

## AREA DI PROGETTO ISIS L. DA VINCI - FIRENZE:

# "La chimica per un edificio ecosostenibile: le celle solari a colorante naturale e il controllo dell'acqua "

[una classe risparmia CO<sub>2</sub>]

HOME PAGE dell'IPERTESTO:

Progetto Green School 5°CHIMICA 2012

**"La CHIMICA PER UN EDIFICIO ECOSOSTENIBILE:  
le celle solari a colorante naturale e  
il controllo dell'acqua "**

Coordinatore: Prof.ssa Rossella Grassi

[Home](#)

[Il Progetto Green School](#)

[Attività della 5°Chimica](#)

[Il consumo energetico, un problema mondiale](#)

[I coloranti: molecole che hanno cambiato il mondo](#)

[Le celle solari a colorante naturale DSSC: l'idea e il funzionamento](#)

[DSSC: la nostra sperimentazione](#)

[Fonti energetiche](#)

[Un modello di sviluppo alternativo: la decrescita serena](#)

[Il controllo dell'acqua di scarico di un plesso scolastico](#)

[Credits](#)

**IL CD IPERTESTO E' RICHIEDIBILE DAL SITO del Prof.A.Tonini, con le modalità indicate per i CD del sito**

### Introduzione e descrizione del Progetto:

La classe 5° CHIMICA si è impegnata nei tre anni di specializzazione nel progetto di Istituto denominato "Green School", in cui sono coinvolte molte altre classi di diverse specializzazioni.

Il progetto ha come finalità, quella di rendere l'edificio dell'Indirizzo Costruzioni, Ambiente e Territorio, a impatto ambientale zero in termini di scarichi e di approvvigionamento energetico. I primi due anni sono stati dedicati all'analisi delle possibili iniziative di miglioramento delle acque di scarico mentre durante l'ultimo è stato intrapreso un progetto di ricerca sulle celle solari a colorante naturale, un metodo innovativo e di basso impatto ambientale che permette di produrre energia dal sole. A questo proposito è stata colta l'opportunità di partecipare ad una rete Toscana che raccoglierà università, centri di ricerca, scuole con la finalità di costituire un centro di eccellenza interdisciplinare con la presenza di Chimici, Fisici, Ingegneri per lo sviluppo e la ricerca nel settore delle celle solari a colorante **Dye-Sensitized Solar Cells DSSC**. Faranno parte di questa rete (CNR-ICCOM (Firenze) e Dipartimento di CHIMICA Università di Siena – Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco" Università di Firenze), Laboratorio Europeo di Spettroscopie non Lineari (LENS), Firenze.

Il vantaggio principale delle tecnologie fotovoltaiche ibride (DSSC) è quello di rappresentare l'alternativa più economica del settore nei prossimi anni. Questo è principalmente dovuto oltre al costo potenzialmente basso del materiale utilizzato, alla semplicità del ciclo produttivo.

### Collaborazioni esterne

- Cooperativa Panta Rei – Arch. Rainer Toshikazu Winter
- Ing. Giancarlo Mariani – professionista esperto di controllo delle acque
- Prof. Maurizio Taddei – Dipartimento di Chimica- Università degli Studi di Siena
- Dott.ssa Gianna Reginato – CNR ICCOM -Firenze

### Sviluppo del progetto

- Formazione degli studenti sul problema del controllo delle acque di scarico in un edificio.
- Visita all'impianto di fitodepurazione della Cooperativa Panta Rei di Passignano sul Trasimeno.
- Formazione degli studenti sulla normativa che regola le acque di scarico degli edifici.
- Verifica che le acque di scarico del plesso "Costruzioni" rientrino nei parametri indicati dalla norma
- Formazione degli allievi sui problemi mondiali del consumo energetico e sulle prospettive aperte dalle fonti energetiche rinnovabili.

