

**Progetto a “A scuola con l’energia”, promosso dall’Enel  
attraverso il Concorso “Energia in gioco”**  
**RIVALORIZZAZIONE DELLA CENTRALE DELLA TUA  
CITTA’ “La centrale Carotti”**  
**Indirizzo Didattico/Tecnologico**  
**Progetto realizzato dalle classi 3 C e 3 D  
della scuola media Istituto Comprensivo “D. Bramante”  
Fermignano PU**



*Veduta aerea della centrale in primo piano*

### ***Introduzione***

In questo anno scolastico abbiamo affrontato, insieme ai professori di Ed. Tecnica, Geografia e Scienze, il tema dell’energia. Attraverso relazioni, uscite e studi approfonditi siamo riusciti ad apprendere meglio la realtà dell’energia: fonti e forme energetiche, centrali elettriche, mercato e problemi da essa creati.

Per iniziare possiamo darvi una definizione di quello che significa energia; **l’energia** è la capacità che ha un corpo di compiere un lavoro; abbiamo anche appreso che l’energia si trasforma da una forma all’altra e l’uomo sfrutta questa possibilità per ottenere l’energia elettrica attraverso i diversi tipi di centrali e di impianti.

Un altro dei temi che abbiamo affrontato sono le **fonti energetiche**; esse si classificano in due gruppi : **rinnovabili e non rinnovabili**.

Le fonti rinnovabili sono dette anche alternative in quanto nel loro uso ci si pone di risolvere il problema energetico: sono il sole, il vento , l’acqua, le biomasse e il calore interno della Terra. Purtroppo, però, gli impianti utilizzati per lo sfruttamento di queste fonti sono complessi da costruire e molto costosi; inoltre alcune centrali,

soprattutto quelle idroelettriche deturpano il passaggio .

Il gruppo delle fonti non rinnovabili si divide in due tipi: **i combustibili fossili e l'uranio**. Lo sfruttamento di queste risorse avviene nelle centrali termiche nelle quali viene prodotto calore attraverso la combustione di questo materiale. Precisamente l'uranio viene utilizzato nelle centrali termonucleari tramite la fusione nucleare.

I combustibili fossili però sono dannosi perché durante la loro combustione scaricano nell'ambiente polveri e gas tossici.

L'uranio, invece, danneggia l'ambiente attraverso le scorie radioattive delle centrali termonucleari.

Le fonti vengono utilizzate dall'uomo nelle centrali, di queste ce ne sono diversi tipi **centrali termiche** (termoelettriche, termonucleari, elietermoelettriche, geotermiche), **idriche** (idroelettriche, mareomotrice) **eoliche, centrali solari e celle fotovoltaiche**. A questo proposito abbiamo approfondito l'argomento disegnando e rappresentando i diversi tipi di centrali e prendendo in considerazione di ognuna i vantaggi e gli svantaggi.

Siamo anche andati a visitare due centrali idroelettriche, quella che si trova nella località "Furlo" di Acqualagna, sul Candigliano (3 D) e la Centrale di Tavernelle sul Metauro (3 C)

In seguito abbiamo trattato un altro aspetto dell'energia, ossia il mercato energetico. Tutto è iniziato col trattato di Maastricht del 1992 che sancì il libero scambio dei beni, tra cui l'energia elettrica.

Un altro trattato molto importante è il protocollo di Kyoto del 1997 nel quale si dice che tutti gli stati devono ridurre le emissioni di gas che contribuiscono all'effetto serra; sono stati stabiliti due modi per farlo:

1. ridurre effettivamente le emissioni
2. comprare gli "emission credit" cioè dei buoni emessi da quegli stati che sono riusciti a ridurre le emissioni più del dovuto.

Una delle grandi aziende Italiane produttrici di energia elettrica è l'Enel che fino a pochi anni fa deteneva il monopolio sul commercio di energia e che, insieme ad altre aziende, è anche una delle società più quotate in borsa.

Ultimamente abbiamo parlato soprattutto dei problemi causati dallo sfruttamento eccessivo delle fonti non rinnovabili.

I problemi più gravi sono tre:

1. dipendenza economica
2. inquinamento
3. esaurimento delle risorse

Di questi tre abbiamo approfondito in modo particolare l'esaurimento delle scorte. Attraverso alcuni calcoli siamo riusciti a stabilire gli anni della durata delle risorse di uranio e di combustibili fossili e abbiamo stimato che potrebbero durare circa altri 50 anni. Per risolvere questi problemi l'uomo sta cercando di controllare la fusione nucleare di utilizzare le fonti rinnovabili, nel frattempo ognuno di noi dovrebbe cercare, quando possibile, di risparmiare energia.

Bisogna però agire in fretta e in modo concreto promuovendo campagne di informazione nelle scuole e nei luoghi pubblici, perché le risorse non dureranno a lungo ed il consumo di energia è in crescita.

Per questo motivo con i nostri professori abbiamo elaborato un progetto di rivalutazione di una centrale elettrica nel nostro paese, abbiamo pensato che sarebbe utile ed interessante poterla utilizzare come luogo di mostra permanente di tutti i lavori sull'energia e degli impianti di trasformazioni energetiche che negli ultimi anni sono stati prodotti dalla nostra scuola.

## **Il progetto**

La nostra idea, è quella di utilizzare la centrale idroelettrica della nostra città, come una sorta di laboratorio sperimentale, dedicato all'uso e allo sfruttamento delle energie rinnovabili. Diversi sono i motivi che ci hanno spinto a questa proposta.

Il fatto di avere una centrale idroelettrica non utilizzata ed inserita nei capannoni di un lanificio che è stato dichiarato fallimentare, ormai da una decina di anni. La disponibilità degli spazi ampi ci permetterebbero di mettere il materiale prodotto e utilizzabili in una sorta di mostra attiva permanente. Infine le varie esperienze prodotte nella nostra scuola così diverse e tante da essere diventata una "scuola polo", per quelle vicine: sono lavori prodotti dai ragazzi nel corso degli anni e che spesso vengono riutilizzati, modificati, ma sempre disponibili per esperienze sulle fonti rinnovabili. Il nostro professore ci suggerisce che questo servirebbe anche come risposta alla rivalorizzazione di Educazione Tecnica che nella recente riforma scolastica è l'unica materia ad essere penalizzata, ma da noi allievi è molto apprezzata.

Abbiamo anche parlato con il Sindaco della nostra città, riferendo del nostro progetto. Oltre ad esserne entusiasta (ne vorrà una copia), ci ha riferito che è intenzione del comune poterla acquistare dalle banche per rimetterla in funzione sostanzialmente com'è. Inoltre ci ha fornito anche materiale fotografico.



*Uno dei saloni attigui alla centrale*



*La cascata che alimenta la centrale*

C'è stata una difficoltà evidente. Le banche proprietarie attualmente della centrale, non hanno voluto per ragioni di sicurezza (hanno detto) farci entrare a vedere la sala macchine; così abbiamo pensato di vederla in un vecchio filmato VHS del 1993, quando una nostra classe fu ricevuta dai responsabili del lanificio per la visita, anche le foto risultano di quel periodo, mentre riporteremo una parte dell'intervista che il nostro professore di Ed. Tecnica fece al vecchio proprietario dell'opificio.

