



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

MFC – mikrobiální palivový článek

Daniel Šmíd

Vyšší odborná zdravotnická a střední zdravotnická škola Hradec Králové
Komenského 234

Autor: *Daniel Šmíd*
Třída: *2.G*
Studijní obor: *Zdravotnické lyceum*
Konzultant: *Mgr. Hynek Dostál, Ph.D.*
Hradec Králové

2022–2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Hynka Dostála, Ph.D. a uvedl v ní všechny použité literární a jiné odborné zdroje v souladu s platnými právními předpisy.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze práce jsou shodné.

V Hradci Králové dne... 25.05.2023

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Mgr. Hynku Dostálovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, které mi poskytl a díky nim jsem mohl úspěšně dokončit svou práci.

Dále bych rád poděkoval mému bratrově Jáchymu Šmídovi za nápad na téma a pomoc s výběrem vhodných materiálů pro pokus.

A samozřejmě i mé matce a otci Ing. arch. Tereze Šmídové a Mgr. Jakubovi Šmídovi za kontrolu práce.

Anotace

ŠMÍD, Daniel. *Mikrobiální palivové články*. Hradec králové, 2022. Minimaturitní práce. VOŠ a SZŠ Hradec králové, Komenského 234. Konzultant práce Mgr. Hynek Dostál, Ph.D.

Práce ověřuje existenci mikrobiálních palivových článků prostřednictvím pokusu. V teoretické části práce zkoumá princip fungování chemických, biologických a fyzikálních procesů v daném mikrobiálním palivovém článku, který vytváří el. napětí. Praktická část práce ověřuje teoretickou část pokusem: sestavení vlastního mikrobiálního článku. Cílem celé práce je ověřit pravdivost internetového videa, ve kterém byla z půdy vytvořena elektrická energie.

Klíčová slova: palivo, bakterie, energie, mikroorganismus, MFC (microbial full cell)

Annotation

The aim of the thesis is to verify the existence of microbial fuel cells, through an experiment. In the theoretical part of the thesis, it examines the principle of the functioning of chemical, biological and physical processes in the microbial fuel cell which creates voltage. The practical part of the work verifies the theoretical part by an experiment: creating own microbial cell. The goal of the thesis is to verify the truth of the internet video in which the soil creates electric energy.

Keywords: soil, electricity, MFC, sustainable resource

Obsah

Úvod	2
Cíle práce	3
Hypotézy	3
Metodika	4
Teoretická část	6
1 Mikrobiální palivové články	6
1.1 Historie teorie MFC	6
1.2 Definice MFC	- 7 -
1.3 Půdní MFC	- 7 -
1.4 Popis palivového článku	- 8 -
1.5 Chemické reakce v článku	- 8 -
1.5.1 Reakce na anodě:	- 8 -
1.5.2 Reakce mezi anodou a katodou	- 8 -
1.5.3 Reakce na katodě	- 8 -
2 Praktická část	- 9 -
2.1 Cíl praktické části	- 9 -
2.2 Předpoklady praktické části	- 9 -
2.3 Metodika praktické části	- 9 -
2.4 Vypracování, realizace	- 10 -
2.4.1 Pracovní postup experimentu – sestavení článku	- 10 -
2.4.2 Výsledky	- 21 -
2.4.3 Diskuse výsledků ve vztahu k hypotézám	- 22 -
Závěr a diskuse	- 23 -
Seznam použitých zdrojů	- 24 -
Seznam obrázků	- 25 -
Seznam grafů	- 25 -
Seznam vysvětlivek	- 26 -
Seznam zkratk	- 26 -

Úvod

V této práci si ověříme alternativní možnost výroby energie v budoucnosti. Podíváme se na teorii mikrobiálních palivových článků, která vznikla ve dvacátých letech minulého století, ale až do současnosti přetrvala pouze jako fascinující možnost pro budoucnost výroby elektřiny. Následně po vzoru již konkretizované a upravené teorie si vytvoříme vlastní palivový článek, na kterém mimo jiné budeme zkoumat změny produkce elektřiny v závislosti na jednotlivých složkách palivového článku a pravdivost původní teorie.

Téma MFC je v poslední době vnímáno jako řešení na spoustu energetických problémů společnosti. Mnoho vědců v MFC vidí skrytý potenciál a pokouší se o jeho zdokonalení pro průmyslové využití. Problematika MFC jako zdroje energie budoucnosti, však spočívá ve velmi nízké výkonnosti jednotlivých článků v porovnání se stávajícími zdroji elektřiny (vodní, větrné, uhelné, jaderné).

MFC je obnovitelný, planetu nezatěžující zdroj el. energie. To je jeden z důvodů, proč jsem si téma vybral. Představa, že z pouhého humusu lze vytvořit el. energii je fascinující a zároveň dost neznámý fakt, který by jednou mohl lidstvu ohromně pomoci. V mé práci není cílem najít řešení na další průmyslové využití MFC, ale pouze vás seznámit s tím to tématem, pokusem dokázat pravdivost teorie a sobě samému dodat více informací k tomuto tématu.

Cíle práce

1. Pokusem (sestavením vlastního mikrobiálního palivového článku) ověřit konkretizovanou teorii o MFC.
2. Zjistit závislosti mezi různými typy složek v MFC a produkcí el. energie např.: kvalita humusu, materiál elektrod.

Hypotézy

H1 – Předpokládám, že pokud dodržím postup při vytváření článku, budu schopen ověřit pravdivost teorie o MFC.

H2 – Předpokládám, že rozdíl kvality humusu a materiál elektrod bude mít vliv na množství el. energie, kterou články vyprodukují.

Metodika

Své hypotézy jsem ověřil pokusem – sestavením vlastního palivového článku. Článků jsem sestavil více pro možnost ověřit i druhou hypotézu.

V první řadě jsem musel získat základní informace o tématu, abych věděl, do čeho jdu. Začal jsem na Wikipedii pro ČR zde jsem však neuspěl a musel jsem se pustit do cizojazyčných zdrojů v podobě anglické Wikipedie, kde jsem našel jeden z mála zdrojů informací, ze kterých jsem čerpal. Velkým ztížením této práce byla právě cizojazyčnost veškerých zdrojů, a tudíž neustálá spolupráce s překladatelem a místy i mým otcem jakožto učitelem anglického jazyka. Celá teoretická část v podstatě vychází z Wikipedie a dvou videí z YouTube. To je důvodem, proč je teoretická část velice strohá.

Následujícím krokem bylo zjistit a nakoupit potřebný materiál k sestavení samotného článku. V této otázce mi pomohl můj starší bratr, který vždy ověřil správnost mnou vybraného materiálu a popřípadě doporučil lepší, či úplně jiný. V tomto kroku byl (sice minimální, ale přesto) překážkou zdroj, který jako jediný pojednával konkrétně o půdním typu MFC. Video, v němž Američan „huhlá“ jedno slovo za druhým a během toho sestavuje článek, bylo opravdu těžké na překlad a zjištění potřebných informací. S menší pomocí jsem však jeho angličtinu rozluštil a mohl jsem si materiál objednat.

