

# Laboratorio di #bioinformatica: un PCTO innovativo in periodo pandemico e post pandemico

Gennaro Iaccarino<sup>1</sup>, Sara Tosi<sup>1</sup>, Ilenia Fronza<sup>2</sup>, and Luis Corral<sup>3</sup>

<sup>1</sup> I.I.S.S. “Galileo Galilei”, Bolzano, Italy

{gennaro.iaccarino, sara.tosi}@scuola.alto-adige.it

<sup>2</sup> Libera Università di Bolzano, Bolzano, Italy

ilenia.fronza@unibz.it

<sup>3</sup> ITESM Campus Queretaro, Mexico

lrcorralv@tec.mx

## Abstract

A partire dal 2018 è stata introdotta, nel sistema scolastico italiano, la possibilità di ampliare il curriculum scolastico con percorsi formativi che consentano l’acquisizione di competenze trasversali e per l’orientamento (PCTO). Un’ulteriore spinta verso l’innovazione tecnologica è avvenuta nel 2019 grazie all’introduzione dell’educazione civica nei percorsi didattici, che introduce così un nuovo gruppo di competenze denominate “*educazione alla cittadinanza digitale*”. Tali competenze promuovono l’utilizzo del digitale in tutti gli ambiti della quotidianità, dalla vita professionali alla vita privata. In questo articolo proponiamo un percorso di PCTO basato su contenuti di bioinformatica con un’attenzione particolare al “socialmente rilevante” e con un approccio completamente laboratoriale (talvolta a distanza) sperimentato in periodi di limitazioni sociali come la recente pandemia da COVID-19.

## 1 Introduzione

L’articolo 8, comma 3 del DPR 88 del 15 marzo 2010 [3] prevede, per gli istituti tecnici, non solo l’acquisizione delle competenze necessarie per collocarsi nel mondo del lavoro, ma anche lo sviluppo della capacità di comprendere e applicare le innovazioni scientifiche e tecnologiche. In questo articolo presentiamo il progetto *laboratorio di #bioinformatica*, che si inserisce a pieno nell’identità degli istituti tecnici ad indirizzo chimica, materiali e biotecnologie con articolazioni sanitaria e ambientale dove, al termine del loro percorso, studenti e studentesse “*acquisiscono le competenze specifiche nel campo dei materiali, delle analisi strumentali chimico-biologiche, nei processi di produzione, negli ambiti chimico, merceologico, biologico e farmaceutico. Inoltre, il diplomato/la diplomata acquisisce competenze nel settore della prevenzione e della gestione di situazioni a rischio ambientale e sanitario*” [3]. Tali competenze richiedono l’utilizzo di tecnologie digitali moderne e all’avanguardia.

Il progetto *laboratorio di #bioinformatica* integra le competenze digitali con le competenze disciplinari delle materie caratterizzanti dei due indirizzi (chimica organica e biochimica, biologia, microbiologia e tecnologie di controllo ambientale e sanitario, fisica ambientale, igiene, anatomia, fisiologia, patologia). Lo scopo è quello di fornire nuovi strumenti per la risoluzione di problemi reali, motivando studenti e studentesse con attività di tipo laboratoriale, stimolando l’acquisizione di competenze disciplinari e di nuove competenze trasversali. Inoltre, il progetto ha un ruolo rilevante nella prospettiva dell’orientamento e nello sviluppo delle competenze di cittadinanza attiva, inserendosi nella cornice normativa dei percorsi per le competenze trasversali e l’orientamento (PCTO), così come indicato nella legge 30 dicembre 2018, n. 145 e linee guida [2], e dell’introduzione nel curriculum delle Istituzioni Scolastiche dell’insegnamento interdisciplinare dell’educazione civica (legge 92 del 20 agosto 2019 [1]). In particolare, in quest’ultima

viene indicato un nuovo gruppo di competenze denominate *educazione alla cittadinanza digitale*, che promuovono l'utilizzo del digitale in tutti gli ambiti della quotidianità, nello studio come nel lavoro.

In questo contesto, l'obiettivo primario del progetto è quello di realizzare un'attività di PCTO interna all'istituto scolastico, riproducibile anche in situazione di isolamento sociale (didattica a distanza) e che proponga competenze digitali di ultima generazione spendibili nel mondo accademico e del lavoro. Inoltre, come già sperimentato in [6] e [10], il progetto prevede l'approfondimento di tematiche *socialmente rilevanti* necessarie ad accendere l'interesse e motivare lo studente, così come definito anche in OCSE PISA [15] e meglio illustrato nel paragrafo successivo.

