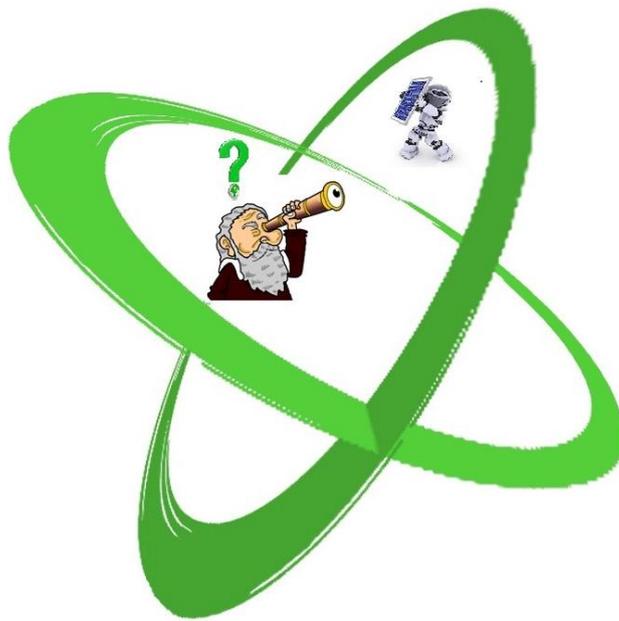


LE STANZE DI GALILEO



ITIS “GALILEO GALILEI” – ROMA
classi quarte del Liceo di Scienze applicate

6° edizione del Concorso nazionale
“Lo Sviluppo locale che vorrei: equo e sostenibile”
Edizione 2016 - 2017

INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Presentazione dell'idea**
- 3. Gli indicatori BES**
 - 3.1 Istruzione e formazione
 - 3.2 Ricerca ed innovazione
 - 3.3 Ambiente
- 4. Percorso formativo in ambito Alternanza Scuola-Lavoro**
- 5. Riqualificazione energetica**
 - 5.1 Scelta dei locali
 - 5.2 Scelta degli interventi ed analisi dei costi
 - 5.3 Progettazione finanziaria
- 6. I laboratori**
 - 6.1 Laboratorio di robotica green
 - 6.2 Laboratorio di celle fotovoltaiche organiche
 - 6.3 Laboratorio stampante 3D
 - 6.4 Aula di realtà immersiva
- 7. Conclusioni**
- 8. Ringraziamenti**
- 9. Bibliografia/Sitografia**

1. Introduzione

Per introdurre il nostro progetto ci sembra doveroso spiegare brevemente come siamo arrivati alla nostra idea. Alla fine di ottobre le nostre professoressine di scienze ci hanno proposto di partecipare al concorso promosso dall'Associazione Articolo 99 e inizialmente pensavamo si trattasse della solita proposta alla ricerca di idee ecologiche a salvaguardia dell'ambiente. In effetti abbiamo iniziato a tirare fuori le idee più disparate che andavano dal cassonetto 2.0 alla cicca di sigaretta biodegradabile, dalla autovettura magnetica al convertitore di CO₂ in ossigeno fino alla produzione di biometano. Ma questo brainstorming non ci portava da nessuna parte perché ancora non eravamo consapevoli che si trattava di ben altro, che si trattava di entrare nel merito di tanti ambiti che avevano come denominatore comune il Benessere.

Benessere è un termine che nella sua semplicità apparente è invece l'espressione integrata e armonica di molti elementi che trovano la loro connotazione nell'ambito dello sviluppo sociale ed economico, nell'istruzione, nel lavoro, nello stato di salute e nella qualità della vita in senso ampio.

La documentazione fornitaci dalle nostre insegnanti, la ricerca di siti e di letture che ampliarono le nostre conoscenze in merito di Benessere ci hanno aperto gli occhi sul fatto che non avremmo dovuto semplicemente affrontare il tradizionale elaborato ma potevamo renderci protagonisti nel nostro territorio come cittadini attivi in grado di contribuire, con il nostro fare, non solo al nostro benessere ma anche a quello delle generazioni future.

Il primo punto critico era la scelta di un luogo adatto alla realizzazione di un'impresa di prodotti o servizi mirati allo sviluppo equo e sostenibile, ma la nostra bellissima città, pur essendo ricca di siti interessanti allo scopo, è altresì una città difficile e dispersiva. A volte, però, le cose che cerchiamo e le idee migliori sono lì, sotto il nostro naso... e sotto il nostro naso c'era la nostra Scuola.

Certo! La Scuola! La Scuola come Impresa!

Ora avevamo il luogo ma bisognava sapere cosa farci. La Scuola svolge funzioni formative ed educative che devono garantire eguaglianza, mobilità sociale e sviluppo, pertanto quale luogo migliore dove gli studenti possano loro stessi trasformarsi in formatori che educano ad educare all'ambiente e allo sviluppo equo e sostenibile. La Scuola è fondamentale per veicolare i concetti di sostenibilità e innovazione alle nuove generazioni. Quale luogo

migliore, quindi, dove gli studenti possano trasformarsi in cittadini attivi e consapevoli in grado di utilizzare lo strumento educazione per raggiungere gli obiettivi economico-sociali nel rispetto delle regole che la Nostra Casa Comune merita.

A questo punto per tenere a battesimo la nostra idea avevamo bisogno di un nome: quale padrino migliore di Galilei avrebbe potuto accompagnarci nei locali del “suo” Istituto per sostenerci in questa nuova esperienza? Ed ecco il nome: *Le Stanze di Galileo* volendo, con questo termine familiare, sottolineare la semplicità di realizzazione dei laboratori che andremo a proporre.

Il logo della nostra proposta progettuale, che è una rivisitazione del logo della scuola, vuole mettere in evidenza l’incontro tra passato (Galilei) e futuro (robottino a cella solare); l’intersezione delle orbite rappresenta la convergenza tra sviluppo tecnologico ed ecosostenibilità; il colore verde richiama la connotazione green del nostro progetto.

Poiché la richiesta del concorso era di realizzare una proposta progettuale per un’attività produttiva o di servizio che utilizzasse saperi e competenze acquisite nel percorso di alternanza scuola-lavoro, abbiamo pensato di ripercorrere la storia del nostro Istituto che è nato nei primi anni del Novecento come scuola per la preparazione nel territorio delle maestranze per le nuove industrie.

Noi, come novelli pionieri, abbiamo pensato di ricalcare la strada dei nostri predecessori, istruendo studenti sui nuovi percorsi di sviluppo tecnologico che rispondano ai requisiti di ecosostenibilità.

Ed ecco l’idea.

2. Presentazione dell'idea

Il nostro Istituto nasce nel 1920 come una scuola tecnico-professionale la cui struttura era caratterizzata dai capannoni delle officine e dei laboratori. Attualmente molte di queste officine, locali di ampia metratura e con un notevole sviluppo in altezza, non sono utilizzati.

Noi abbiamo pensato di riqualificarli per realizzare delle attività laboratoriali, che abbiano come tema principale la sostenibilità energetica, da proporre a studenti di scuole di ordine e grado inferiore ma anche al primo biennio delle scuole secondarie.

Per tali attività abbiamo pensato di utilizzare le nostre competenze in ambito di robotica che ci ha visto vincitori per dodici anni consecutivi nelle competizioni nazionali (Romecup) e numerose volte in quelle mondiali (Robocup). L'idea è quella di azionare i nostri robottini tramite fonti di energia alternativa come il fotovoltaico o le celle fotovoltaiche organiche per coniugare innovazione tecnologica con i principi di sostenibilità.

I locali che ospiteranno i nostri laboratori sostenibili devono essere degni dei principi di tollerabilità ambientale; necessitano, pertanto, di una riqualificazione energetica per evitare preziose dispersioni di calore traducibili in risparmio in termini economici e dannose immissioni di CO₂ nell'atmosfera. A proposito di emissioni di gas serra, il nostro Istituto è anche in questo all'avanguardia essendo dotato di pannelli fotovoltaici dal 2003 che hanno consentito di evitare l'immissione di 35 tonnellate di CO₂, risparmiare 14 tonnellate di petrolio e produrre 76000 kWh.

I nostri ospiti potranno imparare le semplici regole da adottare per rispettare il proprio ambiente mediante momenti formativi tenuti da noi studenti ma anche da consulenti esperti o mediante l'uso dell'area immersiva proposta in questo progetto, e metterle in pratica con il saper fare, divenendo anch'essi cittadini attivi.

Il nostro servizio, che pensiamo di offrire per una modesta ma congrua quota di partecipazione, sarà quindi rivolto al nostro territorio inteso come strutture scolastiche e associazioni locali al fine di diffondere e sviluppare un nuovo substrato sociale che, oltre ad essere sensibilizzato alla sostenibilità ambientale attraverso l'educazione, ne acquisisca anche consapevolezza attraverso il saper fare.

Pensando ad una visione più ampia, le nostre attività laboratoriali, '*Le Stanze di Galileo*', potrebbero essere inserite nell'ambito di percorsi di turismo scolastico che

promuoverebbero così sia la cultura artistica, ampiamente offerta dalla nostra città, che la cultura della sostenibilità.