Pořadově třetím krokem k „úspěchu“ bylo sestavit samotný článek. Tato část práce pro mě byla nejlepší a zároveň nejvíce stresující. Postupně vyrábět jednotlivé části článku, míchat kompost s vodou, abych získal správnou viskozitu, zapojovat vodiče do elektrod, složit všechny části článku do jedné krabičky, dokončit obvod a pak se jenom modlit... Stresující to bylo z jediného důvodu. V den sestavení prvního článku jsem ještě neměl ze školy vypůjčený voltmetr s příslušenstvím, a tak jsem musel čekat v naději, že článek – bahno s párem drátů – bude produkovat el. napětí do doby, než se následujícího dne vrátím ze školy s voltmetrem a budu to moci vyzkoušet.

Předposledním a tolik vytouženým krokem bylo zapojit do obvodu voltmetr a doufat, že se na jeho displeji objeví alespoň nějaké hodnoty a pokud ano, tak sestavit další články s odlišnými částmi článku pro splnění i druhého cíle. Jak jsem doufal, tak se stalo. Na voltmetru se objevila hodnota odlišná nule. První cíl a hypotéza byla v mžiku ověřena. Nyní už jenom stačilo zopakovat část třetího kroku ještě několikrát a změřit rozdíly napětí článků s rozdílnými elektrodami a typem zeminy.

Posledním krokem tedy bylo sestavení dalších článků, měření napětí a zapisování do tabulky pro možnost porovnání větší výkonnosti článků.

Kroky z praktické části jsem dokumentoval fotografiemi a videem pořízenými na fotoaparát Canon EOS R7. Napětí článků jsem měřil na ze školy vypůjčeném voltmetru. Seznam použitého materiálu potřebného pro sestavení článku naleznete v popisu praktické části.

Teoretická část

1 Mikrobiální palivové články

1.1 Historie teorie MFC

Myšlenka využití mikrobů k výrobě elektřiny vznikla na počátku dvacátého století. Michael Cressé Potter inicioval rozvoj toho to tématu v roce 1911. Potterovi se podařilo vyrobit elektřinu ze *Saccharomyces cerevisiae* (druh pивní kvasnice), ale tato práce nezískala moc ohlasů.

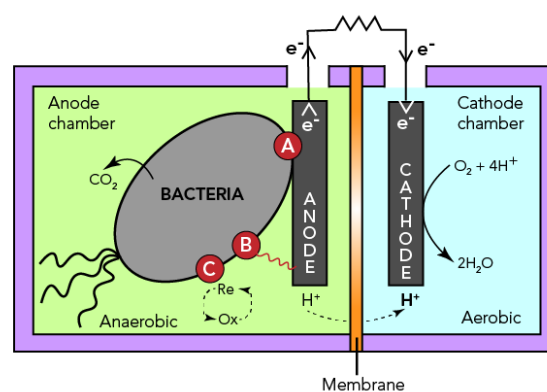
O několik let a pár ne-úplně úspěšných pokusů později vznikla studie DelDuca a kolektivu. Principem této teorie bylo, že fermentací glukózy může být vyprodukovaný vodík pomocí *Clostridium butyricum* (typ bakterie), jako reaktantu na anodě vodíkového a vzduchového palivového článku. Přestože buňka fungovala, byla nespolehlivá kvůli nestabilní povaze produkce vodíku mikroorganismy. Tento problém vyřešili Suzuki a spol. v roce 1976, kteří o rok později vytvořili úspěšný design MFC.

Na konci 70. let se vědělo málo o tom, jak mikrobiální palivové články fungují. Koncept studoval Robin M. Allen a později H. Peter Bennetto. Lidé viděli palivový článek jako možný způsob výroby elektřiny pro rozvojové země. Bennettova práce, počínaje počátkem osmdesátých let, pomohla vybudovat porozumění tomu, jak fungují palivové články, díky čemuž byl vnímán jako hlavní autor tématu.

V květnu 2007 dokončila University of Queensland v Austrálii prototyp MFC ve spolupráci s Foster's Brewing (pivovar). Prototyp o objemu 10 litrů přeměnil odpadní vodu z pivovaru na oxid uhličitý, čistou vodu a elektřinu.

1.2 Definice MFC

Mikrobiální palivový článek (MFC) je zařízení, které přeměňuje chemickou energii na elektrickou energií působením mikroorganismů. Tyto články jsou konstruovány pomocí bio anody nebo bio katody. Většina MFC obsahuje membránu, která odděluje oddíly anody a katody. V oddílu anody dochází k oxidaci a v oddílu katody probíhá redukce. Elektrony produkované během oxidace jsou přenášeny přímo na elektrodu nebo na druh *redoxního mediátoru*. Elektronový tok se přesune ke katodě. Rovnováha náboje systému je udržována iontovým pohybem uvnitř buňky, obvykle přes iontovou membránu. Většina MFC používá organický donor elektronů, který oxiduje za vzniku CO_2 , protonů a elektronů. [2]



Obrázek 1 schéma MFC

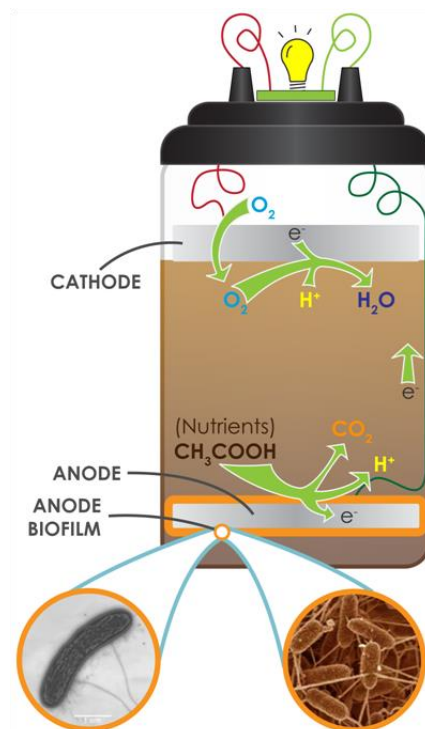
1.3 Půdní MFC

Půdní mikrobiální palivové články dodržují základní principy MFC. Půda působí, jako anodické médium bohaté na živiny, *inokulum* a jako membrána pro výměnu protonů (*PEM*). Anoda je umístěna v půdě v určité hloubce, zatímco katoda je na povrchu půdy a je vystavena vzduchu.

Půda se přirozeně hemží různými mikroby, včetně elektrogenických bakterií potřebných pro MFC, a je plná komplexních cukrů a dalších živin, které se nashromáždily z rozkladu rostlinného a živočišného materiálu. Navíc aerobní (kyslík spotřebovávající) mikroby přítomné v půdě působí jako kyslíkový filtr, podobně jako drahé PEM materiály používané v laboratorních MFC systémech, které způsobují, že redoxní potenciál půdy klesá s větší hloubkou. [3]

1.4 Popis palivového článku

Každý palivový článek se skládá ze dvou částí. Z části s anodou a z části, kde je umístěna katoda. Umístění anody musí být v anaerobním prostředí, aby bakterie vytvářeli správnou reakci. Zatímco katoda naopak nesmí být v anaerobních podmínkách, kvůli vodíku, který se „musí“ navázat na kyslík. V běžných MFC bývá PEM, což je Semi-permeabilní membrána, která brání prostupu kyslíku k bakteriím. v půdním článku tuto roli hraje právě ona půda samotná. Ve výsledku je tedy půdní typ článku na první pohled jedna nádoba s žádnou „hmatatelnou“ PEM.



