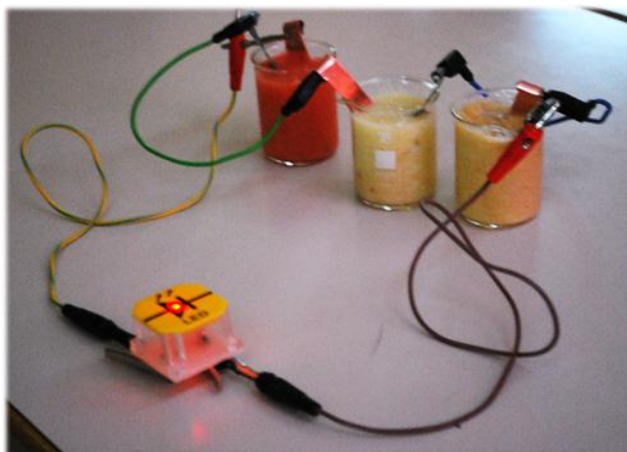


Raziskovalna naloga

OSNOVNA ŠOLA GUSTAVA ŠILIHA LAPORJE

# KISLINE V SADJU IN ZELENJAVI – ALTERNATIVNI VIRI ENERGIJE

Kemija



**Mentorici:**

Barbara Čretnik, prof.  
Boža Arko, prof.

**Avtorici:**

Tina Brglez, 3. 2. 1999  
Iza Sevšek, 16. 6. 1999

**Lektorica:**

Albina Avsec, prof.

Laporje, marec 2014

## **ZAHVALA**

Zahvaljujema se vsem, ki so nama pomagali in naju podpirali pri nastajanju raziskovalne naloge. Zahvaljujema se tudi učitelju Marjanu Krajncanu in gospodu Miroslavu Cvahteju za nasvete s področja fizike, ki so nama bili v veliko pomoč.

Zahvaljujema se svojim staršem, ki so naju podpirali in spodbujali pri delu.

Ravno tako se zahvaljujema tudi učiteljici Albini Avsec za lektoriranje naloge.

Iskreno zahvalo pa izrekava mentoricama, učiteljicama Barbari Čretnik in Boži Arko, za mentorstvo, pomoč, podporo, ki sva jih bili deležni med nastajanjem raziskovalne naloge.

## POVZETEK

V raziskovalni nalogi naju je zanimalo, ali so lahko kisline v sadju in zelenjavi nov alternativni vir energije. Električna energija je energija, ki se kot električno delo prenaša z električnim tokom v električnem krogu. V elektrolitu je med dvema različnima kovinama gonilna napetost, ki je odvisna od izbire kovin. Kemijske spremembe v snovi lahko povzročijo nastanek enosmernega električnega toka. Kombinacijo kovin v elektrolitu imenujemo galvanski člen. Če vezemo več členov zaporedno, dobimo baterijo. Galvanski člen pretvarja kemično energijo v električno.

V raziskovalni nalogi sva si zastavili pet raziskovalnih vprašanj. Zanimalo naju je, ali lahko sadje in zelenjavo uporabimo kot vir električne energije ter kako na napetost vpliva pH sadeža, ali je sadje oz. zelenjava boljši vir električne energije in zakaj je mogoče, da iz sadja in zelenjave dobimo električno energijo. Pri pisanju raziskovalne naloge sva uporabili različne raziskovalne metode: delo z viri in literaturo, eksperimentalno delo, metodo analize in sinteze. Sadje in zelenjavo sva povezali v električni krog, izmerili pH, napetost in tok ter poizkusili, ali led dioda zasveti. Poizkus sva izvedli še z zmletim sadjem in rezultate primerjali. Postopek sva ponovili z različno koncentriranimi raztopinami citronske kisline. Uporabili sva cinkovo in bakreno ploščico. Zanimalo naju je, ali je bolj koncentrirana raztopina citronske kisline vir večje napetosti in toka. Poizkuse sva fotografirali in rezultate zapisovali v tabele. Rezultate sva grafično predstavili s pomočjo programa Microsoft Excel.

Ugotovili sva, da sta sadje in zelenjava lahko vir električne energije, vendar ju zaenkrat ne moremo uporabiti v ta namen, ker nastane premalo električnega toka. Najbolj kislo sadje je tudi vir najvišjega toka. Sadje je boljši vir električne energije od zelenjave. Kisline v sadju in zelenjavi zaradi prisotnosti vode razpadejo na ione – katione in anione. Električni tok je usmerjeno gibanje naelektrenih delcev. Ioni so nosilci toka v raztopini. V najinih poskusih enosmerni tok prenaša elektrone iz cinka preko sadja/zelenjave do bakra, ta pa naprej po žici do led diode. Ugotovili sva, da se pri zaporedni vezavi napetost viša oz. se kasneje porazdeli in tok ostaja enak. Napetost oz. tok sta prenizka, da bi zasvetila žarnica. Če bi izdelali take žarnice, ki za svoje delovanje ne bi potrebovale visoke napetosti in toka, bi lahko izkoriščali sadje in zelenjavo kot vir energije.

## KAZALO VSEBINE

1 UVOD .....	7
2 TEORETIČNI DEL .....	8
2.1 Elektriika .....	8
2.1.1 Zgodovina .....	8
2.1.1.1 Luigi Galvani .....	8
2.1.1.2 Alessandro Volta .....	8
2.1.2 Električni tok .....	9
2.2 Elektroliti .....	9
2.2.1 Tvorba ionov .....	10
2.2.2 Baze .....	10
2.2.3 Kisline .....	10
2.2.3.1 Vrste kislin .....	11
2.2.3.2 Protolitske reakcije .....	12
2.2.3.3 Močne in šibke kisline .....	12
2.2.3.4 pH .....	12
2.3 Galvanski členi .....	13
2.3.1 Členi in baterije .....	13
2.3.2 Standardni elektrodni potencial .....	13
2.3.3 Baterije in akumulatorji .....	15
2.3.3.1 Baterije spadajo med nevarne odpadke .....	16
2.4 Elektriika v sadju in zelenjavi .....	17
2.4.1 Kisline v sadju in zelenjavi .....	18
3 EMPIRIČNI DEL .....	21
3.1 Metodologija .....	21
4 REZULTATI .....	23
4.1 Grafični prikaz rezultatov .....	23
4.2 Rezultati meritev napetosti in toka pri galvanskih členih iz sadja in zelenjave.....	31
4.3 Eksperimentalno ugotavljanje najučinkovitejših elektrod za galvanski člen.....	35
5 RAZPRAVA .....	37
5.1 Ovrednotenje hipotez .....	37

6 ZAKLJUČEK .....	39
6.1 Uporabnost .....	42
6.2 Predlogi za nadaljnjo raziskavo .....	42
7 VIRI IN LITERATURA .....	43

## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Svinčev akumulator .....	15
Slika 2: Baterija .....	16
Slika 3: Formula jabolčne kisline .....	19
Slika 4: Formula folne kisline .....	20
Slika 5: Formula citronske kisline .....	20
Slika 6: Formula C vitamina .....	21
Slika 7: Material, potreben za eksperimentalno delo .....	23
Slika 8: Sadje in zelenjava, ki sva ju preučevali .....	23
Slika 9: Izvajanje eksperimentalnega dela .....	32
Slika 10: Električni krog iz sadja in zelenjave - led dioda sveti .....	33
Slika 11: Zaporedna vezava petih kosov zelenjave - led dioda sveti .....	34
Slika 12: Primerjava svetjenja led diode in žarnice v zmletem sadju .....	35
Slika 13: Vzporedna vezava cink, baker na treh sadežih - led dioda ne sveti .....	35

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Standardni elektrodni potenciali .....	14
---	----

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Kisline v sadju/zelenjavi .....	18
Tabela 2: Rezultati meritev napetosti in toka v različno koncentrirani raztopini citronske kisline (aq) pri različnih parih elektrod.....	36

## **KAZALO GRAFOV**

Graf 1: pH celega in zmletega sadja ter zelenjave .....	24
---	----

Graf 2: Gonilna napetost in kratkostični tok pri galvanskem členu iz 100 g zmlatega sadja in zelenjave.....	24
Graf 3: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več jabolk.....	25
Graf 4: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več kivijev.....	26
Graf 5: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več belih grenivk.....	26
Graf 6: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več mandarin.....	27
Graf 7: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več limon.....	27
Graf 8: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več zeljnih glav.....	28
Graf 9: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več krompirjev.....	28
Graf 10: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več cvetač.....	29
Graf 11: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več paradižnikov.....	29
Graf 12: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji od števila korenja.....	30
Graf 13: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji od števila paprik.....	31

## **KAZALO PRILOG**

Priloga 1: Tabela rezultatov poizkusa merjenja napetosti, toka in pH vrednosti.....	45
---	----

## 1 UVOD

Današnje dni si skoraj ne moremo predstavljati življenja brez električne energije. Potrebujemo jo za najrazličnejše električne in elektronske naprave. Električni tok poganja stroje v tovarnah, gospodinjske aparate, ogreva prostore ..., da o radiu, televiziji, računalnikih sploh ne govorimo. Pridobivanje električne energije je razmeroma preprosto, zadoščata le ploščici različnih kovin (na primer bakrena in pocinkana) in kislina. Torej tudi v domačem laboratoriju – kuhinji ne bi smeli imeti težav z izdelavo »baterij«. Čeprav se morda sliši nekoliko čudno, bomo imeli najmanj težav s kislino, saj limono, kis ali citronko za čaj zagotovo najdemo v vsaki kuhinji. Sodoben način življenja zahteva velike porabe energije. Kmalu bomo porabili vso človeku dostopno nafto, premog in zemeljski plin, cene energije so vedno višje, zato je potrebno razmišljati o alternativnih načinih pridobivanja električne energije. Zanima naju, ali bi lahko sadje in zelenjava bila nov alternativni vir energije.