Con la nostra idea vorremmo pensare alla nostra Scuola come ad un'Impresa Didattica che sia in grado di fornire un concreto modello di sviluppo equo e sostenibile.

3. Gli indicatori BES

La nostra Costituzione all'articolo 9 recita: "La Repubblica Italiana tutela il paesaggio ed il patrimonio storico ed artistico della nazione" ed in seguito richiama la "tutela della salute" ed il "razionale sfruttamento del suolo", ma non compare mai il termine "ambiente" e non c'è alcun richiamo alla salvaguardia ambientale.

Ciò è facilmente comprensibile se si considera che al momento della stesura della legge fondamentale della Repubblica le priorità erano altre: fra tutte garantire l'assetto democratico e promuovere lo sviluppo economico e sociale del paese.

Già dopo alcuni decenni, però, la specie umana si è trovata di fronte a fenomeni che l'hanno indotta a prendere coscienza di rischi planetari ed irreversibili come il depauperamento delle risorse naturali, l'inquinamento, la desertificazione e i mutamenti climatici.

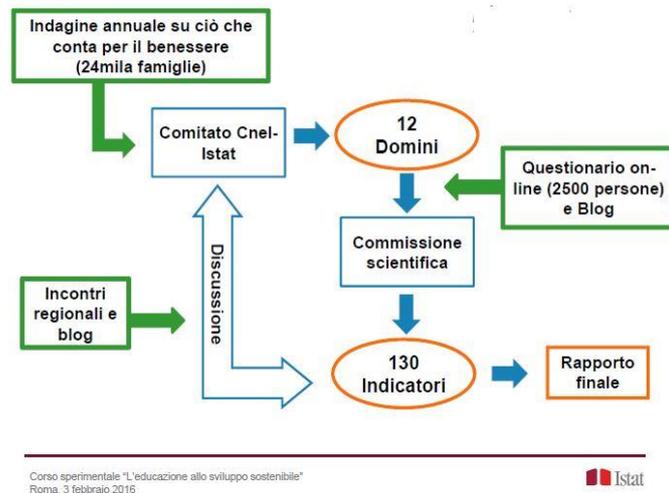
Ed è proprio in questa fase di riflessione globale sulla questione ambientale che ha preso corpo il concetto di "sostenibilità dello sviluppo" intesa come un miglioramento della qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto dai quali essa dipende. Oggi è chiaro che la sostenibilità non riguarda esclusivamente il settore dello sviluppo economico o quello della salvaguardia ambientale, ma ruota attorno a tre fattori fondamentali: economico, sociale ed ambientale.

La sostenibilità economica è la capacità di generare reddito e lavoro per il sostentamento della popolazione; la sostenibilità sociale è intesa come la capacità di migliorare e garantire le condizioni di benessere della popolazione; la sostenibilità ambientale è la capacità di realizzare opere ed investimenti sfruttando la qualità e la riproducibilità delle risorse naturali senza intaccare l'ambiente.

Peculiare al concetto di sostenibilità è il principio di equità che riguarda la sproporzione tra le società più ricche e quelle più povere e che deve sensibilizzare ad un modo di vivere e di consumare "responsabile" orientato sulla qualità della vita e non sulla quantità di beni posseduti o consumati.

Ma come è possibile far convergere questi parametri nella società moderna?

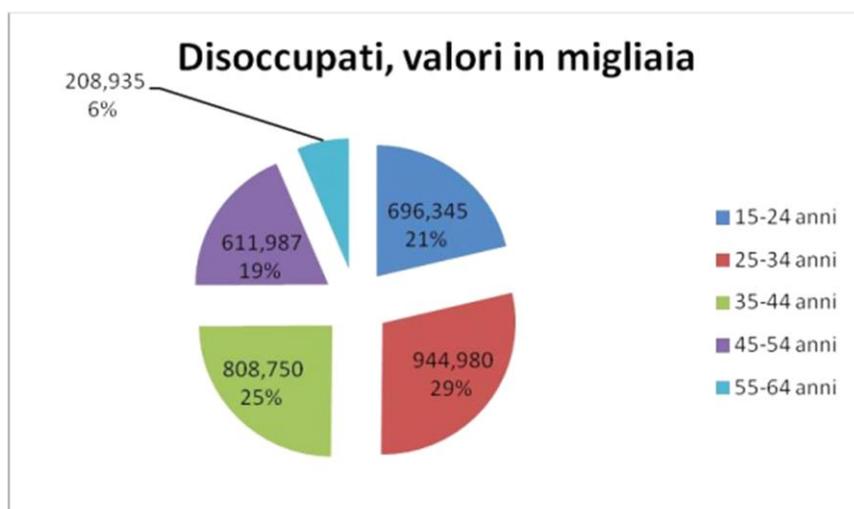
Il CNEL e l'ISTAT hanno individuato e valutato 12 domini atti a descrivere e quantificare la qualità della vita: SALUTE, ISTRUZIONE, LAVORO, BENESSERE ECONOMICO, RELAZIONI SOCIALI, POLITICA E ISTITUZIONI, SICUREZZA, PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE, AMBIENTE, RICERCA E INNOVAZIONE, QUALITÀ DEI SERVIZI



Andando ad esaminare le statistiche dei dati BES, risalenti allo scorso anno, è possibile trovare molti riscontri tra ciò che il nostro progetto sarebbe in grado di offrire e ciò che serve, sia all'ambiente che alla società per un miglioramento complessivo.

3.1 Istruzione e Formazione

Secondo le statistiche effettuate nel 2016 dall'ISTAT relative all'occupazione lavorativa, si può notare un grande calo di posti di lavoro che influisce soprattutto sui ragazzi neolaureati/diplomati.



Il nostro progetto è rivolto in prima persona a noi studenti che potremo usufruire di questi locali per svolgere attività di alternanza scuola lavoro, ma è rivolto anche agli studenti che hanno finito il loro percorso di studio, per attività lavorative retribuite. Tutto questo comunque non è a disposizione esclusivamente agli studenti ed ex studenti della scuola sede di questi laboratori, ma anche ragazzi provenienti da altri istituti potranno trarre vantaggio da queste attività, partecipando attivamente ai laboratori in base alle loro necessità lavorative o didattiche.

Parlando esclusivamente dal punto di vista didattico, le statistiche ci mostrano un grande aumento dell'attività culturale dovuta a un crescente interessamento verso lo studio pratico riguardante tutti i campi del sapere (dall'arte alla fisica, dall'archeologia alla scienza dell'alimentazione ecc...).

"Le Stanze di Galileo", fornendo laboratori green polivalenti, sono indicate anche per l'istruzione delle scuole primarie che li potranno prenotare e svolgere attività di vario tipo, dalla sensibilizzazione al riciclo alla robotica.

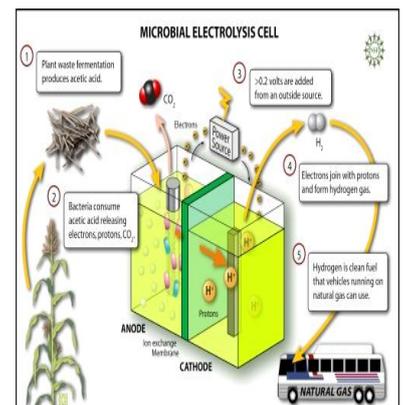
3.2 Ricerca e Innovazione

Lo stato della ricerca e dell'innovazione in Italia non è significativamente mutato negli ultimi cinque anni, pur in presenza di qualche timido miglioramento in alcuni ambiti: ad esempio aumenta leggermente la quota di PIL destinata alla ricerca e leggeri miglioramenti si sono avuti anche sul fronte dell'innovazione nelle imprese.

Dall'analisi dei dati ISTAT emerge che c'è stato uno sviluppo crescente dell'attività sperimentale (+12%), della ricerca di base (+4,2%) e della ricerca applicata (4,1%).

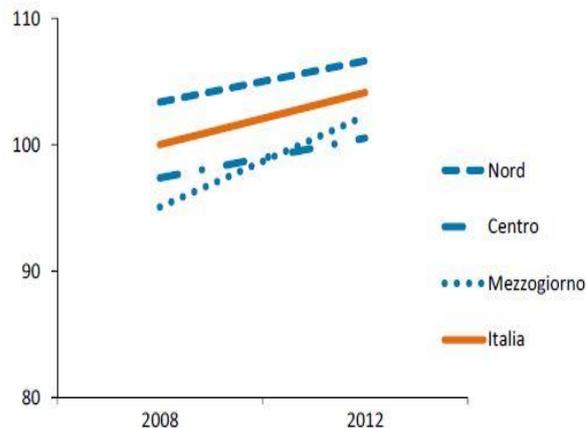


I laboratori presentati nella nostra Scuola-Impresa ben si pongono all'interno dell'indice BES **Ricerca e Innovazione** perché coniugano gli elementi di innovazione tecnologica con i criteri di sostenibilità, contribuendo al miglioramento di questo indice.