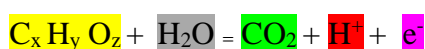
1.5 Chemické reakce v článku

V půdním MFC se uplatňuje schopnost elektrogenních bakterií rozložit glukózu na látky potřebné pro jejich existenci (ty spotřebuje) a „odpadní“ látky (ty uvolní).

Obrázek 2 schéma půdního MFC

1.5.1 Reakce na anodě:

Humus smíchaný s vodou funguje jako potrava pro mikroby na anodě. Mikroby výchozí látky zpracují a vytvoří z nich oxid uhličitý, odštěpí vodíkový kationt za vzniku elektronu.

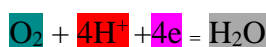


1.5.2 Reakce mezi anodou a katodou

Oxid uhličitý se z článku uvolní. Vodíkový kationt díky vlastnostem vodíku a nerovnováhy reakcí prostoupí skrz PEM do druhé části článku s katodou. Mezitím uvolněný elektron je vodičem přenesen do katody za vzniku jednosměrného proudu.

1.5.3 Reakce na katodě

Vodíkový kationt se sloučí s kyslíkem za vzniku vody a zániknutí elektronů.



[4]

2 Praktická část

V praktické části práce se pokusím sestavit mikrobiální palivový článek. Konkrétně se pokusím vytvořit půdní článek podle tutoriálu z YouTube s tím, že si některé kroky trochu upravím. Půdní typ MFC je v principu velice jednoduchý. Skládá se totiž pouze ze dvou elektrod a zeminy s vodou. Jeho sestavení v domácích podmínkách je velice lehké a co se materiálu týče bez problémově dostupné.

2.1 Cíl praktické části

Cíl 1 - Pokusem (sestavením vlastního mikrobiálního palivového článku) ověřit konkretizovanou teorii o MFC.

Cíl 2 - Zjistit závislosti mezi různými typy složek v MFC a produkcí el. energie např.: kvalita humusu, materiál elektrod.

2.2 Předpoklady praktické části

Hypotéza 1 - Předpokládám, že pokud dodržím postup při vytváření článku, budu schopen ověřit pravdivost teorie o MFC tím, že článek bude produkovat el. energii.

Hypotéza 2 - Předpokládám, že rozdíl kvality humusu a materiál elektrod bude mít vliv na množství el. energie, kterou články vyprodukují.

2.3 Metodika praktické části

Praktickou část jsem po nastudování video postupu započal nakoupením potřebného materiálu. Experiment spočíval v sestavení půdního MFC. Postup, který jsem uplatnil při sestavování článku jsem našel na YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=-NIzK91ISdo> [5], pro mé potřeby a usnadnění jsem však některé kroky nedodržel nebo si je upravil.

Dalším krokem bylo sestavení samotného článku, což bylo velice jednoduché a poměrně rychlé. Pro sestavení článku jsem potřeboval pět základních kroků, které sami o sobě jsou velice jednoduché. Jednotlivé kroky jsou seřazeny tak, aby se ušetřil čas.

1. Zajištění materiálu a vybavení pro experiment.
2. Vytvořit elektrody a připojit k nim vodiče.
3. Na elektrody přilepit práškový grafit jakožto redoxní mediátor.
4. Smíchat zeminu s vodou pro správnou konzistenci, aby mohla fungovat jako PEM.
5. Vše dát správně do krabičky a uzavřít obvod.

Posledním krokem praktické části byl sběr dat, jejich zápis, vyhodnocení a porovnání mých hypotéz a cílů s výsledky praktické části.

Jako měřicí zařízení jsem použil ze školy vypůjčené voltmetry, každý jiného typu pro možnost vytvoření průměru hodnot. Celý postup jsem dokumentoval na fotoaparát Canon EOS R7 – foto, videozáznam a mobilní telefon Doogee S 40 Pro – audiozáznam.

2.4 Vypracování, realizace

2.4.1 Pracovní postup experimentu – sestavení článku

Krok č. 1 – materiální zajištění

Pro sestavení půdního mikrobiálního palivového článku budeme potřebovat:

Materiál:

1. Nerezové vodivé pletivo s velikostí oka max. 3,8 x 3,8 mm. Nejlépe včelařské pozinkované pletivo.
2. Vodivý materiál – jakýkoli vodič - nejlépe měděné kabely o tloušťce max. 1,5mm² s PVC izolací – dvě barvy nejsou podmínkou, pouze výhodou.
3. Grafit či jiná forma uhlíku – v prášku 0,25μm, redoxní mediátor.
4. Epoxidové lepidlo – tvrdnutí do 30 min. – míň je moc rychlé a nestihli bychom polepit obě elektrody.
5. Plastovou krabičku – objem ± 300ml
6. Elektrikářskou pásku

Vybavení:

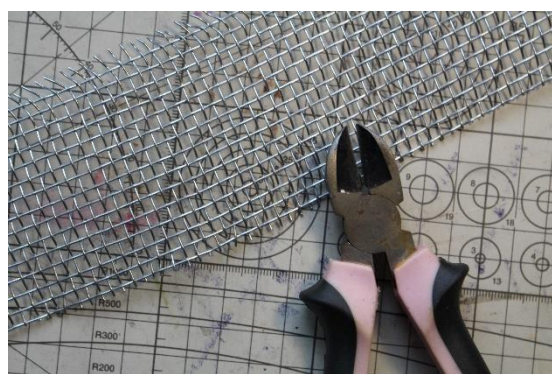
1. Štípací a klasické kleště
2. Elektrikářské kleště – lze nahradit nožem
3. Vrták – opět lze nahradit nožem
4. Podložku – jakoukoliv
5. Štětec
6. Nádoby na zeminu a grafit
7. Voltmetr s kabely a svorkami
8. Doporučuji ochranné pomůcky – rukavice, plášť, respirátor či roušku

Krok č. 2 – výroba elektrod

Vezmeme pozinkované nebo čistě nerezové pletivo (pro ověření mé druhé hypotézy jsem vyzkoušel obě varianty) a naštípeme si dva proužky o rozměrech $\pm 6 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$.

