificano in molti casi il processo di raccolta e condivisione dei dati, la progettazione di un'attività efficace per gli studenti è un compito

delicato. È infatti necessario prendere in considerazione i diversi bisogni delle figure coinvolte, scienziati e ricercatori da una parte, docenti e studenti dall'altra: da un lato la qualità dell'esperimento e dei dati raccolti non può essere compromessa, dall'altro occorre tenere conto delle esigenze di apprendimento dei partecipanti e gli aspetti educativi dell'attività devono essere prioritari. Inoltre, il livello di difficoltà dell'attività deve essere tarato sull'età e le conoscenze dei partecipanti e i compiti richiesti ai ragazzi non possono essere troppo gravosi per evitare l'insorgere di sensazioni di frustrazione e inadeguatezza, che potrebbero portare a ostilità e disinteresse nei confronti della scienza.

Infine è essenziale preparare adeguatamente allo svolgimento delle procedure sperimentali gli studenti e, soprattutto, i docenti che, in caso contrario, potrebbero sentirsi inadeguati e timorosi di non rivelarsi all'altezza della situazione (40). A tale scopo possono essere organizzati seminari o workshop per gli insegnanti in un periodo precedente lo svolgimento dell'attività in classe ed è importante che i ricercatori garantiscano ai docenti un supporto costante per tutta la durata del progetto e che siano disponibili a rispondere a domande o risolvere dubbi.

Realizzare un progetto di citizen science dedicato agli studenti è quindi senza dubbio un compito gravoso, che richiede tempo e organizzazione. Tuttavia i risultati che possono essere raggiunti in termini sia di coinvolgimento degli studenti, sia di livello di apprendimento sono considerevoli. L'attività, inoltre, risulta formativa anche per gli insegnanti che, in alcuni casi per la prima volta, si trovano a confrontarsi con un vero progetto di ricerca; il risultato è che i docenti, vedendo aumentare le proprie competenze, possono essere spinti a staccarsi sempre più dalla didattica tradizionale e intraprendere percorsi più innovativi.

Tuttavia, nonostante i potenziali vantaggi che insegnanti e alunni possono ricavare dalla partecipazione alle attività di citizen science, al momento il numero di classi coinvolte in tali progetti sul territorio italiano è ancora piuttosto ristretto. Non è semplice darne una quantificazione precisa per via del grande numero di progetti attualmente in corso in Italia, a livello nazionale o locale, ma nell'opinione di Vincenzo Boccardi, dirigente scolastico dell'Istituto Comprensivo De Amicis-Diaz di Pozzuoli e vicepresidente dell'Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali, al momento solo una frazione tra il 10% e il 20% degli insegnanti di materie scientifiche è attivamente impegnato in progetti di didattica innovativa e di questi soltanto alcuni stanno partecipando o hanno partecipato ad attività di citizen science (41).

Il metodo di ricerca

L'obiettivo di questa tesi è analizzare alcuni progetti di citizen science svolti in ambito scolastico per individuare le loro principali caratteristiche, valutare quali sono gli scopi didattici e formativi che cercano di raggiungere e trovare, se presenti, i punti in comune tra i diversi progetti.

Sono stati analizzati progetti rivolti alle scuole secondarie italiane di primo e secondo grado che abbiano come ambito di riferimento una qualunque delle discipline scientifiche affrontate nel percorso scolastico.

L'analisi è stata divisa in due fasi principali: nella prima fase è stata effettuata una rassegna di progetti di citizen science a cui abbiano partecipato una o più scuole italiane, nella seconda è stata indagata la presenza di proposte di attività di citizen science sui libri di testo per le scuole secondarie. In entrambe le fasi, per avere un riscontro rispetto all'analisi dei progetti e dei testi, sono stati intervistati alcuni esperti appartenenti alle categorie coinvolte in questo discorso: docenti, ricercatori che hanno ideato o partecipato a progetti di citizen science e autori di libri scolastici di scienze.

La griglia di osservazione

Per l'analisi dei progetti di citizen science è stata elaborata una griglia di osservazione, nella quale sono stati presi in considerazione criteri di valutazione legati a tre ambiti specifici: gli aspetti didattici, la tipologia di attività svolta e l'ente scientifico organizzatore del progetto.

Di seguito sono elencati e spiegati i parametri della griglia.

Parametri legati all'aspetto didattico

- §1 *Grado scolastico*: l'attività potrebbe essere rivolta in modo specifico a scuole secondarie di primo o di secondo grado, oppure a entrambi gli ordini di scuola senza distinzione.
- §2 *Materia/e di riferimento*: l'attività solitamente può essere riferita in modo specifico a una delle materie di studio (fisica, biologia, chimica...), tuttavia alcuni progetti possono essere caratterizzati da un approccio multidisciplinare.
- §3 *Ambito di riferimento*: in alcuni casi, oltre alla materia, può essere opportuno indicare in modo più preciso il settore a cui si riferisce il progetto; per esempio un progetto di biologia potrebbe fare riferimento alla microbiologia oppure allo studio della biodiversità.

- §4 *Prerequisiti*: come abbiamo detto in precedenza, prima di poter svolgere l'attività sperimentale può essere necessario acquisire determinate nozioni o abilità, che possono essere sia conoscenze teoriche, sia riferite all'utilizzo di strumenti o software.
- §5 *Risultati curriculari attesi*: quali obiettivi di apprendimento e di sviluppo delle competenze vogliono essere raggiunti attraverso il progetto.
- §6 *Tipo di mediazione del docente*: in quale modo il docente è coinvolto nell'attività, ovvero se partecipa come gli studenti, se si limita a osservare, se si occupa di raccogliere o comunicare i dati all'ente scientifico...
- §7 *Canale di comunicazione tra la scuola e l'ente scientifico*: come i docenti sono venuti a conoscenza dell'esistenza del progetto di citizen science e come vi hanno aderito.

Parametri legati all'attività

- §8 *Range geografico*: se l'attività recluta i volontari a livello regionale, nazionale, europeo o mondiale.
- §9 *Periodo di attività*: in quale intervallo di tempo il progetto è stato o è ancora attivo.
- §10 *Tipologia di attività*: a quale categoria della classificazione proposta da Muki Haklay appartiene.
- §11 *Tipologia di collaborazione*: se si tratta di un'attività da svolgere singolarmente o in gruppo.
- §12 *Oggetto dell'attività*: qual è lo scopo di ricerca del progetto.
- §13 *Luogo di svolgimento dell'attività*: in quale luogo gli studenti svolgono le attività previste dal progetto di citizen science (a scuola, a casa, all'aperto...).
- §14 *Strumentazione e software necessari*: quali sono i materiali, i dispositivi, i programmi o le applicazioni necessarie per lo svolgimento dell'attività.
- §15 *Durata e impegno richiesto*: quante ore, giorni o settimane sono necessari agli studenti per portare a termine l'attività.

Parametri legati all'ente scientifico organizzatore del progetto

- §16 *Ente scientifico di riferimento*: qual è l'università o l'istituto di ricerca organizzatore dell'attività.
- §17 *Supporto all'attività da parte dell'ente*: che tipo di aiuto ricevono i docenti da parte dei ricercatori prima o durante lo svolgimento dell'attività (corsi di formazione, materiali per la spiegazione in classe...).

- §18 *Feedback sui risultati ottenuti da parte dell'ente*: se e in quale modo l'ente scientifico organizzatore esprime un giudizio sull'attività svolta dagli studenti.
- §19 *Comunicazione dei dati all'ente*: in quale modo i dati raccolti sono inviati all'istituzione scientifica di riferimento.
- §20 *Trattamento dei dati da parte dell'ente*: che tipo di elaborazione viene fatta dall'ente sui dati raccolti.
- §21 *Numero di aderenti*: quante classi e quanti alunni hanno partecipato al progetto.
- §22 *Risultati finali del progetto*: nel caso in cui il progetto sia concluso, quali sono stati i risultati scientifici ottenuti.
- §23 *Comunicazione dei risultati da parte dell'ente*: in quale modo l'istituzione scientifica condivide i risultati ottenuti (pubblicazione scientifica, sito internet...).

4. L'analisi dei progetti di citizen science

In questo capitolo verrà presentata una rassegna di progetti di citizen science che hanno coinvolto una o più scuole secondarie italiane. I progetti scelti fanno riferimento ad aree tematiche e discipline differenti. Anche i periodi e i luoghi di svolgimento differiscono tra un'attività e l'altra, allo scopo di fornire una panoramica il più possibile rappresentativa su questo argomento.

L'osservazione dei progetti attraverso la griglia

Le attività di citizen science sono state analizzate utilizzando i parametri individuati e descritti nel capitolo precedente. Si tratta quindi di un'analisi qualitativa che permette un confronto tra i diversi progetti basato su parametri comuni. Tuttavia, è bene precisare che non è stato possibile trovare per tutte le attività riferimenti a ogni parametro.

Le informazioni sui diversi progetti analizzati sono state ottenute consultando i siti web delle attività stesse o la letteratura scientifica relativa; inoltre, quando possibile, sono state intervistate persone coinvolte in prima persona nelle attività di citizen science. In particolare, sono state contattate:

- Antonella Longo per il progetto City Soundscape, docente presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università del Salento e project manager dell'attività;
- Ernesta de Masi per il progetto SKYSEF, insegnante di matematica e fisica presso il liceo scientifico Alfonso Gatto, di Agropoli nella provincia di Salerno, che ha partecipato più volte con i suoi studenti a questa attività di citizen science.

L'analisi dei progetti è illustrata nel dettaglio nei paragrafi seguenti; per comodità di lettura, date le caratteristiche delle informazioni, anziché sotto forma di tabella l'analisi è presentata come testo. Nella descrizione gli aspetti riferiti a ciascun parametro sono associati a esso attraverso un identificativo numerico, in accordo con l'elenco riportato nel capitolo precedente. I risultati complessivi sono inoltre sintetizzati in una tabella nell'Appendice B.

Il progetto RadioLab

RadioLab è un'attività di citizen science rivolta alle scuole secondarie di secondo grado; in particolare, per via delle conoscenze di fisica nucleare necessarie per il suo svolgimento, il progetto è pensato per gli studenti degli ultimi anni dei licei scientifici [§1]. La materia scolastica di riferimento

è indubbiamente la fisica [§2], in modo più specifico la fisica nucleare e la radioattività. [§3]. Tuttavia sono presenti, come vedremo in seguito, collegamenti interdisciplinari con la biologia.

Il progetto ha una lunga storia alle spalle ed è probabilmente uno dei primi esempi di attività di citizen science rivolta alle scuole realizzato in Italia; infatti, con nomi diversi (LaboRad, SPLASH, ENVIRAD-SPLASH...) è attivo fin dai primi anni 2000 [§9].

L'ente scientifico organizzatore del progetto è l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Alla realizzazione dell'attività però partecipano solo alcune delle sezioni dell'INFN: Cagliari, Catania, Milano, Napoli, Torino, Trieste e i Laboratori Nazionali del Sud, anche essi con sede a Catania [§16]. Il progetto ha quindi una copertura "quasi" nazionale, nel senso che non è limitato a una singola regione o provincia, ma non copre neppure in modo uniforme tutto il territorio italiano; le scuole coinvolte sono solo quelle vicine a una delle sedi INFN partecipante al progetto [§8]. Non è stato possibile trovare riferimenti precisi al numero totale di scuole e studenti che hanno partecipato al progetto; gli unici dati disponibili riguardano il numero di partecipanti su una singola area in un solo anno scolastico. Per esempio, nel corso dell'anno scolastico 2006/2007 hanno partecipato al progetto 12 scuole della provincia milanese per un totale di circa 400 alunni, un numero superiore a quello degli anni precedenti [§21].

