

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA TOR VERGATA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Tesi di laurea in Ingegneria Industriale

· Prestazioni di microbial fuel cells per energy harvesting in ambiente reale ·

Performance of microbial fuel cells for energy harvesting in real environment

Relatore

Prof. Gian Carlo Cardarilli

Candidato

Diego Santos Martín

Correlatore

Prof. Luca Di Nunzio

Anno accademico 2014/15

INDICE

1	Introduzione.....	7
2	Fibra di grafito.....	10
3	Energy Harvesting.....	12
3.1	Il problema energetico.....	14
3.2	Classificazione dei dispositivi di Energy Harvesting.....	15
3.3	Esempi di Energy Harvesting.....	17
3.3.1	Energia ottenuta dai passi umani.....	17
3.3.2	Abbigliamenti caricati col calore umano.....	19
3.3.3	Energia dalle vibrazioni del treno.....	21
4	La tecnologia delle MFC.....	23
4.1	Applicazioni delle MFC.....	24
4.2	Vantaggi e svantaggi.....	25
5	influenza della distanza tra le piastre e la sua forma.....	26
6	Taglio delle piastre.....	29
7	Preparazione del terreno di lavoro.....	30
8	Esperienze di campo.....	35
9	Andamento delle tensioni.....	37
10	Ricerca dei valori del circuito.....	40
11	Ricerca della potenza del circuito.....	43
12	Conclusioni.....	45

13 Bibliografia.....	47
14 Sitografia.....	49

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Due delle misure del recipiente di vetro.....	7
Figura 2: Piastra prima di essere tagliata.....	9
Figura 3: Esempi di strutture carboniche.....	10
Figura 4: Energy Harvesting applicato alla vita reale.....	12
Figura 5: Tipi di Energy Harvesting.....	14
Figura 5.1: Schema meccanico del movimento umano di 1 g.d.l.....	16
Figura 6: Energia dai passi umani.....	17
Figura 7: Sviluppo degli abbigliamenti elettronici.....	19
Figura 8: Sistema che prende l'energia delle vibrazioni dei treni.....	21
Figura 9: Flusso di elettroni tra l'anodo e il catodo.....	23
Figura 10 : Incremento delle tensioni con la distanza degli elettroni.....	26
Figura 11: Grafica dell'andamento della tensione con diverse resistenze.....	27
Figura 12: Piastre una volta tagliate e messi i cavi.....	30
Figura 13: Aggiunta di 1 cm di miscela terra-acqua.....	31
Figura 14: Installazione dell'anodo.....	31
Figura 15: Aggiunta di 3 cm di miscela terra-acqua.....	32
Figura 16: Installazione del catodo.....	33
Figura 17: Installazione delle tabelle di protezione.....	34
Figura 18: Vista di tre dei quattro buchi una volta pronti.....	35
Figura 19: Tabella delle misure in campo.....	37
Figura 20: Grafico dei dati delle misure.....	38

Figura 21: Tensioni mettendo diverse resistenze.....	40
Figura 22: Disposizione del tester per la misura della tensione.....	40
Figura 23: Risultati delle correnti in ogni buco.....	41
Figura 24: Rappresentazione del circuito: V_g e R_s sono i calori interni e R_l è la resistenza di prova.....	43

1 INTRODUZIONE

Questo progetto nasce da una ricerca precedente nella quale si è studiato la microbial fuel cell in un recipiente di vetro che veniva aperto ogni tre o quattro giorni per permettere l'entrata di ossigeno e poter aggiungere anche i nutrimenti necessari per la sopravvivenza delle batterie.

L'idea è fare lo stesso su un suolo di terra e vedere se il metodo può essere applicato alla vita reale.

E per vedere se effettivamente funziona con il terreno del sito scelto, prima si è preso un po' di terreno e è stato provato nel recipiente di vetro che si era usato nell'altro esperimento, ed effettivamente si è verificato che si trattava di un terreno valido. Semplicemente si è valutato misurando durante una settimana e mezza, e si è controllato che effettivamente c'era il voltaggio, e anche che aumentava ad ogni misura.



Figura 1: Due delle misure del recipiente di vetro

Ulteriormente si vuole studiare l'effetto dei nutrimenti della misura delle piastre. Sulla tensione d'intensità. Perciò ho tagliato la piastra a metà, ad un quarto e ad un ottavo, e si sono riempiti tre dei quattro buchi con coppie di piastre nutrite, e uno con piastre ad un ottavo senza nutrimento. Soltanto si è messa l'acqua negli stessi giorni nei quali sono stati messi i nutrienti negli altri buchi, per evitare l'asciugamento dell'esperimento.

Il posto scelto è una zona di campo di Roma Sud, che infatti potrebbe essere perfettamente un luogo dove applicare questa tecnologia che si sta sviluppando, poiché è un posto lontano del centro della città dove non è facile avere l'energia elettrica, e questo sistema potrebbe fornire elettricità al campo.

Perciò, uno degli obiettivi di questo esperimento è permettere di portare l'energia fino a luoghi lontani dalla rete elettrica che bisognano di una certa corrente e che, certamente, in altro modo sarebbe quasi impossibile raggiungere con l'elettricità.

Ciò che è stato fatto è di realizzare i buchi nella terra, nel posto giusto per installare le piastre, cercando sempre di tenerlo lontano dagli animali che erano presenti nelle proprietà (soprattutto i cani, che hanno danneggiato parzialmente il progetto all'inizio della ricerca). In un luogo dove non arrecasse disturbo all'attività umana e dove la luce del sole non colpisce direttamente il nostro esperimento (c'erano delle piante intorno ai buchi, che lo proteggevano).

Uno degli obiettivi del progetto è cercare di rappresentare una situazione reale in cui una persona che non ha conoscenze elettroniche sia in grado di maneggiarlo. Devono servire soltanto delle conoscenze basiche e i materiali giusti per potere farlo funzionare. Perciò si è realizzato in una maniera semplice da capire per chiunque.

Ovviamente si richiede un minimo di conoscenze che si possono raggiungere con la lettura di un documento molto facile da capire e che si può leggere in pochi minuti.

Le piastre che sono state usate si possono vedere in questa immagine, benché non sono state messe sotto terra nelle dimensioni mostrate nell'immagine. Si sono tagliate in pezzi radiali come verrà spiegato più avanti.



Figura 2: Piastra prima di essere tagliata

2 FIBRA DI GRAFFITO

La grafite si usa per la fabbricazione di sigilli, cuscinetti, boccole, giunti rotanti, dischi per variatore, pale del compressore, anodi, catori elettrodi, etc.