3.3 Ambiente

L'indice che ci interessa principalmente è comunque quello riguardante l'ambiente; esso manifesta un aumento significativo, attribuibile soprattutto ad un miglioramento della gestione dei rifiuti con un minor conferimento di essi in discarica e all'aumento del consumo di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.



Corso sperimentale "L'educazione allo sviluppo sostenibile"
Roma, 3 febbraio 2016



Secondo i dati ISTAT c'è stato un grande incremento di questo indice sia nel Nord dell'Italia, che continua a mantenere uno standard di qualità ambientale elevato, sia nel Mezzogiorno che ha realizzato la crescita più consistente in questo campo.

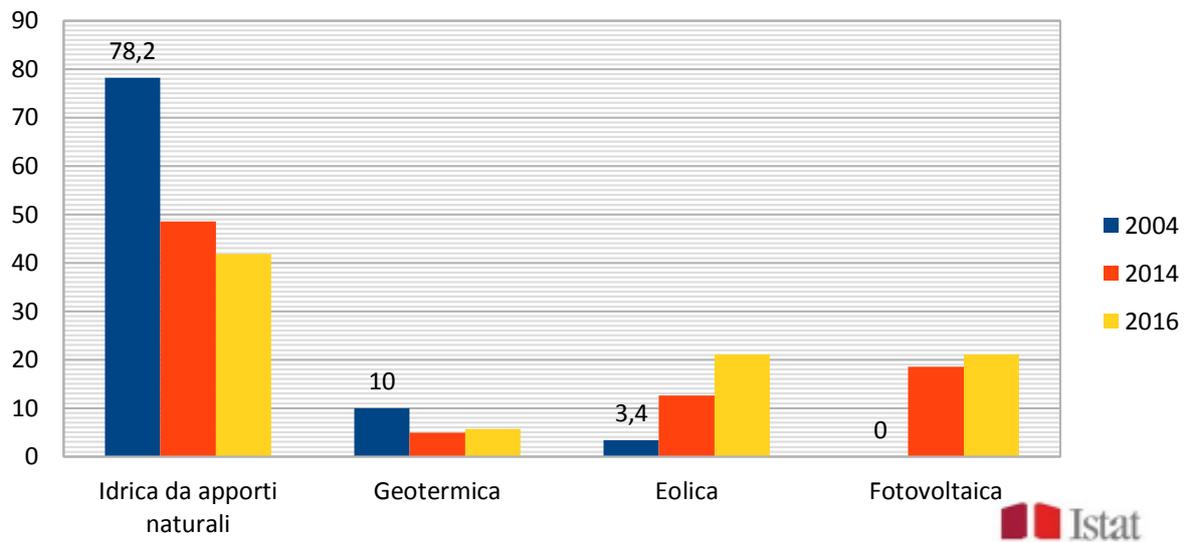
I laboratori e la riqualificazione energetica presentati nel nostro progetto sono basati sull'idea primaria di dover sì garantire un'istruzione valida e pratica ma anche di rispettare ciò che ci circonda.



Noi andiamo a toccare specificatamente questo argomento grazie al laboratorio che ha come strumento principale la stampante 3D fornita dalla nostra scuola. Quest'attività è strettamente legata con il riciclo in quanto intendiamo utilizzare come materia prima la plastica riciclata.

La pratica del riciclo, oltre ad avere un impatto concreto ed immediato sull'ambiente, incrementa la sensibilità degli studenti nei confronti delle problematiche ambientali.

Dalle statistiche risulta una crescita del fotovoltaico e dell'eolico per la produzione di energia elettrica rinnovabile: questo è motivo di miglioramento della qualità atmosferica.



La riqualificazione energetica valutata nel nostro progetto, per la quale verranno utilizzati pannelli radianti infrarossi e pannelli fotovoltaici che si aggiungeranno al già presente impianto fotovoltaico posto sul terrazzo del nostro edificio scolastico, rappresenta un ulteriore motivo di salvaguardia dell'ambiente.

4. Percorso formativo

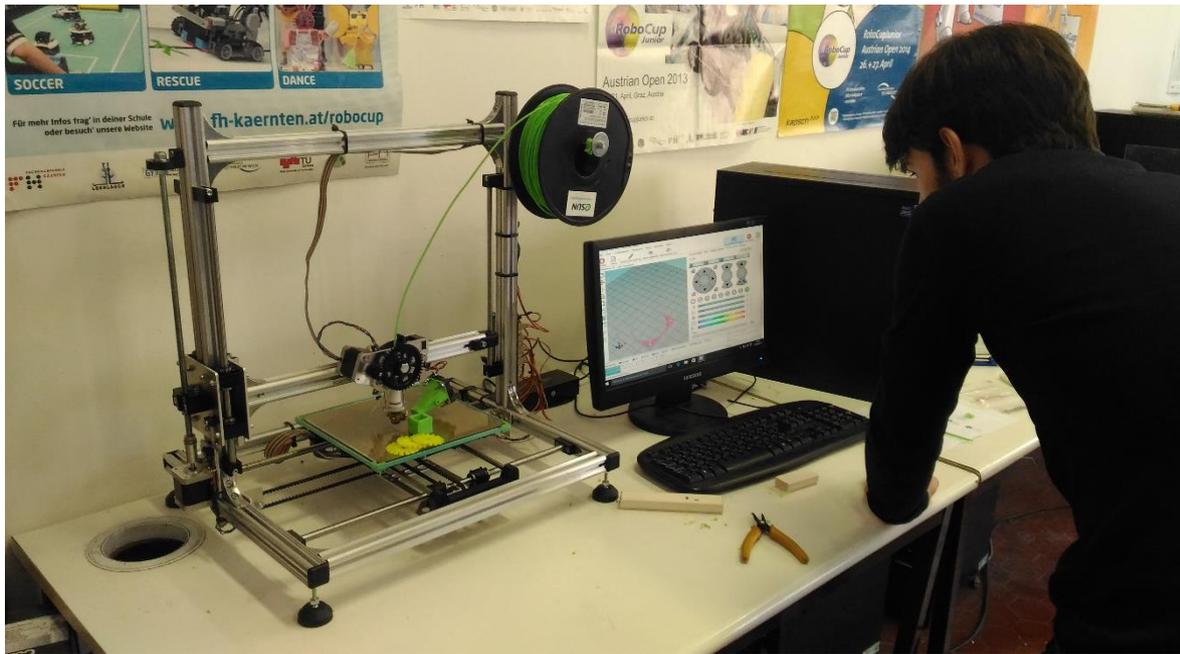
Per realizzare il progetto il team di lavoro, diviso in gruppi, ha seguito un percorso formativo nell'ambito di Alternanza Scuola-Lavoro così articolato:

Gruppo 1: percorso di alternanza scuola-lavoro sulla riqualificazione energetica con formazione in sede presso il nostro Laboratorio di energie alternative diretto dal prof. Sciscione e attività pratica di progettazione (rilievi, calcolo dispendio energetico, scelta materiali, analisi dei costi e fattibilità) seguita dall'ing. Scattone con studio di ingegneria energetica in Anguillara Sabazia (RM) e dall'ing. Cantelmi già SIS Power Grid s.r.l.

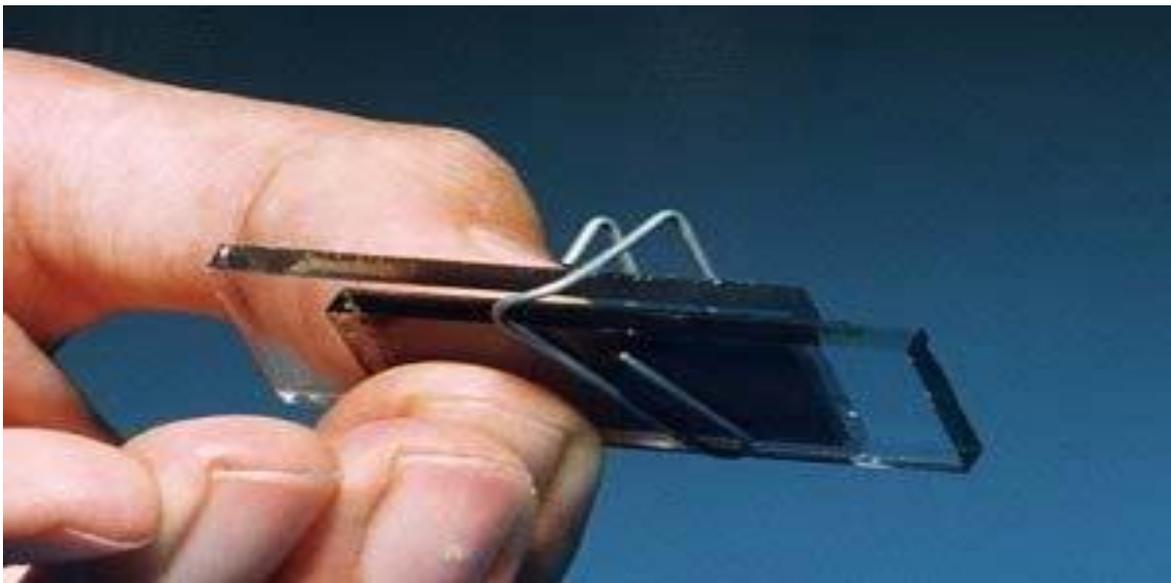


valori relativi al periodo 2010-2017

Gruppo 2: percorso di alternanza scuola-lavoro di robotica, volto sia alla costruzione di robot "leggeri" funzionanti (progettazione teorica della meccanica e dell'elettronica, costruzione e programmazione) che all'utilizzo della stampante 3D per la costruzione della componentistica. L'attività è stata svolta presso il Laboratorio di robotica, diretto dai professori Manfré e Taraborrelli e coadiuvato dall'ing. Cozzolino, dal prof. Torda e dal prof. Pucci, che collabora anche con un altro Istituto superiore specializzato nella costruzione di robot "pesanti".