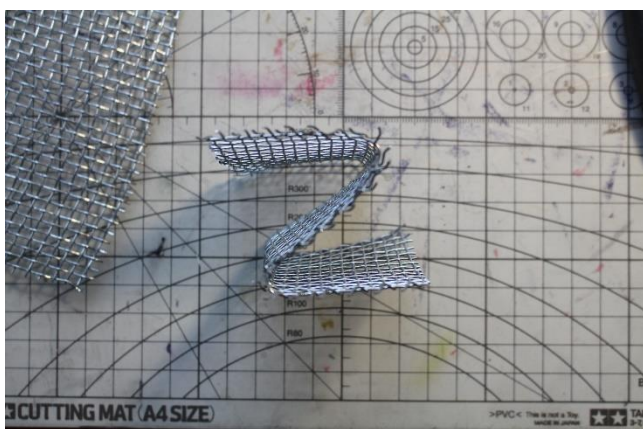


Obrázek 4 příklad proužků pletiva

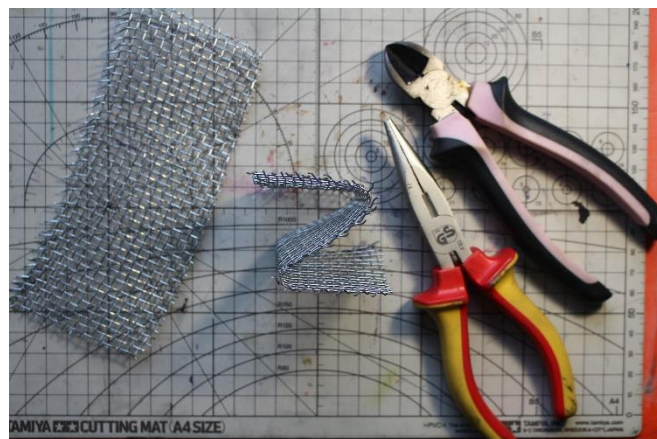


Obrázek 3 příklad velikosti ok pletiva

Poté proužky zpřehýbáme do písmene „Z“ nebo jako „harmoniku“.

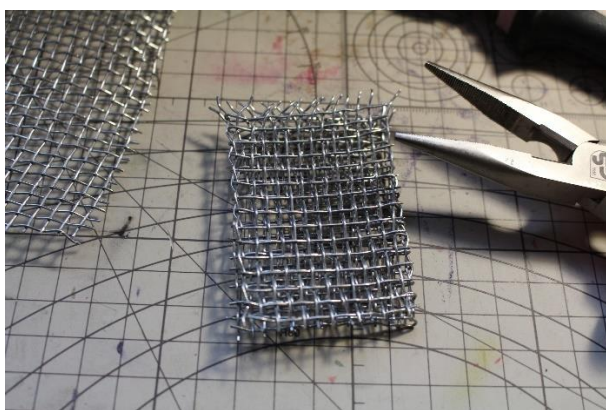


Obrázek 6 pletivo ohnuté do "Z"

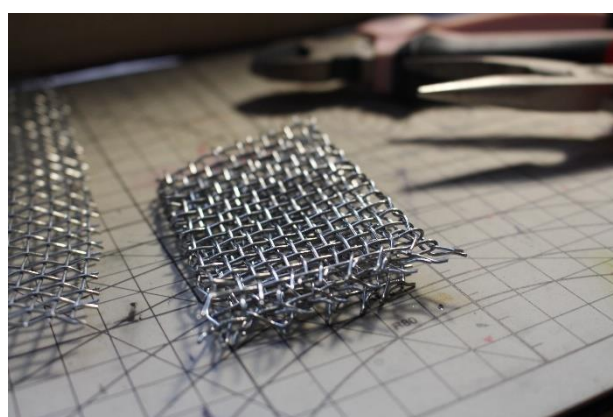


Obrázek 5 pletivo do "Z"

To to „Z“ kleštěmi pořádně stlačíme do sebe a vytvoříme „placičku“.

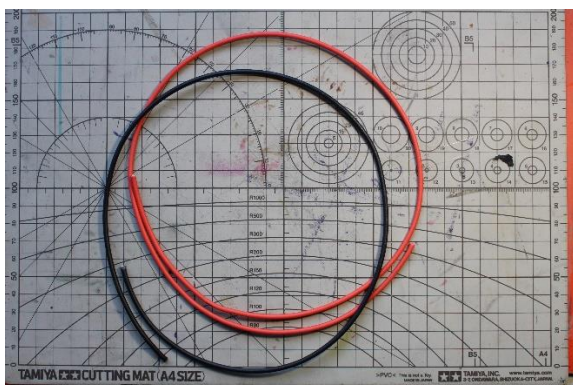


Obrázek 8 stlačené pletivo



Obrázek 7 stlačené pletivo

Nyní si připravíme vodiče pro přidělení k elektrodám. Naměříme si dvakrát 30 cm a nastříháme. Poté z obou konců odstraníme PVC izolaci. Na jednom konci odstraníme 5 cm a na druhém 2 cm. Pro odstranění použijte elektrikářské kleště. (Pokud nejsou k dispozici můžete použít nůž.)



Obrázek 10 příklad vodiče

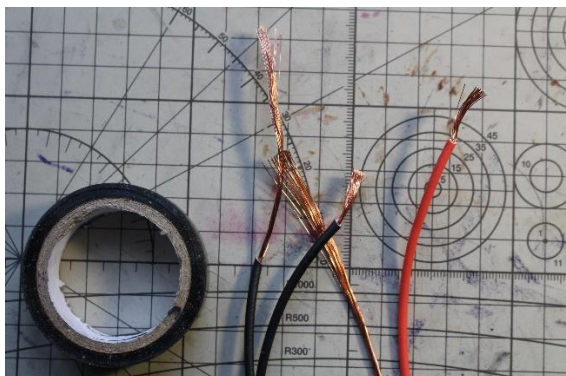


Obrázek 9 užití nože místo el. kleští

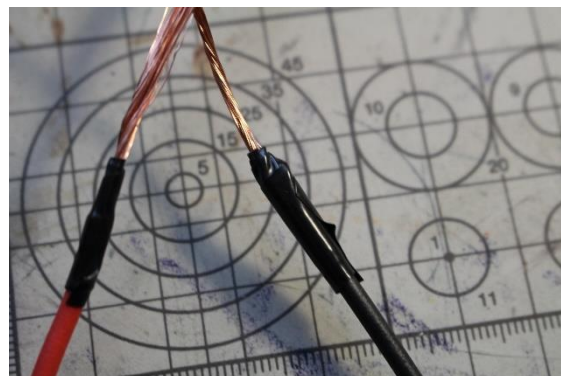


Obrázek 11 konce vodiče bez izolace

Po úspěšném odstranění oblepíme konec PVC izolace na straně s více odkrytým vodičem. (Měděné drátky nejsou v izolantu na „těsno“ tudíž v případě, že by se druhý konec dostal pod úroveň článku začala by tím pomalu téct voda což poškozuje měděné drátky – vlastní zkušenost.)



Obrázek 13 příklad očistěných konců vodičů

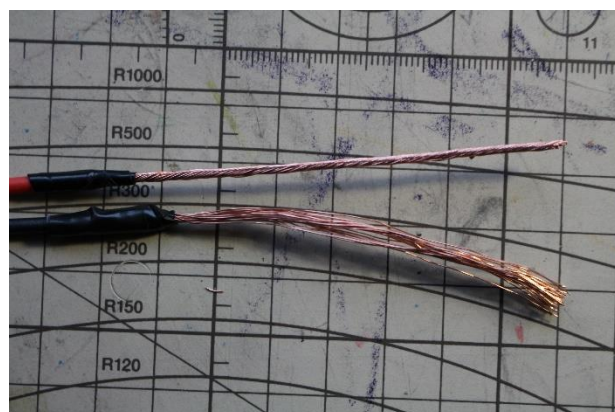


Obrázek 12 vodič oblepený el. páskou

Pro lepší manipulaci s vodičem doporučuji „stočit“ měděné drátky tak, aby drželi při sobě a žádný „nepřesahoval“