Si usano carbone e grafite resistenti alla corrosione chimica, indeformabili sotto forze intense e che possano funzionare fino a 500°C in atmosfere ossidanti e non contaminanti per l'industria degli alimenti, farmaceutica e tessile.

La proprietà autolubrificante in questi materiali a qualsiasi temperatura, gli rende ideali per essere usati un posti di difficile lubrificazione.

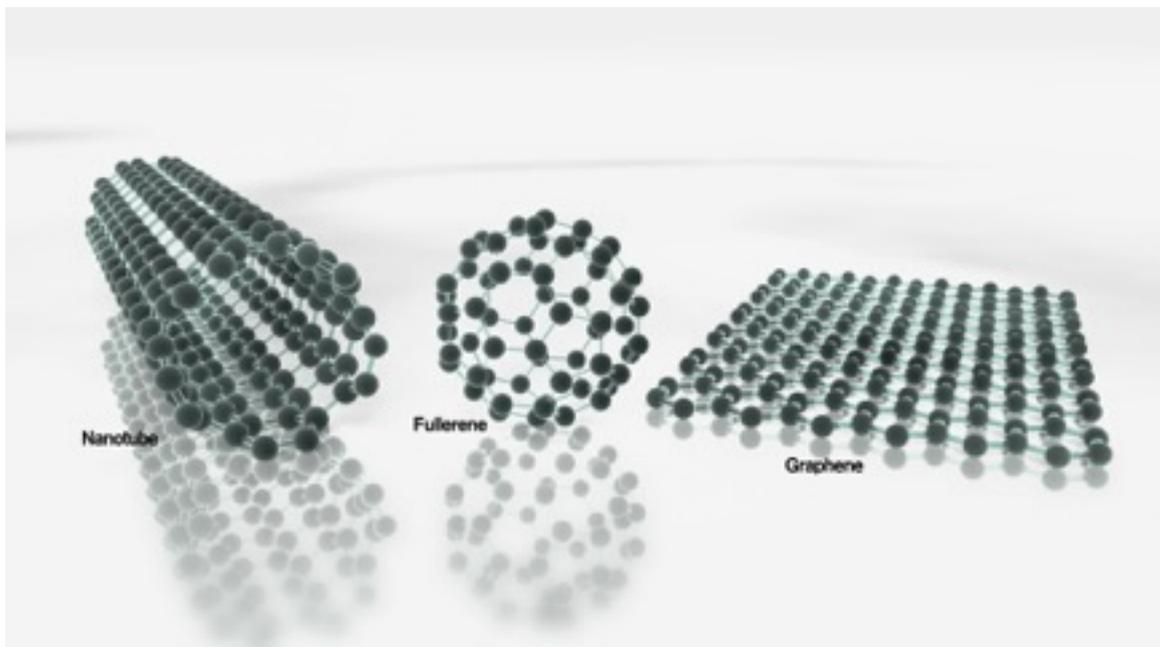


Figura 3: Esempi di strutture carboniche

Ci sono diversi tipi di carbone e grafite per diverse applicazioni, da graffiti estrussa a grano grosso fino a grafite isomodellate a grano molto fino. Tutti hanno proprietà fisiche diverse e sono utili in differenti applicazioni, per ogni tipo di industria. La presentazione di questi prodotti può essere attraverso delle barre, piastre o blocchi.

La graffita è anche usata per processi di elettrolisi, elettroerosione (EDM), fonderia in cresoli, elettrodi, anodi, sigilli di grafita, pistoni, cuscinetti, etc.

Nell'industria del vetro si usano grafite ad alta densità, grana fine e bassa conduttività termica per poter fabbricare pezzi che sono a contatto diretto con il vetro fuso. Nell'industria delle gioielli si usa graffita specialmente sviluppata per raggiungere un'alta efficienza nell'operazione e ottime finiture superficiali.

I crogioli di grafita si usano nella fusione di metalli per fondere l'oro e l'argento. Per questo si usano crogioli con il grafita ad alta densità e grana fina. Questo permette di ottenere superfici di eccellente qualità.

Nell'industria chimica si usa per fabbricare pezzi di sostituzione degli scambiatori di calore, sigilli meccanici resistenti alla corrosione chimica, tubi e driver per pompe.

Può combinarsi con fili metallici e fibre non metalliche per fabbricare fili di grafite rinforzati.

La scelta di questo materiale per le nostre piastre è dovuta a una alta stabilità chimica e una buone biocompatibilità e conduttività. E tutto questo con un costo non troppo elevato.

3 ENERGY HARVESTING

Come definizione si può dire che l'energy harvesting è un processo col quale un dispositivo è capace di acquistare l'energia residuale presente nell'ambiente per produrre l'energia elettrica che sarà immagazzinata e usata in sistemi elettrici a basso consumo.

Ci sono molte fonti di energia nel nostro intorno come ad esempio la propria radiazione elettromagnetica dei segnali presenti nell'aria, la forza del vento, vibrazioni o cambi di pressione, i gradienti di temperatura presenti nell'ambiente o anche l'ossidazione di alcuni composti, come lo zucchero nel sangue.



Figura 4: Energy Harvesting applicato alla vita reale

Si sono anche sviluppati sensori intracorporeali che monitorizzano i parametri medici automaticamente ottenendo l'energia dallo zucchero presente nel sangue. Si possono immaginare sistemi che permettono di estrarre l'energia dal movimento di una persona e così poter caricare un mp3 o una rete di sensori collocati in alberi che beneficiano dell'energia creata nel processo metabolico delle piante le proprie esigenze di alimentazione.

Il valore aggiunto di questo tipo di energia si trova nella sua capacità di consentire ai sistemi elettronici alimentati (oggi il suo uso sta molto collegato alle reti di sensori), un'autonomia praticamente finché sono in grado di raccogliere energia dall'ambiente, senza la necessità di collegarli alla rete elettrica oppure senza la necessità di sostituire le batterie. È anche una soluzione possibile per alimentare sensori messi in posti difficili di raggiungere.

3.1 IL PROBLEMA ENERGETICO

I combustibili fossili stanno per finire e hanno costi ambientali elevati. L'energia sostenibile può essere ottenuta dalla fissione nucleare o delle fonti ambientali. L'energia ambientale a grande scala (ad esempio: solare, eolica e proveniente dalle maree) sta ampiamente disponibile e le tecnologie a grande scala si stanno sviluppando per catturare l'energia efficientemente.

Nell'altra estremità della scala, ci sono piccole quantità di energia persa che potrebbero essere utili se fossero catturate. Recuperare almeno una parte di questa energia avrebbe un impatto economico ed ambientale grande. Qui è dove l'Energy Harvesting interviene.