Za to raziskovalno nalogo sva dobili idejo, ko sva v knjižnici prebirali revije in naleteli na National Geographic, v katerem sva našli sliko, na kateri je bila svetilka iz pomarančnih krhljev, ki so bili povezani tako, da so proizvajali energijo za svetenje. Ker o tem nisva veliko vedeli, sva se o tej temi pozanimali pri učiteljicah. Ker sta opazili najino zanimanje, sta nama ponudili podporo in mentorstvo pri raziskovalni nalogi.

Gavlski člen je najbolj znan električni generator. Med galvanske člene spadajo tudi baterije in akumulatorji. Poenostavljeno to pomeni, da galvanski člen pretvarja kemično energijo v električno. Tukaj torej lahko vidimo povezavo med galvanskimi členi in kemijo.

Raziskovalna vprašanja:

1. Ali lahko sadje in zelenjavo uporabimo kot vir električne energije?
2. Ali so vir energije samo kislisadeži ali vso sadje?
3. Kako vpliva pH vrednost na električno napetost?
4. Iz česa pridobimo več električne energije, iz sadja ali zelenjave?
5. Zakaj je mogoče, da iz sadja in zelenjave pridobimo električno energijo?

## **2 TEORETIČNI DEL**

### **2.1 Električna**

Električna je lastnost osnovnih delcev, kot so protoni in nevtroni, da nanje deluje električno polje, kot tudi, da sami ustvarjajo okoli sebe električno polje, kar vodi v privlačne in odbojne sile med njimi. Električno velikokrat poimenujemo tudi električni naboj. V naravi obstajata dve vrsti električnega naboja, pozitivni in negativni. Dva enako nabita naboja (pozitivni in pozitivni ali negativni in negativni) se odbijata, če pa približamo dva različno nabita naboja (negativnega in pozitivnega), pa se privlačita. Električno v vsakdanjem življenju uporabljamo v gospodinjstvu in tehnologiji (Zorec 2004, str. 82 – 83).

#### **2.1.1 Zgodovina**

##### **2.1.1.1 Luigi Galvani**

Galvani se je rodil leta 1737 v Bologni. Sprva je študiral teologijo, vendar si je premislil in leta 1762 končal medicino na univerzi v Bologni. Leta 1780 je opazil, da vpliva električna na žabje krake. Galvani se je temu problemu posvetil in ga vrsto let znanstveno proučeval. Očitno je bilo, da ima opraviti z električno, toda od kod je prihajala? Iz kovin ali iz mišic? Ker je bil Galvani anatom, je nehote dal prednost živemu tkivu. Rezultate svojih poskusov je objavil leta 1791 pod naslovom “Spis o električnih silah pri krčenju mišic”. Galvani je napravil napako, ker je pojav krčenja mišic pripisoval obliki živalske elektrike. Mislil je torej, da električna prihaja iz mišic. Nekaj let kasneje mu je Volta dokazal, da ni imel prav. Kljub temu pa je bilo njegovo raziskovanje zelo pomembno za razvoj elektrotehnike, tako da so njemu v čast imenovali izvire take vrste galvanski členi (Gerlič 1995, str. 23).

##### **2.1.1.2 Alessandro Volta**

Rojen je bil leta 1745 v kraju Como v Lombardiji. V svojih otroških letih ni kazal svojih umskih sposobnosti, vendar je z sedmimi leti dohitel svoje vrstnike in jih začel prehitevati.



Bil je profesor fizike v Comu, nato pa še na Univerzi. Spremljal je Galvanijeve poskuse z žabjimi kraki in leta 1794 dokazal napako v njegovi trditvi o živalski elektriki. Leta 1800 je postal še bolj znan, saj je sestavil napravo, ki je oddajala močan električni tok: Voltovo električno baterijo. Sestavil jo je iz niza med seboj povezanih tako imenovanih voltovih členov. Umrl je leta 1827. Po njem je imenovana osnovna enota za napetost – 1 volt, saj je bil v bistvu iznajditelj galvanskega elementa in galvanske baterije (Gerlič 1995, str. 21).

### **2.1.2 Električni tok**

Električni tok ( $I$ ) je usmerjeno gibanje električnega naboja, ki ga nosijo elektroni. Na tak način se po snovi prenaša električni naboj. Elektron je osnovni delec, ki nosi najmanjši negativni električni naboj. Električni tok je odvisen od naboja, ki se pretoči po žici v določeni časovni enoti. Električni tok izračunamo, če naboj delimo s časom. Električnega toka ne moremo videti, lahko pa ga torej zaznamo in izračunamo. Električni tok je usmerjeno gibanje naelektrenih delcev. V žicah so nosilci toka elektroni. V raztopinah so nosilci toka ioni. Ločimo pozitivno in negativno nabite ione. Kationi so pozitivno nabiti ioni, anioni so negativno nabiti ioni. Po žicah prenašajo električni tok delokalizirani elektroni kovinske vezi, ki se prosto gibljejo. Napetost je gonilna sila delcev.

Ločimo zaporedno in vzporedno vezavo elementov v električnem krogu. Pri zaporedni vezavi so elementi v električnem krogu vezani drug za drugim. Tok skozi zaporedno vezane člene je enak. Pri vzporedni vezavi so elementi vezani v električni krog tako, da se skupni tok razdeli – se cepi, preden steče skozi posamezne elemente (Kornhauser 2003, str. 54 in 89, <http://www.gravitacija.net>).

## **2.2 Elektroliti**

Elektrolit je snov, ki pri raztapljanju ali taljenju postane električno prevodna. Ker elektrolite v splošnem sestavljajo ioni v raztopini, so znani tudi kot ionske raztopine. Elektrolit je koncentriran, če je v njem visoka koncentracija ionov, in razredčen, če je ta nizka. Če disociira na ione velik delež topljenca, pravimo, da je elektrolit močan, če pa le manjši del, je šibek. Elektroliti prevajajo električni tok zato, ker vsebujejo ione. Primeri elektrolitov so vodne

raztopine kislin, baz in soli ter taline soli (Kornhauser 2003, str. 54, <http://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=Raztapljanje&action=edit&redlink=1>).

### **2.2.1 Tvorba ionov**

Atomi lahko prehajajo v ione z oddajanjem in sprejemanjem elektronov. Ioni so delci z nabojem. Če atom odda elektron, dobi pozitiven naboj in nastane kation. Če atom sprejme elektron, dobi negativen naboj in nastane anion. Če pomešamo raztopine elektrolitov, lahko pride do kemijskih reakcij, do nastanka novih snovi. V mnogih primerih pa elektroliti med seboj ne reagirajo. Za ionske reakcije je značilno, da so zelo hitre (Splošna in anorganska kemija, 1989, str. 210 – 211).

### **2.2.2 Baze**

Baza je po Arrheniusovi definiciji kemijska spojina, ki ob raztapljanju v vodi bodisi odda hidroksidni ion, bodisi prejme vodikov ion. Baze in kisline zaradi njihovih vplivov obravnavamo kot nasprotna dejavnika: kisline povečujejo koncentracijo hidronijevih ionov v vodni raztopini, baze pa jo zmanjšujejo. Arrheniusova definicija baz velja za v vodi topne baze; njihov pH v vodni raztopini je vedno večji od 7.

Poleg Arrheniusove definicije, ki je uporabna za večino praktičnih primerov, obstaja še več splošnejših in natančnejših definicij kislin in baz. Bazične ali alkalne snovi so snovi, ki nevtralizirajo kisel okus kislin in v ustih puščajo okus po milu. Na otip so baze milnate in nekatere lahko v večjih koncentracijah povzročijo globoke opekline. Raztopine baz prevajajo električni tok. Raztopina je tem bolj bazična, čim večja je koncentracija hidroksidnih ionov ( $\text{OH}^-$ ). Baza je snov, ki pri protolizi sprejme proton. Območje pH za bazične raztopine je od 7 do 14 (Bukovec 2010, str. 52–54; Kornhauser 2005, str. 52 – 54).

### **2.2.3 Kisline**

Pojem kislina je človek že v davnih časih uporabljal za oznako snovi z značilnim kislim okusom. V vsakdanji rabi označujemo kot kisle tiste snovi, ki pri raztapljanju v vodi tvorijo raztopino, katere pH je manjši od 7. Obstaja več znanstvenih definicij, ki kot kislino označujejo bodisi molekulo ali ion, sposobno oddati proton (ion  $\text{H}^+$ ) bazi, bodisi sposobno

sprejeti nedeljeni par elektronov od baze. Kislina reagira z bazo v reakciji nevtralizacije, pri kateri nastaja sol. Kisline dajejo kisel okus sadju in v večjih koncentracijah poškodujejo tkivo. Kislost raztopin in s tem njene lastnosti so odvisne od koncentracije oksonijevih ionov ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) v raztopini. Večja je koncentracija  $\text{H}_3\text{O}^+$  ionov, bolj kislina je raztopina. Vse vodne raztopine kislin prevajajo električni tok – pravzaprav ga prevajajo ioni teh raztopin. Kislina je snov, ki pri protolizi odda vodikov proton. Kisline so v tem primeru dajalci (donorji) protonov. V vodnih raztopinah tvorijo oksonijeve ione. Območje pH za kisle raztopine je od 0 do 7 (Bukovec, 2010, str. 50–55; Kornhauser, 2005, str. 52).