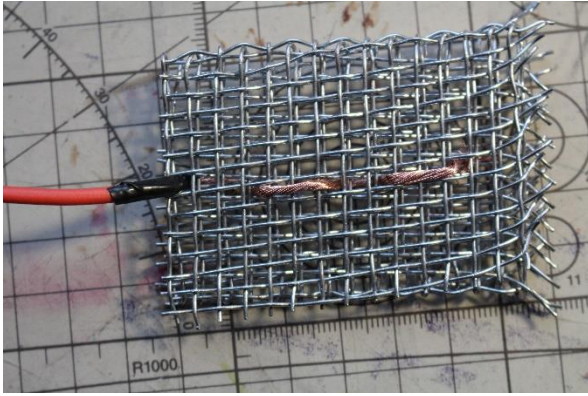


Obrázek 15 stočený konec vodiče

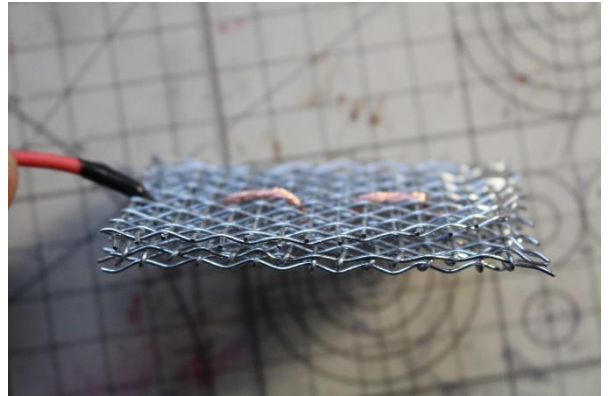


Obrázek 14 stočený a nestočený konec vodiče

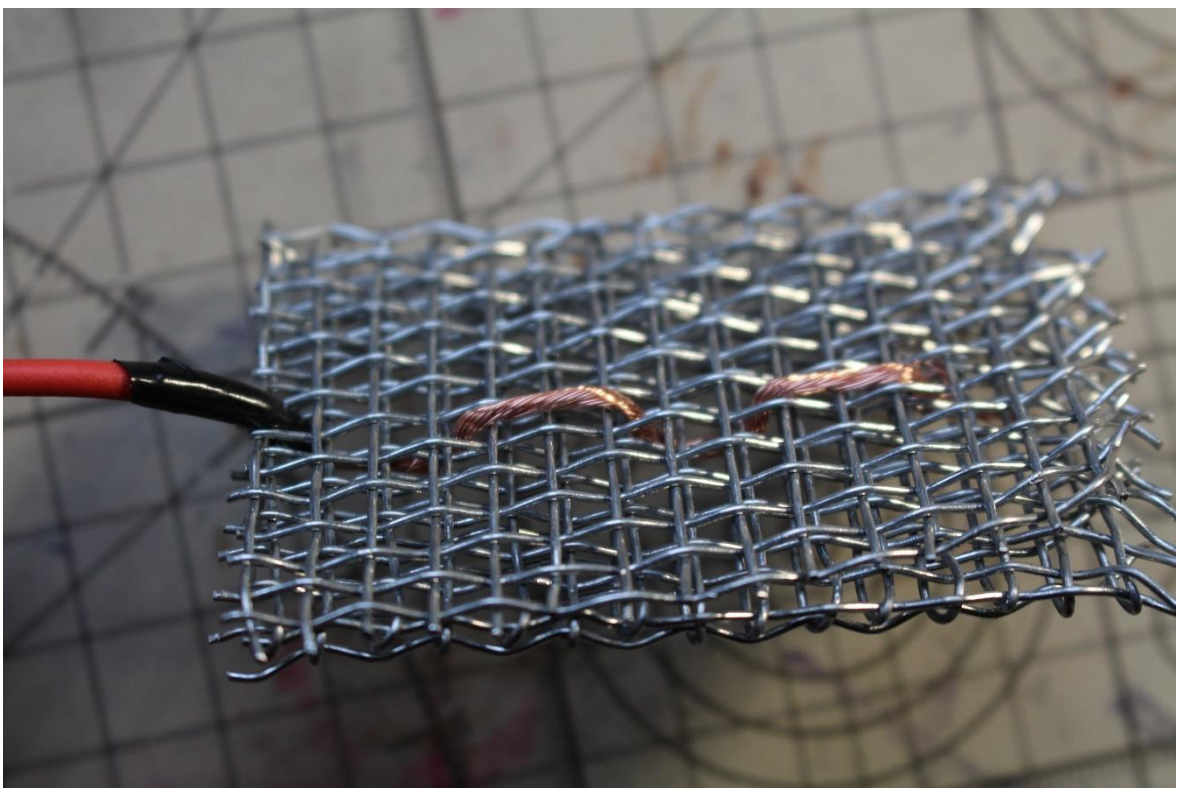
Pokud jsme tak učinili můžeme konec vodiče s více odstraněným izolantem vplést do pletiva.



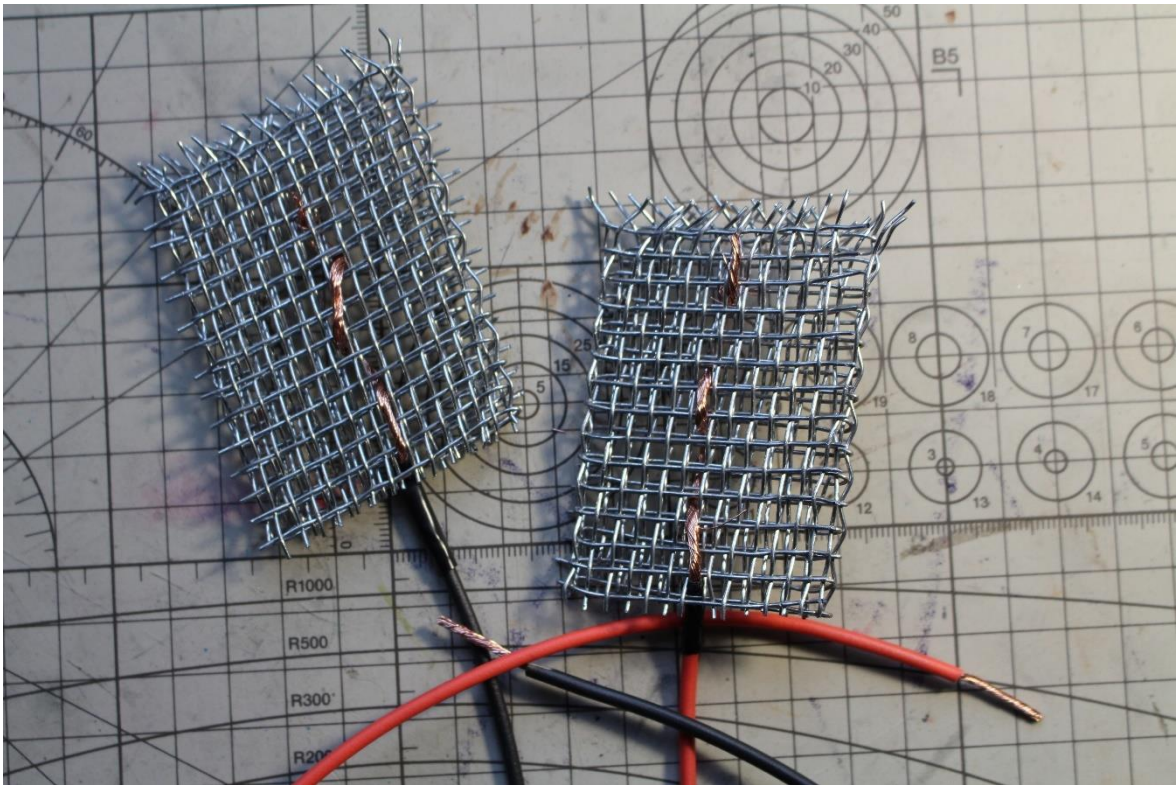
Obrázek 17 vodič propletený v pletivu



Obrázek 16 vodič propletený v pletivu



Obrázek 18 blízký záběr vodiče propleteného v pletivu



Obrázek 19 kompletní elektrody

Krok č. 3 – přilepení grafitu na elektrody

Grafit si přesypeme do široké nádoby pro lepší přístup ze shora. Připravíme si lepidlo a štětec s podložkou.