Anche il modo in cui i docenti sono stati messi in contatto con l'INFN e hanno deciso di aderire al progetto non è ben specificato, e può differire da una sezione all'altra. Per quanto riguarda la sezione INFN di Catania, per esempio, per reclutare studenti per il progetto RadioLab i ricercatori si



FIGURA 15 STUDENTI ALLE PRESE CON IL MONTAGGIO DEI RIVELATORI

sono avvalsi di collegamenti ad ampio spettro sul territorio con gli istituti scolastici, già instaurati in anni precedenti nell'ambito del progetto Lauree Scientifiche (realizzato dal MIUR nella prima metà degli anni 2000 per incrementare il numero di iscritti nelle facoltà scientifiche); questo meccanismo potrebbe essere valido anche per le altre sedi. Inoltre un ruolo importante nella diffusione del progetto è quello svolto dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF) che fa spesso da intermediario tra docenti e istituzioni scientifiche [§7] (42).

Il progetto RadioLab si colloca all'interno della mission di *dissemination* dell'INFN; lo scopo primario del progetto è proprio quello di avvicinare gli studenti delle scuole secondarie partecipanti ai temi

della ricerca scientifica, in particolare quella nel campo della radioattività ambientale, inserendo gli studenti direttamente nelle attività di ricerca. In secondo luogo, i dati raccolti durante l'attività possono essere utilizzati per monitorare i livelli di radioattività naturale nelle zone studiate [§12] (43).

Il progetto RadioLab chiede ai ragazzi di eseguire misure della radioattività naturale analizzando la concentrazione di radon in ambienti chiusi, come scuole o abitazioni [§13]. Non è specificato se le misure debbano essere effettuate singolarmente o a gruppi; la scelta di procedere in un modo o nell'altro dipende probabilmente dal numero di partecipanti e dal numero di strumenti per la misurazione a disposizione [§11]. Nel dettaglio, il percorso prevede per i ragazzi sessioni di lavoro in laboratorio, per l'assemblaggio della strumentazione di rivelazione, seguite dal posizionamento dei dosimetri nelle zone da monitorare. Infine è previsto un nuovo periodo di attività in laboratorio per la lettura dei dosimetri e l'elaborazione dei dati acquisiti. In base alla classificazione proposta da Muki Haklay e riportata nel primo capitolo, RadioLab può essere considerata un'attività a metà tra il *Volunteer Thinking* e il *Participatory Sensing*, per via delle tematiche affrontate e del coinvolgimento dei partecipanti in tutte le fasi della sperimentazione [§10].

Il progetto comporta un coinvolgimento attivo anche degli insegnanti che devono collaborare e in certa misura coordinare le attività dei ragazzi. Ciò permette ai docenti di seguire un vero e proprio corso di aggiornamento sulla fisica moderna, argomento introdotto solo negli ultimi anni nel programma scolastico dei licei [§6]. La durata prevista per l'intera attività è di due anni [§15].



FIGURA 16 KIT DI MATERIALI FORNITO ALLE SCUOLE DALL'INFN

Per tutta la durata dell'attività i ragazzi sono seguiti da ricercatori dell'INFN che, in alcuni casi, provvedono anche a realizzare materiale didattico di vario tipo per aiutare il docente nello svolgimento delle lezioni preparatorie al progetto [§17]. Poiché per lo svolgimento dell'attività di rivelazione sono necessari strumenti non facilmente reperibili, l'INFN fornisce alle scuole i materiali necessari: dosimetri CR-39 per la rivelazione della radioattività (costituiti da piastrine di materiale plastico sul quale rimangono impresse tracce visibili al microscopio quando sono colpite da particelle di alta energia), becker e contenitori, microscopi ottici... [§14].

Come è stato accennato in precedenza, per svolgere l'attività è necessario che i partecipanti abbiano almeno rudimentali conoscenze di fisica nucleare e dell'interazione radiazione-materia, argomenti

che esulano parzialmente dal programma di fisica dei licei (sono previsti come argomenti facoltativi al 5° anno dei Licei) [§4].

Con il progetto RadioLab si punta quindi ad aumentare le conoscenze dei ragazzi rispetto al delicato tema della radioattività, spesso trascurato durante il percorso scolastico, ma di notevole interesse sociale, soprattutto se vengono presi in considerazione i danni biologici dovuti alle radiazioni ionizzanti. Il progetto cerca anche di eliminare la misconcezione piuttosto diffusa che la radioattività sia esclusivamente di origine artificiale e altamente pericolosa per la sopravvivenza, in qualunque forma e quantità sia presente.

Inoltre RadioLab offre agli studenti la possibilità di acquisire competenze riguardo tutte le fasi di realizzazione di un esperimento scientifico, dal reperimento della strumentazione alla raccolta e analisi dei dati. Le attività svolte all'interno del progetto favoriscono infine l'acquisizione di competenze trasversali come la capacità di approfondire e trovare autonomamente informazioni su un argomento, di confrontarsi con gli altri e organizzare il lavoro di gruppo, e di sviluppare le proprie capacità di analisi, sintesi e schematizzazione (44) [§5].

I risultati ottenuti fino a questo momento dal progetto riguardano prevalentemente il monitoraggio dei livelli di radioattività naturale: i dati raccolti dagli studenti hanno infatti consentito di aumentare lo stato di conoscenze sul territorio [§20]. Inoltre un particolare ed efficace rivelatore di radioattività (chiamato RAMONA) è stato interamente sviluppato all'interno del progetto [§22]. Tali risultati sono stati comunicati prevalentemente tramite pubblicazioni scientifiche e presentazioni in congressi [§23].

Il progetto City Soundscape

City Soundscape è un'iniziativa volta alla raccolta di misure del livello di inquinamento acustico, mediante l'utilizzo dei microfoni integrati nei moderni dispositivi elettronici portatili (tablet e smartphone) e di un'applicazione scaricabile gratuitamente e compatibile con il sistema operativo Android [§12]. Il progetto è stato realizzato da ricercatori dell'Università del Salento grazie a finanziamenti ottenuti dall'Unione Europea nell'ambito progetto *Frontier Cities*, dedicato al sostenimento di iniziative per il miglioramento degli ambienti urbani (45) [§16]. L'attività, iniziata nel 2015 [§9], non è pensata esclusivamente per le scuole, anche se alunni e docenti costituiscono uno dei target privilegiati di questo progetto. Le ragioni per cui è stato deciso di coinvolgere scuole secondarie sia di primo sia di secondo grado [§1] riguardano principalmente la possibilità di

incrementare l'utilizzo didattico dei dispositivi tecnologici di proprietà degli studenti e promuovere la cultura scientifica e tecnologica con metodi e strumenti vicini a quelli della vita quotidiana degli studenti (46). La materia scolastica di riferimento è anche in questo caso la fisica [§2], in particolare l'acustica, ovvero la branca della disciplina che si occupa dello studio del suono e delle sue caratteristiche [§3].

Il progetto City Soundscape mira a raggiungere una diffusione a livello europeo, tuttavia al momento si trova ancora in una fase iniziale e di sperimentazione [§8]: l'app è già funzionante e disponibile negli store, ma il coinvolgimento delle scuole ha finora riguardato solo alcune classi pilota delle provincie di Brindisi e di Udine per un totale di circa 600 studenti [§21]. Le scuole sono state avvertite dell'esistenza di questo progetto grazie alla mediazione degli enti locali o attraverso il semplice passaparola. In futuro si prevede però che l'adesione possa avvenire anche attraverso il sito internet di City Soundscape [§7] (45).

L'attività consiste nel monitoraggio del livello di rumore, attraverso l'analisi di due indicatori di esposizione acustica (il livello di pressione sonora e il livello continuo sonoro equivalente) mediante l'utilizzo di un'app appositamente progettata per quantificare la rumorosità di un dato ambiente urbano.

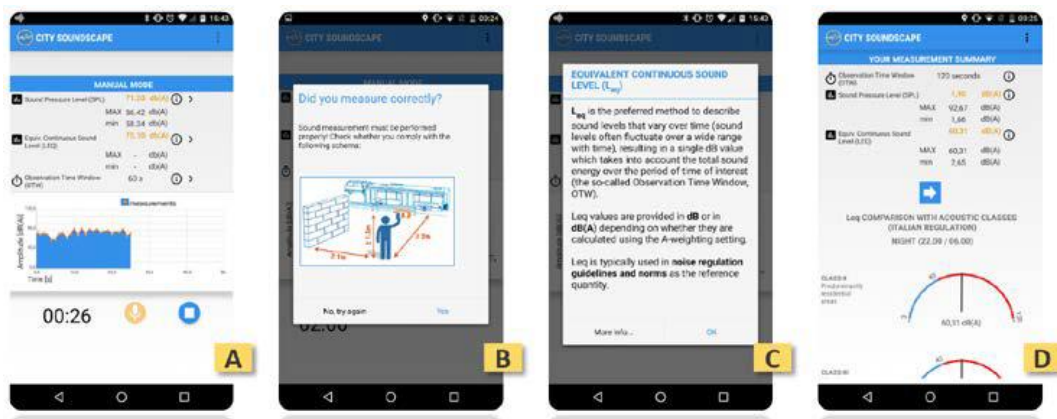


FIGURA 17 ESEMPI DI SCHERIMATE DI INTERFACCIA DELL'APP DI CITY SOUNDSCAPE

L'attività di monitoraggio può essere svolta in maniera autonoma da ogni studente [§11] e avviene principalmente all'aperto, in diverse zone della città [§13]. L'unico strumento necessario per la raccolta dei dati è uno smartphone o un tablet su cui sia stata installata la app City Soundscape [§14]. Il processo di registrazione del rumore ha una durata di qualche secondo. Il docente non ha un ruolo attivo nella fase di raccolta dei dati e può limitarsi a presentare e introdurre l'attività [§6]. I dati raccolti con il dispositivo elettronico vengono automaticamente inviati all'ente coordinatore [§19], corredati da indicazioni sulle coordinate spaziali (ottenibili tramite il sistema di localizzazione

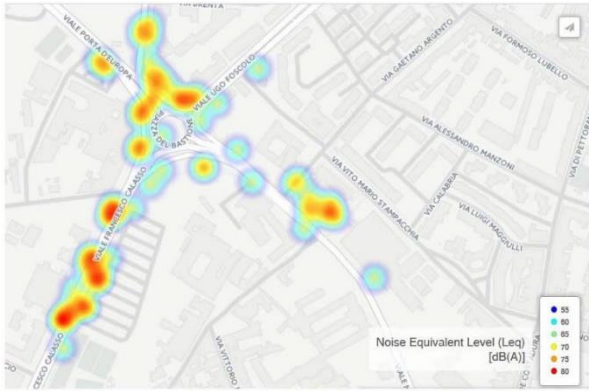


FIGURA 18 UNA MAPPA CHE MOSTRA I LIVELLI DI INQUINAMENTO ACUSTICO DELLE DIVERSE ZONE

GPS) e temporali della misurazione. I dati ottenuti vengono quindi utilizzati per creare delle mappe con i livelli di inquinamento acustico delle varie zone [§20]. In base alla classificazione proposta da Haklay, City Soundscape è un'attività di citizen science appartenente alla categoria *Passive sensing* [§10].