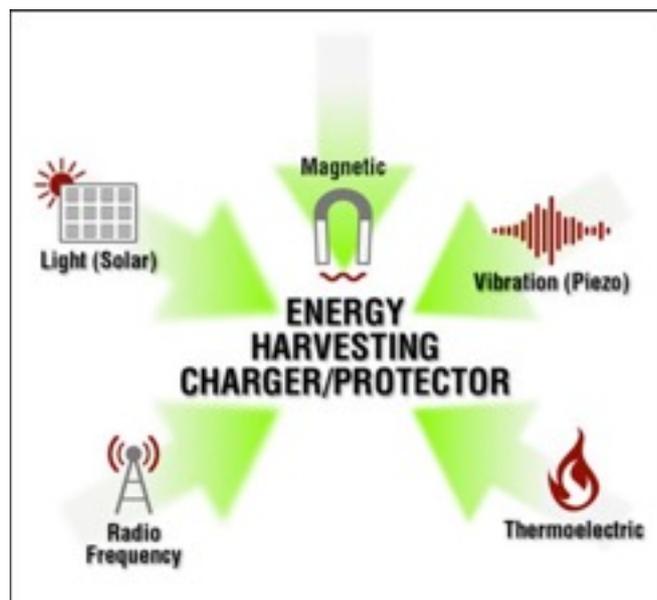


Figura 5: Tipi di Energy Harvesting

3.2 CLASSIFICAZIONE DEI DISPOSITIVI DI ENERGY HARVESTING

Si possono classificare i differenti dispositivi di due forme: considerando chi o cosa produce l'energia da convertire, e che tipo di energia producono.

Nella prima classificazione, riccadono i dispositivi che usano parte dell'energia prodotta dall'utente dell'applicazione elettronica. Normalmente può essere un umano, ma potrebbe essere anche un animale, per esempio nel caso di un dispositivo monitorato per il monitoraggio remoto. Questo primo tipo di dispositivi sono chiamati "Human Energy".

Il secondo tipo di Energy Harvesting prende l'energia dell'ambiente. Perciò si può chiamare "Environment Energy". Questa classificazione tiene in conto che, seguendo il primo teorema di termodinamica, una quantità maggiore di energia deve essere spesa per ottenere una certa quantità di energia elettrica.

Nel caso di "Human Energy" è l'utente che produce l'energia primaria e, benché i livelli di energia siano abbastanza bassi, l'effetto può essere significativo quando molti dispositivi dipendono da un solo utente.

Col obiettivo di studiare la carica di raccolta dell'energia nelle attività dell'utente, è possibile usare un modello biomeccanico semplice che calcola l'energia coinvolta in un passo umano, ottenendo un valore di 40 J. In confronto, l'energia di un singolo trasmissore è di 100 μ W. Questo significa che l'energia extra chiesta per ottenere energia sufficiente è molto piccola per alcune applicazioni, quindi questo ha senso per prendere in considerazione l'energia umana come una fonte possibile di energia.

Il secondo tipo considera tre tipi di energia: cinetica, radiazione elettromagnetica e termale. Per dispositivi del tipo "Human Energy" sono disponibili soltanto la cinetica e la termale.

Nel caso dell'energia cinetica, si distingue tra le azioni umane fatte specialmente per generare energia e movimenti casuali. Questi due casi sono chiamati attivo e passivo rispettivamente.



Figura 6.1: Schema meccanico del movimento umano di un g.d.l

Seguendo questa definizione, l'energia termale è sempre passiva. I dispositivi ambientali del tipo cinetico includono vibrazioni, radiazioni ed energia solare o radiazione RF ed energia termale. I dispositivi di "Energy Harvesting" possono usare vibrazioni di macchine, palazzi ed altri luoghi vicini alle vibrazioni. La radiazione può venire da fonti naturali o artificiali.

L'energia termale dipende dell'esistenza di un gradiente di temperatura. Mentre la trasduzione di metodi può essere simile ai dispositivi di "Human energy", le magnitudini di eccitazione, frequenza e periodo sono molto differenti, quindi ogni caso deve essere studiato separatamente. Questo avrà anche conseguenze nel potere elettrico del circuito.

3.3 ESEMPI DI ENERGY HARVESTING

3.3.1 ENERGIA OTTENUTA DAI PASSI UMANI

Un chiaro esempio molto conosciuto di questa tecnologia è stato quello che si usava negli orologi che si caricavano col movimento della mano. Infatti ancora si producono perché non bisogna un cambio di batterie quando essi sono cariche.

Nella città esistono flussi di transito: spostamenti di persone e veicoli che implicano l'interazione tra il mezzo di trasporto e il mezzo fisico nella quale si producono questi spostamenti, trasmettendo energia.



Figura 6: Energia dai passi umani

La teoria piezoelettrica labora sull'idea di raccogliere questa energia, prodotta gratuitamente in questi spostamenti, sfruttando e trasformando il suo peso e la sua frizione in elettricit , che pu  essere facilmente aggiunta alla rete, contribuendo alla diminuzione dell'espesa energetica dei palazzi o alimentando progetti che contribuiscano ad aumentare il valore della citt .

La piezoelettricit    definita come un cambio nella polarizzazione elettrica venuto da un cambio nella forza applicata. Una reazione chimica propria di certi materiali che hanno questa qualit . L'effetto piezoelettrico inverso   il cambio di forza applicata o stress in un materiale dovuto ad un campo elettrico.

Coll'incorporazione di questi dispositivi nell'infrastruttura, si pu  ottenere energia elettrica da la pressione delle persone e delle macchine. Questa energia   utilizzabile per l'illuminazione, calore, segnalazione o altro, diminuendo il danno energetico.

3.3.2 ABBIGLIAMENTI CARICATI COL CALORE UMANO

C'è anche un progetto basato in una maglietta che ottiene dati fisiologici e ambientali e li trasporta al cellulare della persona che li indossa. Pure può controllare il livello di attività o se si è disidratati. Il cellulare potrebbe calcolare l'esposizione personale alle particelle o ai gas nocivi, trovando le condizioni pericolose di lavoro e fare un elettrocardiogramma in tempo reale. Questo tipo di sistemi potrebbero fornire molta informazione e non bisognano di cambiare le abitudini normali di una persona.

Gli avanzamenti nell'elettronica a basso consumo e anche il miglioramento nella raccolta di energia permettono ai ricercatori di sviluppare questo campo della elettronica portatile. Sono stati anche inventati anche dei calzini intelligenti.