Obrázek 20 pomůcky pro lepení grafitu

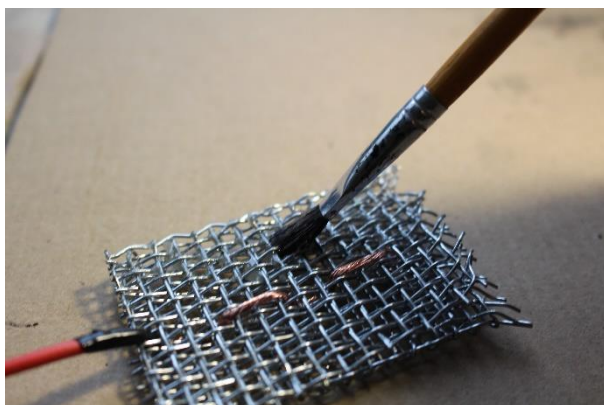
Dvou složkové lepidlo řádně smícháme a potřeme obě strany pletivové „destičky“ elektrod.



Obrázek 22 dvou složkové lepidlo



Obrázek 21 míchání lepidla



Obrázek 23 nanášení lepidla na pletivo

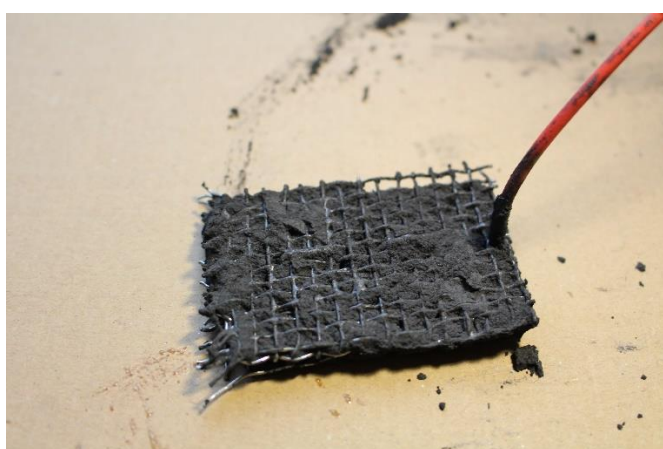
Poté elektrody vložíme do nádoby s grafitem a pořádně je jím obalíme. Počkáme 30 minut během nich však splníme krok č. 4.



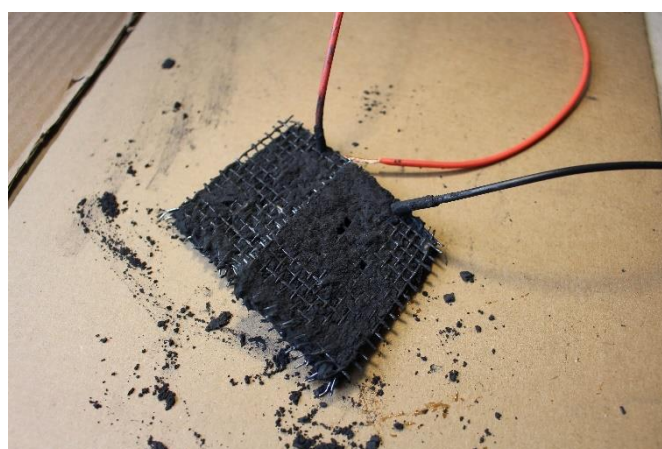
Obrázek 26 elektroda v grafitu



Obrázek 24 elektroda v grafitu - obě strany



Obrázek 27 elektroda s přilepeným grafitem



Obrázek 25 obě elektrody s přilepeným grafitem

Krok č. 4 – smíchání zeminy s vodou

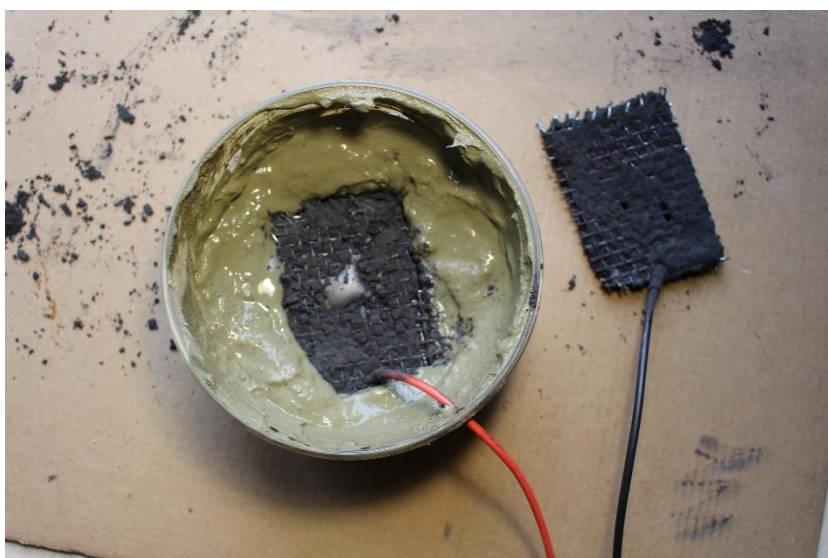
Zeminu zbavíme všech anorganických a příliš velkých předmětů, které by nám bránili ve vytvoření „bahna“ např.: kameny nebo i větší kusy dřeva. V nádobě smícháme s vodou a pořádně promícháme. Poté si na stěnu krabičky, v níž budeme skládat článek, uděláme těsně pod okrajem dvě dírky, jimiž později protáhneme vodiče. Pokud máte, použijte vrták, pokud tímto nástrojem nedisponujete, použijte nůž. (Pro ověření mé druhé hypotézy jsem použil v jednom článku domácí kompost a v druhém bahno ze dna rybníku.)



Obrázek 28 zemina smíchaná s vodou

Krok č. 5 – složení částí článku

Nyní článek zkompletujeme. Začneme tím, že si na dno krabičky dáme „bahno“ a do něj vložíme elektrodu, jejíž drát prostrčíme otvorem v okraji.



Obrázek 29 anoda v zemině

Následně nanese další vrstvu „bahna“ ± 1 cm pod okraj a vložíme druhou elektrodu. Je důležité, aby se „bahno“ dotýkala pouze jednou stranou, druhá musí být volná pro možnost reakce se vzduchem. A její vodič opět protáhneme dírkou ve stěně krabičky.