### 2.2.3.1 Vrste kislin

Kisline lahko najdemo v naravi, npr. v zelenjavi oksalno kislino, v sadju citronsko, jabolčno, vinsko, veliko pa jih je tudi v človeškem telesu, kjer se nahajajo sečna, mlečna in klorovodikova kislina. Kisline so snovi, ki v vodnih raztopinah oddajajo vodikove protone, pri čemer nastanejo oksonijevi ioni. Karboksilne kisline vsebujejo karboksilno skupino –  $\text{COOH}$ .

Nekatere karboksilne kisline so:

- citronska kislina,
- metanojska kislina (mravljinčna kislina),
- očetna kislina (etanojska kislina),
- vinska kislina,
- jabolčna kislina,
- mlečna kislina,
- oksalna kislina ([http://sl.wikipedia.org/wiki/Ocetna\\_kislina](http://sl.wikipedia.org/wiki/Ocetna_kislina)).

Najpogostejše anorganske kisline so:

- klorovodikova kislina,
- žveplova kislina,
- dušikova kislina,

- fosforna kislina,
- ogljikova kislina (Kornhauser, 2003, str. 40–43, Kornhauser, 2005, str. 38–41).

### 2.2.3.2 Protolitske reakcije

Protolitske reakcije ali krajše protoliza so reakcije, pri katerih se izmenjuje vodikov ion (proton). Ker kislina odda ion  $H^+$ , baza sprejme ion  $H^+$ , torej gre za reakcije med kisljinami in bazami. Pri reakciji kisljin z vodo smo videli, da nastanejo oksonijevi ioni. Več teh ionov vsebuje raztopina, bolj kislja je raztopina. Voda pa ima v teh reakcijah tudi vlogo topila (Bukovec 2010, str. 66–68).

### 2.2.3.3 Močne in šibke kisline

Šibke kisline v vodi oddajo le del vodikovih protonov. V teh kisljinah le del molekul razpade na ione. Šibka kislina v vodi nepopolno disociira. Etanojska kislina je šibka kislina. Močne kisline so tiste, ki vodi oddajo vse protone. Močna kislina, kot je klorovodikova kislina, v vodi popolnoma disociira. Voda je lahko kislina ali baza, odvisno od drugih snovi v protolitski reakciji (Bukovec 2010, str. 57).

### 2.2.3.4 pH

pH je merilo za koncentracijo hidroksidnih in oksonijevih ionov v raztopini. Kislost oz. bazičnost vodnih raztopin lahko podamo s koncentracijo oksonijevih ionov. pH je vpeljal danski kemik Søren Peder Lauritz Sørensen. Gre za posebno lestvico, ki jo kemiki uporabljajo za merjenje števila oksonijevih ionov v določeni prostornini raztopine.

pH lestvica ima vrednosti od 0 do 14 pri 25° C:

- nevtralna raztopina ima  $pH = 7$  ( $nH_3O^+ = nOH^-$ ),
- kislja raztopina ima  $pH$  manj kot 7 ( $nH_3O^+ > nOH^-$ ),
- bazična raztopina ima  $pH$  več kot 7 ( $nH_3O^+ < nOH^-$ ) (Kornhauser 2005, str. 56,

<http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itkek/lakbp/Volmajer/Predavanja/CHEM6.pdf>).

## 2.3 Galvanski členi

### 2.3.1 Členi in baterije

Italijanski znanstvenik Volta je prvi dokazal, da je med dvema različnima kovinama v elektrolitu neka napetost, katere velikost je odvisna od izbire kovin. Imenujemo jo gonilna napetost. Torej lahko kemijske spremembe v snovi povzročijo nastanek enosmernega električnega toka. Tako kombinacijo kovin v elektrolitu imenujemo člen. Če vežemo več členov zaporedno, dobimo baterijo.

Poznamo:

- Enostavni člen – dve različni kovini v elektrolitski raztopini soli ali kisline. Gonilno napetost nam daje le kratek čas, potem pa prevladata polarizacija (izločanje mehurčkov vodika na bakreni elektrodi) in vpliv aktivacijskih centrov (na njih se izloča vodik na cinkovi elektrodi).
- Leclanchéjev člen – člen, v katerem preprečujemo polarizacijo z dodatkom manganovega oksida. Ta odstranjuje vodik sicer počasneje, kot ta nastaja, vendar proces teče tudi takrat, ko člen ne deluje. Tak člen daje napetost 1,5 V.
- Normalni člen – člen, ki daje točno znano in stalno gonilno napetost. Uporablja se v laboratorijih za eksperimentalno delo.
- Primarni člen – vsak člen z omejenim časom uporabe, ker se kemikalije v členu sčasoma izrabijo in jih ne moremo nadomestiti.
- Suhi člen – to je vrsta Leclanchéjevega člena, v katerem raztopino amonijevega klorida nadomestimo z zmesjo, ki vsebuje amonijev klorid. Tak člen lahko potem tudi prenašamo.
- Sekundarni člen – drugo ime zanj je akumulator. Je člen, ki ga lahko, potem ko se izrabi, ponovno napolnimo. Taka sta svinčev akumulator in alkalni člen (Bukovec 2010, str. 88–94).

### 2.3.2 Standardni elektrodni potencial

Potencial nekega polčlena glede na vodikov polčlen imenujemo elektrodni potencial. “Elektrodne potenciale polčlenov navajamo pri tlaku 101,3 kPa in pri temperaturi 25° C, s

koncentracijami ionov  $1 \text{ mol L}^{-1}$  in jih imenujemo standardni elektrodni potenciali  $E^\circ$ . Po dogovoru imajo negativni potencial polčleni, ki v galvanskem členu z vodikovim polčlenom oddajajo elektrone – so reducenti. Polčleni imajo pozitiven potencial, če v galvanskem členu z vodikovim polčlenom sprejemajo elektrone – so oksidanti” (Bukovec 2010, str. 95).

Bakrov polčlen ima pozitiven elektrodni potencial – sprejema elektrone, je oksidant. Cink ima negativen standardni elektrodni potencial – oddaja elektrone, je reducent.

Napetost galvanskega člena je odvisna od polčlenov, iz katerih je sestavljen galvanski člen. Galvanski člen, sestavljen iz bakrovega polčlena  $\text{Cu(s)} \text{ I } \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  in cinkovega polčlena  $\text{Zn(s)} \text{ I } \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ , ima napetost 1,1V. S podatki v preglednici (glej preglednico 1) lahko izračunamo napetost galvanskega člena tako, da od polčlena, ki ima bolj pozitiven potencial, odštejemo potencial drugega polčlena.

Napetost galvanskega člena:  $\text{Zn(s)} \text{ I } \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \text{ II } \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \text{ I } \text{Cu(s)}$

$$E = 0,35 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 0,35 \text{ V} + 0,76 \text{ V} = 1,1 \text{ V}$$

Z razredčenimi vodnimi raztopinami kislin reagirajo samo tiste kovine, ki imajo negativni standardni elektrodni potencial (Mg, Al, Zn, Fe, Pb ...). Vse te kovine so močnejši reducent kot vodik. Kovine, ki imajo pozitiven elektrodni potencial (Cu, Ag, Au in Pt), so šibkejši reducenti kot vodik, zato z razredčenimi vodnimi raztopinami kislin ne reagirajo. (Bukovec 2010, str. 95–96).

**Preglednica 2** Standardni elektrodni potenciali  $E^\circ$  pri 25 °C

Reakcije polčlenov	$E^\circ/V$
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{Cs}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cs}(\text{s})$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s})$	-2,87
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,36
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{S}(\text{s}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}(\text{aq})$	-0,48
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	0,00
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,35
$\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-(\text{aq})$	+0,62
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l})$	+0,85
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Br}^-(\text{aq})$	+1,07
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$	+1,36
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) + 5 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,51
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-(\text{aq})$	+2,85

Iz preglednice je razvidno, da je **litij Li(s) najmočnejši reductent**, **fluor F<sub>2</sub>(g) pa najmočnejši oksidant**.

Preglednica 1: Standardni elektrodni potenciali (Bukovec 2010, str. 96)

### 2.3.3 Baterije in akumulatorji

V baterijah ni vodnih raztopin, zato jih imenujemo suhi členi. Najpogosteje še vedno uporabljamo suhi člen, v katerem je reductent cink in oksidant manganov dioksid. To so tudi alkali-mangand baterije, ki so včasih vsebovale do 1 % živega srebra, danes pa ga vsebujejo bistveno manj. V majhnih, ploščatih baterijah (v obliki gumbov) je reductent cink in oksidant živosrebrov oz. srebrov oksid. V litijevih baterijah je reductent litij, oksidanti pa so lahko različni, npr. kromovi oksidi. Litijeve baterije slovijo po zelo dolgi življenjski dobi, tudi do deset let. Uporabljajo jih tudi v srčnih spodbujevalcih. Slabost le-teh je, da jih ne moremo

znova napolniti. V prenosnih računalnikih, prenosnih telefonih, električnih vozilih in nekaterih električnih napravah uporabljamo baterije, ki jih lahko znova napolnimo. Najbolj znana je nikelj-kadmijeva baterija. V novejših različicah so strupen kadmij zamenjali s hidridom niklja v kombinaciji z drugimi kovinami. Te baterije uporabljajo v hibridnih električnih vozilih. V zadnjem času se za prenosne računalnike in telefone uporabljajo litijeve ionske baterije. Pri praznjenju teh baterij potujejo litijevi ioni  $\text{Li}^+$  od elektrode, kjer poteka oksidacija, na elektrodo, kjer poteka redukcija, pri polnjenju teh baterij pa potujejo v nasprotni smeri. Tudi akumulatorje lahko pod vplivom električnega toka večkrat napolnimo. Najbolj znan je svinčenev akumulator, v katerem je svinec reducent in svinčev dioksid oksidant, 30 do 40 % žveplove kisline pa elektrolit. Pri praznjenju akumulatorja nastaja slabo topen svinčev sulfat in pri polnjenju poteka obratna reakcija, nastajata svinec in svinčev dioksid. Akumulatorji ne sodijo med gospodinjne odpadke (Bukovec 2010, str. 90).