## **Cosa abbiamo inserito**

- Per prima cosa parleremo della centrale idroelettrica, dal punto di vista tecnico.
- Poi c'è un brano dal punto di vista storico.
- Abbiamo riportato l'intervista al sig. Carotti.
- Poi sono state inserite le relazioni relative alle visite alle centrali Enel .

- Infine abbiamo aggiunto alcune delle diverse esperienze realizzate nella nostra scuola in riferimento alle “energie dolci”: vuol essere un tentativo per realizzare concretamente delle attività educative da fare con i ragazzi nella centrale, che diverrà così una sorta di laboratorio-mostra attivo, dove noi ragazzi potremo non solo divertirci e creare cose nuove, ma anche allenarci al futuro, visto che le attuali forme energetiche fossili sono in esaurimento.

### **La Centrale Idroelettrica**

La centrale sfrutta un dislivello naturale del fiume che appena sotto il ponte compie due salti di 10 metri complessivi.



grosse cinghie.

Monta due turbine Francis ad asse orizzontale della Calzoni di Bologna, immerse direttamente nella vasca di carico, con relativi regolatori oleodinamici.

La trasmissione ai generatori avviene tramite due

*Regolatore oleodinamico*



*I due alternatori*



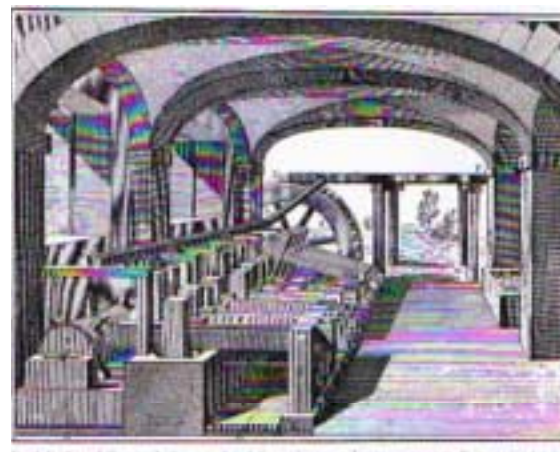
*La trasmissione*

Gli alternatori hanno rispettivamente la potenza di 150 Kw e 50 kw con una tensione trifase erogata di 220 v.

L'isolamento degli avvolgimenti è in tela, ma le macchine sono tuttora perfettamente funzionanti.

### **Un po' di storia**

“Una delle prime testimonianze sulla cartiera di Fermignano si riferisce ad un contratto di locazione della cartiera stessa stipulato tra il Conte Guidantonio ed una famiglia di Fabriano nel 1434 (doc. LXX); il documento, pubblicato da G. Luzato nel 1904, contiene anche i privilegi che venivano assicurati ai "cartari" e che si ritrovano in parte anche nei secoli successivi (doc. LXXI, LXIII). La presenza di "mastri cartari" di Fabriano a Fermignano è documentata ancora nel 1464 in un atto notarile reperito durante il corso della ricerca documentaria su Fermignano.



*Magli e ruota idraulica*

Nel 1507 il Duca Guidobaldo cedeva la cartiera, situata «prope castrum firmignani



*Ducatus Urbini iuxta. . . viam publicam et flumen Metauri*», con «*omnes et singulas engualcherias acquiniola et hedifitia domos masseritias*» alla Cappella e all'Altare del Corpo di Cristo della Cattedrale di Urbino (doc. LXXI).



*Tavola di F. Mingucci Biblioteca Vaticana*

La donazione venne confermata in seguito dagli altri Duchi (doc. LXXIV) e prevedeva, tra gli altri privilegi, il permesso di passare in tutto lo Stato di Urbino per l'approvvigionamento degli stracci per la carta senza i bollettini del governatore, tranne che per gli Stati di Gubbio e di Fossombrone. Nel 1569 questo privilegio provocò una lite tra il «conduttore» della cartiera di Fermignano, Diotalèvo Maschio, e gli «Agenti della Camera et fisco di Sua Altezza» in quanto egli pretendeva di avere l'esclusiva per la raccolta degli stracci nei tenitori di Montesecco, Fratte, Castelvechio, Mondolfo e S. Costanze perché investito dalla concessione ducale. Il Fisco stabilì tuttavia che chi volesse passare per i cinque territori dello Stato nuovo doveva essere autorizzato e avere con sé sempre «le bollette dei luoghi dove levano i cenci con l'espressione del peso di essi». Inoltre «i Ministri de Conduttori della Cartara di Fermignano» sarebbero sempre stati informati sul percorso da eseguirsi per la raccolta degli stracci e in loro assenza lo sarebbero stati gli «Ordinar!» in modo da evitare il più possibile le frodi.

La maggior preoccupazione risulta essere la concessione per l'approvvigionamento degli stracci per la caria, strettamente connessa a quella di produrre carta di alta qualità, con strumenti adeguati. A questo proposito possiamo leggere un decreto ducale del 1554 (doc. LXXII) nel quale si ordina al carfaro «che persevera in servir di modo di mala carta che ognun se ne lamenta» di produrre «robba buona et recipienti di maniera che non se ne senta più querela alcuna». Nell'anno 1600 la cartiera venne affittata per 500 scudi all'anno a mastro Giovanni Battista Brunetti con il patto che i restauri da effettuarsi fossero intrapresi a spese della Cappella del SS. Sacramento di Urbino (doc. LXXV, LXXVI, LXXVII).

Nel 1601 il Brunetti tuttavia si lamenta con il Duca del fatto che la cartiera versa in pessime condizioni e che il muratore chiamato per i restauri usa materiali e tecniche non adatte. In conseguenza di ciò viene ordinato ai Rettori di prendere urgenti provvedimenti per eseguire gli interventi necessari per non far mancare la carta a tutto lo Stato. Nello stesso anno il Brunetti avvisa il Duca della penuria di stracci e della difficoltà che incontra nel fare la carta. Egli chiede dunque, ed ottiene, di tenere «fermi» i prezzi della carta e soprattutto che venga proibito a chiunque di comprare la carta a Fermignano per rivenderla poi fuori dello Stato di Urbino (doc. LXXVIII, LXXIX). Anche nel sec. XVII la cartiera veniva affittata ad uno o più «conduttori» secondo precisi patti e convenzioni. I contratti sono generalmente ripetitivi, se ne riportano quindi solo un paio per esemplificazione (doc. LXXX, LXXXII). A questo proposito risulta di un certo interesse il capitolato.»

*Brano tratto dal libro "Catrum Firmignani" a cura di Mario Luni edito dalla Pro loco di Fermignano 1993.*

#### *L'intervista (realizzata nel 1984)*

Sono ricevuto dall'attuale proprietario del lanificio Carotti al quale telefonicamente avevo chiesto di poter visitare l'unica centrale privata del Metauro prima della confluenza con Il Candigliano. Un signore arzillo seppure avanti negli anni, capelli bianchi, mi riceve nel suo ufficio stile liberty, con mobili in legno

massiccio. Si chiama Pompeo Carotti... Mi racconta del suo opificio una manifattura di lavorazione e filatura della lana: "Ma allora non era così come lo vede in questo momento. Ci sono stati una serie di interventi e miglorie che hanno permesso che al nostro stabilimento di essere conosciuto in tutta Italia...