Gruppo 3: percorso di alternanza scuola lavoro sulle celle fotovoltaiche organiche con l'utilizzo di antocianine. La formazione teorica e pratica è avvenuta sotto l'esperta guida della professoressa Cerciello del Laboratorio di Elettrotecnica e misure elettriche.



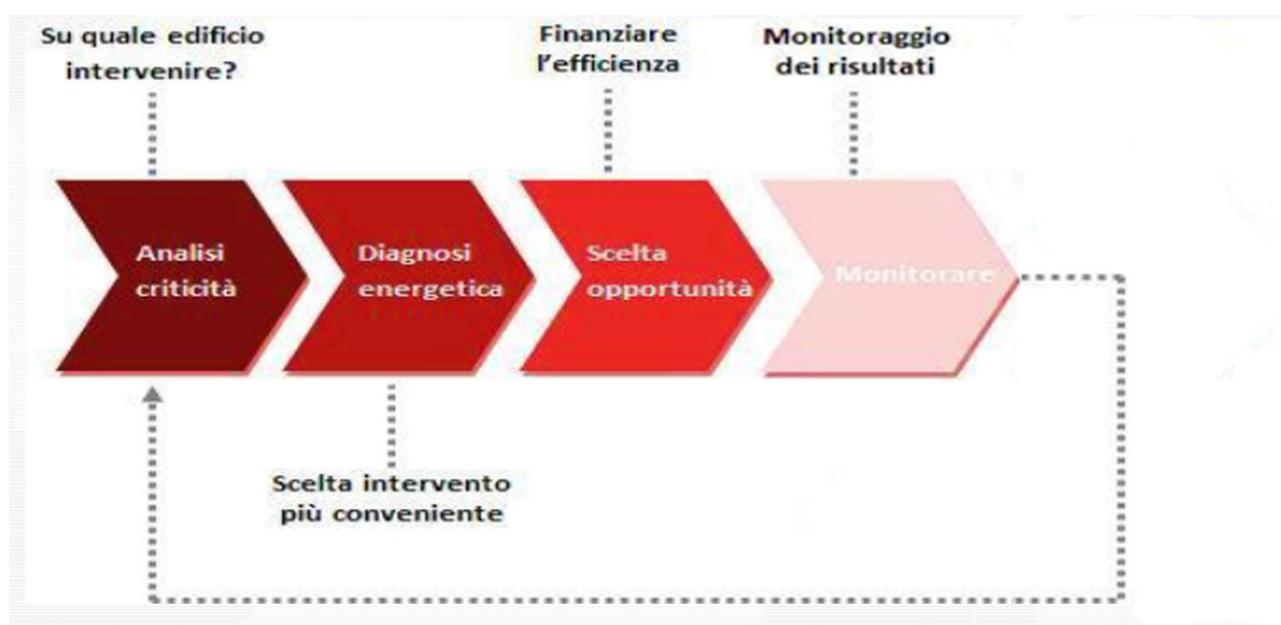
5. Riqualficazione energetica

In Italia la maggior parte degli edifici scolastici è stata costruita prima del 1976, anno in cui è entrata in vigore la prima legge sul contenimento del consumo energetico degli edifici. Ciò significa che la maggior parte dei nostri edifici scolastici ha pareti e finestre che disperdono verso l'esterno gran parte dell'energia fornita per riscaldare aule, uffici e ambienti annessi. Se a questo aggiungiamo gli impianti termici che, se hanno più di 12 anni, sono poco efficienti, e così anche i sistemi di illuminazione, possiamo affermare che oltre il 50% dell'energia che si usa per riscaldare gli edifici scolastici può essere risparmiata.

Come? Riqualficando energeticamente l'edificio.

La riqualficazione energetica consiste in una serie di interventi tendenti ad ottenere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli involucri edilizi e dei sistemi impiantistici e l'incentivazione dell'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili. L'obiettivo non è solo quello del contenimento della spesa, ma anche il miglioramento delle condizioni di benessere degli alunni, una nuova progettazione degli ambienti di apprendimento, e, non ultima, la crescita di consapevolezza sui temi ambientali delle giovani generazioni.

Lo strumento principale per la riqualficazione è la **diagnosi energetica**, una procedura di analisi coordinata del sistema edificio-impianto, che ha l'obiettivo di individuare gli interventi da realizzare, definirne le priorità e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici. Dopo aver individuato gli interventi che meglio rispondono alle esigenze dell'edificio si passa all'individuazione dello strumento più adatto a finanziare gli interventi.



5.1 La scelta dei locali

La costruzione del nostro Istituto fu iniziata nel 1920 su progetto dell'architetto Piacentini. Il preventivo era di 10.000.000 di lire: il primo finanziamento fu per i capannoni delle officine e dei laboratori, indispensabili per una scuola tecnico-professionale. Nell'ottobre del 1922 erano già pronti ma, visti dall'esterno, con le loro tettoie tanto inclinate, erano antiestetici. Per esigenze di spazio dovute alla crescita dell'Istituto che annoverava ben 1251 alunni nel 1924-25, ma anche per economia di spese, il progetto fu modificato. Nel 1928 l'edificio non era ancora completato a causa delle difficoltà finanziarie.

A questo punto subentrò alla sua guida l'ingegnere Tomassetti che incrementò la sezione edile, dotandola di un Laboratorio tecnologico per la prova dei materiali da costruzione e fece effettuare agli allievi le esercitazioni di cantiere mirate a completare le opere murarie dell'Istituto (esempio ante litteram di alternanza scuola-lavoro!); il reparto falegnameria fu impegnato ad approntare tutte le opere in legno necessarie alla ultimazione e all'arredamento dell'istituto.

La inaugurazione ebbe luogo nel 1933.

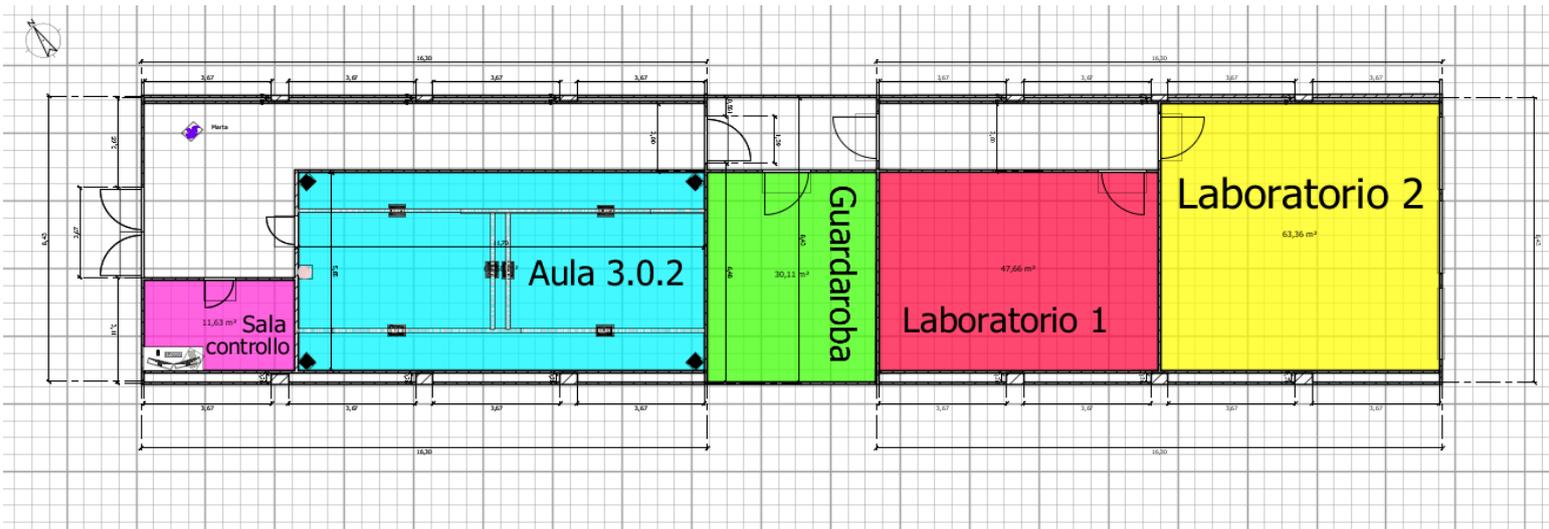


Da allora sono cambiate molte cose e adesso abbiamo diversi locali inutilizzati che potrebbero essere rivalutati e adoperati produttivamente.