Anche se l'app è stata creata in modo da essere di facile comprensione, prima di iniziare l'attività di

raccolta dei dati è opportuno preparare in modo specifico i docenti al suo utilizzo. A tale scopo, i ricercatori ideatori del progetto organizzano corsi rivolti per gli insegnanti per istruirli sul principio di funzionamento dell'applicazione e spiegarne le potenzialità didattiche. I ricercatori restano comunque disponibili a collaborare con i docenti e risolvere eventuali problemi nell'utilizzo della app per tutta la durata dell'attività. Sul sito del progetto è inoltre disponibile una serie di materiali didattici per lo svolgimento delle lezioni introduttive alla fisica acustica e all'utilizzo della app, che costituiscono il prerequisito di conoscenze necessarie per partecipare in modo consapevole ed efficace all'attività di monitoraggio del rumore [§4]; tali materiali sono opportunamente tarati e diversificati in base al livello e al tipo di scuola in cui verranno utilizzati (secondarie di primo grado, licei, istituti tecnici...) [§17]. Il coinvolgimento di ogni classe nel progetto di citizen science, comprese le lezioni introduttive, ha una durata di circa un mese [§15] (47).

Gli scopi didattici principali del progetto riguardano non solo il miglioramento delle conoscenze di fisica acustica degli studenti mediante un'attività che li vede direttamente coinvolti nel ruolo di sperimentatori, ma anche la sensibilizzazione dei ragazzi nei confronti dell'inquinamento acustico e dei rischi per la salute che esso comporta, spesso sottovalutati dai più giovani (48) [§5].

Poiché il progetto è ancora in una fase iniziale non esistono veri e propri risultati definitivi; i risultati parziali ottenuti fino a questo momento sono alcune mappe dei livelli di rumore, consultabili, previa richiesta di login e password, sul sito web di City Soundscape. I dati sono ritenuti di potenziale interesse per numerose figure professionali: in primo luogo per gli amministratori locali, che potrebbero avviare misure di riduzione dell'inquinamento acustico nelle zone più critiche. Ma potrebbero risultare utili anche per albergatori, agenti immobiliari... per verificare lo stato delle zone di loro interesse [§22] [§23] (47) (49).

Il contest Trova l'alieno

Trova l'alieno è un'attività di tipo diverso rispetto alle due analizzate in precedenza, in quanto si configura come una sorta di competizione tra le diverse scuole con tanto di premi: venti kg di libri per la scuola vincitrice, dieci per la seconda classificata e cinque per la terza.

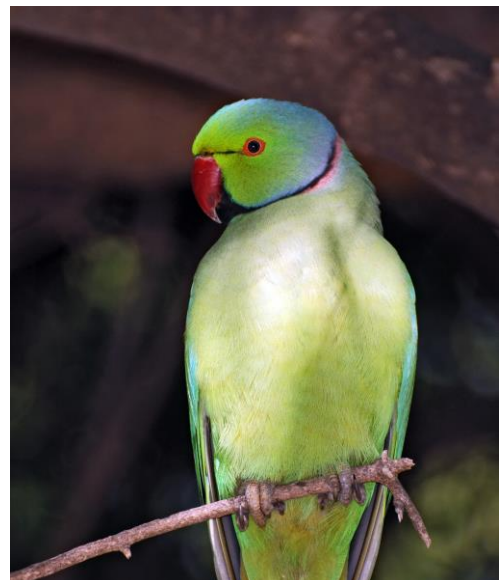
Il contest è nato all'interno del più ampio progetto di citizen science CSMON-LIFE, citato nel primo capitolo di questa tesi, e si è svolto nell'anno scolastico 2016-2017 [§9] [§15]. Tra gli enti organizzatori del progetto figurano il dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste e il dipartimento di biologia dell'Università La Sapienza di Roma, patrocinati dalla Regione Lazio e con la collaborazione di una serie di enti minori [§16].

Al progetto potevano partecipare le scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado [§1] della regione Lazio [§8] e per i tre diversi gradi scolastici erano previste tre diverse categorie di concorso (20).

Il contest si proponeva di sensibilizzare gli studenti partecipanti su una tematica di interesse ambientale, come la perdita di biodiversità sul territorio italiano dovuta all'introduzione di specie non autoctone che vanno ad occupare nicchie ecologiche di altre specie, entrando in competizione con queste, e alterando l'equilibrio degli ecosistemi invasivi. L'iniziativa voleva inoltre cercare di mappare la distribuzione sul territorio laziale di questi "alieni" [§12]. La materia di riferimento è quindi la biologia [§2] e, in particolare, la classificazione degli esseri viventi e lo studio della biodiversità [§3].

Il principale scopo didattico e formativo del progetto era quello di promuovere l'educazione ambientale di bambini e ragazzi utilizzando degli strumenti e un linguaggio adatti a catturare il loro interesse. Lavorare in gruppo e all'aperto, inoltre, costituiva un momento di crescita e di confronto tra i partecipanti e accresceva nei ragazzi la consapevolezza del valore ambientale del proprio territorio [§5].

Per partecipare al progetto una classe o una scuola doveva inviare per posta elettronica la propria candidatura all'ente organizzatore, ciascuno dei partecipanti (studenti e docenti) doveva scaricare l'app di CSMON-LIFE e inviare segnalazioni riguardo la presenza di alcune specie aliene nella regione Lazio. Sul sito del progetto era disponibile un elenco, completo di foto e descrizioni, delle specie



**FIGURA 19 UNA DELLE SPECIE "ALIENE"
OGGETTO DEL CONCORSO: IL PARROCCHETTO
DAL COLLARE**

animali o vegetali non autoctone oggetto del contest (la nutria, il parrocchetto dal collare, il fico d'india...). In base alla classificazione di Haklay, questa attività può quindi essere considerata appartenente alla categoria dell'*Environmental and Ecological Observation* [§10].

Per prendere parte al contest, era necessario che i partecipanti possedessero una conoscenza dell'aspetto e degli habitat delle specie non autoctone da mappare, in modo da poterle riconoscere, e che fossero in grado di utilizzare l'app di CSMON-LIFE [§4]. Le osservazioni avvenivano all'aperto [§13] e potevano essere effettuate sia singolarmente sia in gruppo [§11], utilizzando un tablet o uno smartphone per inviare le segnalazioni dotato dell'app dedicata al progetto [§14] [§19]. I docenti, oltre a poter partecipare in prima persona al contest, avevano il compito di coordinare l'operato degli studenti e di produrre alla fine del lavoro una breve relazione sulle attività svolte in classe o sul campo, da inviare all'ente organizzatore [§6].

Analogamente a quanto avviene con le altre campagne del progetto CSMON-LIFE, tutte le segnalazioni inviate nell'ambito del contest venivano validate da esperti prima di essere inserite nel database del NNB [§20] [§22]. Alla conclusione dell'attività, i nomi delle scuole vincitrici sono stati pubblicati sul sito del progetto [§18] [§23].

L'interazione tra i partecipanti e l'ente scientifico organizzatore avveniva principalmente attraverso il sito internet del progetto, dove erano disponibili tutte le informazioni necessarie per iscriversi e partecipare. Inoltre, prima dell'inizio del contest, era stata inviata alle scuole del territorio laziale una comunicazione per mettere al corrente insegnanti e dirigenti scolastici dell'esistenza del progetto *Trova l'alieno* e spingerli ad aderirvi [§7].

A sostegno dei docenti impegnati nell'attività, per tutta la sua durata sono stati organizzati seminari e incontri con esperti, ai quali potevano partecipare sia i docenti sia gli studenti, per presentare il progetto, distribuire materiale utile allo svolgimento dell'attività e affrontare le principali tematiche oggetto del contest [§17] (20).

Il progetto SKYSEF

SKYSEF (Shizuoka Kita Youth Science and Engineering Forum) è un forum scientifico internazionale organizzato nell'ambito del progetto *Super Science School* del Ministero della Istruzione, Cultura, Sport, Scienza e Tecnologia del Giappone, da una scuola superiore giapponese, la Shizuoka Kita High School [§16]. Il progetto è rivolto a studenti delle scuole superiori di secondo grado, [§1] provenienti da tutto il mondo [§8] (50).

Durante il forum, che si svolge ogni anno a partire dal 2007 nella prima metà di agosto [§9], gli studenti presentano i risultati di progetti di ricerca da loro ideati e portati a compimento nei mesi precedenti, solitamente con la collaborazione di scienziati dei loro Paesi di origine [§12]. Poiché sono gli studenti stessi, con l'aiuto di docenti [§6] e ricercatori, a scegliere il tema oggetto della ricerca e a progettare l'attività sperimentale, spesso scegliendo un tema con uno stretto legame con il loro territorio (51), questa attività di citizen science può essere fatta ricadere nella categoria della *Civic/Community science*, in base alla classificazione proposta da Haklay [§10].



FIGURA 20 I PARTECIPANTI A SKYSEF NEL 2016

Le attività di ricerca proposte dagli studenti possono riguardare una delle seguenti tematiche: energia, ambiente o biodiversità [§3]. Non esiste quindi una specifica materia di riferimento ma, in base al progetto di ricerca scelto, l'attività può essere più vicina alla fisica, alla biologia, alla chimica o anche alle scienze della terra [§2]. Anche i materiali necessari per la sperimentazione e i luoghi di svolgimento dell'attività variano in base all'argomento di ricerca selezionato [§13] [§14]. La ricerca viene svolta collettivamente da un gruppo di studenti appartenenti alla stessa scuola superiore [§11] nell'arco di alcuni mesi, sia durante l'anno scolastico, sia nelle vacanze [§15]; poiché si tratta di un'attività piuttosto onerosa, che richiede un impegno prolungato, solitamente al progetto non partecipa un'intera classe, ma solo un gruppo di ragazzi volontari, particolarmente motivati. Per presentare i risultati della ricerca, gli studenti, accompagnati dall'insegnante coordinatore del progetto, si recano per una settimana in Giappone in occasione del forum (51). Le ricerche effettuate vengono esposte mediante presentazioni orali della durata di circa quindi minuti e attraverso poster realizzati dagli studenti [§19]; al termine del forum vengono premiate le attività di ricerca ritenute migliori [§18].

SKYSEF risulta un'esperienza particolarmente formativa per i ragazzi sotto diversi aspetti; permette infatti di aumentare in modo significativo le loro conoscenze su un argomento specifico, li avvicina al mondo della ricerca coinvolgendoli direttamente in tutte le fasi della progettazione e dello svolgimento di un esperimento e consente loro di sviluppare una serie di competenze trasversali, come la capacità di schematizzazione o di problem solving. Infine, anche l'esperienza del viaggio in sé risulta estremamente istruttiva, portando i ragazzi a contatto con coetanei provenienti da Paesi diversi e "obbligandoli" a usare la lingua inglese per comunicare [§5].

Il coinvolgimento di studenti italiani nel progetto SKYSEF inizia circa sei o sette anni fa, quando i docenti di alcune scuole superiori campane sono stati informati della sua esistenza da ricercatori dell'Università Federico II di Napoli, che, a loro volta, ne erano venuti a conoscenza grazie ai colleghi giapponesi [§7]. Nel 2012 si è quindi avviata una partnership, denominata *Scienza e Scuola: un ponte con il Giappone* tra la Shizuoka Kita High School e diverse scuole campane (50). A partire da quell'anno diverse scuole del territorio campano hanno iniziato a partecipare annualmente a SKYSEF, avvalendosi della collaborazione dei ricercatori dell'Università Federico II per la progettazione e lo sviluppo delle attività di ricerca [§17].

Le ricerche presentate dalle scuole italiane nel corso delle ultime edizioni hanno riguardato ambiti molto diversi tra loro: dallo studio dell'inquinamento del fiume Sarno, al monitoraggio della presenza della Vespa Velutina, una specie non autoctona, in Campania, alla realizzazione del prototipo di un dispositivo per ricavare energia elettrica dalle onde del mare. In alcuni casi, le attività sperimentali ideate dai ragazzi sono state continuate, in modo più professionale, dai ricercatori dell'Università Federico II e hanno portato a pubblicazioni scientifiche [§23].