Prima qui c'era una vecchia cartiera dello Stato Pontificio, con l'avvento dell'unità d'Italia, i papalini cedettero i loro beni ai nobili loro vicini, perciò questa passò ai principi Albani. Sa, i proprietari dei mulini Albani di cui quello sopra al porto di Fano fu acquistato dall'Enel...

Noi acquistammo questa cartiera come fratelli Carotti nel 1914, con l'idea di trasformarla in un stabilimento tessile e lanificio... Una serie di lavori furono attuati e nel 1935 installammo una vecchia turbina Calzoni... Oggi questa lavora 6 -7 mesi all'anno, ma prima era sufficiente a mandare tutte le macchine della Fabbrica...



*Mappale catastale*

Durante la seconda guerra mondiale lo stabilimento fu minato dai tedeschi in ritirata, così come tutta la ferrovia. Ma dato che noi lavoravamo già per le forze armate italiane alle quali fornivamo vestuari e coperte, non fu difficile sapere prima, delle intenzioni dei tedeschi. Per poter salvare la centrale elettrica che era il cuore di tutto lo stabilimento, murammo durante tutta la notte gli ingressi alla sala macchine con un muro a tre teste ed intonacammo tutto, con relativa imbiancatura a calce. Quando la mattina dopo l'ufficiale tedesco venne per l'ispezione, notò tracce di umido sul muro fresco, ma sostenne che erano delle infiltrazioni che provenivano dal fiume sovrastante... Così salvammo la centrale, non lo stabilimento che fu distrutto. Con gli alleati, fu la prima centrale ad essere attivata perché intatta; essi concessero 2 ore per la macinatura del grano, mentre per il resto della giornata l'elettricità prodotta, fu utilizzata per esigenze militari e tramite una linea indipendente per l'ospedale di Urbino."

### ***Visita alle centrali Idroelettriche del Metauro***

Al fine di capire il funzionamento di una centrale idroelettrica il nostro professore ci ha portato in visita a due centrali Enel: la 3 D è stata al Furlo, la 3 C invece ha visitato la centrale di Tavernelle. Riportiamo qui due rispettive relazioni.

#### ***Centrale del Furlo di Filippo Montanari 3 D (19.3.04)***



Lunedì 22 Marzo, noi della 3°D abbiamo visitato la centrale idroelettrica del Furlo per approfondire il discorso sull'energia ed in particolare sulle fonti rinnovabili. Accompagnati dal nostro professore di Ed. Tecnica e da un'esperta guida dell'Enel il tecnico Ambrosiani Luigi, abbiamo visitato la centrale.

Lo stabilimento è composto essenzialmente da tre parti: la diga, il pozzo piezometrico e la centrale.

La diga del Furlo è stata costruita nel 1921 ed ha una forma ad arco. E' alimentata dal Candigliano (il maggiore affluente del Metauro), ha un dislivello di 58 metri ed una portata di

*Sulla diga ad arco*

57.000 metri cubi con 20 metri cubi di acqua al secondo. I massimi livelli sono stati raggiunti con la piena del 1991 (900 metri cubi di acqua al secondo), mentre 31,5 metri cubi di acqua vanno direttamente alla turbina.

Vi sono presenti anche delle paratoie, ossia delle porte metalliche che tramite meccanismi vengono attivate da 5 sistemi (4 automatici + 1 manuale); sono adibite adibiti a contenere l'acqua. In caso di emergenza (piene, alluvioni ecc...) si allertano vigili del fuoco, forze dell'ordine, la protezione civile.



Situazioni critiche si sono avute anche con il blackout, di settembre, situazione che si è risolta mettendo in pratica dagli addetti dell'Enel il piano di riaccensione.

La guida poi ci ha anche mostrato il funzionamento del gruppo elettrogeno di emergenza.

*Le paratoie*



*Condotta forzata*

Abbiamo avuto modo anche di visitare, l'antica galleria romana risalente al 76 a.C. che attraversa la montagna.

Il pozzo piezometrico, che purtroppo non abbiamo fatto in tempo a vedere, è un pozzo profondo 80 m e serve ad attutire il colpo d'ariete, in caso di brusca chiusura delle turbine.

La vera e propria centrale situata ai piedi della valle è stata la nostra ultima tappa della giornata, ma anche la più interessante. È un edificio all'interno nel quale arriva, grazie ad una condotta forzata, l'energia dell'acqua in movimento (cinetica) che viene trasformata dal trasformatore in energia elettrica (en. potenziale nel lago→en. cinetica nella condotta→en. meccanica nella

turbina→en. elettrica nel generatore). Vi sono quattro gruppi, ma solo due erano in funzione, perché non vi era maggiore richiesta di energia. All'esterno invece abbiamo visto i due trasformatori, che, insieme a due linee sono unite da un'unica sbarra.

Noi pensiamo che questa uscita sia stata molto interessante perché l'acqua è un'ottima fonte per la produzione di energia e per la soluzione del problema energetico, ma soprattutto perché Fermignano è il primo ricevente del Furlo e deve molto a questa centrale.



*Tra i generatori*



### *Centrale ad acqua fluente di Tavernelle di Carboni Valentina 3C ( 06.04.04)*

Nelle centrali idroelettriche l'energia elettrica viene trasformata in energia cinetica posseduta da masse d'acqua in movimento, che azionano turbine idrauliche collegate agli alternatori.

Tra le centrali idroelettriche quelle più diffuse sono installate lungo corsi d'acqua; L'acqua può fluire liberamente, oppure essere raccolta mediante uno sbarramento in un grande bacino sopraelevato.

La funzione delle centrali ad acqua fluente dipende anche dalle variazioni di portata.

Quella da noi visitata a Tavernelle è stata iniziata la sua costruzione nel 1956 ed entra in funzione nel 1963.

Nei primi anni il lago che si formava dallo sbarramento, aveva una capienza di 1950000 metri cubi di acqua, mentre oggi ne ha una massima di 800000/900000 metri cubi di acqua. Nel 1981 il fiume ha raggiunto una piena di 1600 metri cubi al secondo, a causa del disgelo della neve provocato dalla pioggia. Normalmente in inverno, raggiunge una portata di 800/900 metri cubi al secondo.

Una curiosità: da questo sbarramento Pesaro preleva 600 litri di acqua al secondo per uso potabile e quindi in estate i bacini tendono a svuotarsi.

In estate occorre garantire al fiume 150-200 litri d'acqua, che rappresenta il minimo flusso vitale, per garantire la vita della fauna ittica.

Nella centrale di Tavernelle quando il livello d'acqua cresce, le paratoie si sollevano automaticamente grazie a dei serbatoi galleggianti situati all'interno delle colonne di sostegno della diga. L'acqua viene convogliata nella turbina Kaplan, che ha alte portate e bassi dislivelli (32metri cubi/sec. a pieno carico con 12 metri di dislivello) Al momento stava erogando 800 Kw, ma la massima potenza che può fornire è di 4.000 Kw.