Slika 1: Svinčev akumulator (<http://www.ena.com/oddelki/conrad/izd>)

### **2.3.3.1 Baterije spadajo med nevarne odpadke**

Po svetu vsako leto prodajo nekaj milijard baterij, zato gre več sto tisoč ton baterij v odpadke. Delež težkih kovin je v izrabljenih baterijah razmeroma velik. V odpadnih baterijah je vsako leto nekaj sto ton živega srebra ter nekaj ton kadmija in srebra. Snovi v odpadnih baterijah vsebujejo težke kovine, zato so za okolje in živa bitja nevarne snovi. So rakotvorne, prizadenejo tudi encimsko presnovo v živih bitjih, zato so izredno nevarne.



Na deponijah baterije sčasoma propadejo in živo srebro delno izhlapi, delno pa se veže na ostale odpadke na deponiji. S sežiganjem pride nekaj živega srebra v ozračje. Živo srebro je strupeno. Vsako leto ga več deset ton pride v ozračje in nato pade na zemljo ter s tem onesnažuje prst in vodo. Še bolj strupen je kadmij. Baterije ne sodijo med gospodinjske odpadke, ampak med nevarne odpadke. Predelujejo predvsem baterije, v katerih je sorazmerno veliko živega srebra ali srebra. Alkalij-mangan baterij ne predelujejo, ker ne morejo izločiti cinka in manganovega dioksida. Proizvajalci se težav zavedajo, zato lahko zadnje čase kupimo alkalij-mangan baterije brez živega srebra ali kadmija (Bukovec 2010 str. 93–94).



Slika 2: Baterija (<http://ej-stari.blogspot.com/2012/06/baterija-prihodnosti.html>)

## 2.4 Električna v sadju in zelenjavi

V sadje ali zelenjavo zapičimo cinkovo in bakreno ploščico (ploščici se v notranjosti sadeža ne smeta dotikati) in ju povežemo z merilnim inštrumentom – voltmetrom. Ugotovimo lahko tudi, da bakrena ploščica predstavlja pozitivni pol (+), cinkova ploščica pa negativnega (-). Ko govorimo o virih električne energije, je pomembno tudi, kolikšen električni tok (merimo ga v amperih – A) je vir sposoben zagotoviti. Trije krompirji so dovolj, da napravica iz pojoče čestitke več ur glasno igra svojo melodijo. Celo navadna voda iz pipe omogoča delovanje voltovega člana, kakor tudi pravimo tem preprostim baterijam. Če pa v vodi raztopimo citronko ali vanjo vlijemo kis, doseže napetost vira celo 1 V (Zorec 2004, str. 82, 83).

Za uporabnika v električnem tokokrogu moramo uporabiti svetlečo diodo (led) in ne navadne žarnice z žarilno nitko, ker limonina baterija ni zasnovana tako, da bi proizvedla dovolj

električnega toka in bi navadna žarnica svetila. Z množenjem povprečnih amperov limone (0.001A/1mA ), s povprečjem voltov limone (0,7 V), lahko sklepamo, da bi bilo potrebnih približno 6.171.430 limon, ki bi dale moč povprečnega 4320W akumulatorja ([http://www.ask.com/wiki/Lemon\\_battery](http://www.ask.com/wiki/Lemon_battery)).

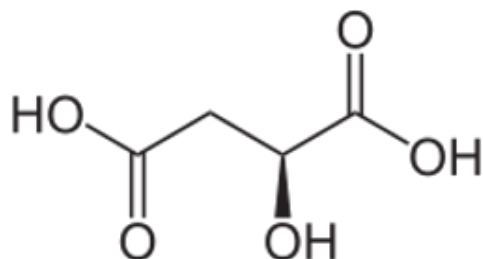
## 2.4.1 Kisline v sadju in zelenjavi

Sadje/zelenjava	Prisotna kislina	Molekulska formula
Jabolko	Jabolčna kislina	$C_4H_6O_5$
Kivi	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Bela grenivka	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Mandarina	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Limona	Citronska kislina C vitamin	$C_6H_8O_7$
Zelje	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Krompir	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Cvetača	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Paradižnik	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Korenje	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$
Rdeča paprika	Folna kislina C vitamin	$C_{19}H_{19}N_7O_6$

Tabela 1: Kisline v sadju/zelenjavi

**Jabolčna kislina** je organska spojina. Največkrat jo najdemo v nezrelem sadju. Jabolčna kislina pripomore h kislosti zelenih jabolok. Prisotna je tudi v grozdju, kar daje vinu kiselkast

okus, in se zmanjšuje z večanjem zrelosti sadja. Proces biološkega vrenja pretvori jabolčne kisline v veliko milejše mlečne kisline. (<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>).

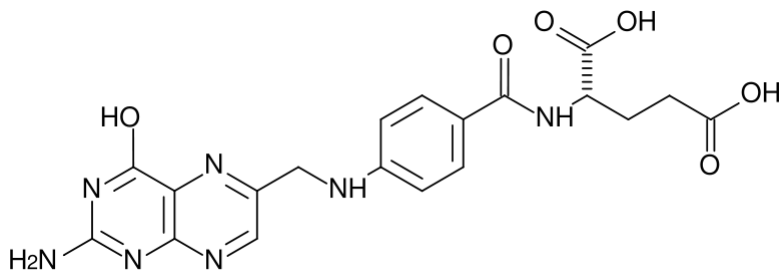


Slika 3: Formula jabolčne kisline

(<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>)

**Folna kislina** in folat sta vodotopni obliki vitamina B<sub>9</sub>. Listnata zelenjava je glavni vir folne kisline v prehrani. Folna kislina je pomembna pri številnih procesih v človeškem organizmu – pri sintezi, popraviljanju DNK, poleg tega sodeluje kot koencim pri biokemijskih reakcijah v telesu, kjer se prenašajo skupine z enim ogljikovim atomom. Še posebej pomembna je pri hitrih celičnih delitvah in rasti v nosečnosti in otroštvu. Folna kislina je pogosta sestavina prehranskih dopolnil. Uživanje tega vitamina je priporočeno zlasti za nosečnice. Človeški organizem ne more sam proizvajati folne kisline, zato jo mora pridobiti s hrano. Bogat vir folata je zelena zelenjava, na primer zelena solata, špinača, brokoli, brstični ohrovt. Večje količine se nahajajo tudi v cvetači, fižolu, grahu, repi, sončničnih semenih in sadju (banane, jagode, grenivke, maline, pomaranče). Veliko ga vsebujejo še jetra in kvas. Folat, ki ga najdemo v hrani, je občutljiv na povišano temperaturo, svetlobo, oksidacijo in je topen v vodi. Zato je priporočljivo, da živil, ki vsebujejo folat, ne kuhamo predolgo

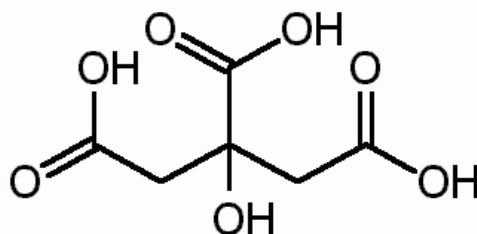
([http://sl.wikipedia.org/wiki/Folna\\_kislina](http://sl.wikipedia.org/wiki/Folna_kislina)).



Slika 4: Formula folne kisline

(<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>)

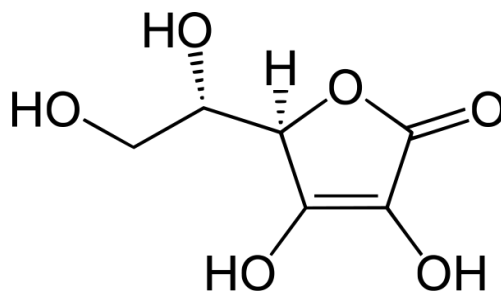
**Citronska kislina** je šibka organska kislina, ki je po sestavi podobna vitaminu C. Vsebuje jo večina sadja, največ je vsebujejo citrusi, kot so limone in pomaranče. Pod imenom citronka jo v živilskih trgovinah prodajajo za izdelavo sadnih kup in napitkov, uporablja pa se tudi kot naravni konzervans. Nastopa v presnovi skoraj vseh organizmov. Skupaj z natrijevim hidrogenkarbonatom se uporablja za izdelavo šumečih praškov, tablet in zrn. Pri sobni temperaturi je citronska kislina bel kristalen prah. Ta lahko bodisi obstaja v brezvodni obliki ali kot monohidrat. Kemijska struktura citronske kisline ima lastnosti karboksilnih kislin. Pri segrevanju nad 175° C se razgradi s pomočjo ogljikovega dioksida in vode. Citronska kislina je nekoliko močnejša kislina kot tipična karboksilna kislina. Uporabljamo jo za čiščenje, kozmetiko in farmacevtske izdelke, barvanje, živila, pijače in osebno nego ([http://sl.wikipedia.org/wiki/Citronska\\_kislina](http://sl.wikipedia.org/wiki/Citronska_kislina)).