FIGURA 21 IL DISPOSITIVO REALIZZATO DAGLI STUDENTI DEL LICEO A. GATTO PER RICAVARE ENERGIA ELETTRICA DALLE ONDE DEL MARE

5. Proposte di attività di citizen science sui libri scolastici

In questo capitolo sono illustrati i risultati di una rassegna effettuata sui libri di testo di scienze per le scuole secondarie, allo scopo di individuare in essi la presenza di proposte di attività di citizen science. Come è stato mostrato nei capitoli precedenti, i progetti di citizen science potrebbero costituire un valido esempio di compito di realtà (hanno uno stretto collegamento con il mondo esterno, si prestano a collegamenti interdisciplinari, non sono risolvibili con un procedimento meccanico...), e quindi potrebbero essere usati come strumento di valutazione delle competenze, in accordo con quanto stabilito dalle Linee Guida.

Il metodo di ricerca

Visto il grande numero di libri per le materie scientifiche delle scuole secondarie, non sarebbe stato possibile effettuare una rassegna dettagliata di tutte le opere esistenti. Per restringere l'analisi a quelle più rilevanti per lo scopo di questa tesi, sono stati quindi contattati gli editor e i responsabili delle aree scientifiche delle principali case editrici di editoria scolastica, in modo da ricevere indicazioni sui titoli di maggiore interesse. In particolare abbiamo chiesto informazioni a:

- Martha Fabbri, responsabile dell'Area scientifica di Mondadori Education
- Isabella Randone, responsabile dell'Area scientifica di Rizzoli Education
- Elena Bacchilega, science editor presso Zanichelli editore
- Cristina Gatti, senior publisher presso la casa editrice Pearson
- Francesca Rizzo, caporedattore presso De Agostini Scuola
- Marco Mauri, science editor per la casa editrice Principato.

In base alle indicazioni ricevute, l'analisi è stata ristretta a due sole opere: il fascicolo *Focus Natura Green. Educazione ambientale e sviluppo sostenibile* (52), associato all'omonimo corso di scienze per le scuole secondarie di primo grado (36) e realizzato con la collaborazione del WWF, e il corso di scienze, ancora per le scuole secondarie di primo grado, *Protagonisti delle scienze* (35).

I risultati dell'analisi sono presentati in maniera qualitativa nei prossimi paragrafi.

Focus Natura Green: educazione al rispetto dell'ambiente

Focus Natura Green. Educazione ambientale e sviluppo sostenibile (52) è un piccolo volume di circa 130 pagine, interamente dedicato all'educazione ambientale, che si propone di rendere consapevoli gli studenti dell'impatto umano sull'ambiente. Gli argomenti affrontati sono molteplici e spaziano dallo spreco delle risorse idriche alla perdita di biodiversità, a causa dei danni provocati dalle attività umane sugli ecosistemi.

Il fascicolo realizzato in collaborazione con il WWF, pur non contenendo vere e proprie proposte di attività di citizen science, risulta interessante per lo scopo di questa tesi per il modo in cui ogni argomento affrontato è strettamente collegato con la realtà quotidiana degli studenti e per la ricca proposta di attività pratiche. Alcune di queste, come vedremo nel seguito del paragrafo, hanno diversi punti in comune con i progetti di citizen science.

Ogni capitolo del libro è dedicato a uno specifico aspetto dell'impatto umano sul pianeta e accanto alla descrizione del fenomeno sono spesso presenti dei box con suggerimenti su come modificare il proprio stile di vita per conformarlo a un maggiore rispetto dell'ambiente. Per esempio, nel

paragrafo dedicato all'*overfishing*, lo sfruttamento sconsiderato delle risorse ittiche, si trova un box denominato *Che cosa possiamo fare noi?* Qui è indicato quali sono le specie di pesci che possono essere consumate senza mettere a rischio gli ecosistemi marini, e quali invece è meglio non acquistare perché già eccessivamente sfruttate.

Inoltre, tutti i capitoli sono conclusi da una o più proposte di compiti di realtà, sempre riguardanti tematiche di interesse ambientale inerenti all'argomento affrontato. In alcuni casi questi compiti assomigliano a una vera e propria attività

sperimentale, simile a quelle che vengono condotte dai partecipanti ai progetti di citizen science. Il capitolo dedicato all'aria e all'inquinamento atmosferico, per esempio, si conclude con una proposta di attività di monitoraggio della qualità dell'aria nella quale vengono utilizzate come rudimentali rivelatori delle vecchie lenzuola bianche. Gli studenti devono collocare i pezzi di lenzuola in diversi punti della città, sia in zone inquinate (strade trafficate, aree industriali...), sia in zone dove l'aria è

CHE COSA POSSIAMO FARE NOI?
Come consumatori, possiamo fare la differenza: l'Unione Europea raccomanda di acquistare specie ittiche che sono state allevate o pescate senza depredare i mari. Basta andare a **fare la spesa "preparati"**: ecco una tabella che può aiutarti a scegliere in maniera sostenibile.

	OTTIMA SCELTA	BUONE ALTERNATIVE	EVITARE L'ACQUISTO
acciuga	S	branzino	A anguilla* S
ostrica	A	capasanta	S cernia S
pagello	S	calamaro	S nasello S
sarago	S	polpo	S orata S
sardina	S	ricciola	S pesce spada* S
sgombro	S	scampo	S platessa S
trota	S A	seppia	S salmone* S A
vongola	S	triglia	S tonno rosso e pinna gialla* S

A = allevato S = selvatico
* = limitare il consumo per la presenza di mercurio e altri inquinanti

FIGURA 22 IL BOX DEDICATO ALL'EDUCAZIONE AL CONSUMO RESPONSABILE DELLE RISORSE ITTICHE

Situazione In città, numerose centraline misurano la concentrazione degli inquinanti atmosferici. Grazie a questa rete di rilevamento è possibile monitorare costantemente la qualità dell'aria nelle aree urbane e intervenire in caso di superamento dei limiti dei parametri.



Compito Mappate le aree a maggiore rischio di inquinamento atmosferico della città o del paese in cui vivete. Come centraline utilizzate vecchie lenzuola bianche che, esposte all'aria per un mese, cambieranno colore a seconda dell'inquinamento. Riportate poi i risultati su una mappa in modo da avere un quadro complessivo delle aree a rischio.

FIGURA 23 IL COMPITO DI REALTÀ SUL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

più pulita (parchi, aree agricole...) e lasciarle esposte per circa un mese. Al termine di questo periodo, i ragazzi devono recuperare le lenzuola e fare una stima del livello di inquinamento atmosferico delle diverse zone in base al cambiamento di colore avvenuto in esse.

L'attività proposta presenta diverse somiglianze con i progetti di citizen science della categoria *Environmental and Ecological Observation*; come in una vera attività di ricerca, gli studenti devono analizzare il territorio per individuare i luoghi più idonei in cui posizionare i "rivelatori", coordinare il lavoro di gruppo e interpretare i dati ottenuti. Tuttavia, questa non può essere considerata una vera e propria attività di citizen science così come è stata definita nell'ambito di questa tesi, perché non è previsto che i dati relativi ai livelli di inquinamento nelle diverse zone della città siano comunicati ad altri oltre ai partecipanti.

Protagonisti delle scienze per sviluppare le competenze

Il libro *Protagonisti delle scienze* (35), già citato nel corso di questa tesi, è un corso di scienze per le scuole secondarie di primo grado caratterizzato da un approccio fortemente induttivo nelle parti di spiegazione teorica e da una costante attenzione per la didattica per competenze. Le lezioni sono sempre introdotte con un esperimento o un'attività pratica per stimolare la discussione e lo sviluppo di ipotesi, che sono poi indagate nella parte successiva di esposizione teorica. La spiegazione è corredata da esempi concreti, inerenti alla realtà quotidiana, e da attività sperimentali facilmente realizzabili.

In questa opera è stato trovato un raro esempio di attività di citizen science presentata in un libro scolastico italiano per le scuole secondarie. L'attività in questione propone di prendere parte a una ricerca pubblica sull'evoluzione di una specie di chiocciola (il progetto *Evolution MegaLab*) ed è inserita al termine del capitolo dedicato alla teoria dell'evoluzione. Nell'ambito del libro di testo è proposta come attività per competenze basata su una vera indagine scientifica. Sul libro è spiegato lo scopo del progetto e sono sintetizzate le istruzioni per parteciparvi; è inoltre riportato l'URL del sito web sul quale è necessario registrarsi per prendere parte all'attività come volontari.

Nel seguito è riportata un'analisi qualitativa del progetto seguendo la griglia proposta nel capitolo precedente; successivamente, sarà valutata la modalità di presentazione nel testo.

INDAGINE SCIENTIFICA

Problem solving
Public science
Risorse digitali

Ricerca pubblica sull'evoluzione di una chiocciola

Alcuni organismi, per le loro caratteristiche, si prestano meglio di altri a essere studiati dal punto di vista evolutivo. Uno di questi è *Cepaea nemoralis*, una piccola chiocciola con un guscio in diverse varianti di colori: rosa, marrone o giallo, con una riga scura, o più righe (fino a 5) o anche nessuna. Un gruppo di scienziati europei sta controllando la distribuzione nello spazio e nel tempo delle sue diverse forme per utilizzarla come modello di studio dell'evoluzione. Essi si chiedono:

- Quasi sono i colori del guscio e le bande più frequenti?
- La frequenza dei colori è la stessa in tutti i paesi europei?
- In tutti gli habitat?
- Da che cosa dipende?

Prova tu a fare delle ipotesi che rispondano a queste domande e confrontale con quelle dei tuoi compagni.



Le ipotesi degli scienziati

Tre sono le ipotesi fatte dagli scienziati sulla variabilità dei gusci di *Cepaea nemoralis*. Il fenomeno può dipendere da:

- selezione naturale dovuta ai predatori. Le chioccioline che si mimetizzano meglio con l'ambiente circostante grazie al colore e alle bande del guscio sfuggono ai predatori, soprattutto uccelli (fordi), ma anche porcellini;
- selezione naturale dovuta ad adattamento al clima. Se il clima è freddo, sono favorite le chioccioline più scure, perché i loro gusci si scaldano più rapidamente rendendole più attive rispetto alle chioccioline chiare;
- casualità. Non tutto quello che osserviamo negli organismi viventi è frutto di selezione naturale e adattamento, esistono infatti, differenze casuali di particolari che non sono determinanti per la sopravvivenza.

Fasi della ricerca

Per rispondere a queste domande occorre controllare le caratteristiche di tantissimi esemplari, raccolti in luoghi diversi. Per questo si è formato un gruppo di ricerca tra 14 paesi europei che chiede il **contributo pubblico (Public science)** anche di scuole e altri enti. Anche tu puoi trasformarti in un vero ricercatore e partecipare al progetto, che in Italia è chiamato **Emi (Evolution MegaLab Italia)**. Con l'assistenza dei tuoi insegnanti o di altri adulti, cerca le informazioni che ti occorrono in biblioteca e in rete. I siti ufficiali di questa ricerca sono: <http://www.unife.it/dipartimento/biologia-evoluzione/progetti/emi> www.evolutionmegalab.org/it. In sintesi dovrà:

1. conoscere com'è organizzata la ricerca, le sue ipotesi di base e la modalità per collaborare;
2. considerare alcuni effetti del riscaldamento globale sulle specie;

3. imparare a riconoscere le caratteristiche delle chioccioline di *Cepaea nemoralis* seguendo le indicazioni, molto chiare, sui siti ufficiali della ricerca: occorre guardare il colore del **labbro** che deve essere **marrone scuro** e la forma dell'**ombelico** che è **chiuso**.