## 2 Contesto del progetto: literacy scientifica, inclusione e competenze digitali

Per rendere maggiormente efficace la didattica, gli argomenti protagonisti dal *laboratorio di #bioinformatica* sono stati inseriti in un contesto comune e definito *socialmente rilevante*. In particolare, il contesto scelto per la prima edizione del progetto è stato l'infezione da SARS-CoV-2, la gestione della pandemia e i nuovi vaccini a mRNA messi a punto dalle maggiori case farmaceutiche internazionali. Tale approccio motivazionale si ispira al concetto di *literacy scientifica* descritta in PISA [15], ovvero "l'abilità degli studenti di impegnarsi nelle questioni scientifiche e nelle idee della scienza, in quanto cittadini che riflettono". Il Rapporto Nazionale del 2018 [15] ricorda che la capacità di literacy è indispensabile affinché gli studenti e le studentesse siano in grado di "applicare conoscenze e abilità in settori chiave e di analizzare, ragionare e comunicare efficacemente mentre identificano, interpretano e risolvono problemi in situazioni diverse". Per quanto riguarda la scuola italiana, diventa fondamentale strutturare percorsi didattici che mirino all'acquisizione e al miglioramento di tale competenze, poiché nei risultati PISA 2018, l'Italia si è collocata tra il 36° e il 42° posto nel ranking complessivo di tutti e 79 i paesi partecipanti, con un risultato medio pari a 468 punti (significativamente sotto la media OCSE di 489 punti) [16].

Il rapporto sulle prove Invalsi del 2019 [17] ha portato alla luce un nuovo malessere che affligge la scuola italiana, la cosiddetta *dispersione implicita*, ossia studenti e studentesse che pur conseguendo un diploma non hanno acquisito le competenze minime adeguate per intraprendere, con consapevolezza ed efficacia, un successivo percorso formativo o professionale [5]. Spesso la causa della dispersione implicita è da ricondurre a quella apatia che colpisce studenti e studentesse i quali continuano a frequentare gli istituti scolastici, ma in modo passivo, con la completa alienazione dalle conoscenze e dalle competenze; a questo proposito, la Figura 1 (a) mostra i valori in percentuale sulla dispersione scolastica implicita nelle regioni italiane nell'anno 2019 [17]. Il *laboratorio di #bioinformatica* nasce anche con l'obiettivo di contrastare la dispersione implicita e propone una didattica basata sulla ricerca-azione in compiti autentici (come previsto dal D.P.R. 15 marzo 2010 [3]), che si realizza attraverso "prove che mirano a richiamare contesti di realtà, diretti o simulati, nei quali utilizzare il proprio sapere per affrontare i problemi posti" [7], un esempio è l'analisi della struttura genetica del virus SARS-CoV-2 o della proteina Spike che lo caratterizza. Anche l'autorità garante per l'infanzia e l'adolescenza, nell'ultimo rapporto sulla dispersione scolastica [5], indica l'importanza di "agire sul superamento del modello trasmissivo di insegnamento che rende difficile la personalizzazione dell'azione educativa ed è alla base di molti fenomeni di abbandono e dispersione" ovvero "investire su un forte rinnovamento della didattica e degli stili di insegnamento" [5]. Per questo motivo, il *laboratorio*

di *#bioinformatica* permette, mediante l'uso della tecnologia, di personalizzare gli stili di apprendimento e di sviluppare nuove competenze. La valorizzazione degli stili di apprendimento rende la didattica maggiormente inclusiva, così argomenti disciplinari che oggettivamente complessi risultano più semplici e alla portata di tutti, favorendo anche ai più deboli la possibilità “di esprimersi, di trovare la soluzione, di partecipare con le proprie grandi o piccole abilità alla costruzione del prodotto di gruppo” [12].

Il *laboratorio di #bioinformatica* riveste un ruolo importante anche per lo sviluppo delle competenze digitali. Secondo i dati ISTAT [13] nel 2019, solo il 22% della popolazione tra 16-74 anni, ha dichiarato di avere competenze digitali elevate (corrispondenti a information skill, communication, problem solving e use of software skill), mentre il 32% ha competenze basse e per il 19% di base (inferiore rispetto all'obiettivo del 70% previsto per il 2025 nell'agenda per le competenze della Commissione Europea). Nello specifico risulta che nella fascia 16-19 solo il 36,2% possiede competenze elevate. La Figura 1 (b) mostra lo stato dell'arte rispetto alle competenze digitali (di basso ed alto livello) di alcuni dei Paesi europei in previsione degli obiettivi previsti per il 2025, con particolare attenzione alla situazione italiana [13].

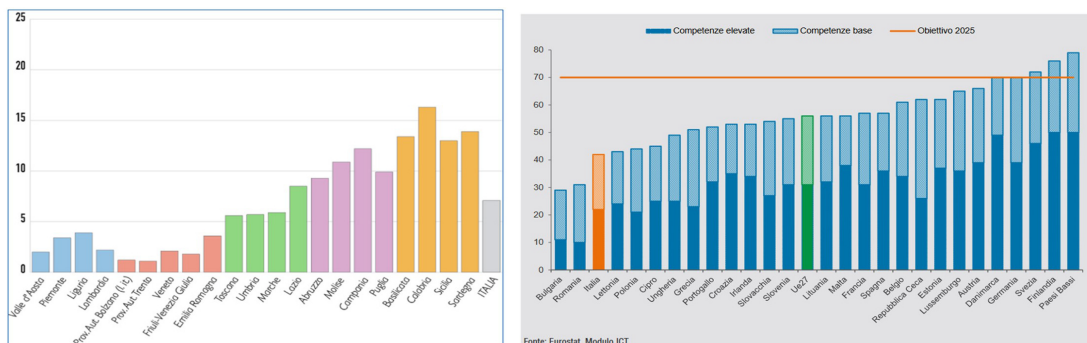


Figure 1: (a) Dispersione scolastica implicita nelle scuole italiane per regione - valori percentuali (2019) [17]. (b) Competenze digitali a diversi livelli per i Paesi europei e obiettivo 2025 [13].