Slika 5: Formula citronske kisline

(<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>)

**C vitamin** je askorbinska kislina. Kislina je topna v vodi. Sam vitamin je eden izmed najpomembnejših antioksidantov v zunanji celični tekočini. Organizem varuje pred prostimi radikali. Pomanjkanje te kisline lahko povzroči različne bolezni.



Slika 6: Formula C vitamina ([http://sl.wikipedia.org/wiki/Vitamin\\_C](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vitamin_C))

### **3 EMPIRIČNI DEL**

Pred pričetkom izvajanja raziskave sva si zastavili 5 raziskovalnih vprašanj. Na raziskovalna vprašanja sva zapisali spodnje hipoteze.

1. Sadje in zelenjava sta lahko vir električne energije.
2. Če sadje ni citrus, led dioda/žarnica ne bo svetila.
3. Višja je pH vrednost, večja je napetost in obratno.
4. Iz zelenjave pridobimo več električne energije kot iz sadja.
5. Iz sadja in zelenjave lahko pridobimo električno energijo, ker vsebujeta ione.

#### **3.1 Metodologija**

Pri pisanju raziskovalne naloge sva uporabili različne raziskovalne metode: delo z viri in literaturo, eksperimentalno delo, metodo analize in sinteze.

Raziskovanje je temeljilo na izvajanju eksperimentalnega dela. Pri delu sva potrebovali: voltmeter/ampermeter, čaše, v katere sva zmleli sadje ter pripravljali različno koncentrirane raztopine citronske kisline, žice, Vernijejev vmesnik za merjenje pH, različno sadje in zelenjavo, citronsko kislino, cinkove, bakrene, aluminijeve in železne ploščice, žarnico, palični mešalnik, rdečo led diodo, nož, tehtnico, destilirano vodo in pladnje. Pri pH lestvici vrednost narašča od 0 do 14. Čim manjša je vrednost, tem bolj je snov kislina oz. čim višja je vrednost pH, tem bolj je snov bazična. Destilirani vodi, ki ima pH 7, rečemo, da je nevtralna. Destilirano vodo sva uporabljali za čiščenje prevodnikov (kovinskih ploščic) in Vernievega pH metra ter kot topilo za raztopino citronske kisline. Po nakupu sadja, zelenjave in citronske kisline sva se lotili meritev.

Najprej sva merili električni tok in električno napetost v sadju. Vzeli sva en sadež ter najprej preizkusili, ali je res, da sta najboljša prevodnika cink in baker. V sadež sva kovinski ploščici porinili do globine 2 x 2 cm. Nato sva vzeli po eno, dve, tri, štiri in pet sadežev, jih med seboj zaporedno povezali (Zn – Cu) in izmerili električni tok, napetost ter pH vrednost.

S tehtnico sva stehtali 100g vsakega sadja posebej ter ga zmleli s paličnim mešalnikom. Zmesi, ki sva jo dobili, sva ravno tako izmerili električni tok, napetost ter pH vrednost. V zmleto sadje sva pomočili cinkove in bakrene ploščice vse do globine 7 x 2 cm. Na isti način sva izvedli meritve z zelenjavo.

Sadje in zelenjavo sva nato med seboj povezali v električni krog (zaporedna vezava) in preverjali, kdaj led dioda sveti in kdaj ne. Šli sva v temen prostor in tam izvedli te poskuse. Pri meritvah naju je zanimalo, ali je bolj koncentrirana raztopina citronske kisline vir večje napetosti in toka. Izmerili sva pH, električni tok in napetosti v različnih koncentracijah citronske raztopine. S tehtnico sva stehtali zahtevano maso citronske kisline in jo raztopili v destilirani vodi. Masa raztopine je bila 100 g. V citrinski kislini sva izvedli meritve z različnimi kovinami (Al–Zn, Fe–Zn in Cu–Zn). Zanimalo naju je, katera kombinacija kovin bo najprimernejša za pridobivanje električne energije. Po meritvah sva naredili obdelavo podatkov v Excelu. Ker sva ob poskusih tudi fotografirali, sva fotografije preuredili v Slikarju. Občasno sva v eksperimentalnem delu naredili kontrolni poskus še z vzporedno vezanimi kovinskimi ploščicami (Cu–Cu, Zn–Zn).



Slika 7: Material, potreben za eksperimentalno delo



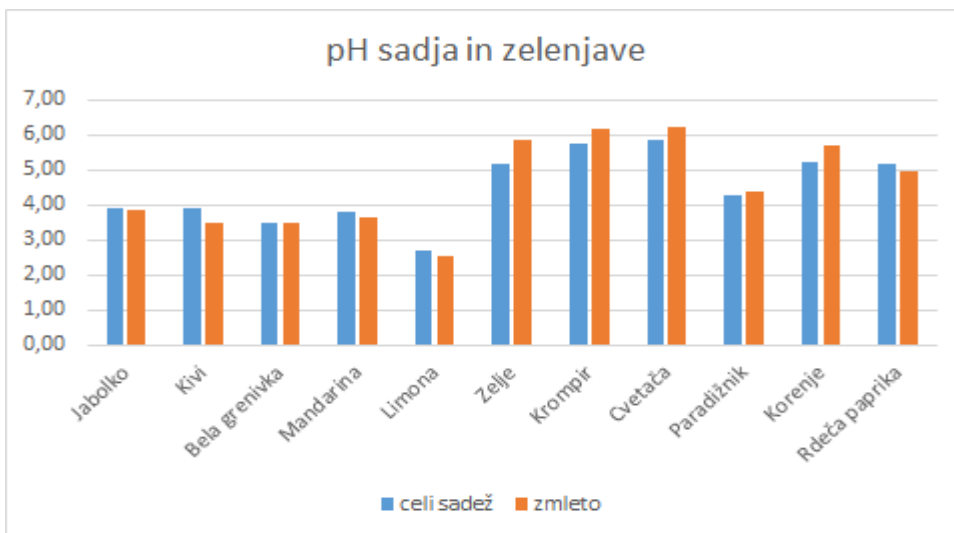
Slika 8: Sadje in zelenjava, ki sva ju preučevali

## 4 REZULTATI

### 4.1 Grafični prikaz rezultatov

Na grafu 1 je predstavljen pH sadja/zelenjave v primerjavi s pH 100 g zmletega istega sadja/zelenjave. Rezultati se nekoliko razlikujejo.

Najbolj kislo sadje je limona (pH 2,55). Sledita mu bela grenivka in kivi (pH 3,5), nato mandarina in nazadnje jabolko (pH 3,85). Najbolj kisla zelenjava je paradižnik (pH 4,39), sledi mu rdeča paprika (pH 4,99), nato korenje (pH 5,72), zelje (pH 5,85), krompir (pH 6,17) in nazadnje cvetača (pH 6,25).



Graf 1: pH celega in zmletega sadja ter zelenjave

V grafu 2 so predstavljene gonilne napetosti in kratkostični tokovi galvanskih členov pri zmlemem sadju in zelenjavi, pri čemer smo uporabljali cinkovo in bakreno elektrodo. Napetost v vseh je med 0,7 in 0,965 V. Električni tok je večji pri sadju. Največji tok da kivi (16 mA), nato limona (12,6 mA), sledita jabolko in bela grenivka, ki imata približno isti tok (11,5–12 mA). Najnižji tok je bil izmerjen pri mandarini (1 mA). Izmed zelenjave je bil najvišji tok pri paradižniku (9,1 mA), sledijo krompir (7,2 mA), rdeča paprika (5,2 mA), cvetača, zelje ter korenje (1,2 mA). Najbolj kislo sadje je tudi vir najvišjega kratkostičnega toka, če pa gre za zmleto sadje, so tokovi mnogo večji. Površina cinkovih in bakrenih ploščic je bila 7 x 2 cm.

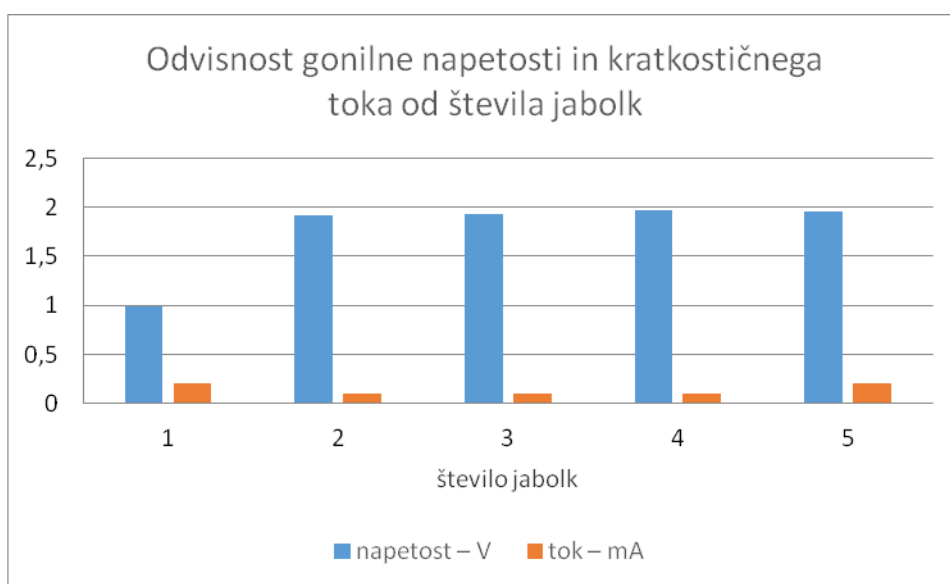


Graf 2: Gonilna napetost in kratkostični tok pri galvanskem členu iz 100 g zmletega sadja in zelenjave.