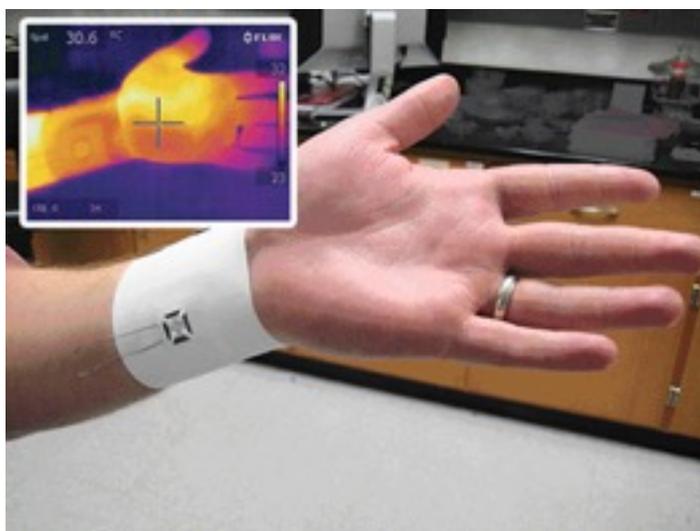


Figura 7: Sviluppo degli abbigliamento elettronici

Comunque, non è stato messo molto sforzo nell'esplorazione delle possibilità che hanno i tessuti di integrare e ottimizzare i sistemi motorizzati che sono basati nell'energia ottenuta dal corpo umano. Gli avanzamenti nei tessuti possono aumentare il rendimento dei raccoglitori di energia e l'affidabilità dei sistemi elettronici e migliorare l'adattamento di questi sistemi

all'abbigliamento come in altri articoli.

I tessuti offrono una piattaforma unica per permettere la raccolta di energia termoelettrica.

3.3.3 ENERGIA DALLE VIBRAZIONI DEL TRENO

Un'altra idea deriva dall'idea di generare energia dalle vibrazioni prodotte nelle ferrovie quando un treno ci passa.

Questo sistema può generare molta energia, benché allo stato attuale produce qualche miliwatts, ma una volta migliorato la differenza sarà enorme.

Basta avvicinarsi ad una stazione per sentire le vibrazioni che si producono quando un treno passa. Questo sistema potrebbe catturarle per alimentare i dispositivi elettrici e elettronici installati nella terra.



Figura 8: Sistema che prende l'energia delle vibrazioni dei treni

Si può unire al recupero dell'energia ottenuta dalle frenate rendendo il trasporto in treno più efficiente e sostenibile.

Usa due frizioni con soltanto una direzione, quindi il rettificatore converte il movimento di vibrazione irregolare da sù a giù con un movimento rotatorio unidirezionale. Questo movimento è usato da un generatore per produrre

energia elettrica, offrendo vantaggi significativi in efficienza e affidabilità.

Molti treni si trovano in posti lontani dove è difficile e costoso portare l'elettricità (luci di segnalazione, cambi di ferrovie o passaggi a livello). È per questo che questo sistema potrebbe risolvere questo problema giacché la generazione di elettricità per l'alimentazione di questi dispositivi si produrrebbe in situ nell'installazione ferroviaria.

4 LA TECNOLOGIA DELLE MFC

La "microbial fuel cell" si definisce come un dispositivo che converte l'energia chimica in energia elettrica tramite la reazione catalitica dei microorganismi.

È un sistema bio-elettrochimico che porta una corrente imitando le interazioni delle batterie trovate nella natura.

Come combustibile si usa glucosio, acetato, bicarbonato, ecc. che possono essere ottenuti dalle acque reflue, soprattutto le domestiche.

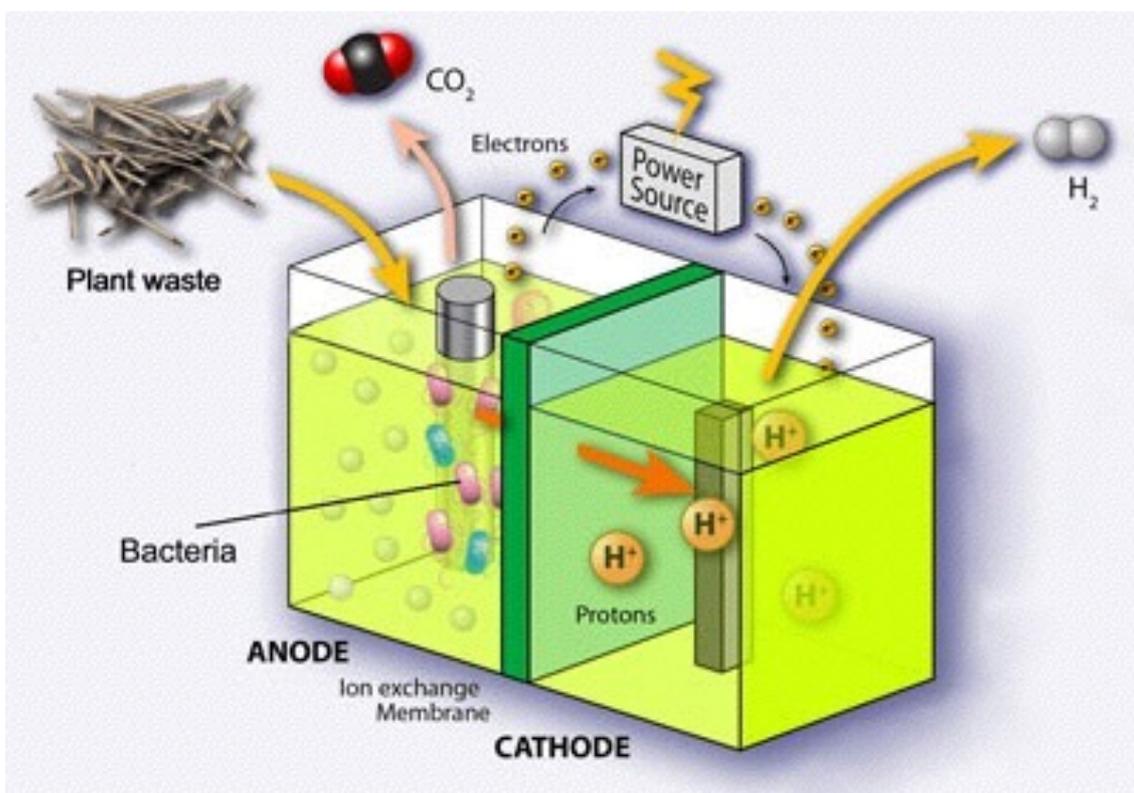


Figura 9: Flusso di elettroni tra l'anodo e il catodo

4.1 APPLICAZIONI DELLE MFC

Tra tutti gli usi che hanno, il più usato è l'ottenzione di elettricità. I batteri consumano i materiali di scarto nell'acqua e producono energia.