6. Formazione degli allievi su teorie socio-economiche che prospettano soluzioni ai problemi di esaurimento delle risorse energetiche.
7. Studio degli articoli scientifici sulle celle solari a colorante naturale chiamate DSSC (Dye Sensitized Solar Cells) o celle di Grätzel, dal nome del suo inventore.
8. Progettazione di celle solari a colorante naturale con coloranti estratti da vari substrati, alcuni dei quali non risultano mai sperimentati.
9. Realizzazione di nove celle con diversi coloranti naturali.
10. Analisi delle caratteristiche dei coloranti naturali mediante spettrofotometria UV-Visibile e cromatografia liquida ad alta prestazione HPLC.
11. Misura dell'efficienza energetica delle celle preparate.
12. Costruzione di un ipertesto mediante il programma Dreamweaver in cui è raccolto tutto il lavoro sperimentale e di approfondimento teorico svolto dalla classe nei tre anni di attività.

### **Riflessioni sul percorso didattico**

Il percorso didattico sviluppato presenta una duplice valenza: quella educativa legata alla sensibilizzazione degli allievi al problema mondiale delle risorse energetiche e quella professionalizzante che ha coinvolto gli studenti in un vero progetto di ricerca di cui non si prevedono i risultati. Gli allievi, consapevoli che le scelte in campo energetico condizioneranno la vita futura del nostro pianeta, saranno cittadini capaci di prendere le decisioni più opportune sia nel privato che nella società. Invece la ricerca in campo professionale crea un clima di progettualità di gruppo in cui si analizzano le variabili e si studiano i modi per risolvere i problemi che progressivamente si presentano.

Le celle solari a colorante naturale rappresentano un'innovazione tecnica, che prende l'idea della sua costruzione e del funzionamento dal processo di fotosintesi clorofilliana. Se verrà opportunamente sviluppata tecnicamente potrebbe col tempo sostituire i pannelli fotovoltaici.

### **Fase sperimentale**

1. Analisi della qualità delle acque in uscita dall'impianto di fitodepurazione della Cooperativa Panta Rei di Passignano sul Trasimeno, nell'ambito dello studio di fattibilità di un impianto di questa tipologia per la depurazione delle acque di scarico del plesso scolastico di "Costruzioni"
2. Controllo delle dimensioni della fossa biologica dell'edificio per verificarne la regolarità.
3. Analisi chimico fisiche dell'acqua delle camere della fossa biologica e confronto dei risultati con i valori previsti dalla normativa vigente.
4. Estrazione di coloranti naturali con varie tecniche da mirtilli, rose rosse, garofani rossi, rape rosse, ravanelli, foglie di limone, foglie di cavolo nero.
5. Analisi delle caratteristiche dei coloranti naturali mediante spettrofotometria UV-Visibile e cromatografia ad alta prestazione HPLC.
6. Realizzazione di nove celle solari a colorante naturale
7. Misura dell'efficienza delle celle esposte a luce artificiale e a luce solare.
8. In base alle misure di efficienza, valutazione di quale colorante sia più opportuno scegliere per applicazioni future in ambito scolastico.

### **Risultati sperimentali**

Risultati relativi alla gestione delle acque di scarico del plesso di edilizia.

La prima ipotesi di intervento sulle acque di scarico dal plesso di edilizia, per renderlo totalmente a impatto ambientale zero, è stata lo studio di fattibilità di un impianto di fitodepurazione.

Dopo approfondimenti teorici sull'argomento e la visita all'impianto della Cooperativa Panta Rei, guidata dall'Architetto Winter, dove gli allievi hanno avuto modo di analizzare l'acqua in uscita dall'impianto, questa soluzione, anche se affascinante e di buon effetto estetico, è apparsa difficilmente gestibile all'interno di una scuola. Gli impianti di fitodepurazione hanno necessità di continua manutenzione anche nel periodo estivo, quando gli allievi sono in vacanza e il personale, in numero esiguo, non può garantirla.

Dalla consultazione dell'Ing. Mariani, libero professionista, esperto nella gestione delle acque di abitazioni civili e edifici industriali, è emersa una nuova valutazione. La destinazione dell'acqua in uscita dal plesso di edilizia è il sistema fognario, attraverso il quale si incanala verso il depuratore di San Colombano, che tratta l'acqua di scarico della città di Firenze.