4. raccogliere esemplari di *Cepaea nemoralis*: li potrai trovare in prati, boschi e giardini in tutte le regioni italiane, escluse le isole. È più facile trovarle in primavera-estate, durante o dopo la pioggia e nelle prime ore del mattino, quando c'è la rugiada. Per effettuare la ricerca delimita, anche grossolanamente, un'area (es. 20 m x 20 m), andando a controllare soprattutto sotto le foglie o in altri angoli riparati. Gli animali da esaminare devono essere **adulti**, con dimensioni di 20-24 cm. Se non sei sicuro, scarta l'esemplare. Puoi considerare anche **animali morti**, escludendo però i gusci chiaramente danneggiati e troppo vecchi;

5. catalogare gli esemplari raccolti utilizzando il modulo di campionamento che puoi scaricare dal sito. Per ogni *Cepaea nemoralis* trovata, osserva il colore e il numero di bande e segna a quale dei 9 diversi tipi previsti appartiene. Dopo averla raccolta e osservata, metti la chiocciola dove l'hai trovata per evitarle sofferenze. Ideale è raccogliere una cinquantina di individui, ma anche 5 o 6 vanno bene. Per ogni area in cui cerchi compila un diverso modulo di cam-

pionamento dove indicherai il nome della località, o, meglio ancora, se disponi di un navigatore satellitare, della sua latitudine e longitudine. Sul sito web di Evolution MegaLab trovi le mappe satellitari che puoi utilizzare per posizionare esattamente la tua area di ricerca;

5. registrarti al sito web www.evolutionmegalab.org/it seguendo le istruzioni e inserendo i tuoi dati. A questo punto potrai visualizzare graficamente i risultati della tua ricerca e confrontarli con i dati raccolti in aree vicine o lontane, recentemente o nel passato.

Conclusioni

1. Ci sono somiglianze/differenze significative tra i ritrovamenti fatti in aree a te vicine? In habitat diversi? In climi diversi? In diversi momenti storici?
2. In base a quello che hai scoperto, ti pare che le tue ipotesi iniziali siano confermate o no? Perché?
3. I risultati della tua ricerca e quelli del sito ti suggeriscono altre riflessioni?

Autovalutazione

Sottolinea nell'elenco seguente le abilità che hai messo in gioco per portare a termine l'indagine e aggiungi quelle che ti sembra che manchino.

Osservare, misurare, calcolare, confrontare, ideare esperienze, descrivere, mettere in relazione, fare previsioni, formulare ipotesi, porsi domande, trarre conclusioni, sperimentare, leggere tabelle, spiegare grafici, rappresentare dati, cercare informazioni, applicare conoscenza, riflettere sui risultati, compilare tabelle, comprendere termini, usare il foglio di calcolo, usare strumenti, argomentare, usare simboli, esprimere opinioni, prendersi cura dell'ambiente.



FIGURA 24 LE PAGINE DEL LIBRO *PROTAGONISTI DELLE SCIENZE* IN CUI È PRESENTATA L'ATTIVITÀ DI CITIZEN SCIENCE

Il progetto Evolution MegaLab

Evolution MegaLab è un'attività di citizen science iniziata nel 2009 e ancora attiva [§9] a cui partecipano volontari provenienti da quattordici diversi Paesi europei [§8]; il progetto è stato ideato dalla Open University, un'università pubblica britannica, e in Italia è coordinato dal Dipartimento di Biologia ed Evoluzione dell'Università di Ferrara e dal Museo di Storia Naturale di Ferrara, in collaborazione con la SIBE (Società Italiana di Biologia Evoluzionistica), l'ANMS (Associazione Nazionale Musei Scientifici) e l'ANISN (Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali) [§16]. Non si tratta di un'attività pensata in modo specifico per le scuole, anche se il progetto ha cercato fin dall'inizio di coinvolgere studenti e docenti inviando comunicazioni alle scuole di ogni ordine e grado [§1] [§7], e mettendo a disposizione sul proprio sito web materiali di supporto agli insegnanti che decidono di partecipare [§17] (53).

Lo scopo del progetto è studiare, avvalendosi delle segnalazioni dei volontari, la distribuzione sul territorio delle varianti di una specie di chiocciola, la *Cepaea nemoralis*, che si distinguono per il



FIGURA 25 ESEMPLARI DI *CEPAEA NEMORALIS* CON GUSCI DI COLORE DIVERSO










diverso colore del guscio, e di indagare se la variabilità dei gusci sia collegata a un processo di selezione naturale. Gli scienziati pensano infatti che la variazione spaziale delle distribuzioni dei colori delle chioccioline sia legata a una forma di adattamento per rendersi meno visibili ai predatori, che fa sì che gli individui con la conchiglia più scura tendano a essere più comuni nel bosco, dove

il colore marrone è predominante, mentre nei prati le chioccioline tendano ad avere colori più chiari. Inoltre, dato che le chioccioline con conchiglie più scure sono più comuni al Nord rispetto che al Sud, è anche possibile che la distribuzione dei colori delle conchiglie sia legata a fattori climatici, poiché i gusci più scuri si scaldano più velocemente alla luce del sole e questo permette agli animali delle aree più fredde di essere maggiormente attivi rispetto alle chioccioline di colore chiaro. Il progetto Evolution MegaLab si propone di verificare questa ipotesi indagando se le conchiglie più chiare, in seguito al riscaldamento climatico, sono adesso più comuni al Nord rispetto al passato [§12] (53). In base alla classificazione di Haklay, l'attività può essere considerata un progetto di *Environmental and Ecological Observation* [§10].

La materia a cui fa riferimento il progetto è la biologia [§2] e, in particolare, i meccanismi dell'evoluzione e della selezione naturale [§3].

Prima di iniziare la ricerca degli esemplari di chioccioline, è necessario che i volontari imparino a riconoscere gli esemplari della specie *Cepaea nemoralis*, leggendo la descrizione delle loro principali caratteristiche sui siti ufficiali della ricerca [§4] (53) (54). Le osservazioni delle chioccioline devono essere condotte all'aperto, preferibilmente in primavera o estate, durante o dopo la pioggia o nelle prime ore del mattino, quando c'è la rugiada [§13]; durante la fase di ricerca degli esemplari non è necessario alcun tipo di strumentazione, mentre per la condivisione dei dati con l'ente scientifico di riferimento è necessario un dispositivo elettronico dotato di una connessione internet [§14]. La ricerca può essere svolta sia singolarmente sia in gruppo [§11], sotto la supervisione dell'insegnante [§6], non esiste un numero minimo o massimo di esemplari di chiocciolina da trovare e anche la durata dell'attività di ricerca non è fissata [§15]. Per catalogare gli esemplari trovati si può utilizzare il modulo per il campionamento scaricabile dal sito (53) e mostrato nell'immagine alla pagina seguente, dove vanno indicati le caratteristiche delle chioccioline, la data e il luogo di ritrovamento.

Modulo per il campionamento

Gialle		Rosa		Marrone	
Senza bande	 Totale morfotipo	Senza bande	 Totale morfotipo	Senza bande	 Totale morfotipo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Una banda	 Totale morfotipo	Una banda	 Totale morfotipo	Una banda	 Totale morfotipo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Più bande	 Totale morfotipo	Più bande	 Totale morfotipo	Più bande	 Totale morfotipo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nome e Cognome		Data e ora:		Località:	
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Tipo di ambiente (bosco, cespugli, siepi, prato, erba alta, dune di sabbia)					
<input type="text"/>					

EMI (Evolution Megalab Italia) è parte di un progetto europeo. In Italia è coordinato da SIBE, ANMS, ANISN e SIM

FIGURA 26 IL MODULO PER IL CAMPIONAMENTO SCARICABILE DAL SITO

Al termine dell'osservazione i dati possono essere inseriti nel database del progetto attraverso una semplice procedura da effettuare sul sito internet dell'attività [§19] e verranno utilizzati per creare una mappatura delle diverse tipologie di *Cepaea nemoralis* presenti in Europa [§20]. I dati ottenuti fino a questo momento sono visualizzabili graficamente attraverso una mappa presente sul sito web [§23] (53).

Dal punto di vista didattico, questa attività di citizen science porta gli studenti partecipanti a comprendere meglio i meccanismi di adattamento all'ambiente degli organismi e il processo di selezione naturale; inoltre identificare gli esemplari di chioccioline sulla base di un modello aiuta a sviluppare le loro capacità di analisi e di schematizzazione [§5].

Il progetto Evolution MegaLab in un testo scolastico

In un libro di testo spesso lo spazio a disposizione per ampliare il discorso rispetto ai contenuti principali di una disciplina è scarso: qui l'attività è presentata nell'ambito di una doppia pagina affiancata (una strategia di presentazione in pagina tipicamente adottata per migliorare la leggibilità di un contenuto) e con relativamente poco testo, facendo attenzione a rispettare i canoni di un compito di realtà:

- una breve introduzione di contesto che aiuta gli studenti a capire il senso di quello che dovranno fare;
- i richiami al metodo (nel box “Le ipotesi degli scienziati”);
- le istruzioni per operare (“Fasi della ricerca”);
- una traccia per stilare le conclusioni dell’attività (“Conclusioni”);
- una traccia per l’autovalutazione dell’attività da parte degli studenti (“Autovalutazione”), che è una delle fonti di valutazione di un’attività per competenze da parte del docente.

Alcune tag (in alto a destra nella seconda pagina) dichiarano le competenze che saranno sviluppate grazie a questa attività: Problem solving, Public science (si noti che questa espressione è usata dagli autori in luogo di “citizen science”), Risorse digitali.

Le immagini sono gradevoli e portatrici di contenuto significativo: mostrano le specie che gli studenti dovranno osservare e un’anteprima della scheda per tracciare la propria osservazione, scaricabile dal sito dell’iniziativa.

Il linguaggio è semplice ma non semplicistico: le fasi della ricerca sono presentate senza scorciatoie. In questo senso la proposta sfida gli studenti a una partecipazione attiva, mostrando loro che possono dare un contributo e cogliendo lo spirito delle attività di citizen science.

Citizen science sui libri scolastici: vantaggi e difficoltà

Dalla ricerca svolta sui testi scolastici per le scuole secondarie emerge l’estrema rarità delle proposte di attività di citizen science. Visto il significativo carattere dell’opera *Protagonisti delle scienze* per quanto riguarda l’oggetto di questa tesi, sono stati intervistati gli autori del libro – Grazia Bertini, Pietro Danise ed Emilia Franchini – con lo scopo di comprendere perché abbiano deciso di inserire un progetto di citizen science nel proprio testo e per quale motivo secondo loro, fino a questo momento, nessuno degli altri autori di libri scolastici per la scuola secondaria di secondo grado sembri aver fatto altrettanto (55).

Nell’opinione degli autori, la scelta di inserire una vera ricerca scientifica su un libro costituisce senza dubbio uno spunto interessante per gli studenti, perché mostra applicazioni reali degli argomenti studiati e risulta più gratificante da svolgere rispetto ad attività sperimentali “fittizie”, come per esempio i laboratori didattici.

Allo stesso tempo, però, Bertini, Danise e Franchini sono consapevoli che mettere progetti di citizen science sui libri presenta anche delle potenziali difficoltà. In primo luogo, attività di questo genere

potrebbero non incontrare il favore di alcuni docenti. Infatti, se da un lato esistono insegnanti fortemente interessati alla didattica innovativa e pronti a sperimentare nuove tipologie di attività, che quindi potrebbero apprezzare la presenza di proposte di citizen science, dall'altro ne esistono molti di più legati a una didattica di tipo tradizionale: per questo tipo di docenti attività di citizen science non costituirebbero un valore aggiunto del libro, ma anzi potrebbero spingerli a decidere di scartare il libro a favore di uno più vicino agli standard consolidati. Un libro che facesse delle attività di citizen science il suo punto di forza rischierebbe quindi di essere un libro di nicchia, adottato solo da poche classi e poco remunerativo per gli autori e per la casa editrice.