In sintesi, il *laboratorio di #bioinformatica* vuole contribuire a sviluppare sistemi educativi di qualità, equi ed inclusivi, e con pari opportunità di apprendimento (Agenda 2030 - Obiettivo 4 [14]) migliorando le competenze trasversali e tecniche, necessarie nel mondo del lavoro e per le scelte post-diploma, oltre che e a formare il cittadino. “Se la scuola non crea competenze nell’uso significativo della tecnologia per tutti i suoi alunni, ma in particolare per quelli che non trovano al di fuori delle mura scolastiche un tessuto sociale di riferimento culturalmente ricco e stimolante, queste persone saranno ancora più deprivate, ma anche più esposte ai rischi che un uso scorretto della tecnologia può comportare” [12].

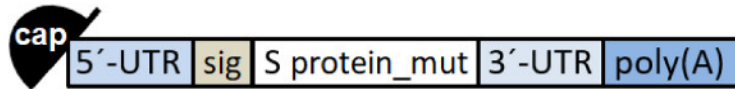
### 3 Il progetto

Al *laboratorio di #bioinformatica* hanno preso parte due classi quinte dell’ I.T.T. chimica, materiali e biotecnologie nei due indirizzi ambientale e sanitario. Gli studenti coinvolti sono stati in totale 42 (19 femmine e 23 maschi), rispettivamente 15 per la sezione ambientale e 27 per la sezione a indirizzo sanitario. L’attività è stata suddivisa in tre moduli didattici separati, ognuno di 10 ore, con un filo conduttore unico che facesse emergere la rilevanza sociale del

progetto e stimolasse l'apprendimento [6, 10]. Il tema sociale scelto è stato “naturalmente” quello della pandemia da COVID-19, del virus SARS-CoV-2 e del nuovo vaccino a mRNA prodotto da Pfizer-BioNTech, temi alla luce della ribalta degli ultimi due anni. Il progetto è stato proposto durante l'a.s. 2021/2022 periodo in cui le normative vigenti prevedevano la fruizione della didattica digitale integrata (a distanza) per gli studenti e le studentesse in quarantena perchè positivi al COVID-19 o contatti stretti di positivi. In questa situazione di lavoro ibrido (alcuni studenti erano collegati da casa attraverso strumenti di videoconferenza) tutte le attività sono state pensate come riproducibili in maniera remota e collaborativa [11]. Di seguito la descrizione dei tre moduli didattici, i software utilizzati e l'approccio didattico.

**Analisi delle sequenze di DNA/RNA e firma genomica.** A partire dall'autunno del 2020, l'Organizzazione Mondiale di Sanità [20] ha messo a disposizione della comunità scientifica internazionale la sequenza di mRNA che codifica la glicoproteina Spike, caratteristica del virus SARS-CoV-2, e quindi la corrispondente sequenza di 4284 basi sintetizzate in laboratorio per la realizzazione dei vaccini prodotti da Pfizer-BioNTech ed altre aziende farmaceutiche (la tabella 1 descrive sinteticamente la struttura del filamento di mRNA). A partire da queste informazioni gli studenti e le studentesse hanno trascritto le 4284 basi in forma digitale ed hanno analizzato le sottosequenze con un processo inverso, ricercando e riconoscendo così le diverse regioni. Per l'analisi delle sottosequenze sono stati utilizzati comuni foglio di calcolo (MS Excel e Libre Office Calc) applicando il concetto di *string matching* con approccio *brute force* (tipico degli algoritmi implementati nelle funzioni di ricerca di sotto-parole). Al termine di questa prima fase, gli studenti hanno calcolato le frequenze delle triplette all'interno della sequenza di mRNA (64 in totale), sufficienti a codificare tutti gli amminoacidi, realizzando poi una prima immagine approssimativa della firma genomica (Figura 2) di SARS-CoV-2, a meno di interpolazione con funzioni Spline, così come indicato in [8]. La firma rappresenta un'immagine dell'RNA sintetizzato, non quello virale, e non ha una validazione scientifica, ma è una buona approssimazione del lavoro svolto in questi mesi nei laboratori di ricerca di tutto il mondo per la classificazione delle diverse varianti di SARS-CoV-2. Come stimolo all'apprendimento, prima dell'inizio dell'attività, è stato chiesto ai partecipanti di visionare alcuni video di pochi minuti ciascuno sul principio di funzionamento dei moderni vaccini a mRNA.