*Le paratoie*

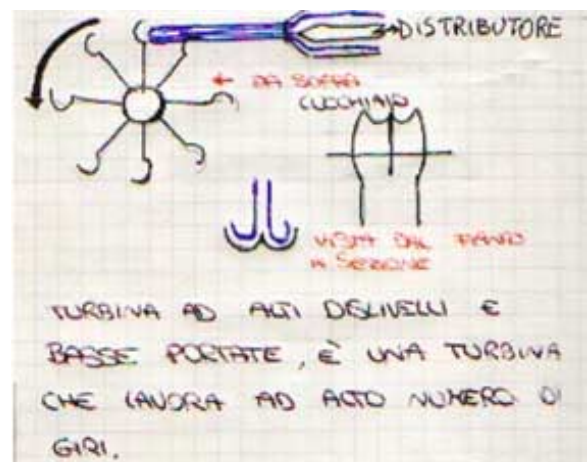
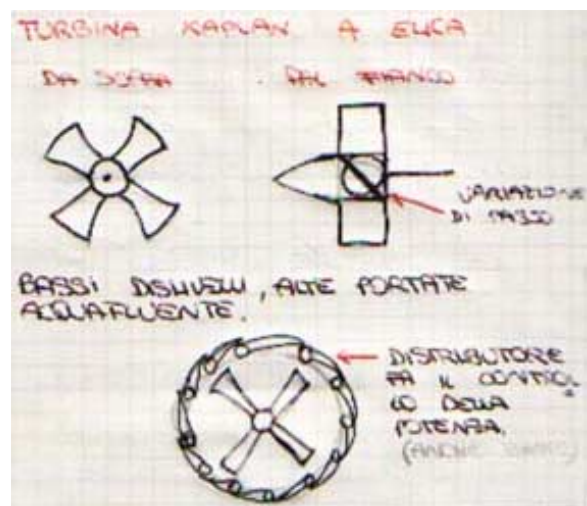


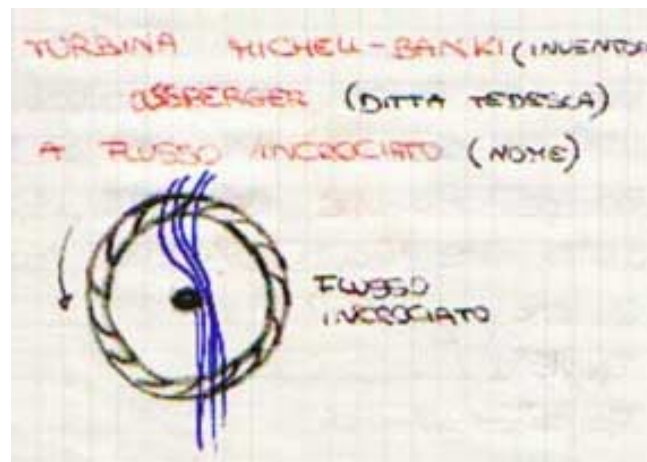
*Nel locale macchine*

La turbina ad asse verticale, è situata sotto il generatore elettrico. L'acqua vi arriva attraverso il distributore, una serie di pale verticali che, movendosi in maniera sincrona, regolano il flusso, fino alla chiusura. La tensione generata dall'alternatore è di 6000 volts. Lo scarico della turbina avviene attraverso una camera venturimetrica che permette di acquistare altri due metri di dislivello: questo viene anche chiamato diffusore. Una volta che il generatore è allacciato alla rete elettrica non aumenta i giri, ma la potenza, in base alla portata d'acqua che attraversa la turbina. La Kaplan montata in questa centrale ha le pale che possono cambiare di angolazione (variazione del passo); ciò permette una maggior efficienza della macchina soprattutto a bassi regimi di produzione.



Le turbine Idrauliche di Sara Guglielmi



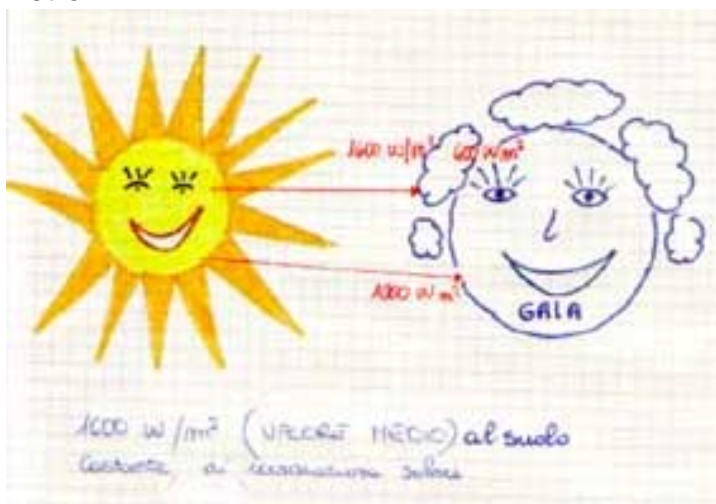


### *I nostri laboratori ed i nostri esperimenti*

#### **GIOCANDO CON IL SOLE** *(Anno scolastico 1996/1997)*

Per poter introdurre l'argomento ci siamo recati a visitare l'impianto solare del palazzetto dello sport; accompagnati dai tecnici comunali abbiamo potuto contare i pannelli, misurarne la superficie di ciascuno, valutare la capacità del bollitore collegato, verificare la temperatura raggiunta dall'acqua.

In classe, il professore ci ha proposto di riflettere insieme su come quei pannelli potessero funzionare. Si tratta di collettori solari piani, ad assorbimento, la cui superficie è dipinta di nero opaco, percorsa da numerosi canalicoli dove circola il fluido riscaldante e alloggiata all'interno di un involucro impermeabile, coperto da un vetro.



*Irradiazione solare al suolo di Cristina Agostini*

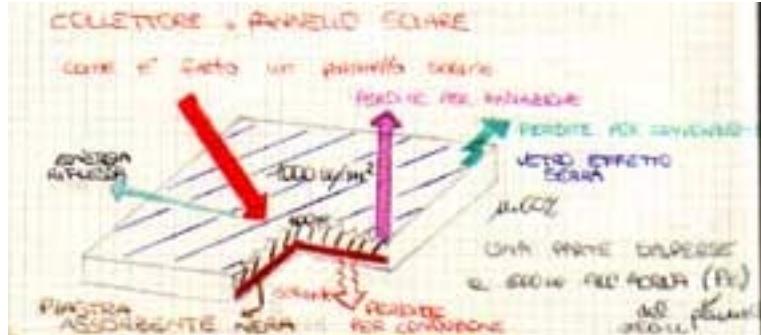
latitudine del luogo dove sono installati.

Riprendendo una vecchia unità didattica sulla luce ed il colore, effettuata in prima, abbiamo capito che la vernice nera opaca della piastra serve ad assorbire la massima radiazione solare; abbiamo inoltre visto che essa sulla terra ha un valore medio di  $1000 \text{ w/m}^2$  e che dipende dalla presenza di nuvole e foschia. Inoltre i pannelli solari devono essere orientati a sud, verso il sole, con una inclinazione che dipende dalla

Con l'aiuto di uno schema abbiamo visto le perdite di un pannello solare: per

conduzione, nell'isolante, per convezione, nell'aria che lo lambisce, per irraggiamento a causa del riscaldamento che si ha, per riflessione sul vetro e sulla vernice che non è mai così opaca da limitarle; l'effetto del vetro è poi notevole dal momento che permette per «effetto serra» il recupero di buona parte dell'energia dispersa. In sostanza così realizzato, esso raggiunge un rendimento complessivo pari al 60.