Obrázek 30 katoda na povrchu článku

Předposledním úkolem je do víčka udělat dva otvory. Pokud máte použijte vrták, pokud tímto nástrojem nedisponujete, použijte nůž. Krabičku zavřete.



Obrázek 32 kompletní, uzavřený článek



Obrázek 31 kompletní uzavřený článek

Posledním úkolem je připojit voltmetr a dokončit obvod. Voltmetr si nastavte nejprve na 200mV, pokud nenaměří nic či zahlásí chybu, změňte nastavení na 2 V. Důležité je správné zapojení kabelů do voltmetru!



Obrázek 33 hotový článek připojený na voltmetr

TO JE VŠE! ČLÁNEK JE HOTOVÝ A PROKAZATELNĚ FUNGUJE!

Pro ověření mé druhé hypotézy jsem takovýchto článků vyrobil více. Konkrétně 4, dále v práci budou označovány pouze články: č. 1, č. 2, č. 3, č. 4. Každý článek je od ostatních odlišný kombinací materiálů, pro možnost pozorovat změnu výkonu v závislosti na jednotlivých složkách článku.

Článek č. 1 – Prvotní článek pro ověření první hypotézy. Materiál elektrod je obyčejné nerezové pletivo – svařované s velikostí oka 0,5 cm x 0,5 cm. Zeminová výplň článku je domácí, dva roky starý kompost smíchaný s vodou.

Článek č. 2 – Odlišný od článku č. 1 pouze materiálem elektrod. Elektrody v tomto článku jsou ze včelařského pozinkovaného pletiva s velikostí oka 0,38 cm x 0,38 cm.

Článek č. 3 – Materiál elektrod opět včelařské pletivo. Zeminová výplň je bahno ze dna rybníka smíchané s vodou z téhož rybníku.

Článek č. 4 – Materiál elektrod je zde nerezové pletivo – svařované. Výplň článku je i zde bahno ze dna rybníku.

Všechny články jsem měřil jednou denně kolem osmnácté hodiny na dvou typech voltmetru pro přesnější určení hodnoty. Výsledky měření jsem si zapisoval do tabulky.

2.4.2 Výsledky

V této kapitole jsou všechny výsledné hodnoty denního měření napětí vzniklého produkcí elektronů v článku. Hodnoty jsou zaznamenávány v základní jednotce napětí tudíž ve Voltech.

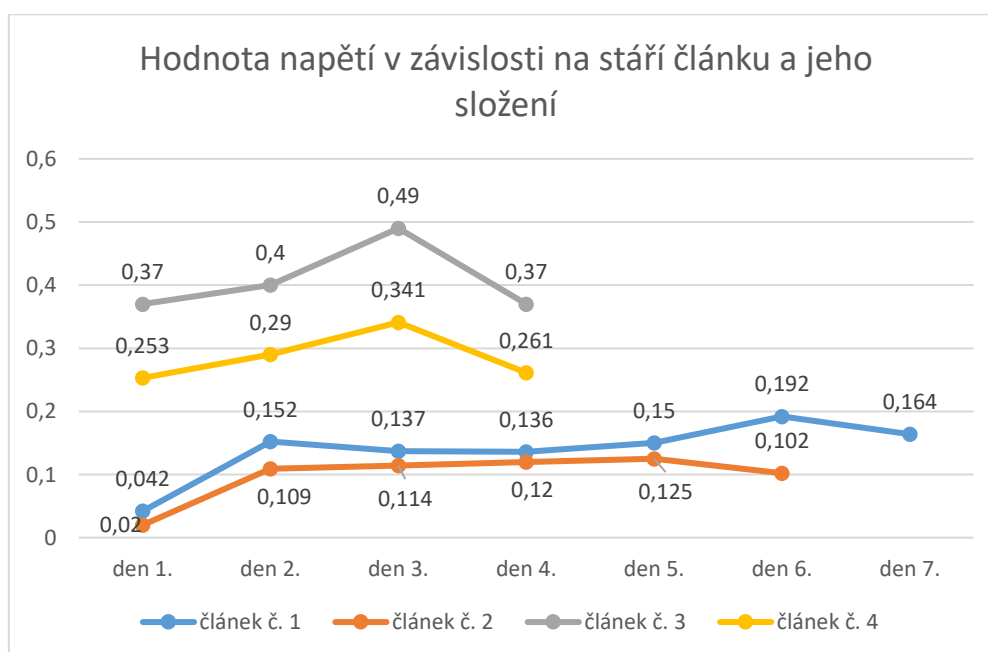
Jako první zásadní výsledek, který mi zároveň ověřil moji první hypotézu, považuji 0,042V, které jsem naměřil hodinu po sestavení článku č. 1.

Druhým velice důležitým výsledkem je, pro mě neuvěřitelných 0,291V, který jsem naměřil hned po sestavení článku č. 3. Tento článek v sobě má veliký „potenciál“, co se produkce elektriny týče. Během první několika minut vytvořil skoro dvojnásobné napětí než články předešlé.

Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Článek č.	1. den	2. den	3. den	4. den	5. den	6. den	7. den
1	0,042V	0,152V	0,137V	0,136V	0,15V	0,192V	0,164V
2	0,02V	0,189V	0,114V	0,120V	0,125V	0,102V	
3	0,291V	0,4V	0,490V	0,370V			
4	0,253V	0,290V	0,341V	0,270V			

Tabulka 1 naměřené hodnoty napětí ve Voltech



Graf 1 Hodnota napětí v závislosti na stáří článku a jeho složení – jednotky Volt

2.4.3 Diskuse výsledků ve vztahu k hypotézám

Na začátku práce jsem měl dva cíle a s nimi spojené hypotézy, které jsem si ověřil pokusem, sestavením vlastních palivových článků s případnou úpravou jejich částí.

H1 – Předpokládám, že pokud dodržím postup při vytváření článku, budu schopen ověřit pravdivost teorie o MFC.

H2 – Předpokládám, že rozdíl kvality humusu a materiál elektrod bude mít vliv na množství el. energie, kterou články vyprodukují.

Mou první hypotézu jsem (jak už jsem několikrát zmínil) ověřil sestavením článku č. 1 a následném měření jím vyprodukovaného napětí. Hypotéza byla ověřena naměřením hodnoty odlišné nule. Naměřil jsem 0,042V. Toto číslo znamená že teorie o půdním typu MFC je pravdivá. Úspěšným ověřením této hypotézy se mi otevřela cesta k ověření i druhé hypotézy.

Druhou hypotézu jsem ověřil sestavením dalších tří článků a mírné změně v materiálu, z nichž jsou sestaveny. Konkrétně jsem použil dva typy zeminy a dvě různá pletiva pro elektrody. Články jsou sestaveny tak, aby relativně každá kombinace sestavení článku byla použita. Sestavil jsem tedy čtyři články – kombinace jejich sestavení je uvedena v pracovním postupu experimentu. Z pravidelného měření jejich napětí je patrné, že výkonnost článku závisí, jak na materiálu elektrod, tak i na typu zeminy a stáří článku. Z grafu viz 2.4.2 Výsledky vyplývá, že největší produkci má článek č. 3, který je složen z bahna ze dna rybníku, jakožto anodického média a pozinkovaného pletiva využitého na elektrody. Tento fakt mi tedy ověřil i mou druhou hypotézu.