**Banche dati biologiche e visualizzazione 3D delle proteine.** Il secondo modulo mira all'acquisizione di competenze digitali per l'utilizzo di banche dati biologiche e l'analisi 3D delle proteine. L'attività si lega alla precedente grazie alla ricerca e l'analisi della glicoproteina Spike che, come detto, caratterizza il virus causa dell'infezione COVID-19. Gli studenti e le studentesse hanno fatto il loro primo accesso alla banca dati internazionale “RSCB Protein Data Bank” [18] per la ricerca e la visualizzazione 3D della glicoproteina Spike, successivamente, in piccoli gruppi da 3-4, hanno provato ad analizzare la proteina Spike utilizzando l'applicazione online “3D Protein Imager” [19] che fornisce ottimi strumenti di analisi e confronto 3D. Una volta preso confidenza con il sistema hanno analizzato la proteina GFP (Green Fluorescent Protein), proteina fluorescente di struttura molto semplice e largamente utilizzata nelle attività laboratoriali per la sua naturale fluorescenza che ne permette la rapida individuazione anche a occhio nudo. Gli studenti e le studentesse sono stati così suddivisi in coppie ed hanno lavorato alla riproduzione di un modello cartonato della rappresentazione 3D della proteina. Una volta terminata questa attività la proteina è stata stampata in 3D e confrontata con il modello cartonato di ognuno. La Figura 3 mostra l'analisi della proteina GFP attraverso la visualizzazione 3D e la successiva stampa fatta a scuola. Propedeutica all'attività proposta nel secondo modulo è l'utilizzo, in laboratorio di microbiologia, della proteina GFP. Qualche settimana prima dell'inizio del secondo modulo, i partecipanti al progetto hanno realizzato alcuni esperimenti pratici per l'inserimento, all'interno di una colonia batterica, di un plasmide contenente GFP. I



Elemento	Descrizione	Posizione
cap	È costituito dalla sequenza GA. Svolge la funzione di identificare la sequenza come non estranea e proteggerla così da una possibile distruzione. Ha inoltre l'obiettivo di validare il processo e dare inizio alle fasi successive.	1-2
5'-UTR	Questa sequenza non codifica per la proteina ma permette di garantire la lettura delle molecole di RNA seguendo la direzione 5'→3'. All'interno di questa sequenza l'uracile (U) viene sostituito dalla molecola di 1-metil-3'-pseudouridina (Ψ). Tale molecola ha il vantaggio di non attivare il sistema immunitario contro il vaccino e di essere codificato dalla cellula come un normale uracile.	3-54
sig	Corrispondente al peptide di segnalazione della glicoproteina S. Ha lo scopo di guidare attraverso il reticolo endoplasmatico la proteina sintetizzata dai ribosomi fuori dalla cellula. Il codice, al fine di non essere riconosciuto come esogeno, presenta, rispetto a quello virale, alcune differenze strutturali a livello delle triplette. In particolare si creano cambiamenti di tipo sinonimico, ovvero sulla terza base della tripletta, aumentando il numero di citosine (C) e guanine(G), con il risultato di una maggiore efficienza di conversione, pur non modificando l'amminoacido per cui codifica.	55-102
S protein_mut	Sequenza che codifica per la proteina Spike. Anche in questo caso si osservano delle differenze rispetto a quella virale, in particolare si hanno sempre le modifiche delle triplette con cambiamenti sinonimico (come in precedenza con l'aumento di C e G) ad esclusione del terzo e quarto codone, dove si ha la sostituzione dei due amminoacidi Lisina e Valiana con la Prolina. Quest'ultimo amminoacido rende la struttura della proteina "rigida", consentendo di mantenere la propria configurazione senza doversi esporre sulla superficie e potendosi muovere liberamente.	103-3879
3'-UTR	È l'equivalente terminale della sequenza 5'-UTR.	3880-4174
poly(A)	Nella parte finale del filamento sono presenti le sequenze costituite da 30 Adenine (A), la sequenza GCAUAUGACU e altre 70 adenine che hanno la funzione di proteggere il filamento dalla degradazione.	4175-4284

Table 1: Struttura della sequenza di mRNA, composta da 4284 basi, fornita dall'Organizzazione Mondiale di Sanità [20].

batteri modificati sono stati poi riconosciuti grazie alla caratteristica fluorescente della colonia (tempo stimato per questa attività 6-8 ore). In mancanza di un laboratorio di microbiologia è possibile stimolare l'apprendimento di questi contenuti attraverso filmati sull'utilizzo della proteina GFP negli esperimenti di laboratorio.