I due locali da noi scelti sono delle ex officine adesso adibite a magazzino. La nostra idea per rivalutare questi locali consiste nel renderli più energeticamente efficienti attraverso delle opere di riqualificazione mirate.



La seguente planimetria spiega come vorremmo utilizzare il bilocale.



5.2 La scelta degli interventi e l'analisi dei costi

Una volta individuati i locali abbiamo dovuto progettare gli interventi più convenienti da fare. Con l'aiuto dell'ingegnere energetico si è fatta una diagnosi energetica dell'edificio.

Abbiamo effettuato dei sopralluoghi e dei rilievi presso i locali e analizzato i dati sui consumi e sui costi energetici legati al suo normale utilizzo, esaminando fatture e bollette.



Abbiamo calcolato l'energia necessaria per riscaldare l'ambiente per confrontarla con quanta energia servirebbe dopo aver finito i lavori. Attualmente i locali necessitano di 9,40kWh.

Coefficienti climatici

Zona climatica **D**
Gradi giorno **1415**
Altitudine **20**
Ore di riscaldamento **12**
Periodo riscaldamento **01/11 15/04**
Giorni di riscaldamento **166**
 Δ temperatura ° **7.67**
U pareti (W/m²K) **0.44**
U coperture (W/m²K) **0.39**
U solai (W/m²K) **0.62**
U infissi (W/m²K) **3.71**
Volume d'aria m³ **1347**

Dimensionamento **

Coeff. 32; coeff. termico adattato 33.6; **dimensionamento di massima... ≈ 45.26 Kwh ≈ 154433.46 Btu ≈ 38916.36 kcal/h**

Temperatura minima di progetto $\geq +0^{\circ}\text{C}$; Escursione termica $\approx 20^{\circ}\text{C}$ potenza termica necessaria ad innalzare la temperatura di 1347m³ di aria da +0°C a 20°C in un'ora ≈ 9.40 Kwh (* in assenza di dispersioni termiche, pressione ed umidità costanti)

KWh ≈ 45.26
Kcal h ≈ 38916.36
Btu h ≈ 154433.46

fonte: www.architetto.name

"I valori contrassegnati con la U indicano i dati della trasmittanza termica ovvero la quantità di energia o potenza termica scambiata da un materiale o elemento."

Poiché dall'analisi dei dati è emerso che l'energia è utilizzata principalmente per riscaldare gli ambienti, l'azione principale sarà isolare bene la nostra struttura. La strategia deve essere chiara: **ridurre il più possibile i consumi per poi sostituire con l'energia solare o altre fonti di energia rinnovabili quelli rimanenti.**

I materiali che abbiamo selezionato per le opere di riqualificazione, come di seguito indicato, sono di elevata qualità e di conseguenza, elevato costo, ma renderanno i locali energeticamente efficienti secondo diversi criteri di valutazione, quali: eco-sostenibilità, risparmio energetico, qualità complessiva dell'ambiente di lavoro.

Opere di coibentazione dell'ambiente:

- **Cappotto termico:** sarà uno dei più importanti modi per prevenire la dispersione del calore delle stanze; può sembrare banale ma svolge il suo lavoro egregiamente e inoltre verranno utilizzate materie prime biodegradabili e provenienti da fonti ecologiche.

Esistono due tipologie di isolamento a cappotto: interno ed esterno. Siccome noi non incorriamo in problemi di spazio (le dimensioni della nostra area progettuale sono eloquenti), utilizzeremo tutte e due le tipologie lavorando con più cura con l'isolamento interno, in quanto risulta più efficiente e adattabile.

Costo medio € 20/mq

- **Tappetino isolante con massetto:** anche il pavimento notoriamente disperde calore; proprio per questo abbiamo ritenuto che un semplice tappetino isolante in fibra di poliestere, con un massetto in cemento per livellare la pavimentazione e ospitare il mattonellato, possa essere sufficiente a compiere l'opera di ridurre quella possibile dispersione.

Costo medio € 5/mq

- **Controsoffitto termoisolante:** uno dei punti critici del bilocale in cui si andrà a sviluppare il futuro laboratorio è la sua altezza. Essendo il Galileo Galilei una ex fabbrica, ed essendo l'area progettuale parte delle officine storiche, i soffitti degli interni sono alti all'incirca 10m. Un'altezza del genere non può neanche essere presa in considerazione se si parla di dispersione termica e di mantenimento del calore, per cui la soluzione più immediata ma anche la più sensata è stata quella di un controsoffitto che blocchi l'afflusso di aria

proveniente dall'apice della stanza.

Il controsoffitto può realizzarsi per rispondere ad esigenze estetiche, per eseguire un rivestimento con materiale termoisolante, fonoassorbente e/o fonoisolante o resistente al fuoco, ed è utilizzato anche per ospitare, nel vano che si viene a creare tra lo stesso e il soffitto, uno o più impianti. Per ragioni già ben specificate andremo a prediligere l'opzione termoisolante.

Controsoffitto termoisolante con materassino in lana di vetro spesso 10 cm € 25/mq

- **Doppio vetro:** per ultimo ma non meno importante troviamo il problema della dispersione termica riguardante le vetrate in contatto con l'esterno. L'elevata escursione termica che si creerebbe se si lasciassero i vetri attualmente in uso, renderebbe, molto probabilmente, ogni precauzione presa fino ad ora pressoché inutile. Appare quindi opportuno sostituire la schiera inferiore di finestre con vetri a doppio strato. Il termine vetro doppio indica l'insieme di due lastre di vetro distanziate tra loro da un telaio posto sul perimetro, di spessore variabile (da 6 mm ai 15 mm): si ottiene una camera d'aria stagna tra i due vetri che aumenta l'isolamento termico ed acustico. Il costo di questi infissi è piuttosto elevato, ma la qualità e il rendimento manterranno le aspettative senza deludere.

Costo medio € 300/mq

Dopo aver analizzato quello che possiamo chiamare "scheletro" della struttura, è ora arrivato il momento di trattare quelli che invece possiamo definire gli "organi" del nostro laboratorio: una serie di accortezze che renderanno eco-sostenibile il luogo dove verranno eseguiti i corsi da noi ideati.

Opere di riqualificazione energetica:

- **Impianto fotovoltaico:** i pannelli fotovoltaici saranno di vitale importanza nel miglioramento della eco-sostenibilità e nel rendere "*Le Stanze di Galileo*" un ambiente completamente autosufficiente e produttivo di un surplus di energia potenzialmente commerciabile. La preoccupazione principale quando si effettua un tale investimento è l'alto costo iniziale ma lo sviluppo tecnologico è stato notevole e attualmente questi

sistemi risultano essere molto efficienti ed in grado di ripagare nel tempo i costi sostenuti. I pannelli sfruttano l'effetto fotoelettrico ovvero la proprietà di alcuni materiali, detti semiconduttori, di trasformare la luce del Sole, a cui vengono esposti, in energia elettrica. La scelta di sfruttare questo tipo di alimentazione energetica è strategica: il tetto dei nostri locali presenta una superficie di 300mq che, oltre ad essere esposta per tutto il giorno alla luce diretta del Sole, è in grado di ospitare una grande quantità di pannelli: ben **187 pannelli fotovoltaici policristallini da 160x100 cm ciascuno**, per una produzione complessiva di 46kW.

Costo complessivo preventivato € 34000

- **Impianto di pannelli radianti a infrarossi:** I pannelli ad infrarosso riscaldano gli elementi ambientali non l'aria, sfruttando il principio dell'irraggiamento: le onde ad infrarosso emesse nell'ambiente dai pannelli si trasformano in calore al contatto con un oggetto, una parete più fredda o una persona. L'impianto, oltre ad essere concettualmente molto futuristico, sfrutta come fonte di energia la corrente elettrica e non più il calore dovuto alla combustione del metano. L'abbinamento al fotovoltaico lo rende, quindi, una soluzione eccezionale, in quanto consente di realizzare il primo sistema di riscaldamento ad impatto ambientale e a costo di funzionamento ZERO: ciò calza perfettamente con l'idea di laboratorio eco-friendly che avevamo in mente.

Questo sistema di riscaldamento sarà collegato ad un termostato esterno in maniera da programmarne l'accensione o lo spegnimento e impostare la temperatura al valore desiderato.

Considerando l'ampiezza del laboratorio saranno necessari circa **6 pannelli radianti da 1020W ciascuno** per un corretto ed uniforme riscaldamento.

Costo complessivo stimato € 3800

- **Illuminazione a LED:** la tecnologia LED (Light-Emitting Diodes) rappresenta l'evoluzione dell'illuminazione allo stato solido in quanto la generazione della luce è ottenuta mediante semiconduttori anziché utilizzando un filamento o un gas. Perché scegliere questa tecnologia? Perché permette un risparmio energetico fino al 70% (il LED converte in luce il 25-30% dell'energia assorbita mentre una lampadina ad incandescenza solo il 3-5% e disperde tutto il resto in calore), perché ha una durata maggiore (fino 30 volte rispetto

ad una lampada tradizionale), perché emette una luce brillante ed antiabbagliamento immediata (100% del flusso luminoso all'accensione), infine perché consente innovative e creative soluzioni di utilizzo.