Inoltre non va sottovalutato il problema posto dalla durata limitata nel tempo delle attività di citizen science: se una di quelle citate su un libro termina quando il testo è ancora in commercio, si verifica la spiacevole situazione di avere sul libro un'attività obsoleta e non più realizzabile.

Conclusioni

Lo scopo di questa tesi era indagare in che modo i progetti di citizen science si integrino nella didattica delle scienze nelle scuole secondarie, analizzando alcuni progetti a cui avessero preso parte scuole italiane (diversi per target, ambito di riferimento e tipologia di attività) e valutando la presenza di proposte di attività di citizen science sui libri di testo.

Dall'analisi condotta sui progetti scelti come campione, risulta che la citizen science può essere un'attività efficace dal punto di vista didattico e formativo per gli studenti: rappresenta non solo uno strumento per accrescere il loro interesse nei confronti del mondo della scienza, mostrando come le conoscenze apprese sui libri possano essere messe in pratica; ma anche, più in generale, un'occasione per lo sviluppo a tutto tondo degli studenti come persone (obiettivo non secondario dell'educazione scolastica). Partecipando come volontari a un'attività di ricerca, infatti, gli studenti si trovano immersi in un contesto profondamente diverso dall'ambiente didattico a cui sono abituati, e per riuscire ad affrontare queste situazioni nuove devono fare uso di una serie di capacità e risorse personali, che comprendono la messa in pratica di nozioni teoriche, la capacità di schematizzare una situazione, di creare relazioni tra contesti e ambiti disciplinari diversi e di lavorare in gruppo. L'attività di citizen science si configura quindi come una vera e propria "attività per competenze", come è stato spiegato nei capitoli precedenti.

L'offerta di attività di citizen science rivolta dagli enti di ricerca a insegnanti e studenti italiani è ampia e diversificata; i progetti, infatti, riguardano ambiti diversi (biologia, educazione ambientale, fisica...) e prevedono livelli di coinvolgimento dei volontari molto differenti tra loro: da un lato, esistono progetti relativamente poco impegnativi, quasi simili a un gioco e adatti anche agli studenti più giovani (per esempio il contest Trova l'alieno); dall'altro sono presenti anche attività più complesse, che richiedono un maggiore impegno nell'introduzione preliminare così come nello svolgimento, ma possono risultare interessanti e stimolanti per i ragazzi più grandi (per esempio il progetto RadioLab).

Nonostante la grande diversità dei progetti scelti come campione, è stato possibile individuare tra essi un aspetto comune: in tutte le attività analizzate l'ente scientifico di riferimento si è adoperato per aiutare i docenti nello svolgimento del progetto. In molti casi, per esempio, gli insegnanti potevano avvalersi di materiali didattici già pronti (diapositive per presentazioni, documenti con spunti per le spiegazioni introduttive o di approfondimento...) o potevano incontrare i ricercatori

responsabili del progetto per chiedere chiarimenti ed essere preparati sugli aspetti più complessi dell'attività.

Dall'analisi dei testi scolastici, è invece risultato che i libri non sono il mezzo più adatto per portare all'attenzione degli insegnanti la citizen science; infatti, sui testi per le scuole secondarie è stato trovato solo un esempio di proposta di attività di questo tipo. I motivi di questa scarsa presenza sono probabilmente da ricercarsi nelle logiche di mercato: nonostante il potenziale educativo, la citizen science è, al momento, conosciuta e praticata solo da una minoranza dei docenti. Inserire proposte di attività di citizen science sui libri non è quindi una priorità delle case editrici, che puntano invece a creare opere appetibili per il massimo numero possibile di docenti.

In futuro, tuttavia, è verosimile – e auspicabile, visto il potenziale didattico della citizen science discusso nella tesi – che le cose cambino; la scuola è un'istituzione in costante cambiamento per adattarsi all'evoluzione del mondo circostante. Se solo a metà degli anni Novanta del secolo scorso l'idea che studenti delle scuole medie e superiori (e addirittura elementari!) potessero calarsi nei panni di ricercatori sarebbe sembrata fantascientifica, possiamo invece immaginare che da qui ai prossimi quindici o venti anni la didattica si evolverà per includere attività di citizen science a scuola. Come è stato illustrato, i docenti italiani non mostrano ancora un forte interesse per le attività di citizen science; tuttavia, un'adeguata formazione o anche solo un proficuo scambio tra colleghi potrebbero cambiare la situazione. È infatti in corso un forte rinnovamento del corpo docente e, rispetto al passato, capita spesso che i neoassunti abbiano nel curriculum esperienze di ricerca: da un lato potrebbero aver partecipato in prima persona ad attività di citizen science, lavorando per uno degli enti promotori delle attività e avendone comprese le potenzialità e la metodologia; dall'altro potrebbero aiutare i colleghi che non hanno mai fatto ricerca a comprendere il senso delle attività di citizen science in classe e a organizzarle in modo che diano un contributo significativo alla ricerca.

Appendice A. La griglia di valutazione per la prova di fisica

ISTRUZIONI per la compilazione

Il presente documento si compone di due parti, una (sezione A) relativa alla valutazione dei problemi, e una (sezione B) relativa alla valutazione dei quesiti.

Gli indicatori della rubrica (**sezione A**) sono descritti in quattro livelli; a ciascun livello sono assegnati dei punteggi, il valor massimo del punteggio della sezione A è 75. Nel problema è richiesto allo studente di rispondere a **4 quesiti** che rappresentano le **evidenze** rispetto alle quali si applicano i **quattro indicatori di valutazione**:

1. lo studente **esamina la situazione fisica proposta e riconosce modelli o analogie o leggi formulando ipotesi esplicative** adatte alle richieste secondo 4 livelli di prestazione (L1, L2, L3, L4 in ordine crescente) ai quali è assegnato un punteggio all'interno della fascia;
2. lo studente **formalizza la situazione problematica applicando gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti** per ottenere il risultato di ogni singola richiesta secondo 4 livelli di prestazione (L1, L2, L3, L4 in ordine crescente) ai quali è assegnato un punteggio all'interno della fascia;
3. lo studente **interpreta e elabora i dati proposti**, anche di natura sperimentale, **verificandone la pertinenza al modello scelto** secondo 4 livelli di prestazione (L1, L2, L3, L4 in ordine crescente) ai quali è assegnato un punteggio all'interno della fascia;
4. lo studente **descrive il processo risolutivo adottato e comunica con un linguaggio specifico** i risultati ottenuti **valutando la coerenza** con la situazione problematica proposta secondo 4 livelli di prestazione (L1, L2, L3, L4 in ordine crescente) ai quali è assegnato un punteggio all'interno della fascia.

La colonna **evidenze** individua quale/i dei 4 quesiti del problema sia/siano direttamente connesso/i all'indicatore; un quesito può afferire a più indicatori.

La griglia della **sezione B** ha indicatori che **afferiscono alla sfera della conoscenza, dell'abilità di applicazione e di calcolo e permette di valutare i sei quesiti di cui lo studente ne deve svolgere tre a sua scelta.**

Per ciascuno dei sei quesiti è stabilita la fascia di punteggio per ogni indicatore dipendente dal tipo di quesito. Il totale del punteggio per ogni quesito è **25**, e dovendone lo studente risolvere **tre su sei**, il punteggio massimo relativo ai quesiti è **75**, **questo implica un ugual peso dato alla soluzione del problema e dei quesiti.**

Infine è fornita la scala di conversione dal punteggio (max 150) al voto in quindicesimi (max 15/15).

Sezione A : VALUTAZIONE DEL PROBLEMA 1

Indicatori	Livello	Descrittori	Evidenze	Punti	Punteggio
Esaminare la situazione fisica proposta formulando le ipotesi esplicative attraverso modelli o analogie o leggi	L1	Analizza in modo superficiale o frammentario il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni non riesce a dedurre il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua nessuna o solo alcune delle grandezze fisiche necessarie.	<ul style="list-style-type: none"> • Riconosce che l'induzione elettromagnetica è all'origine della forza di resistenza passiva che agisce sul magnete. • Descrive la variazione di flusso del campo magnetico del magnete attraverso ciascuna spira conduttrice sia in avvicinamento che in allontanamento da essa. • Mette in evidenza e giustifica, in base alla legge di Faraday-Neumann, che l'intensità di corrente indotta nelle spire dipende dalla velocità di caduta del magnete. • Utilizza la legge di Lenz per giustificare il verso delle correnti indotte nelle spire. • Spiega che anche se il magnete viene capovolto il suo moto viene ugualmente ostacolato dalla presenza delle spire conduttrici mettendo in risalto le differenze rispetto alla situazione precedente. 	0-4	
	L2	Analizza in modo parziale il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce, in parte o in modo non completamente corretto , il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua solo alcune delle grandezze fisiche necessarie.		5-9	
	L3	Analizza in modo completo anche se non critico il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce il modello o le analogie o la legge che esplicita quasi correttamente la situazione problematica; individua tutte le grandezze fisiche necessarie.		10-14	
	L4	Analizza in modo completo e critico il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce correttamente il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua tutte le grandezze fisiche necessarie.		15-18	
Formalizzare situazioni problematiche e applicare gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti per la loro risoluzione	L1	Individua una formulazione matematica non idonea, in tutto o in parte , a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo solo in parte adeguato, non mette in atto il procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.	<ul style="list-style-type: none"> • Discute il bilancio energetico della situazione problematica proposta, sia nella fase di accelerazione sia quando il magnete raggiunge la velocità limite. • Calcola al termine della caduta quanta energia meccanica è stata trasformata in altre forme di energia, specificando in quali forme. • Calcola l'intensità di corrente che circola nelle due spire quando il magnete raggiunge la stessa velocità limite che raggiunge nel tubo di rame. 	0-4	
	L2	Individua una formulazione matematica parzialmente idonea a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo solo in parte adeguato , mette in atto parte del procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		5-10	
	L3	Individua una formulazione matematica idonea a rappresentare il fenomeno fisico anche se con qualche incertezza , usa un simbolismo adeguato, mette in atto un adeguato procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		11-16	
	L4	Individua una formulazione matematica idonea e ottimale a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo necessario, mette in atto il corretto e ottimale procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		17-21	