A questo punto il nostro insegnante di ed. Tecnica ci ha presentato, come è possibile calcolare le potenze in gioco e quindi il rendimento effettivo di tutto l'impianto solare visto, al fine di applicarlo nelle realizzazioni dei ragazzi (si veda allegato). Dalla definizione di chilocaloria, misurando le temperature con un semplice termometro a mercurio disponibile nel laboratorio di scienze, abbiamo valutato l'energia resa all'acqua, il coefficiente di trasformazione in Wh, la potenza resa considerando il tempo di insolazione, la potenza spesa dal sole sul pannello e infine il rendimento.



*Le perdite di un collettore solare piano*

A questo punto ci siamo organizzati in gruppi di lavoro e abbiamo visto la possibilità di realizzare pannelli diversi, utilizzando il materiale disponibile a scuola, o facilmente reperibile o ricavabile dal recupero di altri oggetti.

Siamo così arrivati alla realizzazione di tre tipi di pannelli, diversi fra loro soprattutto nel tipo di sfruttamento: un collettore a riflessione a profilo parabolico, tre collettori parabolici, un collettore solare piano di tipo passivo.

### *Collettore a profilo parabolico*

Come materiale è stato usato del compensato da 3 mm per la parabola, aste di legno per i piedi di supporto, fogli di alluminio da cucina come materiale riflettente, un tubo di acciaio del diametro di 45 mm, del mastice per fissare l'alluminio al compensato, due pannelli di multistrato per i fianchi, un serbatoio in plastica e tubo di gomma.



Si è trattato di disegnare i fianchi con il sistema pratico della squadra, per ottenere così una curva di tipo parabola, dove ciascun raggio incidente sulla superficie del pannello, viene riflesso in un punto centrale denominato «fuoco».

Ai due fianchi sagomati abbiamo fissato il compensato e su questo, utilizzando del mastice abbiamo incollato i fogli di alluminio, avendo cura di evitare il più possibile corrugature.

Il tubo di acciaio, che è il cuore del nostro pannello e dove vengono riflessi i raggi solari, è stato fissato, dopo averlo dipinto di nero opaco, al centro dei due



fianchi, le estremità sono munite di appositi raccordi per il tubo di gomma. Montati i supporti, realizzati a differenti altezze in modo da facilitare la circolazione naturale dell'acqua riscaldata dal sole e, collegato il serbatoio, il nostro pannello è pronto per essere esposto al sole, ovviamente dopo averlo riempito di acqua.

Orientato sull'asse est-ovest, è necessario puntarlo sempre verso il sole ed in modo tale che i raggi riflessi colpiscano direttamente il tubo d'acciaio dipinto di nero. Ha una superficie di 2 m<sup>2</sup>, da una potenza effettiva con cielo nitido, pari a 750 w con un rendimento complessivo di circa il 37,5 %.

### *Collettori parabolici*

1) Recuperata una vecchia parabola di una sala operatoria dismessa, abbiamo provveduto alla lucidatura della superficie utilizzando la pasta da carrozziere; inoltre si sono realizzati sia i supporti per la parabola con aste di legno, per facilitare l'inclinazione al sole, nonché il supporto centrale in acciaio saldato per sorreggere il recipiente nero con l'acqua; per il corretto orientamento ci siamo basati sul supporto centrale muovendo l'inclinazione fino a quando l'ombra di questo sul suolo risulta puntiforme.



*Le nostre parabole in mostra nella giornata dell'energia promossa da Green peace*

opaca, abbiamo provveduto a ricoprirla con tanti piccoli specchi da noi tagliati con il tagliavetro, a forma di piccoli trapezi allungati. Con del silicone si è provveduto ad incollarli su tutta la superficie della parabola. Per il puntamento al sole si è fatto riferimento all'ombra della lattina ancorata sul «fuoco», che deve coincidere su se stessa.

3) Un altro gruppo di noi, con una parabola di un faro di un'auto hanno realizzato un piccolo pannello solare a riflessione utilizzato per liquidi di diverso colore. Al posto della lampadina hanno messo un grosso sughero sul quale abbiamo in precedenza già fatto un foro della dimensione tale che ci passi una provetta di vetro del laboratorio di scienze. E' stato realizzato un piedistallo per facilitare l'orientamento indicato dall'ombra della provetta, così come per il collettore precedente. E' servito per fare due prove diverse una per l'acqua e l'altra per il caffè. Entrambi i calcoli sono stati pirografati sul supporto ( foto 3 ).





## Collettore solare piano passivo

Ci siamo domandati, se fosse possibile sfruttare il calore del sole che comunque picchia sul suolo riscaldandolo. Alcuni di noi hanno fatto notare che d'estate, gli scalini della piazza comunale, dove loro sono soliti sedersi, anche la sera, in assenza di sole, sono ancora caldi.

Quindi abbiamo pensato ai tetti piani ai cortili, al cortile della nostra scuola, sempre battuti dal sole e, con le dovute tecnologie, pur sempre sfruttabili.

Asportata una parte di terreno per una profondità di circa 25 centimetri ed una superficie di tre metri quadri, vi abbiamo alloggiato una serpentina di tubo di rame dal diametro di 14 millimetri avendo cura di evitare contropendenze e lasciare le due estremità del tubo da un'unica parte. Abbiamo poi provveduto a riempire tutto con del calcestruzzo, materiale conosciuto nelle unità didattiche della seconda, per avere così un maggior volano termico.

Con un serbatoio ed un pompa ricircolatrice abbiamo calcolato un rendimento del 20 %, con circa 6 metri quadri di superficie nera.

## Allegato

### CALCOLANDO SUL PANNELLO

Dalla definizione di chilocaloria si applica la seguente formula  $E = Q * (T_2 - T_1) * \text{Cal. Spec.}$  dove  $E$  è l'energia in chilocalorie,  $Q$  i kg di acqua da riscaldare,  $T_2$  la temperatura finale raggiunta dopo un certo tempo ( $t$ ),  $T_1$  la temperatura a inizio esperimento in gradi centigradi, Cal. Spec è il calore specifico che per l'acqua vale 1 kcal/kg/°C.

Per trasformare l'Energia da chilocalorie in Wattora (Wh) che è la nuova unità misura del Sistema Internazionale (S. I.), dobbiamo moltiplicare per 1,163.

Sapendo che l'energia  $E = P * t$ , dove  $P$  è la potenza e  $t$  è il tempo, in ore (per le nostre prove sui pannelli realizzati dai ragazzi è stato sufficiente un tempo dai 10 ai 30 minuti), impiegato per riscaldare la determinata quantità d'acqua, possiamo ricavare  $P = E / t$ , espressa in Watt.

Essa rappresenta la potenza finale che ha ricevuto l'acqua e che chiamiamo  $Pr$ , potenza resa effettivamente dal pannello all'acqua.