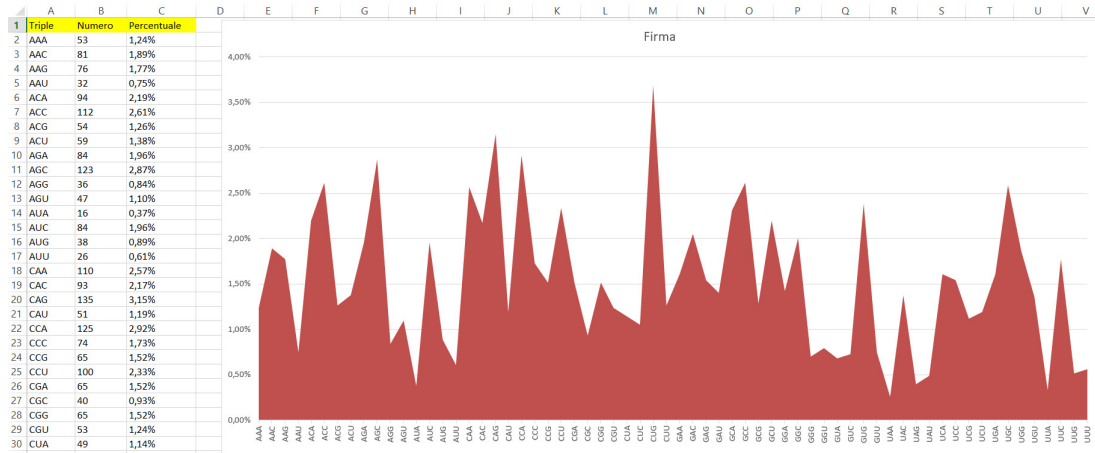


Figure 2: Analisi delle frequenze di tutte le triple contenute nella sequenza di mRNA. Bozza di firma a meno di interpolazione Spline, come indicato in [8].

**Geographic Information Systems (GIS).** I GIS sono utilizzati non solo per gestire dati ambientali e territoriali ma anche per rappresentare ambienti biologici complessi o per supportare la divulgazione scientifica attraverso la condivisione di dati [4]. In questo terzo modulo gli studenti e le studentesse acquisiscono competenze sull'utilizzo dei GIS e sull'interrogazione e la modifica di GIS e WebGIS. Obiettivo focale di questo terzo modulo è la capacità di analizzare i dati ambientali, sanitari e statistici per fonderli insieme in maniera efficace. L'aspetto socialmente rilevante che lega questo modulo ai due precedenti è l'analisi dei dati pandemici da COVID-19 che sono stati protagonisti delle nostre giornate negli ultimi due anni. Gli studenti e le studentesse sono stati dapprima guidati nell'interrogazione di GIS internazionali rispetto al tema dell'incidenza della pandemia sul territorio nazionale, successivamente hanno lavorato con i sistemi messi a disposizione della Provincia Autonoma di Bolzano, per capirne il fun-

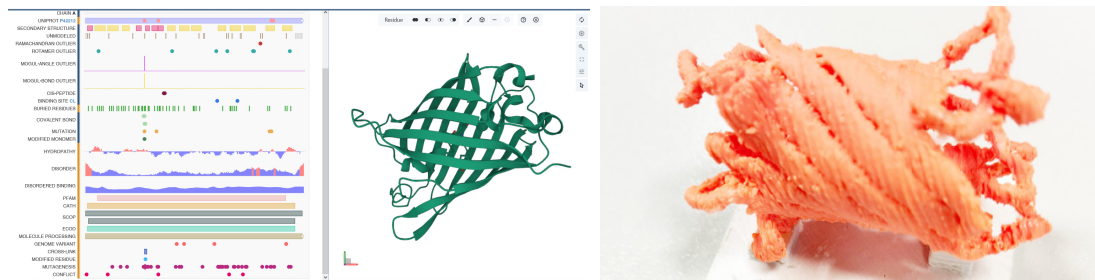


Figure 3: (a) GFP: dati analitici e visualizzazione 3D. (b) Stampa 3D a partire dall'immagine tridimensionale.



zionamento e l'utilità. Al termine di questa prima fase di conoscenza, i partecipanti al progetto sono stati invogliati a realizzare un proprio GIS utilizzando dati geografici, sanitari e ambientali del tutto dissimili tra loro e gli strumenti gratuiti messi a disposizione da GoogleMaps. Anche in questo caso gli studenti e le studentesse hanno lavorato in coppie e hanno realizzato un piccolo GIS su un tema sociale a scelta, con dati verosimili ma del tutto frutto della loro fantasia (contaminazione dell'aria, incidenza clinica dei fattori ambientali su alcune patologie, dislocazione dei dispositivi salva-vita sul territorio, impatto acustico e urbanistica, ecc). In quest'ultima fase del progetto i partecipanti hanno dimostrato una lodevole sensibilità nei confronti dell'educazione civica e degli obiettivi per lo sviluppo sostenibile elencati nell'agenda 2030 [14] e di cui la scuola italiana deve tener conto nella progettazione didattica ed educativa.