<p>Interpretare e/o elaborare i dati proposti, anche di natura sperimentale, verificandone la pertinenza al modello scelto</p>	L1	Fornisce una spiegazione sommatoria o frammentaria del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, non è in grado di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.	<ul style="list-style-type: none"> • Deduce, dai dati di tabella, le velocità medie di caduta del magnete nel tubo di rame, dalle diverse altezze. • Costruisce un grafico della velocità media in funzione dell'altezza. • Descrive l'andamento del grafico e determina il valore limite della velocità del magnete. • Spiega perché la velocità del magnete aumenta fino a raggiungere una velocità limite. • Determina il valore numerico della costante k di proporzionalità tra l'intensità della forza frenante e la velocità del magnete, utilizzando il valore della velocità limite determinato dal grafico. • Spiega perché se il tubo di rame viene sostituito con un tubo di alluminio di identiche dimensioni, il magnete raggiunge una velocità limite maggiore. 	0-4	
	L2	Fornisce una spiegazione parzialmente corretta del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado solo parzialmente di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.		5-10	
	L3	Fornisce una spiegazione corretta del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta, anche se con qualche incertezza .		11-16	
	L4	Fornisce una spiegazione corretta ed esaustiva del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado, in modo critico ed ottimale , di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.		17-21	
<p>Descrivere il processo risolutivo adottato e comunicare i risultati ottenuti valutandone la coerenza con la situazione problematica proposta</p>	L1	Giustifica in modo confuso e frammentato le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente non adeguato le soluzioni ottenute di cui non riesce a valutare la coerenza con la situazione problematica; non formula giudizi di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Motiva le scelte effettuate sulla base dei dati forniti, delle ipotesi formulate e del modello esplicativo adottato e in particolare: <ul style="list-style-type: none"> a) comunica i dati sperimentali ottenuti dai quali individua una forza frenante di origine elettromagnetica ed una velocità limite. b) valuta che il modello dell'induzione elettromagnetica, semplificato con le spire nel plexiglas, interpreta i valori sperimentali. c) valuta che l'energia meccanica iniziale del magnete viene quasi completamente dissipata in energia elettromagnetica. 	0-3	
	L2	Giustifica in modo parziale le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente non adeguato le soluzioni ottenute di cui riesce a valutare solo in parte la coerenza con la situazione problematica; formula giudizi molto sommari di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.		4-7	
	L3	Giustifica in modo completo le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio		8-11	

		scientificamente adeguato anche se con qualche incertezza le soluzioni ottenute di cui riesce a valutare la coerenza con la situazione problematica; formula giudizi un po' sommari di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Comunica adoperando il linguaggio specifico. 		
	L4	Giustifica in modo completo ed esauriente le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente corretto le soluzioni ottenute di cui riesce a valutare completamente la coerenza con la situazione problematica; formula correttamente ed esaustivamente giudizi di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.		12-15	
TOTALE					

Sezione A :VALUTAZIONE DEL PROBLEMA 2

Indicatori	Livello	Descrittori	Evidenze	Punti	Punteggio
Esaminare la situazione fisica proposta formulando le ipotesi esplicative attraverso modelli o analogie o leggi	L1	Analizza in modo superficiale o frammentario il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni non riesce a dedurre il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua nessuna o solo alcune delle grandezze fisiche necessarie.	<ul style="list-style-type: none"> • Describe la quantizzazione dell'energia dell'elettrone nell'atomo di idrogeno prevista dal modello di Bohr. • Describe l'emissione di fotoni di energia ben definita dall'atomo di idrogeno come conseguenza del passaggio dell'elettrone tra due diversi livelli di energia. • Mette in relazione l'energia dei fotoni emessi con la relativa lunghezza d'onda. • Ipotizza, in analogia con il modello di Bohr, che le righe di Pickering vengono emesse nel passaggio di un elettrone tra due diversi livelli di energia. • Formula una possibile spiegazione sull'origine delle righe di Pickering. 	0-4	
	L2	Analizza in modo parziale il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce, in parte o in modo non completamente corretto , il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua solo alcune delle grandezze fisiche necessarie.		5-9	
	L3	Analizza in modo completo anche se non critico il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce il modello o le analogie o la legge che esplicita quasi correttamente la situazione problematica; individua tutte le grandezze fisiche necessarie.		10-14	
	L4	Analizza in modo completo e critico il contesto teorico o sperimentale proposto; dai dati numerici o dalle informazioni deduce correttamente il modello o le analogie o la legge che esplicita la situazione problematica; individua tutte le grandezze fisiche necessarie.		15-18	
Formalizzare situazioni problematiche e applicare gli strumenti matematici e disciplinari rilevanti per la loro risoluzione	L1	Individua una formulazione matematica non idonea, in tutto o in parte , a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo solo in parte adeguato, non mette in atto il procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.	<ul style="list-style-type: none"> • Calcola dalle lunghezze d'onda di Pickering la differenza di energia tra i livelli dell'atomo che le emette. • Deduce, sostituendo R_H con $R'_H=4R_H$ nella formula di Balmer, una nuova formula che mette in relazione $\frac{1}{\lambda}$ con $1/\left(\frac{n}{2}\right)^2$. • Applica il modello di Bohr per dedurre l'espressione dei livelli di energia di un atomo idrogenoide. • Deduce, in funzione di Z, l'espressione dell'energia dei fotoni emessi da un atomo idrogenoide. • Deduce l'espressione di R'_H per un atomo idrogenoide. • Deduce che l'atomo idrogenoide che emette le righe di Pickering ha Z=2 e 	0-4	
	L2	Individua una formulazione matematica parzialmente idonea a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo solo in parte adeguato , mette in atto parte del procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		5-10	
	L3	Individua una formulazione matematica idonea a rappresentare il fenomeno fisico anche se con qualche incertezza , usa un simbolismo adeguato, mette in atto un adeguato procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		11-16	
	L4	Individua una formulazione matematica idonea e ottimale a rappresentare il fenomeno fisico, usa un simbolismo necessario, mette in atto il corretto e ottimale procedimento risolutivo richiesto dal tipo di relazione matematica individuata.		17-21	

			quindi è un atomo di elio ionizzato.		
Interpretare e/o elaborare i dati proposti, anche di natura sperimentale, verificandone la pertinenza al modello scelto	L1	Fornisce una spiegazione sommatoria o frammentaria del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, non è in grado di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizza la formula di Balmer e i dati della tabella per calcolare analiticamente o graficamente il valore sperimentale di R_H. • Determina il valore sperimentale di R_H con il giusto numero di cifre significative. • Utilizza il valore sperimentale di R_H per determinare i valori dei numeri n seminteri corrispondenti, secondo la formula di Balmer, alle righe di Pickering. 	0-4	
	L2	Fornisce una spiegazione parzialmente corretta del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado solo parzialmente di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.		5-10	
	L3	Fornisce una spiegazione corretta del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta, anche se con qualche incertezza .		11-16	
	L4	Fornisce una spiegazione corretta ed esaustiva del significato dei dati o delle informazioni presenti nel testo, è in grado, in modo critico ed ottimale , di riunire gli elementi acquisiti al fine di delineare una struttura organizzata e coerente alla situazione problematica proposta.		17-21	
Descrivere il processo risolutivo adottato e comunicare i risultati ottenuti valutandone la coerenza con la situazione problematica proposta	L1	Giustifica in modo confuso e frammentato le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente non adeguato le soluzioni ottenute di cui non riesce a valutare la coerenza con la situazione problematica; non formula giudizi di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Illustra che per n_2 pari e maggiore di 4 la nuova formula descrive le righe di Balmer. • Illustra che per n_2 dispari e maggiore di 4 la nuova formula descrive le righe di Pickering. • Esprime proprie valutazioni sulla correttezza delle deduzioni di Pickering. • Motiva le scelte effettuate sulla base dei dati forniti, delle ipotesi formulate e del modello esplicativo adottato. • Comunica con un linguaggio specifico adeguato. 	0-3	
	L2	Giustifica in modo parziale le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente non adeguato le soluzioni ottenute di cui riesce a valutare solo in parte la coerenza con la situazione problematica; formula giudizi molto sommari di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.		4-7	
	L3	Giustifica in modo completo le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente adeguato anche se con qualche incertezza le soluzioni		8-11	

		ottenute di cui riesce a valutare la coerenza con la situazione problematica; formula giudizi un po' sommari di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.		
	L4	Giustifica in modo completo ed esauriente le scelte fatte sia per la definizione del modello o delle analogie o della legge, sia per il processo risolutivo adottato; comunica con linguaggio scientificamente corretto le soluzioni ottenute di cui riesce a valutare completamente la coerenza con la situazione problematica; formula correttamente ed esaustivamente giudizi di valore e di merito complessivamente sulla soluzione del problema.		12-15
TOTALE				

Sezione B: VALUTAZIONE DEI QUESITI

Indicatori	Quesiti (Valore massimo attribuibile 75/150 = 25x3)						Punteggio sez. B
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
COMPRESIONE e CONOSCENZA <i>Comprende la richiesta. Conosce i contenuti.</i>	(0-7) —	(0-6) —	(0-5) —	(0-6) —	(0-7) —	(0-7) —	
ABILITA' LOGICHE e RISOLUTIVE <i>È in grado di separare gli elementi dell'esercizio evidenziandone i rapporti. Usa un linguaggio appropriato. Sceglie strategie risolutive adeguate.</i>	(0-6) —	(0-6) —	(0-5) —	(0-6) —	(0-3) —	(0-6) —	
CORRETTEZZA dello SVOLGIMENTO <i>Esegue calcoli corretti. Applica Tecniche e Procedure, anche grafiche, corrette.</i>	(0-3) —	(0-4) —	(0-6) —	(0-7) —	(0-6) —	(0-3) —	
ARGOMENTAZIONE <i>Giustifica e Commenta le scelte effettuate.</i>	(0-6) —	(0-4) —	(0-5) —	(0-3) —	(0-5) —	(0-6) —	
VALUTAZIONE <i>Formula autonomamente giudizi critici di valore e di metodo.</i>	(0-3) —	(0-5) —	(0-4) —	(0-3) —	(0-4) —	(0-3) —	
Punteggio totale quesito							

Calcolo del punteggio Totale

PUNTEGGIO SEZIONE A(PROBLEMA)	PUNTEGGIO SEZIONE B(QUESITI)	PUNTEGGIO TOTALE

Appendice B. Tabella riassuntiva per le attività analizzate

Parametri	RadioLab	City Soundscape	Trova l'alieno	SKYSEF	Evolution MegaLab
§1 Grado scolastico	scuole secondarie di secondo grado	scuole secondarie di primo e secondo grado	scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado	scuole secondarie di secondo grado	scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado
§2 Materia/e di riferimento	fisica	fisica	biologia	varia in base al progetto di ricerca scelto	biologia
§3 Ambito di riferimento	fisica nucleare e radioattività	acustica	classificazione degli esseri viventi e biodiversità	energia, ambiente e biodiversità	evoluzione e selezione naturale
§4 Prerequisiti	possedere nozioni sulla fisica nucleare e sull'interazione radiazione-materia	possedere nozioni sulla fisica acustica e saper utilizzare l'app dedicata al progetto	conoscere l'aspetto e l'habitat delle specie da mappare, saper utilizzare l'app di CSMON-LIFE	–	saper riconoscere gli esemplari della specie di chiocciola oggetto dell'indagine
§5 Risultati curriculari attesi	acquisire informazioni su radioattività e modalità di svolgimento di un'attività di ricerca, sviluppare una serie di competenze trasversali (lavorare in gruppo, capacità di analisi, sintesi e schematizzazione)	acquisire informazioni sulla fisica acustica, sensibilizzare i giovani sui danni provocati da rumori eccessivi	promuovere l'educazione ambientale di bambini e ragazzi, accrescerne la consapevolezza del valore del loro territorio	approfondire uno specifico argomento, osservare tutte le fasi di una ricerca scientifica, sviluppare una serie di competenze trasversali	acquisire una maggiore comprensione dei meccanismi di evoluzione e selezione naturale, sviluppo delle capacità di analisi e schematizzazione
§6 Mediazione del docente	partecipa e coordina	introduce l'attività	partecipa, coordina e cura la comunicazione con l'ente di riferimento	collabora all'attività	coordina e supervisiona
§7 Canale di comunicazione tra scuole ed ente organizzatore	comunicazione diretta fra ricercatori e scuole, mediazione da parte di associazioni per l'insegnamento tipo AIF	mediazione degli enti locali (Comune, Provincia...), sito internet del progetto	attraverso il sito del progetto, comunicazione diretta da parte dell'ente organizzatore alle scuole del territorio laziale	mediazione dei ricercatori dell'Università Federico II di Napoli	comunicazione diretta fra ente organizzatore e scuole
§8 Range geografico	diffusione a livello "quasi" nazionale	attualmente in fase di sperimentazione in alcune scuole di Brindisi e Udine, a regime dovrebbe diffondersi a livello europeo	diffusione a livello regionale (Lazio)	diffusione a livello mondiale	diffusione in 14 nazioni europee
§9 Periodo di attività	primi anni 2000-attivo	2015-attivo	anno scolastico 2016-2017	2007-attivo	2009-attivo