V spodnjih grafih (3–13) so prikazane gonilne napetosti in kratkostični toki v odvisnosti od različnega sadja/zelenjave ter različnega števila sadežev. Sadeži so zaporedno vezani z Zn in Cu v električni krog.

V grafu 3 je razvidno, da napetost z enim jabolkom (0,987 V) začne naraščati, nato pa se ustavi in porazdeli oz. je približno enaka pri naslednjih številih zaporedno vezanih jabolkih (1,91–1,961 V). Tok je vedno približno enak (0,1–0,2 mA). Pri zaporedni vezavi je električni tok enak, napetost pa se porazdeli, kar je razvidno iz spodnjega grafa.



Graf 3: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več jabolk

V 4. grafu spremljamo rezultate gonilne napetosti in električnega toka pri galvanski bateriji iz več kivijev. Tok pri kivijih je malo višji (0,4–0,5 mA), in tudi tukaj je vedno enak. Napetost se začne pri 0,98 V in naraste do 1,9 V ter ostane približno enaka.



Graf 4: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več kivijev

Bela grenivka da nizek tok (0,1 mA). Pri eni grenivki je napetost (0,915 V) približno enaka kot pri prejšnjih sadežih. Napetost se nadaljuje od 1,85–1,97 V. Tudi tukaj se napetost porazdeli in ostane približno enaka.



Graf 5: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več belih grenivk

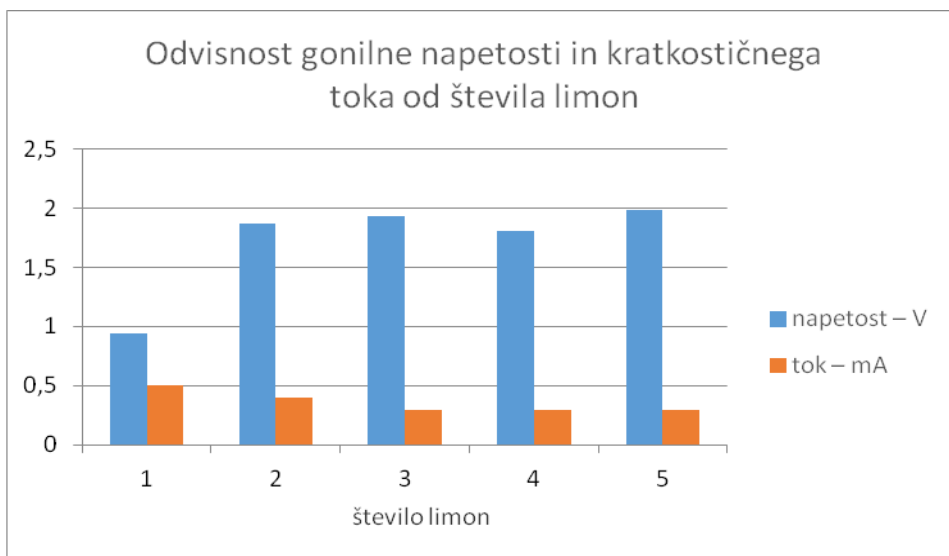
V 6. grafu je razvidno, da dajo mandarine nizek tok (0,1 mA). Pri eni mandarini sva izmerili

napetost 0,9 V. Pri drugi je bila malo višja (1,785 V), nato pa je napetost (1,995 V) enaka do 5. mandarine.



Graf 6: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več mandarin

Napetost pri limonah je bila najprej 0,937 V, nato pa je narasla na 1,931 V. Tok je bil med višjimi in je znašal približno 0,3–0,5 mA.



Graf 7: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več limon

Napetost prve zeljne glave je bila 0,81 V in je ves čas počasi naraščala do najvišje vrednosti – 1,112 V. Tok je bil podoben kot pri drugih sadežih (0,2 mA).



Graf 8: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več zeljnih glav

V grafu 9 je razvidno, da je en krompir najprej dal napetost 0,91 V, nato pa je vrednost počasi naraščala do napetosti 1,997 V. Tok je bil tudi tukaj ves čas približno enak in eden izmed najvišjih tokov v zelenjavi.



Graf 9: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več krompirjev

Cvetača je imela dokaj nizko napetost in tok. Začetna napetost je bila 0,751 V ter je rahlo nihala do najvišje vrednosti 0,835 V. Tok je bil ves čas 0,1 mA.



Graf 10: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več cvetač

En paradižnik je imel napetost 0,967 V in tok 0,3 mA. Napetost je naraščala in kasneje ostala približno enaka (1,985 V). Paradižnik je prav tako dal eno izmed najboljših vrednosti toka pri zelenjavi.



Graf 11: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji iz več paradižnikov

Iz grafa 12 je razvidno, da ima korenje napetost najprej 0,73 V, kasneje pa vedno približno enako (1,997 V). Tok je bil več časa približno enak od 0,1–0,2 mA.



Graf 12: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji od števila korenja

Uporabili sva papriko rdeči špic, ki ima tanek mesnati del, kar nama je povzročalo težave, saj sva vanjo težko zapičili cinkovo in bakreno ploščico. Pri globalnem eksperimentu je rdeča paprika vsebovala največ vitamina C, zato sva predvidevali, da bo vrednost toka najvišja. Vendar meritve tega niso pokazale. Paprika je dala napetost 0,919 V ter naraščala do 1,999 V. Tok je bil tudi tukaj nizek, saj je najprej meril 0,05 mA, nazadnje pa 0,2 mA (<http://www.rsc.org/learn-chemistry>).



Graf 13: Odvisnost gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri galvanski bateriji od števila paprik

Iz zgornjih grafov sva ugotovili, da so za zaporedno vezavo sadežev najprimernejši kiviji in limone, pri zelenjavi pa krompir in paradižnik. Dobre rezultate dajeta še mandarina in bela grenivka, ki imata visoko napetost, vendar nizek tok. Pri zelenjavi je cvetača najmanj primerna za vezavo v galvanski člen.

## 4.2 Rezultati meritev napetosti in toka pri galvanskih členih iz sadja in zelenjave

Pri zaporedni vezavi večih sadežev sva uporabljali cinkove in bakrene ploščice, žice ter rdečo led diodo. Če je led dioda močno svetila, sva preizkusili, ali sveti tudi žarnica.

Mejne vrednosti rdeče led diode:

Max.  $I = 25 \text{ mA}$

Min.  $I = 2 \text{ mA}$

Max.  $U = 5 \text{ V}$

Min.  $U = 2,2 \text{ V}$

Mejne vrednosti žarnice:

Min.  $U = 2,4 \text{ V}$

Min.  $I = 0,7 \text{ A}$

Pri treh zaporedno vezanih mandarinah sva izmerili napetost 1,993 V in tok 0,1 mA. Radovedni sva bili, kako je s tokom in napetostjo pri treh vzporedno vezanih mandarinah. Ugotovili sva, da je pri vzporedni vezavi napetost enaka kot pri eni mandarini, tok pa se večja s številom mandarin (0,6 mA).

V tem delu eksperimentalnega dela sva v električni krog zaporedno vezali različno sadje in zelenjavo (največ 6 sadežev). Z rdečo led diodo sva preverili, ali bosta napetost in tok dovolj visoka, da bo led dioda svetica. Poizkusili sva tudi z žarnico, vendar v nobenem primeru ni svetica.



Slika 9: Izvajanje eksperimentalnega dela

#### **Zaporedna vezava sadja in krompirja:**

**1 sadež:** 1 grenivka = NE SVETI

**2 sadeža:** 1 grenivka + 1 kivi = NE SVETI

**3 sadeži:** 1 limona + 1 bela grenivka + 1 kivi = SVETI

**4 sadeži:** 2 limoni + 1 bela grenivka + 2 kivi = SVETI

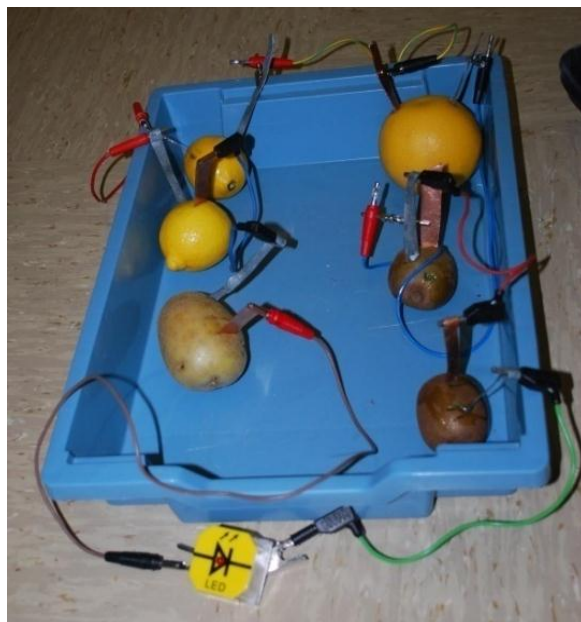
**4 sadeži:** 1 limona + 1 bela grenivka + 1 krompir + 1 kivi = SVETI



**5 sadežev:** 2 limoni + 1 bela grenivka + 1 krompir + 1 kivi = SVETI

**6 sadežev:** 2 limoni + 1 bela grenivka + 1 krompir + 2 kivija = SVETI

Več sadežev je bilo zaporedno vezanih v električni krog, močnejše je led dioda svetila. Ko sva povezali tri različne vrste sadja v baterijo, je led dioda svetila, saj sta bila takrat gonilna napetosti in kratkostični tok dovolj visoka, da je zasvetila.