L'installazione verrà eseguita nel controsoffitto coibentato, che sarà di area molto ampia. Per questo motivo è richiesta la presenza di almeno **15 lampade a LED da incasso** azionate con sensori di presenza e timer che spengono automaticamente le luci negli ambienti non occupati: esse garantiranno un'illuminazione perfetta e rientrante nei canoni stabiliti dalla legge che monitora la qualità visiva all'interno degli edifici.

Costo complessivo stimato € 500

- **Impianto di ventilazione interna:** la ventilazione è essenziale per garantire un opportuno livello di qualità dell'aria indoor e per diluire e ridurre i potenziali inquinanti volatili (bioeffluenti come la CO₂, particolato solido, formaldeide, composti organici volatili VOC) che possono influire negativamente sul benessere degli occupanti.

E quale modo migliore esiste, più di un impianto di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore? Un impianto di ventilazione meccanica è un sistema in grado di fornire, attraverso l'utilizzo di ventilatori elettromeccanici, un'adeguata portata d'aria di rinnovo a un ambiente occupato da persone; il recuperatore di calore permette di cedere parte del calore dell'aria in uscita all'aria in ingresso con una efficienza che può arrivare fino al 80-90%.

Investire su questo sistema di ventilazione per un volume d'aria grande come quello del nostro laboratorio ha un costo piuttosto elevato: la cifra può sembrare esagerata, ma come abbiamo già sottolineato, ne vale la pena.

Costo complessivo € 10000

A questo punto, consapevoli dei lavori necessari al fine di riqualificare questi locali della nostra scuola, abbiamo rifatto i calcoli sul consumo energetico de *“Le Stanze di Galileo”* equipaggiate con queste innovazioni.

Coefficienti climatici

Zona climatica **D**

Gradi giorno **1415**

Altitudine **20**

Ore di riscaldamento **12**

Periodo riscaldamento **01/11 15/04**

Giorni di riscaldamento **166**

Δ temperatura ° **7.67**

U pareti (W/m²K) **0.14**

U coperture (W/m²K) **0.13**

U solai (W/m²K) **0.17**

U infissi (W/m²K) **1.00**

Volume d'aria m³ **755**

Dimensionamento **

Coeff. 32; coeff. termico adattato 11.1; **dimensionamento di massima... ≈ 8.38 Kwh ≈ 28593.73 Btu ≈ 7205.46 kcal/h**

Temperatura **minima di progetto ≥+0°C**; Escursione termica ≈20°C potenza termica necessaria ad innalzare la temperatura di 755m³ di aria da +0°C a 20°C in un'ora **≈5.27 Kwh** (* in assenza di dispersioni termiche, pressione ed umidità costanti)

KWh ≈ 8.38

Kcal h ≈ 7205.46

Btu h ≈ 28593.73

fonte: www.architetto.name

Come si può notare il consumo si è drasticamente ridotto, da 9,40kWh a 5,27kWh, quindi **un apprezzabile risparmio energetico pari al 44%**.

5.3 Progettazione finanziaria

Una volta individuati gli interventi da realizzare attraverso lo strumento della diagnosi energetica, si è avviato lo studio del reperimento delle risorse finanziarie necessarie.

Poiché fra gli obiettivi del concorso vi è quello di creare un modello replicabile nel territorio su larga scala, abbiamo considerato vari fattori:

- **Applicabilità in contesti scolastici con scarse risorse finanziarie:** si è individuato un modello finanziario che non facesse richiesta di risorse finanziarie da parte dell'ente pubblico, per poter essere applicato anche a tutti quei contesti dove altrimenti non sarebbe realizzabile.
- **Possibilità di generare reddito** che verrà riutilizzato in parte per ripagare la struttura, in parte potrà essere usato dall'ente pubblico.

- **Affidabilità del finanziamento:** è possibile, con le opportune ricerche, trovare diverse (e a volte dubbie) soluzioni economiche; noi abbiamo deciso di proporre solo soluzioni affermate e delle quali possiamo già trovare positive applicazioni nel nostro territorio.

Abbiamo individuato tre soluzioni:

- **Finanziamento pubblico:** il nostro progetto è in linea con vari bandi di riqualifica dell'edilizia pubblica e scolastica. Tali bandi pubblicati sia da enti locali come le Regioni, sia dall'Unione Europea, offrono finanziamenti che potrebbero ripagare anche da soli l'intero costo del progetto. Inoltre la fattibilità del nostro progetto potrebbe divenire il promotore di una ben più ampia riqualifica relativa all'intero stabile.

- **Project financing:** è un modello finanziario affermatosi da anni all'estero e che sta trovando grandi spazi anche in Italia. Il project financing è un "sistema di finanziamento per la realizzazione di infrastrutture pubbliche, che attinge prevalentemente a risorse progettuali e a capitali privati, recuperabili grazie al flusso di denaro generato dall'infrastruttura stessa, una volta che questa sia entrata in gestione". Inoltre, una volta recuperato il finanziamento, all'ente pubblico rimane la proprietà della struttura.

Noi stimiamo che il costo della struttura sia di circa 50 000€, costo che verrà sostenuto da un finanziamento da parte di una banca. Tale finanziamento permetterà la rateizzazione del costo da sostenere in un ampio lasso di tempo (ad esempio, scegliendo un piano ventennale sarebbe diviso in 240 rate da 208 euro+ interessi). Tali rate verranno pagate dagli introiti generati dalla struttura stessa come il risparmio energetico e il contributo pagato dai visitatori della struttura. Inoltre, allo scadere del mutuo, rimarrebbe comunque una struttura ecoefficiente, che continuerà a generare flusso di cassa.

- **Affidamento della realizzazione ad una ESCo:** le ESCo (energy service company) sono imprese in grado di fornire tutti i servizi tecnici, commerciali e finanziari necessari per realizzare un intervento di efficienza energetica, assumendosi l'onere dell'investimento e il rischio di un mancato risparmio, a fronte della stipula di un contratto in cui siano stabiliti i propri utili.

Il contratto di prestazione energetico (E.P.C.) è un tipo di contratto con il quale un soggetto denominato 'fornitore' (di solito una ESCo) si obbliga a migliorare l'efficienza energetica di un edificio o impianto di proprietà di altro soggetto (beneficiario) con propri mezzi finanziari o con mezzi finanziari di terzi soggetti. Tali interventi vengono realizzati

dalla ESCo a fronte di un corrispettivo correlato all'entità dei risparmi energetici preventivamente individuati in fase di analisi di fattibilità.

Non è stato facile calcolare in anticipo gli ipotetici costi e guadagni. Ci siamo resi conto che un buon imprenditore deve possedere una fondamentale caratteristica: saper valutare rischi e fattibilità di un progetto per la sua buona riuscita.

Le difficoltà incontrate nello stilare la parte economico-finanziaria sono dovute soprattutto alle nostre elementari conoscenze e competenze in questo campo; ci auguriamo che l'approfondimento di queste tematiche, indispensabili per orientarsi con consapevolezza nella scelta di un finanziamento conveniente e sicuro tra le varie offerte di mercato, possa essere oggetto dei saperi da acquisire in un prossimo percorso di alternanza scuola-lavoro.

6. I laboratori e l'aula di realtà immersiva

Ne “*Le Stanze di Galileo*” proponiamo tre tipologie di laboratori indirizzati sia al riciclo e alla rivalutazione dei materiali “di rifiuto” che all’utilizzo di energie pulite ed ecosostenibili.

Le attività sono state scelte in base a criteri di realizzabilità, replicabilità e coerenza con il nostro progetto iniziale; inoltre, implicano una partecipazione attiva e concreta, potendo toccare strumenti e materiali e sfruttando tecnologie innovative, quali la stampante 3D, le celle organiche e i pannelli fotovoltaici. Tutto ciò è volto a una sensibilizzazione verso i frutti del moderno progresso tecnologico, cercando di stimolare i partecipanti a tenersi al passo con le continue novità e scoperte.

I laboratori sono divertenti e interattivi: sopperiscono quindi alla carenza di attività manuali delle scuole di primo e secondo grado, pur sempre mantenendosi interessanti ed appetibili. Spesso, infatti, un approccio troppo tradizionale e teorico risulta poco interessante, soprattutto per chi preferisce rivestire un ruolo attivo e partecipe, ed è questo uno dei punti fondamentali del nostro progetto: **l’interazione dinamica con fatti e fenomeni**.

Questa promuove l’innesto di un interesse reale, o in parole semplici, “mettiamo la pulce nell’orecchio” a chi può non aver ancora sentito parlare adeguatamente di energie pulite e tecnologie avanzate. Per di più, ciò che proponiamo sfrutta materiali a basso costo e facile reperibilità e conseguentemente può essere replicato autonomamente a casa propria.