Parametri	RadioLab	City Soundscape	Trova l'alieno	SKYSEF	Evolution MegaLab
§10 Tipologia di attività	Volunteer Thinking/ Participatory Sensing	Passive Sensing	Environmental and Ecological Observation	Civic/Community Science	Environmental and Ecological Observation
§11 Tipologia di collaborazione	l'attività può essere svolta sia singolarmente, sia in gruppo	attività da svolgere singolarmente	l'attività può essere svolta sia singolarmente, sia in gruppo	attività da svolgere in gruppo	l'attività può essere svolta sia singolarmente, sia in gruppo
§12 Oggetto dell'attività	avvicinare gli studenti ai temi della ricerca scientifica, mappare i livelli di radioattività nelle diverse zone	misurazione del livello di inquinamento acustico	sensibilizzare sul tema della perdita di biodiversità e mappare la presenza di specie non autoctone	realizzare e presentare progetti di ricerca ideati dagli studenti	studiare la distribuzione di una specie di chiocciola (<i>Cepaea nemoralis</i>) e indagare come sia collegata a processi di selezione naturale e ai cambiamenti climatici
§13 Luogo di svolgimento	al chiuso (scuole, laboratori...)	all'aperto	all'aperto	varia in base al progetto di ricerca scelto	all'aperto
§14 Strumenti necessari	attrezzatura di laboratorio di vario genere fornita dall'INFN	dispositivi elettronici portatili (smartphone, tablet) dotati dell'app dedicata all'attività	dispositivi elettronici portatili (smartphone, tablet) dotati dell'app dedicata all'attività	variano in base al progetto di ricerca scelto	un dispositivo elettronico dotato di una connessione internet
§15 Durata e impegno richiesto	due anni	circa un mese	un anno scolastico	diversi mesi	la durata dell'attività non è fissata
§16 Ente scientifico di riferimento	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	Università del Salento	Università di Trieste e Università La Sapienza di Roma	Ministero della Istruzione, Cultura, Sport, Scienza e Tecnologia del Giappone	progetto ideato dalla Open University, un'università britannica. In Italia è coordinato dal Dipartimento di Biologia ed Evoluzione dell'Università di Ferrara e dal Museo di Storia Naturale di Ferrara
§17 Supporto da parte dell'ente	i ricercatori seguono il progetto per tutta la durata e preparano materiali didattici	i ricercatori preparano i docenti allo svolgimento dell'attività mediante corsi appositi, mettono a disposizione materiale didattico tarato in base al livello degli studenti	seminari e incontri con esperti per docenti e studenti	i ricercatori collaborano alla progettazione e allo sviluppo del progetto di ricerca	sul sito web del progetto sono presenti materiali didattici a disposizione dei docenti
§18 Feedback sui risultati	-	-	le scuole prendono parte a un contest al	al termine dell'attività sono	-

Parametri	RadioLab	City Soundscape	Trova l'alieno	SKYSEF	Evolution MegaLab
			termine del quale vengono proclamati i vincitori	premiati i migliori progetti di ricerca	
§19 Comunicazione dei dati all'ente	–	i dati vengono inviati automaticamente all'ente attraverso l'app	i dati vengono inviati automaticamente all'ente attraverso l'app	i progetti vengono illustrati mediante presentazioni orali e poster	i dati vengono inviati attraverso il sito internet dell'attività
§20 Trattamento dei dati	realizzazione di una mappatura dei livelli di radioattività	creazione di mappe con i livelli di inquinamento acustico	i dati vengono validati da un esperto	–	creazione di una mappatura della diffusione delle diverse tipologie di chiocciola
§21 Numero di aderenti	stima: diverse centinaia/migliaia di studenti	alcune classi pilota per un totale di circa 600 studenti	–	–	–
§22 Risultati finali	mappatura dei livelli di radioattività, sviluppo di un particolare rivelatore (RAMONA)	il progetto è ancora in corso. I risultati parziali ottenuti finora riguardano la mappatura del livello di inquinamento acustico in alcune zone	i dati sono inseriti all'interno di un database nazionale	–	mappatura della diffusione delle diverse tipologie di chiocciola
§23 Comunicazione dei risultati	pubblicazioni scientifiche, congressi	i dati sono disponibili, previa registrazione, sul sito web del progetto	i nomi delle scuole vincitrici sono pubblicati sul sito del progetto	pubblicazioni scientifiche	i dati sono visualizzabili mediante una mappa sul sito web del progetto

Bibliografia

1. **Valentina Meschia.** Citizen science: la scienza di tutti. *Scienza in rete*. 2016.
2. **Jonathan Silvertown.** A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology and Evolution*. 2009.
3. **European Commission/Socientize.** Green paper on citizen science. 2014.
4. **Muki Haklay.** Citizen Science and Policy: a European Perspective. 2015.
5. **Darlene Cavalier, Eric B. Kennedy et al.** The rightful place of science: CITIZEN SCIENCE. *Consortium for Science, Policy, & Outcomes*. 2016.
6. **D. Bolze e J. Beyea.** The Citizens' Acid Rain Monitoring Network. *Environmental Science and Technology*. 1989.
7. **A. Miller-Rushing, R. Primack e R. Bonney.** The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2012.
8. **Deborah Cadbury.** The Dinosaur Hunters. *Fourth Estate*. 2000.
9. **National Weather Service.** History of the National Weather Service. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <http://www.weather.gov/timeline>.
10. **Brent Mitchell.** Acid rain and birds: how much proof us needed? *American Birds*. 1989.
11. **Conrad C. C. e Hilchey K. G.** A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011.
12. **Whitelaw G., Vaughan H., Craig B. et al.** Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2003.
13. **D. Kouril, C. Furgal e T. Whillans.** Trends and key elements in community-based monitoring: a systematic review of the literature with an emphasis on Arctic and Subarctic regions. *Environmental Reviews*. 2015.
14. **Internet World Stats.** Internet Usage Statistics. [Online] [Riportato: 31 gennaio 2018.] <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>.
15. **UCL's interdisciplinary research group on Extreme Citizen Science.** Participatory Mapping in Congo-Brazzaville. *Extreme Citizen Science Blog*. [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <https://uclxcites.wordpress.com/2013/06/18/participatory-mapping-in-congo-brazzaville-part-1/>.
16. **Wikipedia.** Flightradar 24. [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <https://it.wikipedia.org/wiki/Flightradar24>.
17. **University of California, Berkely.** SETI@home. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>.
18. **University of California, Berkeley.** Stardust@home. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <http://stardustathome.ssl.berkeley.edu/>.
19. **Progetto CSMON-LIFE.** App CSMON-LIFE. *You Tube*. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <https://www.youtube.com/watch?v=9oKioJ-8mrc>.
20. —. CSMON-LIFE. [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <http://www.csmon-life.eu/>.

21. **Lake & Sea Wiki.** [Online] [Riportato: 31 gennaio 2018.] http://www.jarviwiki.fi/wiki/Main_page.
22. **Moors for the future partnership.** [Online] [Riportato: 2 febbraio 2018.] <http://www.moorsforthefuture.org.uk/>.
23. —. Vegetation recovery on bare peat after restoration intervention : an analysis of nine years of monitoring data in the Dark Peck moorlands (2003-2012). 2013.
24. **Franca da Re.** La didattica per competenze. Apprendere competenze, descriverle, valutarle. 2013.
25. **Edith Cresson.** Insegnare e Apprendere. Verso la Società Conoscitiva. 1995.
26. **Antonio Maiorano.** Insegnare, programmare e valutare per competenze. *Mondadori Education.* [Online] <http://www.mondadorieducation.it/Mondadori-Education/MeandYou/Insegnare-programmare-e-valutare-per-competenze>.
27. **Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.** Legge 92 del giugno 2012, art. 4, comma 51.
28. **Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità Europee.** Quadro europeo delle qualifiche per l'apprendimento permanente (EQF). 2009.
29. **Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.** Decreto Ministeriale n. 139. 22 agosto 2007.
30. —. Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione. 2012.
31. **Istituto Nazionale Documentazione Innovazione Ricerca Educativa.** PON Educazione scientifica. Attuazione, risultati e prospettive. 2016.
32. —. Proposte per la formazione continua dei docenti. *Scuola Valore.* [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <http://www.scuolavalore.indire.it/>.
33. **Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.** Decreto Ministeriale n. 742. 3 ottobre 2017.
34. **Zanichelli Editore.** La certificazione delle competenze. [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <http://online.scuola.zanichelli.it/competenze/>.
35. **G. Bertini, P. Danise, E. Franchini.** Protagonisti delle scienze. *Mondadori Education.* 2014.
36. **L. Leopardi, M. Bubani, M. Marcaccio.** Focus Natura Green. *De Agostini Scuola.* 2017.
37. **A. Caforio e A. Ferilli.** Le risposte della fisica vol. 2. *Mondadori Education.* 2016.
38. **Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.** Rubric di valutazione della Prova di Fisica del 12 gennaio 2017.
39. **Tyler Vitone et al.** School of Ants goes to college: integrating citizen science. *Journal of Science Communication.* 2016.
40. **Harsh R. Shah and Luis R. Martinez.** Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education.* 2016.
41. **Vincenzo Boccardi.** Intervista telefonica con la candidata in data 22 dicembre 2017.
42. **Daniela Morelli et al.** Diffusione scientifica attraverso misure di radon. 2007.
43. **INFN. RADIOLAB Radioactivity Laboratory.** [Online] [Riportato: 3 febbraio 2018.] <https://web.infn.it/RadioLab/index.php>.

44. **RadonInformati**. Il RadioLab. [Online] [Riportato: 3 febbraio 2018.] <https://radoninformati.wordpress.com/il-radiolab/>.
45. **City Soundscape**. [Online] [Riportato: 5 febbraio 2018.] <http://www.citysoundscape.it/>.
46. **LES News Puglia**. City Soundscape: il monitoraggio urbano del rumore ai tempi dei Social. [Online] [Riportato: 30 gennaio 2018.] <http://www.lesnews-puglia.net/index.php/cultura/546-un-progetto-per-il-monitoraggio-del-rumore-urbano-tramite-smartphone>.
47. **Antonella Longo**. Intervista telefonica con la candidata in data 17 novembre 2017.
48. **Marco Zappatore et al.** Mobile Crowd-Sensing: a novel Technological Enabler for Teaching Acoustics. 2016.
49. **City Soundscape**. Video di lancio. *You Tube*. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <https://www.youtube.com/watch?v=3vnJHUL8nAA>.
50. **Scienza e scuola**. SKYSEF (Shizuoka Kita Youth Science and Engineering Forum). [Online] [Riportato: 31 gennaio 2018.] <http://www.scienzaescuola.eu/ponti-verso-il-mondo/ponte-con-il-giappone/skysef-forum>.
51. **Ernesta de Masi**. Intervista telefonica con la candidata in data 18 dicembre 2017.
52. **L. Leopardi, M. Bubani, M. Marcaccio, M. Gabaglio**. Focus Natura Green. Educazione ambientale e sviluppo sostenibile. *De Agostini Scuola*. 2017.
53. **Evolution MegaLab**. [Online] [Riportato: 4 febbraio 2018.] <http://www.evolutionmegalab.org/it/>.
54. **Università di Ferrara- Dipartimento di biologia ed evoluzione**. EMI: Evolution MegaLab Italia. [Online] <http://www.unife.it/dipartimento/biologia-evoluzione/progetti/emi>.
55. **G. Bertini, P. Danise, E. Franchini**. Intervista con la candidata in data 12 gennaio 2018.