Slika 10: Električni krog iz sadja in zelenjave – led dioda sveti

#### **Zaporedna vezava zelenjave in sadja:**

**1 sadež:** 1 limona = NE SVETI

**2 sadeža:** 1 limona + 1 krompir = SVETI SLABO

**2 sadeža:** 1 zelje + 1 cvetača = NE SVETI

**3 sadeži:** 1 zelje + 1 cvetača + 1 krompir = SVETI

**3 sadeži:** 1 limona + 1 krompir + 1 grenivka = SVETI

**3 sadeži:** 1 limona + 1 kivi + 1 krompir = SVETI

**4 sadeži:** 1 grenivka + 1 limona + 1 kivi + 1 krompir = SVETI

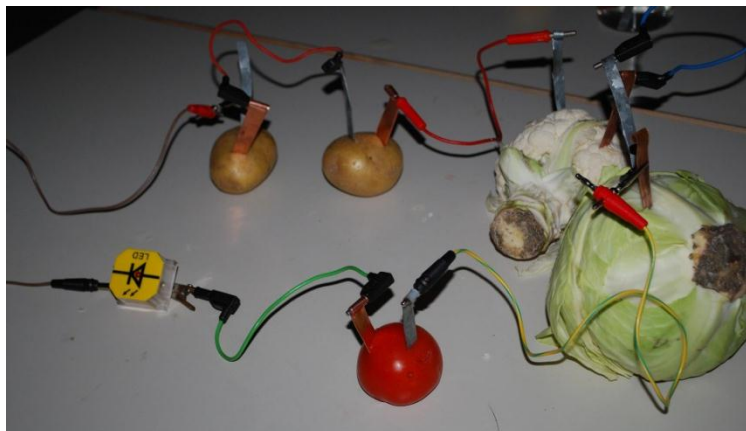
**5 sadežev:** 1 grenivka + 1 krompir + 2 mandarinini + 1 jabolko = NE SVETI

**6 sadežev:** 2 grenivki + 1 kivi + 1 krompir + 2 limoni = SVETI

**6 sadežev:** 1 grenivka + 1 krompir + 2 mandarini + 2 jabolki = SVETI SLABO

**6 sadežev:** 1 paradižnik + 1 zelje + 1 cvetača + 3 krompirji = SVETI

Led dioda ni svetila ali je slabo svetila, če sva imeli v galvansko baterijo vezano mandarino, saj je pri njej izmerjen najmanjši tok (1 mA).



Slika 11: Zaporedna vezava petih kosov zelenjave – led dioda sveti

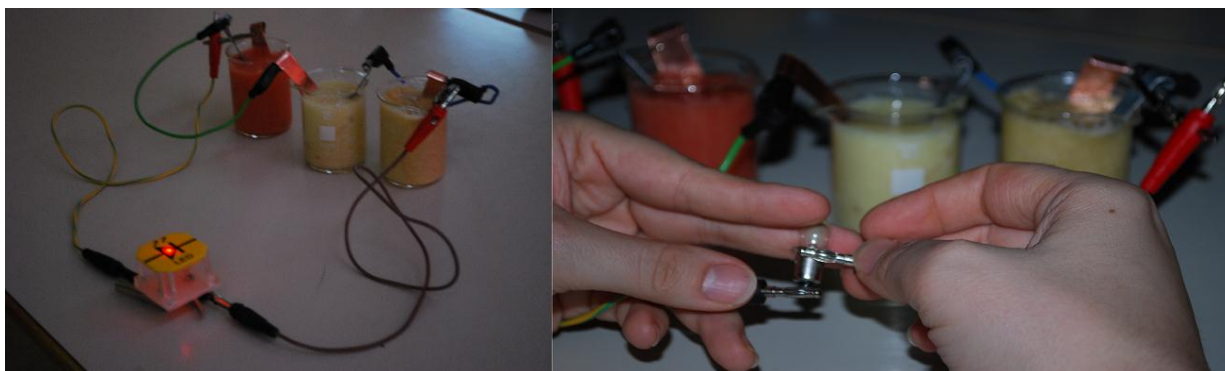
**Zaporedna vezava zmlatega (100 g) sadja oz. zelenjave** (površina potopljenih Zn in Cu ploščic je 7 x 2 cm):

100 g limone = NE SVETI

100 g limone + 100 g krompirja = SVETI

100 g limone + 100 g grenivke + 100 g krompirja = SVETI

100 g kivija + 100 g limone + 100 g krompirja = SVETI



Slika 12: Primerjava svetjenja led diode in žarnice v zmlatem sadju (kivi, limona, krompir)

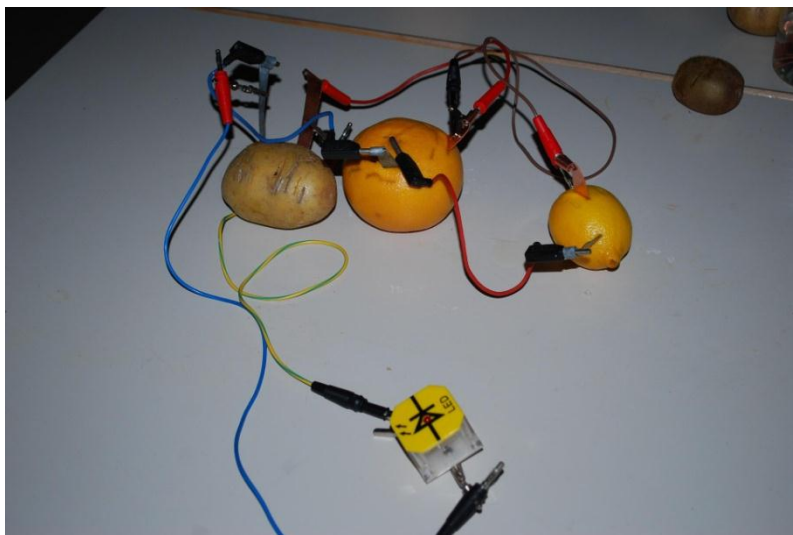
Ko sva preverili, ali bo zasvetila led dioda v 100 g zmlate limone (ter drugih sadežev), sva

ugotovili, da ne sveti, ker je prenizka gonilna napetost. Le-ta je tudi prenizka, da bi zasvetila žarnica. Ko sva povezali tri različne zmlete sadeže v baterijo, je led dioda močno svetila, saj sta bila gonilna napetosti in kratkostični tok dovolj visoka, da bi zasvetila žarnica.

#### **Vzporedna vezava 3 sadežev:**

1 limona + 1 grenivka + 1 krompir = NE SVETI

Led dioda ni svetila, ker je bila kratkostična napetost prenizka.



Slika 13: Vzporedna vezava cink, baker na treh sadežih – led dioda ne sveti

### **4.3 Eksperimentalno ugotavljanje najučinkovitejših elektrod za galvanski člen**

V naslednjem delu sva izvedli poizkus, pri katerem sva želeli izvedeti, pri kateri kombinaciji elektrod dobimo največjo kratkostično napetost in kako se ta napetost in tok spreminjata v odvisnosti od koncentracije kisline. Uporabili sva raztopino citronske kisline.

KONCENTRACIJA CITRONSKE KISLINE (aq)	KOVINE	pH	NAPETOST (V)	TOK (mA)
10 %	Zn – Fe	1,82	0,448	5,8
	Zn – Al		0,326	0,1
	Zn – Cu		0,903	2,6
15 %	Zn – Fe	1,87	0,442	2,3
	Zn – Al		0,313	0,3
	Zn – Cu		0,929	11,1
20 %	Zn – Fe	1,62	0,464	5,8
	Zn – Al		0,325	0,1
	Zn – Cu		0,878	4,4
25 %	Zn – Fe	1,66	0,477	6,1
	Zn – Al		0,471	0,1
	Zn – Cu		0,902	4,6
30 %	Zn – Fe	1,49	0,490	6,1
	Zn – Al		0,509	0,2
	Zn – Cu		0,923	3,2
35 %	Zn – Fe	1,36	0,457	5,6
	Zn – Al		0,294	0,1
	Zn – Cu		0,943	8,1
40 %	Zn – Fe	1,26	0,450	2,9
	Zn – Al		0,320	0,1
	Zn – Cu		0,922	10,2
45 %	Zn – Fe	1,03	0,357	3,2
	Zn – Al		0,492	0,1
	Zn – Cu		0,926	3,6

Tabela 2: Rezultati meritev napetosti in toka v različno koncentrirani raztopini citronske kisline (aq) pri različnih parih elektrod

Iz zgornje tabele je razvidno, da sta za galvanski člen najprimernejši kovini cink in baker, ker

so vrednosti gonilne napetosti in kratkostičnega toka pri tej vezavi najvišje. Najnižji tok in napetost sva izmerili, če sva v citronko pomočili cinkovo in aluminijevo ploščico.

Iz preglednice standarnih elektrodnih potencialov (preglednica 1) se da izračunati napetost galvanskih členov.

Napetost galvanskega člana cink | baker je 1,1 V.

Napetost galvanskega člana cink | železo je 0,3 V.

Napetost galvanskega člana cink | aluminij je 0,9 V.

Izkaže se, da sta pri vezavi galvanskih členov (sadje/zelenjava) v električni krog najboljši kovini cink in baker, kar potrjuje teorijo standardnih elektrodnih potencialov.