Il vantaggio di tutto questo è che è un metodo pulito ed efficiente per la produzione di energia, infatti le loro emissioni sono molto al di sotto le leggi specifiche. In aggiunta a questo, le pile opererebbero bene in condizioni miti, tra i 20°C e i 40°C, e con pH attorno al 7. Anche se sono più potenti dei catalizzatori metallici, sono attualmente troppo instabili per applicazioni mediche a lungo termine, come i pacemaker.

Altrimenti questa tecnologia si può usare per il trattamento delle acque reflue e i rifiuti solidi. La corrente generata per la cellula è direttamente proporzionale alle acque residuali usati come combustibile, una pila si può usare per misurare l'organicità. Questa organicità si chiama BOD.

4.2 VANTAGGI E SVANTAGGI

Questo tipo di tecnologia è positivo perché:

- Possono essere usate per risolvere dei problemi climatici
- Intervengono nel risparmio d'acqua
- Producono dell'energia
- Sono una buona alternativa agli sistemi convenzionali di generazione d'energia

Dall'altra parte ci sono alcune limitazioni che dobbiamo avere in conto:

- C'è un limite nella superficie dell'area del anodo perché le batterie possono ostruire dei piccoli pori limitando così la corrente
- Ancora non sono economicamente competitive
- Producono una quantità d'energia bassa
- Lo sviluppo nel risparmio d'acqua è molto piano.

5 INFLUENZA DELLA DISTANZA TRA LE PIASTRE E LA SUA FORMA

Per quanto riguarda alla distanza tra le piastre, si è fatto un piccolo esperimento con degli elettrodi per sapere qual'è la distanza ottima. Essa si può vedere nel seguente grafico:

Distanza (cm)	Tensione (mV)
1	70
2	50
3	43
4	39
5	35

Figura 10: Incremento della tensione con la distanza degli elettrodi

Come si può controllare nella tabella, quanto maggiore è la distanza tra gli elettrodi, minore è la tensione trasferita. La diminuzione della tensione è molto accusata quando gli elettrodi sono vicini e si stabilizza abbastanza quando la distanza è incrementata.

Comunque si hanno seguito le istruzioni del fabbricante, che consiglia di mettere 3 centimetri tra le due (possibilmente non si cerca una tensione massima, ma anche un giusto spazio per le batterie e un determinato intervallo per l'arrivo dell'ossigeno).

Benché si avrebbe potuto mettere una distanza maggiore giacché il terreno

dove si è lavorato è maggiore che il recipiente di vetro de l'esperimento precedente, si è scelto anche in questo caso di seguire le raccomandazioni del fabbricante.



Figura 11: Grafica dell'andamento delle tensioni rispetto alla distanza

Di solito, gli elettrodi di carbonio possono essere divisi in tre: struttura piana, struttura confezionata e struttura di pennello.

Il primo tipo, la struttura piana, è uno dei materiali più comuni per gli elettrodi. È molto fino e relativamente rigido però leggermente fragile.

Le piastre di grafite hanno una resistenza maggiore che la carta di carbone.

Ha una struttura compatta e un'area relativamente liscia, alleviando la misura della biomassa per unità di area.

Comunque l'area specifica di lavoro basso e l'alto costo, riducono la applicazione di questi elettrodi in MFC a grande scala.

Ulteriormente, in comparazione col uso di carbonio, il carbone è più flessibile e molto più poroso, permettendo un'area maggiore per la crescita batterica.

Struttura confezionata per aumentare l'area disponibile per la batterie, l'uso di questo tipo di carbonio è ogni volta più comune.

Simile al filtro biologico, la camera di anodo del MFC può essere stata compilata con granulate o imballata di forma irregolare.

Tuttavia il materiale d'imballaggio granulare deve condurre l'elettricità.

Avere un'area specifica è il principale vantaggio di questa configurazione.

Deve essere confezionato accuratamente. Le porosità dell'elettrodo imballato sono ancora basse.

L'ultimo tipo è l' struttura di pennello. Questo pennello di grafite è un elettrodo ideale che raggiunge un'area superficiale grande, alte porosità e un'efficiente raccolta di corrente.

Prima i pennelli venivano fatti di fibre di carbonio tagliate con una lunghezza diversa. Col tempo si è scoperto che quelle più piccole andavano meglio (avevano una potenza massima maggiore e anche una efficienza maggiore).

6 TAGLIO DELLE PIASTRE

Una volta introdotto questo sistema di ottenimento di energia e i suoi possibili usi, procediamo allo sviluppo della ricerca in profondità.

Come detto prima, le piastre sono state tagliate con un tagliatore speciale in differenti maniere per vedere i differenti voltaggi e sviluppi di ogni coppia.

Si ha fatto molta attenzione nel processo di taglio perché la fibra di grafite è un materiale fragile e soltanto c'erano un paio di piastre, quindi era imprescindibile non romperle o farle nessuna fessura.

Per fare questa fase in un modo preciso è stata usata una regola e un marcatore. Così si è riuscita a fare le coppie tanto simili come fosse possibile.

Soprattutto si ha fatto attenzione al paio di piastre più piccole (le due coppie di ottavi), perché uno sbaglio in queste potrebbe avere significato una differenza notevole nelle misure posteriori

7 PREPARAZIONE DEL TERRENO DI LAVORO

Dopo essere tagliate le piastre, si sono messi i cavi per potere fare un circuito. Si è cercato di includere la maggiore superficie possibile con i cavi per cercare di prendere la massima tensione.

Il materiale dei cavi è stato rame, che è un buon conduttore dell'elettricità e si può trovare in qualsiasi ferramenta.

Il modo in cui si sono messe e il risultato finale si può vedere nella seguente figura.



Figura 12: Piastre una volta tagliate e messi i cavi

Prima sono stati fatti i quattro buchi dove si sono messe, ma come gli animali hanno razzolato, abbiamo dovuto aggiungere alcune protezioni.



Figura 13: Aggiunta di 1cm di miscela terra-acqua

Seguendo le raccomandazioni fatte per le istruzioni del recipiente di vetro, si è fatta una miscela di terra e acqua a parti più o meno uguali e si è messo un centimetro di questa pasta in ogni buco.



Figura14: Installazione dell'anodo

Sopra si è messa una piastra di graffito, dopo tre centimetri della miscela e finalmente l'altra piastra. Anche si sono messe sopra alcune tavole per prevenire l'asciugamento del progetto, l'azione diretta del sole e l'intervento degli animali che si è spiegato prima.



Figura 15: Aggiunta di 3cm di miscela terra-acqua

Una volta pronto, ciò che si ha fatto è stato misurare, mettere l'acqua e i nutrienti per permettere lo sviluppo delle batterie.