### 3.1 Questionario finale

A pochi mesi dal termine dell'attività didattica e dall'esame di maturità, che ha coinvolto i partecipanti al progetto, è stato somministrato agli studenti e alle studentesse un questionario per la rilevazione della percezione delle competenze acquisite durante il *laboratorio di #bioinformatica* e dell'eventuale ricaduta sulle scelte professionali post-diploma. L'autovalutazione e la valutazione da parte degli studenti assume un ruolo importante nel progetto, in quanto consente, da un lato di rendere lo studente parte attiva del proprio processo di apprendimento e dall'altra rappresenta un valido strumento per l'analisi di validazione del progetto e del raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Il questionario è suddiviso in tre parti: la prima parte ha lo scopo di valutare l'utilità del progetto in termini di orientamento e quindi nelle scelte accademiche o professionali fatte dopo il diploma; la seconda parte mira a valutare l'autocoscienza dei partecipanti rispetto all'acquisizione di competenze digitali e trasversali con particolare attenzione alla risoluzione di problemi in contesti reali. Infine, la terza parte riguarda l'autovalutazione delle competenze disciplinari, ovvero relativa ai tre obiettivi predefiniti nei moduli didattici: realizzare semplici analisi statistiche su sequenze di DNA/RNA, consultare una banca dati biologica ed eseguire ricerche su rappresentazioni 3D, consultare un sistema informativo territoriale (GIS) e modificare/aggiungere dati ambientali, biologici, sanitari. Le risposte sono presentate come una scala a 5 livelli, in cui il livello 1 corrisponde a *"No, per nulla"* mentre il livello 5 *"Sì, molto"*. La sufficienza si colloca sul livello 3 *"Sì, in parte"*. Gli altri livelli 2 e 4 corrispondono alla risposta *"No, decisamente"* e *"Sì, abbastanza"*. Di seguito le domande del questionario:

1. Ritieni che l'attività sia stata utile alla tua formazione professionale, alla luce delle tue scelte post diploma? [1-2-3-4-5]
2. Ritieni che il progetto ti abbia fornito nuovi strumenti per l'approccio e la risoluzione di problemi reali? [1-2-3-4-5]
3. Ritieni che il progetto ti abbia motivato nell'acquisizione di nuove competenze digitali? [1-2-3-4-5]
4. Ritieni che il progetto ti abbia fornito un approfondimento rispetto a quanto vissuto durante gli ultimi due anni (pandemia da Covid-19 e vaccini)? [1-2-3-4-5]
5. Al termine di questa attività ritieni di essere in grado di realizzare semplici analisi statistiche su sequenze di DNA/RNA? [1-2-3-4-5]
6. Al termine di questa attività ritieni di essere in grado di consultare una banca dati biologica e di eseguire semplici ricerche utilizzando la visualizzazione 3D? [1-2-3-4-5]

7. Al termine di questa attività ritieni di essere in grado di consultare un sistema informativo territoriale (GIS) e di modificare/aggiungere dati ambientali, biologici, sanitari? [1-2-3-4-5]
8. Il questionario è terminato, ti chiediamo di scrivere qui di seguito eventuali note, consigli e pareri personali per migliorare l'attività nelle future edizioni. Grazie! [risposta aperta]

Il questionario è stato distribuito utilizzando un modulo online. Anche se tutti gli studenti e le studentesse intervistate sono maggiorenni, in tutto il processo di somministrazione ed analisi dei dati abbiamo seguito i requisiti etici di condotta indicati in [9], così come il consenso informato, la partecipazione volontaria, e il trattamento dei dati personali. Questo per garantire la privacy e la riservatezza dei partecipanti al progetto e la trasparenza dei dati.

## 4 Risultati

Come descritto nella Sezione 1, il progetto *laboratorio di #bioinformatica* si pone differenti obiettivi: da un lato l'acquisizione di conoscenze specifiche nell'ambito della bioinformatica, dall'altro l'acquisizione di competenze e abilità digitali avanzate, significative anche ai fini delle scelte post diploma. Il questionario autovalutativo somministrato al termine del laboratorio è servito proprio a valutare la percezione dei/delle partecipanti rispetto all'acquisizione di conoscenze, competenze e abilità nuove e professionalizzanti.

Hanno risposto al questionario finale 23 dei 42 partecipanti (54,7%). Alle prime tre domande riguardanti l'orientamento, le competenze di problem solving e le competenze digitali, l'83%, il 78% e l'87% (rispettivamente) degli intervistati ha risposto "Sì, abbastanza" o "Sì, molto" e solo il 4,3% ritiene che il progetto non abbia influenzato le proprie scelte post-diploma, l'8,7% ritiene di non aver acquisito nuove capacità di risoluzione di problemi reali e il 4,3% ritiene di non aver acquisito alcuna nuova competenza digitale. Per quanto riguarda l'educazione civica collegata agli approfondimenti rispetto agli aspetti scientifici dell'infezione da SARS-COV-2, nessuno degli intervistati ha risposto in maniera negativa e oltre il 90% ritiene che il progetto abbia fornito un importante approfondimento rispetto alle tematiche in oggetto. Infine, per le domande riguardanti le competenze disciplinari, il 65% degli intervistati ritiene di aver acquisito buone o ottime competenze di analisi delle sequenze di DNA/RNA, il 74% ritiene di essere in grado di consultare in maniera efficace un database biologico per la visualizzazione dei dati in 3D, e il 78% ritiene di essere in grado di utilizzare o modificare un GIS ambientale o sanitario. Tutti gli intervistati ritengono di aver acquisito con sufficienza almeno una competenza disciplinare tra quelle proposte. In Figura 4 è mostrato il dettaglio delle risposte.