Per conoscere la potenza che il sole ci dà, e che chiameremo  $Ps$ , potenza spesa dal sole sul pannello per farlo funzionare, occorrerà applicare la costante di irradiazione solare media al suolo che è di 1.000 W/m<sup>2</sup>, per cielo sereno e nitido. Per chi abita nei pressi di un aeroporto o presso un centro meteorologico, può chiedere e utilizzare il valore effettivo dell'irradiazione al suolo. Moltiplicando il valore dell'irradiazione solare per la superficie della «finestra» del pannello, troveremo la potenza spesa dal sole per far funzionare il collettore  $Ps = \text{Cost. irr. sol.} * \text{Sup. pann.}$

Per un collettore piano la superficie è l'area rettangolare della piastra assorbente, per i pannelli parabolici la superficie battuta dal sole è l'area delimitata dal bordo circolare (foto 6).

A questo punto si può trovare il rendimento della nostra macchina, dividendo la potenza resa per la potenza spesa, cioè  $\text{Rend.} = Pr / Ps$ . Il numero che otterremo sarà inferiore ad 1, non avrà unità di misura e si potrà esprimere anche in percentuale.

### *La bici solare (anno scolastico 1995/ 1996)*

Ci eravamo procurati una motorizzazione elettrica, che assieme ad altri accessori, aveva subito un allagamento e quindi mandata da un rottamaio. Una ditta di progettazione ci aveva messo a disposizione una serie di pannelli fotovoltaici, che il vento aveva strappato dal tetto facendoli rovinare a terra: con l'aiuto di un papà che ha fornito un camion per caricarli, siamo andati a prenderli per portarli a scuola.

Ci siamo messi, per prima cosa, a smontare i pannelli fotovoltaici riparabili e, riassembleandoli, abbiamo ottenuto moduli efficienti, di cui due per la bici, uno per il laboratorio, e quattro per l'impianto di illuminazione, dei cortili interni della scuola, che è già stato ultimato.

A questo punto ci mancava la bici. Ci è stata fornita gratuitamente da un rivenditore locale, così come le batterie di accumulatori, donateci da un negozio di elettronica: viste le modeste risorse finanziarie della scuola, questo ci ha permesso di costruire la nostra bici a costo zero.

Dato che i due pannelli avevano una superficie di circa un metro quadro, si è pensato di installarli in piano su un piccolo rimorchio che avevamo a disposizione.

Mentre un gruppo si adoperava a questo, altri compagni realizzavano grafici e schemi attinenti alle energie che stavamo utilizzando ( lo stesso gruppo, nella fase finale, preparerà articoli e schede didattiche per i giornali e per i loro compagni) ed altri ancora realizzavano un gancio di traino, con movimenti nelle tre direzioni ( alto-basso, destra-sinistra, rotazione su se stesso) utilizzando anche la saldatrice elettrica.

Si è passati quindi alla realizzazione dell'impianto elettrico mediante innesti tipo "faston" e con saldature a stagno; le celle fotovoltaiche sono state collegate in parallelo direttamente agli accumulatori (due in serie, dal momento che avevamo a disposizione una tensione nominale di 28 volts ed una tensione di targa del motore di 24 volts) con l'aggiunta dei relativi fusibili di protezione: da 3 Ampere per i pannelli, erogando questi una corrente di 2 Ampere e da 15 Ampere sulla linea del motore della bici da momento che questo assorbe a pieno carico 9,6 Ampere. Al momento di verificare il funzionamento, due erano gli interrogativi: non sapevamo le condizioni interne del motore apparentemente in ottimo stato, né il tipo potenziometro da applicare per regolare la velocità del motore. Quanta delusione è



stata provata quando il motore non partiva. Con caparrietà abbiamo smontato il motore e ci siamo accorti che il calcio dell'acqua aveva incollato le spazzole del collettore non permettendo il contatto elettrico. Disincrostato, ripulito, lubrificato e quindi rimontato il tutto, il motore funzionava ed a tentativi abbiamo collegato il potenziometro giusto, da 1000 ohm, che permetteva il corretto funzionamento a tutte le velocità: una volta fissatolo in prossimità della manopola destra, la "bici solare" era pronta per il suo primo viaggio inaugurale. Durante il primo percorso per recarci a Fano, 48 Km, per partecipare al "Laboratorio nazionale: Fano la città dei bambini" in collaborazione con l'attività del WWF "La riconquista della mia città, abbiamo misurato una velocità media di 22 km/h con punte massime di 28 km/h. L'autonomia con presenza di sole ha garantito tutta la distanza per arrivare a Fano; successivamente in assenza di sole è stata di 20 km.

All'arrivo inoltre abbiamo potuto presentare questa nostra realizzazione direttamente alla RAI regionale, spiegando come si è sviluppata ed i motivi dell'esperienza.

*1000 celle fotovoltaiche per 100 scuole (anno scolastico 1998/1999)*

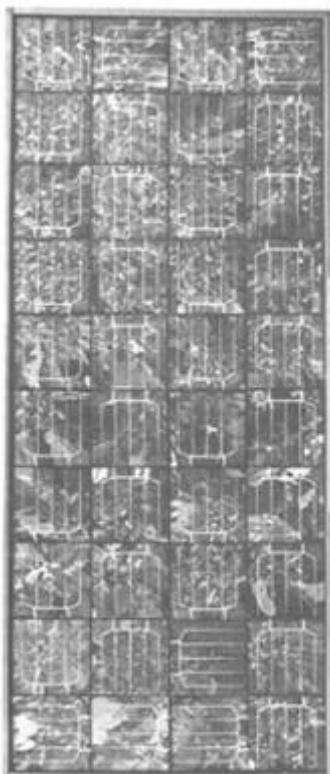
*Campagna di diffusione dell'energia solare promossa dall'ISES Italia*

#### *ESPERIENZA DEL CALCOLO DEL RENDIMENTO DELLE CELLE FOTOVOLTAICHE*

*SVOLTE DAI RAGAZZI DELLA 3 C DELLA SCUOLA MEDIA DI FERMIGNANO*

Già da oltre tre anni nella nostra scuola è stato installato un impianto fotovoltaico, di recupero completamente montato dai nostri compagni di terza media e utilizzato per illuminare i cortili interni, nonché ovviamente, per l'utilizzo didattico.

La proposta dell'ISES è stata accolta dal nostro professore, che ci ha condotto così a verificare come si calcola il rendimento dell'impianto FV a nostra disposizione.



#### **PRINCIPALI CARATTERISTICHE ELETTRICHE**

Potenza di picco	36 w
Tensione alla potenza di picco	17,2 v
Tensione nominale	14 v
Corrente alla tensione nominale	2,2 A
Tensione a circuito aperto	22,2 v
Rendimento a tensione nominale	6,48 %

**Caratteristiche ricavate in pieno sole con costante di irradiazione solare pari a 1000 w/m<sup>2</sup>.**

<b>Dimensioni</b>	<b>Peso</b>
1067 x 445 mm	7,9 kg



**40 SL/SOL**

**Celle fotovoltaiche di tipo policristallino**

**Installati n° 4 pannelli collegati in parallelo**

## OBIETTIVI DELL'ESPERIENZA

1. Calcolo del rendimento del pannello fotovoltaico
2. Applicazione delle leggi di Ohm
3. Conoscenza di nuovi simboli elettrici
4. Esecuzione corretta della relazione

## CONDIZIONI DEL TEMPO

*Cielo sereno con leggera foschia, costante di irradiazione solare pari a circa 900 w/m<sup>2</sup>, temperatura esterna 12° C, inizio prova ore 11,00.*

## MATERIALI USATI

Impianto fotovoltaico (4 pannelli policristallini in parallelo), Voltmetro e amperometro analogici, due tester digitali, due lampade d'auto, un reostato variabile.