Siccome la ricerca si fa in un ambiente naturale, ogni volta che si è andato al posto c'erano delle foglie degli alberi cadute sopra che venivano tolte. Forse si avrebbero dovuto lasciare perché così sarebbero stati utili come letame organico naturale per la terra.

Ma siccome sapere questo non era l'obiettivo di questa ricerca, si sono tolte.



Figura 16: Installazione del catodo

Anche si sono tolte le piante che erano cresciute sulla terra. Invece, queste avrebbero potuto essere utili per ossigenarla, giacché col tempo si sono compattati notoriamente, impedendo l'arrivo d'ossigeno al sistema.

Anche, ogni tanto, secondo lo stato dell'ambiente, della terra e delle piastre si hanno fatto parecchie modifiche nella terra, nei buchi e nella maniera di mettere i nutrienti nell'acqua.

Per esempio l'idea di coprire i buchi con delle tavole inizialmente non stava prevista, perché teoricamente sarebbe meglio se il sistema potesse prendere l'acqua della pioggia ed essere più ventilato, ma si è scoperto che gli animali facevano male e il sole asciugava troppo la terra. Perciò si è agito in questo modo.

Molte delle volte che si sono state scoperte cose e anche deduzioni, che vengono svolte nei seguenti paragrafi.



Figura 17: Installazione delle tabelle di protezione

8 ESPERIENZE DI CAMPO

A questo punto si vuole spiegare le cose che sono venute quando durante la preparazione del progetto e ogni volta che si facevano delle misurazioni. Anche si vogliono raccontare le conclusioni che vengono prese..



Figura 18: Vista di tre dei quattro buchi una volta pronti

Ad esempio, una una delle volte che si é misurato il voltaggio fu aumentato. Questo è ovvio poiché l'acqua conduce l'elettricità.

Anche ho scoperto che è molto importante mettere le piastre sotto l'ombra. Devono essere protette dal sole. Questo si vede nel ottavo senza nutrienti, che è stato quello più protetto in questo senso, e si deduce che è stato anche quello che ha avuto più voltaggio sempre, in qualsiasi condizione. Si asciugava più pianamente. Benché il fatto di dare più voltaggio potrebbe anche essere condizionato dalla taglia delle piastre rispetto alle altre o da non essere messo l'aceto col bicarbonato.

La domenica 03/05/2015 le piastre stavano abbastanza asciugate e il voltaggio fu molto basso, benché il voltaggio dell'ottavo che si trova più sotto l'ombra non si è abbassato.

Sarebbe anche interessante cambiare i buchi dell'ottavo nutrito e l'altro ottavo e vedere se infatti la differenza di voltaggi è venuta dalla luce che ricevono.

Quando si mettono i nutrienti, il voltaggio si destabilizza. Perciò si deve misurare prima di mettergli.

Come si è raccontato prima, è molto importante proteggere fisicamente la zona degli animali (si possono usare semplicemente tavole).

La mescola si è fatta con acidità nulla, aggiungendo l'acqua fino a raggiungere una mescola neutra. Altrimenti, le quantità di bicarbonato e aceto che ci sono messe, vengono calcolate ad occhio, cercando una situazione più reale, in cui neanche si possono misurare le quantità.

All'inizio veniva pensato di mettere nel buco un strato di plastica prima di mettere la terra e le piastre, per proteggerle della terra esterna, però, dopo venivano buttate precisamente per permettere alle batterie di essere in contatto col medio.

Anzi come si potrebbe pensare, la piastra maggiore è stata quella che ha avuto sempre un voltaggio minimo. Questo può essere dovuto a che le batterie non ricevevano gli stessi nutrienti. Altrimenti, le due piastre più piccole (quella nutrita così come quella non nutrita) sono quelle che sempre hanno avuto un voltaggio maggiore.

Il Giovedì 21/05/2015 il voltaggio del quarto era quasi nullo (10.1 mv), e si è deciso di togliere la piastra di sopra, muovere la terra e mettere un'altra volta la piastra. Questo si è fatto perché la terra stava molto compattata e ne l'acqua neanche i nutrienti si potevano filtrare. Forse sarebbe necessario stabilire un numero di giorni tra i quali dovrà venire mossa la terra di tutte le piastre per permettere seguire ottenendo l'energia.

9 ANDAMENTO DELLE TENSIONI

Nei giorni che si è andato a misurare, i risultati ottenuti sono stati i seguenti:

Tempo	Mettà nut	Quarto nut	Ottavo nut	Ottavo no nut
1	3,2	8	9,8	0
2	2,8	36,5	22,1	9,5
3	6,2	8	25	18
4	4,5	3,9	34	10,1
5	10,4	6	62,8	21
6	2,5	29,7	17,8	77,3
7	12,5	20	82,6	56,7
8	2,1	0,1	63	44
9	38,4	35,2	81,7	121,8
10	67	77	115,5	103,3
11	6,2	20	6,6	127,6
12	79	55,4	91,2	96
13	67,1	10,1	64,5	263,5
14	78,3	48,4	19	77,8
15	110	112,6	57	78,3
16	152,5	147,8	42,8	109
17	156,6	82,8	105	83,8

Figura 19: Tabella delle misure in campo

Questi dati si possono mettere nelle grafiche per studiare in un modo più visuale i risultati, e ottenere conclusioni più facilmente comparando tra di loro le misure delle copie di piastre:

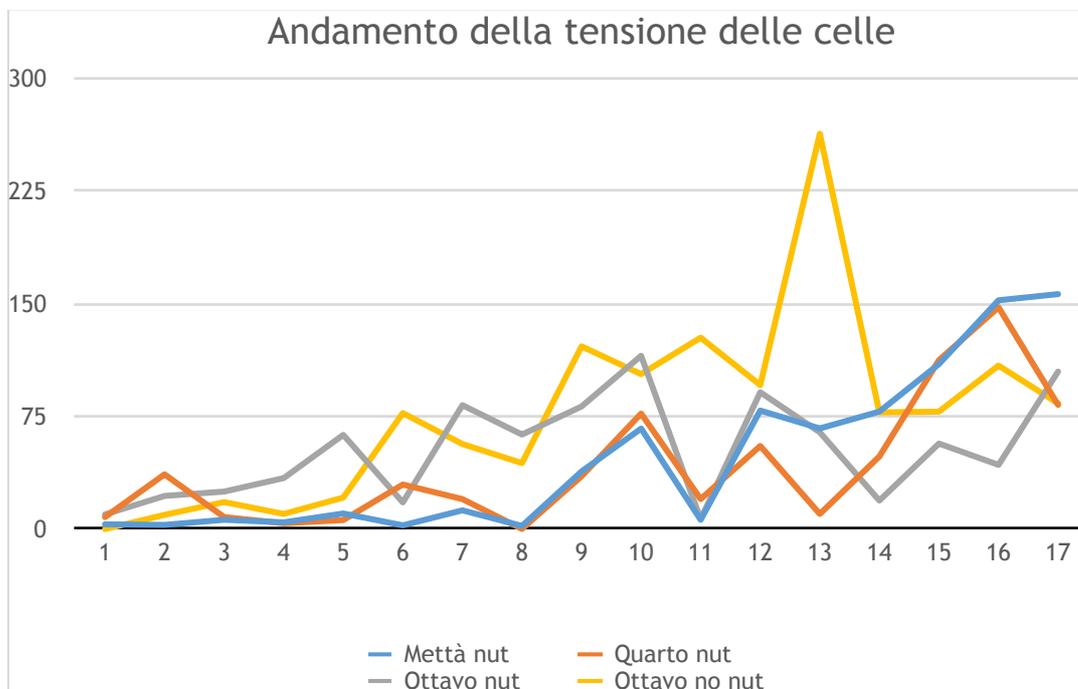


Figura 20: Grafico dei dati delle misure

Si è messo l'aceto, il bicarbonato e l'acqua nei giorni 2, 5, 9, 12 e 16.

Nei giorni 7, 13 e 15 si è messo soltanto l'acqua (è stato trovato che con l'arrivo dell'estate e del caldo bisogna irrigare la terra ogni meno giorni giacché alcuni giorni era praticamente asciugata).

La miscela di aceto e bicarbonato non è stata un vantaggio in questo senso perché i risultati delle piastre che sono state nutrite non sono stati maggiori (piuttosto è successo sottosopra).

Nel giorno 9 il terreno era molto bagnato perché aveva piovuto prima (come si può vedere, i risultati delle misure di questo giorno sono migliori rispetto al giorno 8).

Invece il giorno 10 il terreno era secco e il 11 molto di più. Come si vede nel grafico, i risultati sono bassissimi (quasi nulli).

Sono molto significativi i risultati del giorno 13, perché il terreno era un po' asciugato. Perciò i risultati in generale sono più bassi, tranne l'ottavo non nutrito che c'è sotto l'ombra, che ha un valore di tensione molto alto questo giorno.

Il giorno numero 14 le piastre erano bagnate dopo una giornata di pioggia, e i giorni 15, 16 e 17 la terra era asciutta.

Si è verificato che ogni giorno le piastre sono state più asciutte e perciò si è iniziato a mettere l'acqua ogni giorno che si è andato a misurare.

Siccome la terra era più compatta col tempo, si è fatta una prova di ossigenazione togliendo la piastra di sopra del quarto il giorno 14 ed è venuta agitata un po' la terra. Dopo si è messa un'altra volta la piastra sul buco. Come si può vedere nella misura del giorno 15, precisamente questa piastra è stata quella che è aumentata di più.

Se studiamo il grafico, si può controllare che lo sviluppo del voltaggio della coppia di piastre di un quarto rimane praticamente costante così come quella della metà.

D'altra parte, le piastre più piccole tendono ad aumentare. Sia quella senza i nutrimenti come quella nutrita.

10 RICERCA DEI VALORI DEL CIRCUITO

Una volta ci siamo assicurati che il circuito funziona nell'ambito reale, si può cercare di trovare i valori della tensione e della resistenza del circuito per fare una simulazione e sviluppare la ricerca più velocemente.

Perciò, prima si deve trovare il valore della tensione a vuoto. Si è scelto di fare questa parte del lavoro con il paio di piastre più grandi (le due metà) perché il giorno nel quale si è scelto di fare questa parte, avevano la misura maggiore.

Il risultato a vuoto è stato 156,6 mV.

Dopo, venivano fatte altre misure mettendo diverse resistenze in serie e il tester in parallelo alle resistenze.

I risultati sono stati:

Resistenza	Tensione
150 Ω	5,4 mV
680 Ω	8,3 mV
1 k Ω	10,9 mV
15 k Ω	63,8 mV

Figura 21: Tensioni mettendo diverse resistenze

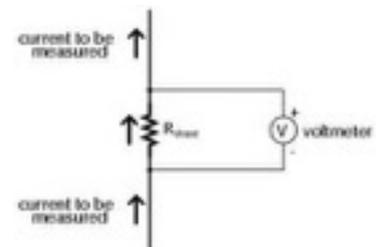


Figura 22: Disposizione del tester per la misura della tensione

Sebbene non sono state usate in questo caso, si sono misurate anche le correnti di ogni uno dei quattro buchi perché potrebbero essere utili in altre ricerche posteriori:

Buco	Corrente
Ottavo nutrito	0,27 μ A
Mettà	0,3 μ A
Quarto	24 μ A
Ottavo non nutrito	0,3 μ A

Figura 23: Risultati delle correnti in ogni buco

L'obiettivo è trovare la resistenza del circuito. Perciò, seguendo la seguente equazione, si può trovare, azzerandola (in questo caso l'ho chiamato "Rs").

Siccome l'intensità è uguale in tutto il circuito, si può assicurare che :

$$\frac{V_G}{R_{tot}} = \frac{V_{out}}{R_l}$$

- Essendo R_{tot} la somma de la resistenza interna del circuito (R_s) e quella che abbiamo messo noi (R_l).
- Sviluppando questa equazione si arriva a:

$$V_{out} = \frac{V_G \cdot R_l}{R_s + R_l}$$

Dalla tabella precedente si prendono i dati di R_I e V_{out} . V_g è costante e R_s è l'incognita della nostra equazione.

Prendendo i valori della resistenza di $1\text{ k}\Omega$, si ha come risultato $R_s=13,37\text{ k}\Omega$.

Invece se si prende quella di $15\text{ }\Omega$, sono $21,82\text{ }\Omega$.

Siccome il risultato più preciso è quello della resistenza più vicina a quella del circuito, si prende un valore tra le due resistenze ottenute, ma più vicino al risultato della resistenza di prova di $15\text{ k}\Omega$. In questo caso si hanno scelto $18\text{ k}\Omega$.

Prima di usare questo procedimento per trovare la resistenza del circuito si aveva provato a misurare la tensione e l'intensità a vuoto e a fare la divisione tra la prima e la seconda cercando di trovare la resistenza, ma come il risultato era molto sbagliato, si è scelto alla fine di usare questo ultimo procedimento.

Ormai si hanno i valori del circuito e si può lavorare con di loro più velocemente, se fosse necessario si potrebbe fare una simulazione con un programma informatico sul computer.

11 RICERCA DELLA POTENZA DEL CIRCUITO

Ora c'è la possibilità di simulare il circuito, sia nel laboratorio con una tensione e una resistenza uguali a quelle che abbiamo trovato, sia nel computer, si può fare una ricerca più complessa e cercare la potenza massima che si può avere.