La risposta alla domanda finale (aperta) mostra invece un filo conduttore che riguarda il tempo dedicato al PCTO. Secondo della maggior parte degli intervistati il tempo dedicato al progetto (30 ore) non è sufficiente a garantire un approfondimento opportuno delle tematiche proposte e, soprattutto, i/le partecipanti si sono chiesti perchè attività come questa non siano state possibili anche al terzo e quarto anno di studi. Infine, alcuni intervistati hanno lamentato una moderata interattività e scarso coinvolgimento in alcune delle attività laboratoriali come ad esempio nell'utilizzo della stampante 3D.

## 5 Conclusioni e Progetti Futuri

Per la primavera 2023 il *laboratorio di #bioinformatica* sarà ripetuto con alcune modifiche, basate anche sui risultati dell'esperienza presentata in questo articolo. In particolare, il secondo



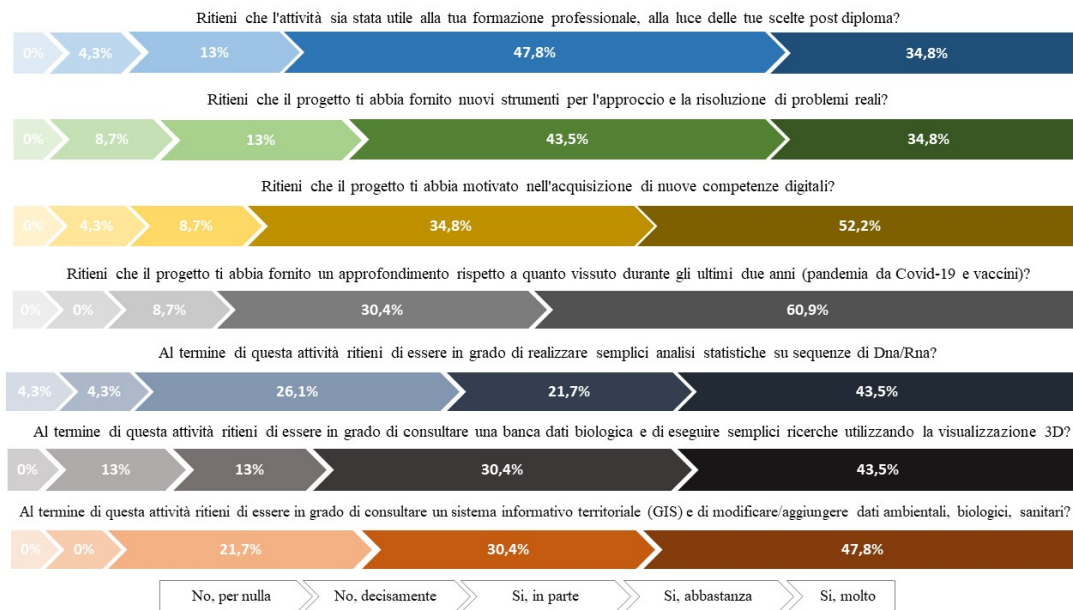


Figure 4: Sintesi dei risultati del questionario (23 intervistati). Il valore 5 (“Sì, molto”) compare mediamente nel 45% delle risposte, mentre il valore 4 (“Sì, abbastanza”) nel 33%. Il valore 3 (“Sì, in parte”) ha una media del 14%, il 2 (“No, decisamente”) del 4,8%. Il valore più negativo, 1 (“No, per nulla”), compare solamente per lo 0,6% delle risposte.

modulo vedrà l'utilizzo più significativo della stampante 3D e dei software necessari alla realizzazione della *mesh* per il passaggio da visualizzazione a stampa. Il progetto sarà inoltre proposto anche in un percorso liceale (Liceo Scientifico Scienze Applicate) i cui obiettivi disciplinari sono differenti, ma non quelli trasversali e di cittadinanza digitale. Lo studio dell'informatica dal primo anno, nei percorsi liceali, permetterà l'implementazione degli algoritmi di string matching (modulo uno) direttamente in C/C++, Python o Java, secondo la programmazione proposta dai docenti disciplinari. Il questionario finale, per l'analisi della percezione delle abilità acquisite sarà affiancato ad una valutazione oggettiva delle conoscenze e delle competenze. Infine, continueremo la sperimentazione del lavoro ibrido e dei team distribuiti [11] anche se la situazione sanitaria italiana ed europea sarà tornata alla normalità, questo per aggiungere competenze di smart working agli obiettivi del progetto.