6.1 Laboratorio di robotica green

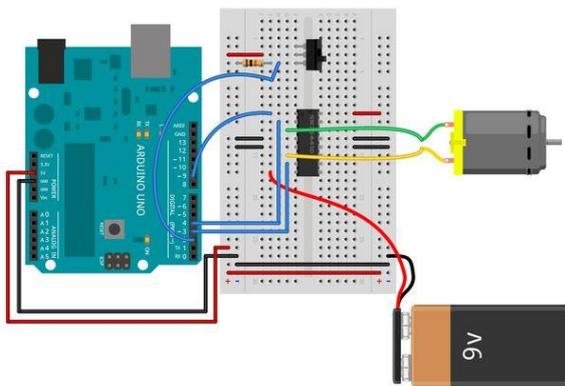
Lo scopo finale sarà costruire un robottino a quattro ruote funzionante, alimentato tramite pannelli fotovoltaici. Durante la progettazione sono emerse tuttavia delle problematiche relative all’utilizzo dei suddetti pannelli: in giornate nuvolose o invernali, o in condizioni meteorologiche avverse, saremmo impossibilitati ad alimentare il robot e dunque a dare dimostrazione del movimento. Pertanto, in questi casi, si utilizzerà una batteria ricaricabile da 9V, che ovviamente sarà stata ricaricata con pannelli fotovoltaici. Per quanto riguarda la logica dei movimenti del robot, ne sarà fornita una di base da noi che eventualmente potrà

essere modificata (nel caso dei ragazzi delle scuole medie e/o superiori), pur sempre con delle funzioni preimpostate (ad esempio: avanti, dietro, ruota, fermo, veloce, lento, etc...).

I concetti teorici principali da dare saranno quelli base sulle energie rinnovabili, concentrandosi sull'energia solare e i pannelli solari e fotovoltaici, tramite un approccio down-top, ovvero dal generale allo specifico: questa scelta deriva dalla volontà di dare un doveroso sguardo d'insieme al vastissimo mondo del rinnovabile, senza però degenerare nel troppo generale, man mano approfondendo il nostro campo di interesse, fino ad arrivare alla vera e propria attività laboratoriale.

I materiali da utilizzare per la robotica con i pannelli fotovoltaici sono i seguenti:

- **Componenti meccaniche:** queste verranno costruite con la stampante 3D e includeranno le ruote, le viti, i bulloni e tutti i sostegni necessari per creare la struttura dell'automobile. Essendo autoprodotte, i costi saranno molto bassi.
- **Pannello fotovoltaico:** questo sarà la fonte energetica per far muovere il robot. Si è scelto un pannello fotovoltaico da 9V, 4W e 444mA al fine di poter alimentare l'unità di controllo e essere sufficiente al fabbisogno energetico dei motori. Le dimensioni del pannello sono di 200x200x4 mm e il costo è di € 10 (fonte Ebay)
- **Breadboard:** una breadboard da 400 fori per i collegamenti fra i componenti. Il costo è di \$1,00 (fonte Aliexpress)
- **Jumper:** cavi per collegamenti maschio-maschio, maschio-femmina, femmina-femmina. Il costo è di \$2,50 per 120 ponticelli (fonte Aliexpress)
- **SN754410:** componente elettronico per la gestione di due motori. Il costo è di \$2,50 per 5 componenti (fonte Aliexpress)
- **Motori:** motori DC a 12V con 60RPM. Il costo è di \$10,00 (fonte Aliexpress)
- **Arduino Nano o simili:** unità di controllo per i movimenti del robot, da programmare tramite cavo USB da un computer in linguaggio simil C++. Il pregio di scegliere un Arduino Nano rispetto ad un Arduino Uno o Mega sta nelle dimensioni e nel peso ridotti. Tutto ciò è possibile grazie al numero limitato di pin da collegare. Il costo di un'unità di controllo simil-Arduino è di €1,70 (fonte Ebay)



Questo è lo schema dei collegamenti fra le vari componenti hardware del robot. Le uniche differenze stanno nella sostituzione della batteria da 9V con il pannello fotovoltaico e dell'Arduino Uno con un Arduino Nano.

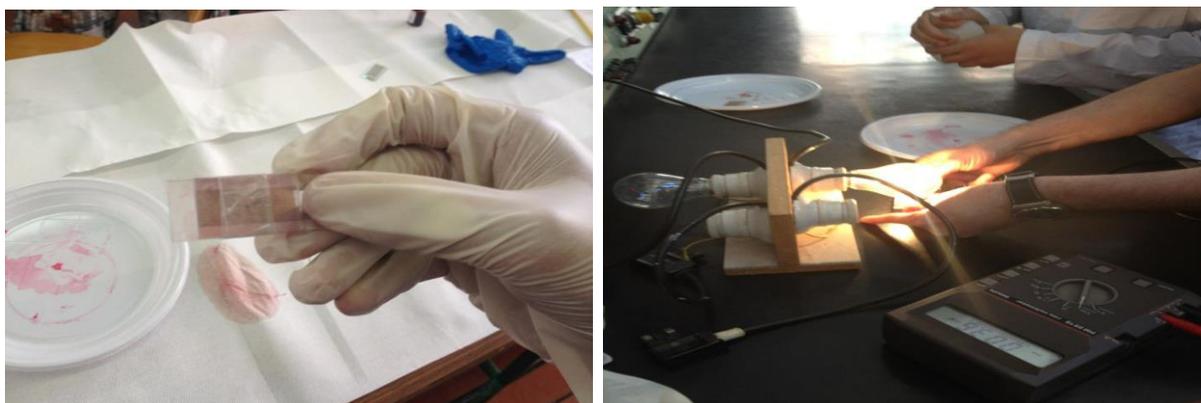
6.2 Laboratorio di celle fotovoltaiche organiche

L'esperienza consiste nell'assemblaggio di una cella solare (un dispositivo con la stessa funzione dei pannelli solari utilizzati in molte delle nostre abitazioni) e nella misura del voltaggio da essa generato sotto illuminazione (il voltaggio è una misura della quantità di energia che possiamo ricavare).

Il principio alla base del funzionamento delle celle solari è per certi versi analogo a quello che utilizzano le piante nel processo della fotosintesi clorofilliana per produrre l'energia ed esse necessaria. In questa esperienza, al posto della clorofilla verranno utilizzate delle antocianine, una classe di coloranti naturali responsabili del colore di molti fiori e frutti, e contenute in quantità apprezzabili nelle more, mirtilli e lamponi.

Nel dispositivo che verrà realizzato le antocianine assorbono l'energia dalla radiazione luminosa e danno inizio ad una serie di processi in cui sono coinvolte le altre componenti della cella solare. Durante tali processi la radiazione luminosa viene convertita in energia elettrica che si manifesta come un flusso di elettroni (corrente elettrica) che si muove lungo il circuito esterno e la cui presenza sarà segnalata da una differenza di potenziale tra i due elettrodi.

L'esperienza sarà realizzata in due differenti momenti; nella prima fase saranno estratte le antocianine da materiali organici (mirtilli, melanzane, uva rossa), in seguito saranno assemblate le celle. Alcune celle saranno messe in serie per alimentare una calcolatrice o accendere una lampadina.



I componenti per la costruzione della cella sono i seguenti:

- **due elettrodi** in vetro conduttore;
- **colorante organico (dye)** che, assorbendo luce visibile, si eccita e può donare un elettrone;
- **particelle di semiconduttore (TiO₂)** di dimensioni nanometriche, depositate su uno dei due elettrodi in forma di film sottile;
- **filo conduttore in rame** che connette gli elettrodi, attraverso cui passa la corrente elettrica;
- **un sistema redox** (in questo caso I⁻/I³⁻ in soluzione acquosa) che serve a ripristinare il colorante allo stato neutro e quindi a chiudere il ciclo di reazioni elettrochimiche.

6.3 Laboratorio stampante 3D

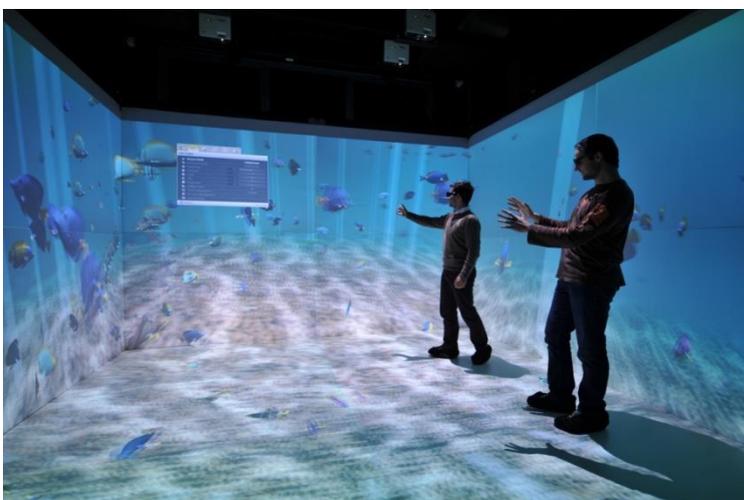
L'attività relativa all'uso della stampante 3D sarà suddivisa in due momenti: la parte di lezione teorica sarà volta alla somministrazioni di nozioni riguardanti la raccolta differenziata, il riciclo e i vari tipi di plastica.