## PRIMA PROVA

Si usano come utilizzatori, due lampade collegate in parallelo

(L<sub>1</sub> 12v, 60w; L<sub>2</sub> 12v, 45w).

Si calcola la Potenza spesa (P<sub>s</sub>), dal sole sul pannello:

P<sub>s</sub>=Superficie complessiva pannelli x costante irradiazione solare

P<sub>s</sub>= 4x1,067x0,445x900=1709w

Tensione misurata ai capi dell'utilizzatore 11v

Corrente assorbita dalle lampade 8,22 A

Potenza resa dai pannelli FV (P<sub>r</sub>):

P<sub>r</sub>=VxI=11x8,22=90,42w

Rendimento=Potenza resa / Potenza spesa=90,42/1709=0,053=5,3%

## SECONDA PROVA

In questa seconda prova una lampada è stata sostituita da un reostato variabile, collegato in parallelo, regolato in modo tale da avvicinarci il più possibile alla tensione nominale, prevista dal costruttore dei pannelli FV. P<sub>s</sub> ha lo stesso valore.

Tensione misurata ai capi dell'utilizzatore 13,8v



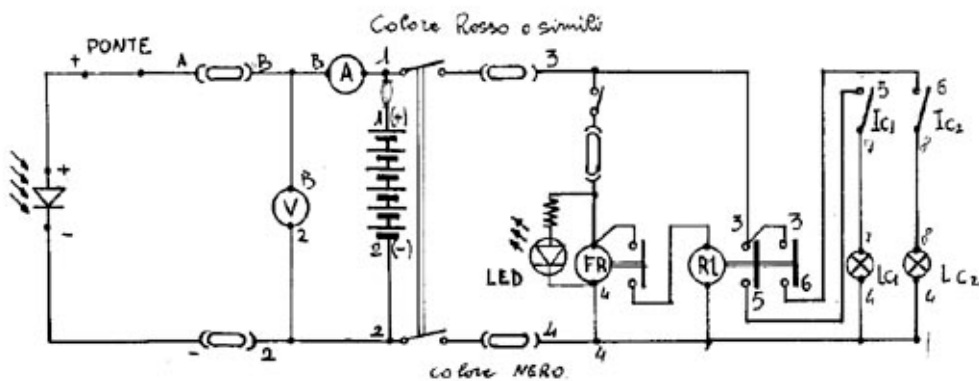
Corrente assorbita dal gruppo utilizzatore 7,27 A

Potenza resa dai pannelli FV

$$Pr = V \times I = 13,8 \times 7,27 = 100,326 \text{ w}$$

$$\text{Rendimento} = Pr / Ps = 100,326 / 1709 = 0,0587 = 5,87\%$$

### SCHEMA FUNZIONALE



#### Simboli nuovi

- Diode
- Cella fotovoltaica
- Diode LED emettitrice di luce (sostituisce lampadine luminose)
- Rete con contatto aperto che si chiude quando si inserisce corrente nella bobina
- Rete con contatto chiuso che si apre quando si inserisce corrente nella bobina

Impianto Cella Fotovoltaica  
S.N.S. Donato Bramante  
Teramo

Le attività proposte, in merito all'utilizzo delle energie rinnovabili, ci sono piaciute moltissimo, come in una sorta di gioco e anche per le varie costruzioni realizzate .

*L'impianto anaerobico, didattico (anno scolastico 2000/2001)*

Dopo una serie di viste guidate condotte dai nostri professori, agli impianti di depurazione di diverse cittadine, fra le quali Cervia, abbiamo pensato alla realizzazione

### IMPIANTO DIDATTICO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS



Lo schema funzionale

di un di gestore didattico. Nella classe terza, dalla rielaborazione della documentazione di schemi, diapositive e videofimati realizzati da noi ragazzi, durante le visite, utilizzando diversi libri (dato che nei nostri non erano presenti questi argomenti), si è passati alla fase di progetto del nostro impianto dimostrativo, di cui si è realizzato lo schema finale.

Per il riscaldamento del digestore, si è scelta la soluzione del riscaldamento a *bagnomaria*, con un contenitore più piccolo all'interno di quello più grande, contenente acqua riscaldata.

La fase successiva è stata quella del rimediare il materiale. Abbiamo recuperato dei fusti in pvc, da utilizzare come contenitori, il boiler da 10 litri utilizzato per il riscaldamento e la *pompa di ricircolo* erano già nel laboratorio, recuperati dai lavori di manutenzione eseguiti presso una palazzina attigua alla scuola, la raccorderia e le tubazioni le ha fornite una ditta locale di termoidraulica. Dopo aver montato il tutto e collaudato le varie tenute idrauliche, abbiamo dovuto pensare al materiale organico da immettere nel biodigestore. La soluzione più rapida è stata quella di utilizzare del rumine di un bovino macellato nel mattatoio del comprensorio. Il medico veterinario si è dato disponibile per questa esperienza ed il digestore è stato riempito per circa i 3/4, di una miscela al 40% di *rumine* e acqua. La scelta del rumine è sembrata interessante per la presenza di batteri che degradano naturalmente la cellulosa.



*L'impianto completo*

In fase di verifica del funzionamento, in realtà abbiamo avuto una certa difficoltà di attivazione, probabilmente causata da discrete quantità di antibiotici usati per la cura dei bovini prima della macellazione. Questi medicinali riducono drasticamente la presenza batterica. Allora abbiamo inserito nel digestore, alcune buste di batteri liofilizzati, le stesse pubblicizzate in Tv, per le fosse biologiche malfunzionanti.

Con soddisfazione abbiamo potuto notare la formazione continua di *bollicine* nel vaso di depurazione, l'innalzamento del recipiente di accumulo e infine l'accensione di un piccolo *bunsen* inserito nella tubazione

finale.

Durante il ciclo di funzionamento abbiamo controllato dalla sonda di prelievo, le variazioni del *ph*, con un apparecchio elettronico a disposizione del laboratorio. Alcuni insegnanti e allievi della sezione di chimica dell'ITIS di Urbino sono venuti a visitare l'impianto funzionante, un giornalista locale ha realizzato un articolo dal titolo "A Scuola di Archimede", con la soddisfazione di tutti quelli che hanno realizzato questa "impresa".

### **Energia dal vento (anno scolastico 2002/2003)**

Per poter progettare e realizzare una macchina a vento è necessario prima fare alcune considerazioni. A. Betz fu uno scienziato che si dedicò a questo, nel 1927; scoprì la teoria che oggi dà il nome ad un coefficiente, chiamato limite di Betz che entra nel calcolo della potenza ricavabile da un qualsiasi aeromotore.