In questa ottica il contributo che ogni edificio può dare per non aggravare l'inquinamento antropico è di garantire che i parametri dell'acqua in uscita rientrino nei limiti stabiliti dalle norme.

L'Ing. Mariani ha tenuto lezioni sulla normativa relativa alle abitazioni civili e ha formato gli allievi sul metodo di valutazione della fascia di valori nei quali si colloca il plesso di "Costruzioni".

E' seguita la fase sperimentale di misura della fossa biologica antistante l'edificio, che è risultata a norma, e del prelievo dell'acqua in entrata e in uscita. Sui campioni sono state condotte analisi chimico fisiche su colore, pH, solidi sospesi, COD, nitrati, nitriti, ammonio, fosforo totale, escherichia coli.

L'unico parametro non rientrante nei limiti previsti è stato l'azoto ammoniacale. La successiva riflessione sui risultati ha portato a considerare che quel parametro è sicuramente il più fluttuante perché direttamente legato alla contingenza degli scarichi, per cui occorrerebbe fare più prelievi durante la giornata per avere una media. Tuttavia il fatto che tutti gli altri parametri relativi all'azoto rientrino abbondantemente nei limiti, fa pensare che anche l'ammonio nell'arco della giornata, rispetti i limiti come media. Inoltre il notevole abbattimento dei valori di tutti i parametri in entrata e in uscita, dimostra l'efficienza della fossa biologica.

Risultati relativi alla produzione di energia attraverso le celle solari a colorante naturale

Un aspetto non ancora considerato per rendere completamente autosufficiente il plesso di "Costruzioni", è l'approvvigionamento energetico. A questo proposito abbiamo deciso di intraprendere un percorso sperimentale su una tipologia di dispositivi molto promettenti ma ancora non di largo impiego, le celle solari a colorante naturale, conosciute anche con la sigla inglese DDSA (Dye Sensitized Solar Cells) o celle di Grätzel.

Ormai in letteratura e in rete si trova molto materiale sull'argomento, che ha permesso agli allievi di documentarsi approfonditamente. Lo studio preliminare ha consentito di scegliere per la realizzazione delle nostre celle, coloranti poco o non sperimentati, per valutare la loro capacità di essere adsorbiti sul substrato di biossido di titanio nanoparticellare e di essere capaci, sottoposti a fotostimolazione, di cedere elettroni.

I materiali naturali scelti sono stati mirtilli, rose rosse, garofani rossi, rape rosse, ravanelli, foglie di limone, foglie di cavolo nero. Per l'estrazione dei coloranti, perlopiù contenenti antociani, betaine e clorofilla, sono stati utilizzati vari metodi: estrazione con acqua a varie temperature, estrazione con acetone a freddo, estrazione con apparecchio di Soxhlet, estrazione in ambiente acquoso in forno a microonde.

I coloranti sono stati poi sottoposti ad analisi spettrofotometrica UV-visibile per individuare quali mostravano una maggiore assorbanza, indizio di buona capacità di fotosensibilizzazione e a cromatografia HPLC per valutare la loro purezza.

Gli studenti hanno preparato la base di biossido di titanio su un vetro conduttore, l'elettrolita a base di Iodio e infine hanno fatto adsorbire i coloranti ottenendo nove celle.

Le celle sono state saggiate sulla loro efficienza dall'insegnante di Sistemi Automatici della Specializzazione Elettrotecnica e Automazione, Prof. Marco Casini, che ha spiegato agli allievi il principio di funzionamento degli strumenti utilizzati e le grandezze misurate.

Le prove sono state fatte al chiuso con luce artificiale e all'aperto con luce solare. I risultati più promettenti sono emersi dalle celle preparate con colorante da mirtilli, estratto con forno a microonde e con quelli estratti da garofani e rose rosse in acqua. Tutte le altre mostrano una resa energetica molto bassa. La scarsa efficienza costituisce il problema principale di questo tipo di celle ma i risultati ci incoraggiano verso il passo successivo, da sviluppare nel prossimo anno, di costruire con i coloranti migliori, un modulo formato da molte celle in serie e in parallelo, capace di alimentare piccoli dispositivi.