A raggiungere questo si riesce usando come resistenza di prova una uguale a quella interna del circuito, seguendo il teorema: "Un generatore trasferisce la massima potenza ad una carica quando la resistenza di questa è uguale a la resistenza interna del generatore".

A partire da questa legge, si è messa nel nostro circuito una così detta R_l di valore uguale a $18\text{ k}\Omega$ in serie al resto del sistema.

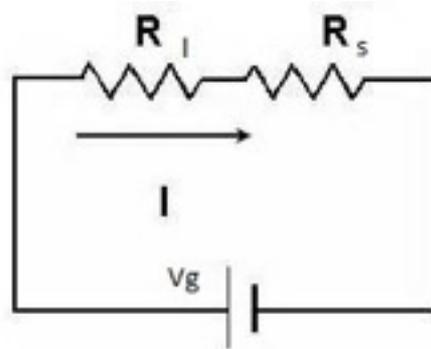


Figura 24: Rappresentazione del circuito: V_g e R_s sono i valori interni e R_l è la resistenza di prova

Facendo la equazione seguente:

$$P_{max} = I^2 \cdot R \quad \rightarrow \quad P_{max} = \frac{V^2}{R}$$

R è 36 kΩ (la somma della resistenza interna e quella di prova). E V è la tensione del generatore.

Calcolando, il risultato della potenza è di 0,68 μW.

Sapere il valore della potenza massima del sistema è molto importante per scoprire quali dispositivi si possono fornire di energia con questo generatore. Così come nel caso di un trasmettitore di informazione via wireless che invia una segnale con informazione ogni volta che il condensatore al quale è connesso ha una carica sufficiente, sapere ogni quanto tempo si avrà un invio di informazione al computer.

12 CONCLUSIONI

In questo lavoro di ricerca ho applicato l'esperimento del prototipo delle MFC fatto in vetro ad un terreno reale. Ho ricercato sulla taglia delle piastre, la sua forma e la distanza fra di loro.

Prima sono andato al posto dove posteriormente verrebbe sviluppato il progetto. Ho fatto la prova nel recipiente di vetro per controllare che la terra era valida e che effettivamente funzionava, al meno in condizioni artificiali.

Dopo l'ho applicato nel campo, facendo quattro buchi con coppie di diverse caratteristiche in ogni uno.

Ho tagliato le piastre: una metà, un quarto e due a ottavi. Tranne un dei due ottavi, tutte le altre coppie di piastre le ho nutrite. In quest'altra soltanto si è messo dell'acqua.

Ho scoperto l'importanza di proteggere la zona con impedimenti fischi per il possibile disturbo degli animali, e anche la prevenzione de l'arrivo di un eccesso di luce, che potrebbe asciugare la terra.

Non solo ho verificato che non sono state maggiori le misure delle coppie di piastre nutrite e quelle che hanno soltanto l'acqua (anche hanno intervenuto altri fattori come la luce). Ma sono state maggiori le misure di quella non fornita di nutrienti.

Una volta ho preso parecchie misure in condizioni molto diverse, ho continuato cercando di trovare la potenza massima che poteva svolgere il circuito.

Perciò, prima ho trovato la misura a vuoto della tensione in una della coppie di piastre. Dopo ho trovato la resistenza interna del circuito, misurando la tensione con parecchie resistenze casuali fino a trovarla.

Una volta fatto questo ho messo come resistenza di prova una uguale a quella interna che aveva il circuito, e così ho potuto constatare il valore della potenza.

Il passo successivo potrebbe essere cercare di trasmettere informazione via wireless ad un computer con un dispositivo fornito di energia dalle celle MFC. Si dovrebbe scoprire la distanza massima alla quale il sistema potrebbe inviare l'informazione, e ogni quanto si invierebbero i dati al computer.

13 BIBLIOGRAFIA

- Sustainable Energy scritto da D. MacKay, un fisico dell'Università di Cambridge
- Recent progress in electrodes for microbial fuel cells, Jincheng Wei, Peng Liang, Xia Huang
- Romualdo Gianol: Energy harvesting: energia da mietere
- Michelin Dino: Energy Harvesting una panoramica, con enfasi riguardo l'energia da vibrazioni, 2010
- Petroni Gianluca: Analisi ed ottimizzazione del processo di produzione di energia elettrica mediante una cella a combustibile microbiologica (microbial fuel cell, MFC) alimentata da liquami zootecnici, 2013)
- Peter Clauwaert and D. Van Der Ha and Boon, N. and K. Verbeken and M. Verhaege and Korneel Rabaey and Willy Verstraete, Open air biocathode enables effective electricity generation with microbial fuel cells, 2007
- Peter Aelterman and Korneel Rabaey and hai The pham and Nico Boon and Willy Verstraete, Continuous electricity generation al high voltages and currents using stacked microbial fuel cell, 2006
- J. B. Davis and H. F. Yarbrough, Preliminary experiment on a microbial fuel cell, 1962
- Potter1911: M. C. Potter, Electrical effect accompanying the decomposition of organic compounds. 1911
- W. Habermann, E. -H. Pommer, "Biological fuel cells with sulphide storage capacity
- Roundy2005: Shadrach Joseph Roundy and E. S. Leland and J. Baker and E. Carleton and E. Reilly and E. Lai and B. P. Otis and J. M. Rabaey and P. Wright and V. Sundararajan, Improving power output for vibration-based energy

scavengers, 2005

· Beeby2007: S. P. Beeby and R. N. Torah and M. J. Tudor and P. Glynn-Jones and T. O'Donnell and C. Saha and S. Roy, A micro electromagnetic generator for vibration energy harvesting, 2007

· H. Liu, S. Cheng, B. E. Logan, "Production of electricity from acetate or butyrate using a single-chamber microbial fuel cell", Environ. Sci. Technol., Vol. 32, No. 2, Gennaio 2005, pp. 658-662.

· Korneel Rabaey and Jorge Rodríguez and Linda L Blackall and Jurg Keller and Pamela Gross and Damien Batstone and Willy Verstraete and Kenneth H Nealson, Microbial ecology meets electrochemistry: electricity driven and driven communities, 2007

14 SITOGRAFIA

<http://www.comercioindustrial.net/>

<http://www.gradient.org/>

<http://colegioarquitectos.com/>

<http://www.textileworld.com/>

<http://e-ficiencia.com/>

<http://citeseerx.ist.psu.edu/>

www.wikipedia.com

www.microbialfuelcell.org/MFC/index.html

www.tecnocino.it

www.enerpoint.it

www.feegotech.com