Il laboratorio consisterà nel riconoscimento della plastica, nella triturazione di questa, nell'estrusione del filo di plastica fuso e nell'utilizzo del filo appena fabbricato per stampare un oggetto con la stampante 3D, tramite eventuale progettazione dell'oggetto stesso con programma di grafica.

Il materiale necessario per l'attività è:

- **Bottiglie, tappi e contenitori di plastica**
- **Trituratore**
- **Estrusore**, che è possibile costruirsi anche da soli con un contenitore dove fondere la plastica, un tubicino e una ventola di raffreddamento che renda più rapida la solidificazione del filamento di plastica
- **Stampante 3D** già in dotazione della scuola

6.4 Aula 3.0.2: realtà immersiva

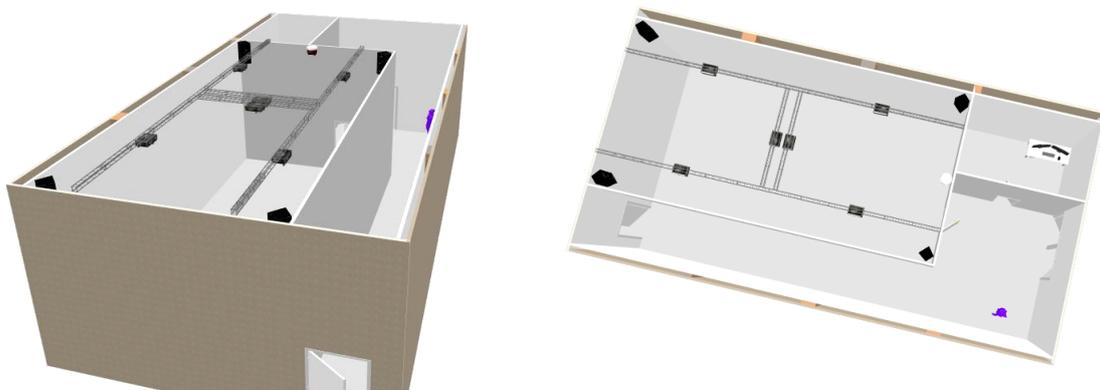


“Le Stanze di Galileo” racchiuderanno anche uno scrigno magico: l'aula di realtà immersiva pensata per far dimenticare a chi vi è all'interno il senso dello spazio e del tempo.

Completamente buia, illuminata solo da 6 proiettori che sparano sulle pareti e sul pavimento effetti ottici. L'aula potrà essere utilizzata anche per la spiegazione delle attività di

laboratorio che i ragazzi andranno successivamente ad effettuare. Il tutto dovrà essere accompagnato anche a livello audio: avremo, quindi, 4 casse, una per ogni angolo in alto della sala, sopra lo schermo proiettato, che daranno feedback audio rispetto ai contenuti proiettati.

Nella sala di controllo ci sarà il computer, assemblato appositamente con potenti schede video per supportare l'invio di dati in FullHD ai proiettori. Per avere il controllo perfetto bisognerebbe utilizzare 6 monitor in sala di controllo, in modo da visualizzare perfettamente ciò che si vede per ogni proiettore, ma si può evitare questo, utilizzando una videocamera grandangolare, che nel progetto abbiamo posizionato perfettamente sopra la porta d'entrata dell'Aula 3.0.2. Ciò che vede la videocamera viene visualizzato su un monitor in sala di controllo, e quindi si può osservare cosa succede nell'aula senza esserci fisicamente dentro.



In base alle dimensioni dell'aula abbiamo bisogno di:

- **6 proiettori**, collegati al soffitto, uno ogni 5,85m, ognuno dei quali deve proiettare con circa 300". Il costo preventivato è di 3200 € (fonte Amazon)
- **cavi HDMI** di 20 m di lunghezza: costo € 150 (fonte Amazon)
- **videocamera** a visione notturna di sicurezza: costo € 50 (fonte Amazon)
- **2 coppie di casse** diffusori passivi altoparlanti: costo € 120 (fonte Amazon)
- **2 amplificatori** (ognuno controlla una coppia di casse): costo € 50 (fonte Amazon)
- **computer** con potenti schede video per supportare l'invio di dati in FullHD ai proiettori: già in dotazione della scuola.

7. Conclusioni

Stiamo subendo i danni causati dai cambiamenti climatici, e in maniera sempre più violenta. I Governi fanno ancora troppo poco e molti auspicano che siano i cittadini a indicare la strada per una riduzione dei consumi energetici.

Una rivoluzione può iniziare dal basso? NOI siamo convinti di sì!

Alle nuove generazioni servono sì Giornate mondiali dedicate ed Eventi ad hoc sul risparmio energetico, il rispetto dell'ambiente e la sostenibilità, ma più di tutto serve "l'abitudine" a questi temi, la conoscenza di questi aspetti attraverso la pratica giornaliera. E' proprio la scuola, intesa come spazio e luogo di esperienze, la più accreditata ad assolvere a questo compito.

In occasione della nostra partecipazione al concorso, dal confronto tra noi giovani e gli "adulti", è emersa una comune, grande necessità di qualità di vita e ambiente migliori.

Le riflessioni scaturite e l'entusiasmo nell'affrontare questa prova sono serviti da stimolo e ci hanno fatto pensare a come investire nel nostro territorio coniugando obiettivi di sostenibilità ed efficienza con il bisogno di creare posti di lavoro per i giovani, alla luce della grave crisi che ci coinvolge.

E' cresciuta la consapevolezza di essere NOI i protagonisti del cambiamento, i "costruttori" del nostro futuro green.

8. Ringraziamenti

Il gruppo di lavoro formato dagli alunni delle classi quarte del Liceo Scienze applicate Galileo Galilei, in particolare A. Abdo, A. Alfarano, L. Bortoloni, M. Busko, M. Chiavacci, F. Di Girolamo, A. Ferrante, C. Giustiniani, F. Narduzzi, A. Terzano, ringrazia:

- il Dirigente Scolastico dell'ITIS Galileo Galilei Professoressa Elisabetta Giustini per averci offerto l'opportunità di aderire al concorso "Lo sviluppo locale che vorrei: equo e sostenibile" e Articolo Novantanove – Associazione per il Dialogo sociale promotore dello stesso in partnership con ANP - Associazione Nazionale dirigenti e alte professionalità della scuola
- il professore G. Sciscione responsabile del Laboratorio "Galilei solare" e tutor interno per l'alternanza scuola lavoro e gli ingg. M. Scattone e M. Cantelmi tutor aziendali che ci hanno guidato e fornito validi suggerimenti nel percorso di ASL per la riqualificazione energetica
- i professori M. Manfrè, C. Taraborrelli del nostro Istituto e i tutor esterni G. Pucci, P. Torda e V. Cozzolino che con i loro preziosi contributi e la disponibilità mostrata sono stati i nostri mentori nel percorso di ASL di robotica
- la professoressa di elettrotecnica M. Cerciello per averci affiancato e validamente guidato nel percorso di ASL sulla realizzazione delle celle fotovoltaiche organiche
- il nostro amico Federico Lucidi per il suo contributo creativo alla realizzazione del logo del progetto
- le professoressa di Scienze Naturali C. Anania, G. Fraenza, P. Gesuiti per averci coordinato e supportato in ogni momento della stesura della nostra idea progettuale

9. Bibliografia/sitografia

Bibliografia

- Alberto Maffiotti et Altri "Sostenibilità ambientale dello sviluppo" Arpa Piemonte 2002. <http://www.arpa.piemonte.it/pubblicazioni-2/pubblicazioni-anno-2002/pdf-sostenibilita-ambientale-dello-sviluppo>
- Cecilia Lucia Trocino, Domenico Passarelli "L'ecologia nella Pianificazione degli Ambienti Sensibili, Ambienti Sostenibili: Programmazione, Pianificazione e Progettazione" Reggio Calabria, Iiriti Editore, 2005.
- *Federico Testa "Energia ambiente e innovazione", Patrimonio Culturale, dal bello al possibile, 2016.* <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/pdf-eai/n-4-ottobre-dicembre-2016/eai-4-2016.pdf>
- Giuliana Vinci, Donatella Restuccia, Francesca Pirro, "Innovazione e Competitività: Biotecnologie e Sviluppo sostenibile", Roma, Società Editrice Universo, 2010.
- *Laura M. Padovani, Giovanni Puglisi "Energia ambiente e innovazione", Efficienza energetica e vantaggi per lo sviluppo, 2016.* <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/pdf-eai/n-2-aprile-giugno-2016/eai-2-2016.pdf>

Sitografia

- www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili
- www.istat.it/misure-del-benessere
- www.architetto.name
- www.amazon.com
- www.aliexpress.com
- www.mybes.it

I costi dei materiali per la riqualificazione energetica sono stati reperiti da preventivi disponibili sul web.

Il costo dei materiali per il laboratorio di robotica green è stato reperito su Aliexpress e Ebay.

Il costo per le attrezzature dell'aula a realtà immersiva è stato reperito su Amazon.