### **Conclusioni didattiche**

Il percorso didattico realizzato ha contribuito a far sentire gli allievi di questa classe soggetti promotori di ciò che ciascuno di noi può fare per contribuire a diminuire l'impatto sull'ambiente delle attività antropiche. Gli effetti educativi auspicabili sono che ognuno di loro diventi un cittadino consapevole, capace di scelte meditate nel privato e nel pubblico per contribuire a migliorare le condizioni dell'ambiente in cui viviamo.

Professionalmente il progetto ha toccato argomenti chiave per un perito chimico, quali il controllo delle acque e l'approvvigionamento energetico, mettendo in pratica, attraverso un compito reale, le competenze tecniche acquisite nel percorso di specializzazione.

Infine l'attività di ricerca, in quanto non mediata dai risultati sicuri delle simulazioni scolastiche, ha creato aspettative e motivazioni, difficilmente riscontrabili per i comuni percorsi didattici curricolari.

### **Documentazione**

Tutte le attività che gli allievi hanno svolto nei tre anni di progetto sono state documentate in un ipertesto multimediale che sarà pubblicato in un sito web a garanzia della massima fruibilità

### **Ringraziamenti**

Gli studenti e il Consiglio di Classe della 5° Chimica desiderano ringraziare l'Arch. **Rainer Toshikazu Winter** per aver guidato gli allievi nella visita all'impianto di fitodepurazione della Cooperativa Panta Rei, l'Ing. **Giancarlo Mariani**, per la sua esperta consulenza sulla gestione delle acque di scarico, il Prof **Maurizio Taddei** e la Dott.ssa **Gianna Reginato** per il fondamentale contributo scientifico nella realizzazione del progetto di ricerca. La nostra gratitudine va anche al Prof. **Marco Casini**, insegnante di Sistemi Automatici dell'ISIS Leonardo da Vinci, per aver misurato con un'attrezzatura da lui realizzata insieme agli allievi dell'indirizzo Elettrotecnica, l'efficienza delle celle solari a colorante naturale.

## PROGETTO GREEN SCHOOL:

Il percorso di sostenibilità ambientale riguarderà:

- energie rinnovabili,
- raccolta e depurazione dell'acqua,
- materiali da costruzione
- realizzazione di un'oasi verde



Le attività che riguardano l'ambiente sono ottimi strumenti educativi.

Gli allievi possono apprendere concetti come energia, riciclaggio, contenimento delle dispersioni di calore, raccolta della carta, compostaggio dei rifiuti organici.

Tutto questo contribuirà a farli crescere cittadini attivi e consapevoli.

### SEZIONI del PROGETTO:

1 – CONSUMO ENERGETICO, PROBLEMA MONDIALE

2 – I COLORANTI, MOLECOLE CHE HANNO CAMBIATO IL MONDO:

A) I COLORANTI NELLA STORIA

B) ASPETTI SCIENTIFICI DEI COLORANTI

3 – CELLE SOLARI A COLORANTE NATURALE:

A) INTRODUZIONE

B) COMPOSIZIONE

C) FUNZIONE

4 – SPERIMENTAZIONE A SCUOLA:

A) ESTRAZIONE DEI COLORANTI NATURALI

B) PREPARAZIONE CELLE SOLARI A COLORANTE NATURALE

C) EFFICIENZA

5 – FONTI ENERGETICHE

6 – UN MODELLO DI SVILUPPO ALTERNATIVO: LA DECRESCITA SERENA

7 – IL CONTROLLO DELL'ACQUA DI SCARICO DI UN PLESSO SCOLASTICO:

A) FITODEPURAZIONE

B) CONTROLLO FOSSA  
BIOLOGICA

ALCUNI ESEMPI