Ověřením obou mých hypotéz jsem dosáhl svých cílů, které jsem si stanovil na začátku této práce. Práci tedy považuji za úspěšnou.

Závěr a diskuse

Závěr této práce je z mého pohledu kladný. Povedlo se mi dosáhnout mých, v práci vyslovených i nevyslovených, cílů a tím si ověřit mé hypotézy. Z pokusu, který jsem provedl jsou patrné mimo jiné dvě zásadní věci, které jsem zkoumal.

1. Funkčnost článků samotných – ověření teorie MFC.
2. Materiál použitý na sestavení článku ovlivňuje jeho produkci el. napětí.

Celá problematika MFC je v jeho malé výkonnosti a jak jsem si ve svém pokusu ověřil materiál článku v tom hraje velkou roli. Doufám proto, že mým dalším zkoumáním a pokusy se mi podaří přijít na nejlepší kombinaci pro produkci el. napětí nebo zjistit, jak by bylo možné tyto, ve své podstatě jednoduché, články zařadit do běžného života např.: umístit do speciálně upraveného zahradního jezírka, do kompostéru atd, nápadů už mám spoustu.

Díky úspěšnosti pokusu si myslím, že by má práce mohla být dobrým východiskem v SOČ či po rozšíření a určení dalších hypotéz jako maturitní práce. Také si myslím, že by tato práce mohla namotivovat lidi s velkým potenciálem v biochemii a biofyzice k tomu, aby se tomuto tématu začali věnovat a třeba jednou byli úspěšní řešitelé problematiky MFC.

Dále bych rád zmínil, že pokus ověřující mé hypotézy mě velice bavil a myslím si, že by byl svou jednoduchostí a relativní nenáročností materiálního zabezpečení vhodný i pro ukázkovou výuku udržitelných zdrojů ať už na základních či středních školách, v ekocentrech, ve skautských oddílech atd., možností je opět spousta.

Úplným závěrem a myšlenkou do budoucna je fakt, že lidstvo devastuje naši planetu a my kteří jsme si toho velice dobře vědomi, musíme jít příkladem a být ohleduplní k životnímu prostředí. Planetu Zemi máme jenom jednu a musíme o ni pečovat ne bojovat proti jejímu řádu. Musíme se mu přizpůsobit a svými skutky ukázat, že jsme naší planety hodni. Potenciál MFC je ohromný a podobných teorií s potenciálem je spousta, proto nebuďme lhostejní.

Seznam použitých zdrojů

1. Microbial fuel cell: History. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17 November 2022 [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Microbial_fuel_cell
2. Microbial fuel cell. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17 November 2022 [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Microbial_fuel_cell
3. Microbial fuel cell: Soil-based. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17 November 2022 [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Microbial_fuel_cell
4. Microbial Fuel Cells Introduction (MFC's pt. 1). In: *YOUTUBE* [online]. /: /, 2005, 9. 11. 2020 [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=bECIaInLmRw>
5. How to Make a Microbial Fuel Cell. In: *YouTube* [online]. /: /, /, 24 September 2018 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=-NIzK91ISdo&t=2s>
6. Redox Mediator: Biofuel cells using redox mediators. In: *ScienceDirect: Redox Mediator* [online]. /: /, /, 2007 [cit. 2023-01-24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/redox-mediator>

Seznam obrázků

Obrázek 1 schéma MFC	- 7 -
Obrázek 2 schéma půdního MFC	- 8 -
Obrázek 3 příklad velikosti ok pletiva	- 11 -
Obrázek 4 příklad proužků pletiva	- 11 -
Obrázek 5 pletivo do "Z"	- 11 -
Obrázek 6 pletivo ohnuté do "Z"	- 11 -
Obrázek 7 stlačené pletivo	- 12 -
Obrázek 8 stlačené pletivo	- 12 -
Obrázek 9 užití nože místo el. kleští	- 12 -
Obrázek 10 příklad vodiče	- 12 -
Obrázek 11 konce vodiče bez izolace	- 12 -
Obrázek 12 vodič oblepený el. páskou.....	- 13 -
Obrázek 13 příklad očištěných konců vodičů	- 13 -
Obrázek 14 stočený a nestočený konec vodiče	- 13 -
Obrázek 15 stočený konec vodiče	- 13 -
Obrázek 16 vodič propletený v pletivu	- 14 -
Obrázek 17 vodič propletený v pletivu	- 14 -
Obrázek 18 blízký záběr vodiče propleteného v pletivu	- 14 -
Obrázek 19 kompletní elektrody	- 15 -
Obrázek 20 pomůcky pro lepení grafitu.....	- 15 -
Obrázek 21 míchání lepidla.....	- 16 -
Obrázek 22 dvou složkové lepidlo	- 16 -
Obrázek 23 nanášení lepidla na pletivo.....	- 16 -
Obrázek 24 elektroda v grafitu - obě strany	- 17 -
Obrázek 26 elektroda v grafitu.....	- 17 -
Obrázek 25 obě elektrody s přilepeným grafitem	- 17 -
Obrázek 27 elektroda s přilepeným grafitem	- 17 -
Obrázek 28 zemina smíchaná s vodou	- 18 -
Obrázek 29 anoda v zemině	- 18 -
Obrázek 30 katoda na povrchu článku	- 19 -
Obrázek 31 kompletní uzavřený článek	- 19 -
Obrázek 32 kompletní, uzavřený článek	- 19 -
Obrázek 33 hotový článek připojený na voltmetr	- 20 -

Seznam tabulek

Tabulka 1 naměřené hodnoty napětí ve Voltech	- 21 -
--	--------

Seznam grafů

Graf 1 Hodnota napětí v závislosti na stáří článku a jeho složení – jednotky Volty.....	- 21 -
---	--------

Seznam vysvětlivek

Redoxní mediátory jsou chemikálie s elektrochemickou aktivitou. V procesu bioelektrokatalýzy mohou mediátory vyměňovat elektrony s palivy nebo oxidanty na reakčních místech biokatalyzátorů a poté difundovat na povrch elektrody a vyměňovat si tam elektrony. Tento proces se opakuje a mediátor funguje jako elektronový raketoplán mezi biokatalyzátorem a elektrodou.[6]

Inokulum je zemědělský doplněk půdy

Seznam zkratek

MFC microbial fuel cell

PEM Proton – exchange membrane

V volt

mV milivolt

U napětí

SOČ středoškolská odborná činnost

Zdroje použitých obrázků

Obrázek 1, Let's Talk Science. Microbial fuel cell schema. In: Lets talk science: Microbial fuel cells [online]. /: /, /, 2019 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/microbial-fuel-cells>

Obrázek 2, MFCGuy2010. Soil - Microbial fuel cell schema. In: Wikipedia: Microbial fuel cells [online]. /: /, /, 1. September 2010 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/SoilMFC.png>

Obrázek 3–33 vlastní tvorba

Zdroje použitých tabulek

Tabulka č. 1 – vlastní tvorba

Zdroje použitých grafů

Graf 1: Vlastní tvorba