Egli stabilì che da una qualsiasi macchina a vento non è possibile estrarre più dello 0,593 della potenza fornita dalla vena fluida del vento che colpisce le pale; questo perché per estrarla in totale noi dovremmo avere delle macchine la cui prima parte della superficie alare è in movimento mentre la parte finale è ferma. Ciò è impossibile ottenerlo; è quello che definisco un assurdo tecnologico. Perciò in pratica noi potremo ricavare tramite un qualsiasi aeromotore non più del 60 % circa, dell'energia del vento (generalmente questo valore lo si tiene ancora inferiore). A questo punto potremo ricavare la potenza teorica della nostra macchina a vento:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * s * v^3 * 0,593$$

dove

P = è la potenza fornita dalle pale in kw

$\frac{1}{2}$  = dipende dalla fisica cinematica

$\rho$  = costante legata alla densità dell'aria

s = area sottesa dalle pale in movimento

v = velocità del vento in m/sec

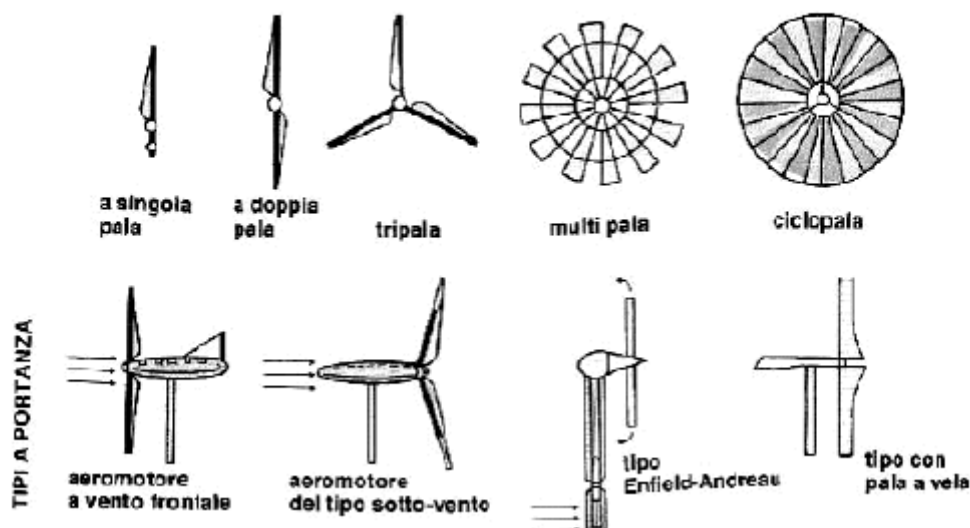
0,593 = limite di Betz

Come si può notare la potenza dipende in particolare dalla velocità al cubo, del vento; si intuisce così il perché, dopo un fortunale sono numerosi i cartelloni pubblicitari stradali abbattuti, o anche perché quelli grandi autostradali, sono realizzati con una serie di finestre apribili al soffio del vento, in modo da diminuirne la superficie esposta.

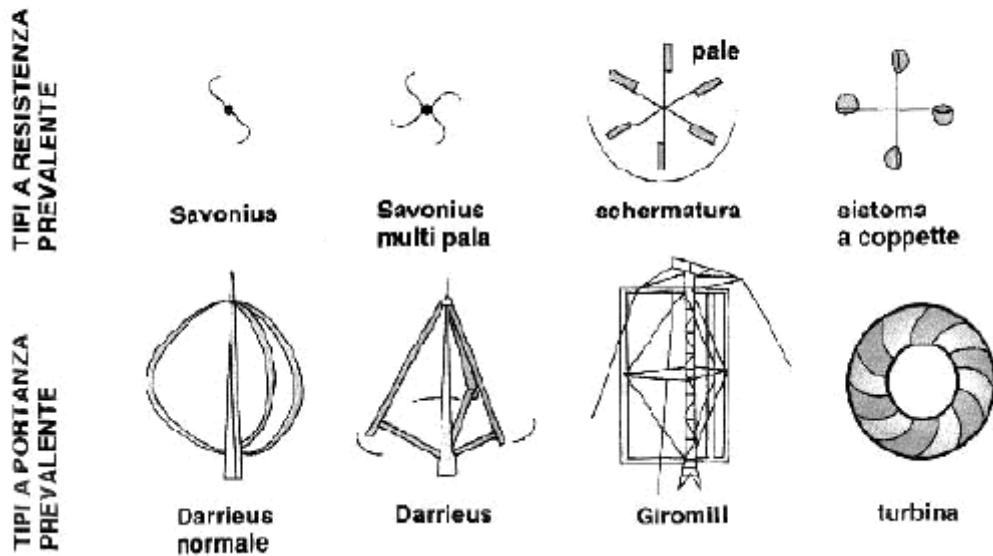
Anche la configurazione ed il tipo di aeromotore con i relativi rendimenti, entrano in gioco per valutare il tipo di progetto che voglio realizzare; ci sono curve disegnate in appositi grafici che aiutano la scelta progettuale.

Partendo dall'esempio della mano tesa al di fuori del finestrino dell'auto in corsa, abbiamo capito il concetto di portanza e di stallo.

#### **AEROMOTORI AD ASSE ORIZZONTALE**



## AEROMOTORI AD ASSE VERTICALE



### Qualche proposta operativa



*Le girandole di prova*

Abbiamo realizzato girandole in lamierino, aventi lo stesso cerchio circoscritto, da una (con un piccolo contrappeso) a otto pale ed esporle tutte, alla medesima distanza, allo stesso ventilatore funzionante, per verificare la variazione di velocità di rotazione.

Con coppette di plastica, un motorino elettrico di un giocattolo (fatto girare diventa un piccolo generatore), un milliamperometro, è possibile realizzare un anemometro elettrico, per conoscere la velocità del vento a scuola. Con una serie di contatti elettrici distribuiti su un tubo di plastica (uno per ogni punto cardinale), un contatto strisciante collegato ad una banderuola, è possibile realizzare un display a led luminosi che ci indicano la direzione del vento. Ovviamente il cavo di trasporto dei segnali è di tipo citofonico, multiplo.

Utilizzando una ruota anteriore di una vecchia bicicletta debitamente fissata, lasciando la possibilità di ruotare sul supporto del manubrio, con i raggi coperti da nastro adesivo a due a due, il timone fissato al posto della vite del freno, si

può realizzare, utilizzando il vecchio alternatore della bicicletta inserito, un piccolo generatore eolico.



*L'aeromotore di direzionalità*

L'ultima nostra realizzazione montata appositamente per fotografarla ai fini di





questo concorso è stato un aeromotore monopala, munito di contrappesi in piombo, la cui direzionalità è data da un motore a vento multipala messo lateralmente a 90 gradi; tramite una serie di ingranaggi e catena permette lo spostamento di fronte al vento e nello stesso tempo, essendo ancorato tramite gli ingranaggi evita gli sbandamenti dovuti all'azione del vento sull'unica pala.

*Il monopala*

### **Conclusioni**

Pensiamo che tutte queste attività ci fanno sentire più creativi e perché no, ci divertono. Sono spesso esperienze lunghe che mettono a prova la nostra pazienza e la nostra capacità di concentrazione, ma alla fine, sono proprio soddisfacenti.

Noi allievi di terza abbiamo pensato che se presso la centrale ex Carotti si realizzasse un laboratorio di esperienze sulle energie rinnovabili, sarebbe una veramente una cosa eccezionale.

Fermignano 29.04.04

Le classi 3C e 3D