Ancora una volta il concetto di “socialmente rilevante” si è dimostrato motore trainante per questo progetto, come già evidenziato in attività precedenti [6, 10], e ottimo deterrente nei confronti della dispersione implicita. I risultati del questionario incoraggiano la proposta di attività laboratoriali anche per il loro carattere inclusivo, dai dati infatti emerge che un numero elevato di partecipanti raggiunge gli obiettivi predefiniti, conferma della capacità di valorizzare differenti stili di apprendimento e di superare il modello trasmissivo consueto. Le restrizioni sociali dello scorso anno scolastico, dovute all'ultima fase di pandemia, hanno modificato l'approccio ai PCTO ma non ne hanno stravolto gli obiettivi, mostrando alla scuola italiana di poter contare su progetti innovativi e altamente professionalizzanti, direttamente nelle sedi scolastiche. Il lavoro ibrido (parte a distanza) che rappresentava l'incognita di qualunque progetto tra il 2020 e il 2022 si è invece rivelato il grande protagonista della scuola 4.0 e sarà sicuramente l'eredità che il virus Sars-CoV-2 lascerà al mondo scolastico nei prossimi anni.

## References

- [1] D.L. 20/8/2019, n.92. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/21/19G00105/sg>.
- [2] D.L. 30/12/2018, n.145. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/12/31/18G00172/sg>.
- [3] D.P.R. 15/3/2010, n. 88. <https://www.gazzettaufficiale.it/gunewsletter/dettaglio.jsp?service=1&datagu=2010-06-15&task=dettaglio&numgu=137&redaz=010G0110&tmstp=1276687571279>.
- [4] D. Aliotta, P. Buffa, and G. Iaccarino. An evolutionary general purpose webgis to disclose EGFR mutations in lung cancer. In *Proceedings of the 10th International Conference on Visual Information Systems (VISUAL08)*, volume 5188 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 247–258. Springer, 2008.
- [5] Autorità Garante per l’Infanzia e l’Adolescenza. La dispersione scolastica in Italia: un’analisi multifattoriale - Documento di studio e di proposta. <https://www.garanteinfanzia.org/sites/default/files/2022-06/dispersione-scolastica-2022.pdf>, 2022.
- [6] A. Brancaccio, L. Corral, I. Fronza, and G. Iaccarino. Building Smart Apps for Smart Cities: un esempio di sinergia tra PCTO ed Educazione Civica, concluso ai tempi di COVID-19. In *Proceedings of the Annual AICA Conference “DIDAMATICA 2020: Smarter School for Smart Cities”, 12-13 November 2020, Trieste (Italy)*, pages 380–389.
- [7] M. Castoldi. *Valutare e certificare le competenze*. Carocci ed., 2016.
- [8] F. de Santis and G. Iaccarino. B-splines for genomic signatures. In *Proceedings of the International Conference on Scientific Computing (CSC 2006), June 26-29, 2006, Las Vega, Nevada, USA*. CSREA Press. pp. 164-169.
- [9] EU Agency for Fundamental Rights. Child participation in research. <https://fra.europa.eu/en/publication/2014/child-participation-research>, 2014. Last accessed: February 15, 2022.
- [10] I. Fronza, L. Corral, C. Pahl, and G. Iaccarino. Evaluating the effectiveness of a coding camp through the analysis of a follow-up project. In *Proceedings of the 21st Annual ACM Conference on Information Technology Education (SIGITE2020)*. University of Nebraska - Omaha’s College. October 7-9, 2020.
- [11] G. Iaccarino, L. Bartoli, I. Fronza, and L. Corral. PCTO per l’acquisizione di competenze di smart working. In *Proceedings of the Annual AICA Conference “DIDAMATICA 2021: Artificial Intelligence for Education”. October 7-9, 2021, Palermo (Italy)*.
- [12] D. Ianes and S. Cramerotti. *Alunni con BES - Bisogni Educativi Speciali*. Erickson, 2013.
- [13] Istituto Nazionale di Statistica. Il benessere equo e sostenibile in Italia . <https://www.istat.it/it/archivio/254761>, 2021.
- [14] Nazioni Unite. Agenda 2030 - obiettivi per lo sviluppo sostenibile. <https://unric.org/it/agenda-2030/>, 2021.
- [15] OCSE PISA. I risultati degli studenti italiani in letteratura, matematica e scienze. Rapporto nazionale. [https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_ITA\\_IT.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_ITA_IT.pdf), 2018.
- [16] OCSE PISA. Sintesi dei risultati italiani di OCSE PISA. <https://www.invalsiopen.it/wp-content/uploads/2019/12/Sintesi-dei-risultati-italiani-OCSE-PISA-2018.pdf>, 2018.
- [17] R. Ricci. *L’editoriale - La dispersione scolastica implicita*. Invalsi open, 2019.
- [18] RSCB. Protein data bank (rcsb pdb). <http://www.rcsb.org>, 2022.
- [19] G. Tomasello, I. Armenia, and G. Molla. The protein imager: a full-featured online molecular viewer interface with server-side hq-rendering capabilities. In *Bioinformatics, Volume 36, Issue 9, May 2020*, pp. 2909–2911. <https://3dproteinimaging.com/protein-imager>.
- [20] World Health Organization. Home page. <https://www.who.int/>, 2022.