## **5 RAZPRAVA**

### **5.1 Ovrednotenje hipotez**

#### **1. Sadje in zelenjava sta lahko vir električne energije.**

Hipotezo sva potrdili, saj sva iz poskusov in meritev ugotovili, da je iz zaporedno vezanega sadja in zelenjave mogoče dobiti dovolj elektrike, da led dioda sveti. Iz enega samega sadeža ali zelenjave to ni mogoče, ker je gonilna napetost prenizka. Če več sadežev ali več kosov zelenjave zaporedno povežemo skupaj v električni krog, led dioda zasveti, ker se poveča napetost. Ugotovili sva tudi, da če 100 g sadja ali zelenjave zmeljemo s paličnim mešalnikom, led dioda še močneje sveti, ker se tok močno poveča. Skupaj morata biti povezana vsaj dva člena sadja ali zelenjave, da nam bo led dioda zasvetila. Najboljša sadeža za pridobivanje energije sta kivi (folna kislina in C vitamin) in limona (citronska kislina in C vitamin) in sta tudi najbolj kislila. Izmed zelenjave sta najprimernejša krompir in paradižnik (folna kislina in C vitamin). Če so v zaporedno vezan električni krog vezane cinkove in bakrene ploščice, so meritve napetosti in toka najvišje. Je torej kislina v sadju in zelenjavi uporaben alternativni vir energije? Kisline v sadju in zelenjavi niso primerni alternativni vir energije, ker nastane premalo električne energije zaradi prenizkih vrednosti napetosti in toka.

## **2. Če sadje ni citrus, led dioda/žarnica ne bo svetila.**

Hipotezo sva ovrgli, saj sva ugotovili, da lahko led dioda sveti tudi, če namesto citrusov v galvanski člen povežemo krompir. Pri galvanskem členu iz enega jabolka led dioda ni svetila. Ko smo pri povezovanju uporabili dve jabolki, je led dioda svetila, vendar slabo. Kivi in jabolko nista citrusa. Citrusi so kisli zaradi prisotnosti kislin, ki v prisotnosti vode razpadejo na ione. Kivi je najbolj kisel sadež, saj vsebuje največ kislin in tudi njegov izmerjen pH je najnižji. Iz meritev sva ugotovili, da je lahko najbolj kislo sadje tudi vir najvišjega toka. Vrednosti gonilnih napetosti in kratkostičnega toka so bile vedno prenizke, da bi zasvetila žarnica.

## **3. Višja je pH vrednost, večja je napetost in obratno.**

Hipotezo sva ovrgli s pomočjo eksperimentov. Ugotovili sva, da sta limona in kivi najbolj kislada sadeža, imata najnižjo pH vrednost. Pri njima sva izmerili visoke vrednosti napetosti in toka. Toda pri krompirju ni ravno tako. Krompir ima pH 6,17, napetost 0,910 V in tok 0,4 mA, kar so visoke vrednosti. Pri cvetači, zelju, korenju sva ugotovili, da je pH le-teh višji, kratkostična napetost in kratkostični tok pa sta nizka. pH vrednost v sadežih je odvisna od kislin v njih.

## **4. Iz sadja in zelenjave lahko pridobimo električno energijo, ker vsebujejo ione.**

Hipotezo sva potrdili. Kisline v sadju in zelenjavi zaradi prisotnosti vode razpadejo na ione – katione in anione. Električni tok je usmerjeno gibanje električnega naboja, ki ga nosijo elektroni. Na tak način se po snovi prenaša električni naboj. Elektron je osnovni delec, ki nosi najmanjši negativni električni naboj. Električni tok je odvisen od naboja, ki se pretoči po žici v določeni časovni enoti, je torej usmerjeno gibanje naelektrenih delcev. Ioni so nosilci toka v raztopini. Nastanek ionov pa je povezan z elektroni. V žicah so nosilci toka elektroni, v raztopinah pa so nosilci toka ioni. Ioni so delci, ki omogočajo prenos električnega toka v sadju in zelenjavi.

## **5. Iz zelenjave pridobimo več električne energije kot iz sadja.**

Hipotezo sva ovrgli s pomočjo eksperimentov. V tabeli (v prilogi) so zapisane meritve poizkusa napetosti in toka posameznega sadja/zelenjave. Največ električne energije sva dobili iz 5 zaporedno vezanih sadežev pri kivijih in limonah (kratkostična napetost: 1,98 V in kratkostični tok: 0,4 mA), tudi led dioda je močno svetila. Izmed zelenjave sta paradižnik in krompir vir najvišjih vrednosti (kratkostična napetost: 1,997 V in kratkostični tok: 0,4 mA). Mogoče je vzrok v folni kislini. Če primerjamo tok pri zmletem sadju, ugotovimo, da ima zmleto sadje večjo vrednost kratkostičnega toka in kratkostične napetosti kot zelenjava. Izstopa le mandarina, ki ima vrednost kratkostičnega toka 1 mA pri kratkostični napetosti 0,935 V.

## **6 ZAKLJUČEK**

V raziskovalni nalogi naju je zanimalo, ali so lahko kisline v sadju in zelenjavi nov alternativni vir energije. Pri raziskovanju sva preučili literaturo o elektriki, kislinah, tvorbi ionov, galvanskem členu. Postavili sva si 5 raziskovalnih vprašanj. Zanimalo naju je, ali lahko sadje in zelenjavo uporabimo kot vir električne energije ter kako je pH vrednost sadeža in zelenjave povezana z napetostjo in tokom. Ugotovili sva, da sta sadje in zelenjava lahko vir električne energije. Primerjali sva sadje in zelenjavo, pH sadja/zelenjave, ali je kakšna razlika, če sadje/zelenjavo zmeljemo. Za poizkuse pri izdelovanju galvanskega členu sva uporabljali zaporedno vezavo Zn – Cu. Ker sva hoteli dokazati, kar sva zapisali v teoriji, da se pri zaporedni vezavi napetost viša in tok ostaja enak, sva naredili poizkus z istim številom sadežev, le da je bila vezava vzporedna. Ugotovili sva, da se pri zaporedni vezavi napetost viša oz. se kasneje porazdeli in tok ostaja enak. Tako sva tudi dokazali, da je pri vzporedni vezavi obratno, napetost je vedno približno enaka, tok pa vztrajno narašča.

Na izbiro sva imeli 11 različnih vrst sadja in zelenjave. Imeli sva jabolka, kivije, bele grenivke, mandarine, limone, zelje, krompir, cvetačo, paradižnik, korenje ter rdečo papriko. Vsakemu sadežu sva najprej izmerili pH, tako da sva približno do sredine sadeža potisnili Vernierjev vmesnik. Iz naprave sva odčitali rezultate ter jih zapisovali v tabelo. Sadje oz.

zelenjava je imela tako različni pH, da sva lahko dokazali, da pH ne pokaže dobro, koliko električne energije da posamezen sadež. Za izdelavo galvanskega člana sva uporabljali cinkovo in bakreno ploščico, saj so bili z njima doseženi najboljši rezultati. Poizkusili sva tudi z drugimi kombinacijami (Zn – Al, Cu – Al), vendar so bili rezultati prenizki in s tem nisva mogli uresničiti najinega namena, ki je bil, da bi led dioda čim prej zasvetila. Kasneje, v poizkusu napetosti in toka v koncentrirani raztopini citronske kisline, je bilo dokazano, da sta cink in baker najboljša kombinacija, ostale pa so dajale slabše rezultate. Vsako vrsto sadja/zelenjave sva povezovali v električni krog (ploščice so bile vedno 2 cm zapičene v sadež), merili napetost in tok ter ju vpisovali v tabelo. Najprej sva poizkusili samo z enim sadežem, nato pa sva postopoma dodajali po en sadež iste vrste. Največ sva povezali 5 enakih sadežev, saj se je takrat nehalo stopnjevanje napetosti oz. toka.

Sadje/zelenjavo (100 g) sva nato zmleli ter ponovno izmerili podatke za pH, ki je imel natančnejše vrednosti pri zmletem sadežu, izmerili pa sva tudi napetost in tok. V zmleto zmes sva pomočili cele ploščice, zato je bil v zmletem sadju/zelenjavi tok zelo visok (tudi po 10-krat večji) kot pri nezmletem sadežu. Napetost pa je bila enaka kot pri galvanskem členu iz enega sadeža. V zmleto sadje/zelenjavo sva porinili ploščici 7 cm v globino in s tem tudi dokazali, da če v sadež pomočiš večjo površino ploščic, je tok večji. Za kivi in limono sva ugotovili, da imata nizek pH in sta vir visoke napetosti. Krompir pa ima dosti višji pH, da pa visoko napetost in tok. Presenetili so naju rezultati kivija in paradižnika, saj nikjer nisva zasledili, da bi lahko z njima pridobili električno energijo, medtem ko sva za limone in krompir bili že prepričani, da sta dobra vira električne energije, saj so v poizkusih, ki so jih izvajali drugi, vedno uporabljali samo limone ali pa limone v kombinaciji s krompirjem. Dobre rezultate sta dali še mandarina in bela grenivka, ki imata visoko napetost, vendar nizek tok. Najslabše rezultate sta imela cvetača in zelje, zato sva le-te redko kdaj uporabljali. Presenetila naju je tudi rdeča paprika, saj je po globalnem eksperimentu imela največ vitamina C, zato sva predvidevali, da bo dala najvišji tok, vendar ga ni. Do podatka sva prišli preko svetovnega spleta (<http://www.rsc.org/learn-chemistry/collections/online-experimentation/collaborative-chemistry/chemistry-week-2013>).

Kasneje sva se lotili povezovanja različnih vrst sadja in zelenjave v električni krog. Ko sva



zaporedno povezali 6 sadežev, je led dioda svetila zelo močno. Potrjen je bil namen najine raziskovalne naloge, tj. priti do električne energije v sadju in zelenjavi. Seveda sva uporabili sadeže, ki so imeli najboljše rezultate pri merjenju. Poizkusili sva tudi s sadeži, ki niso imeli dobrih rezultatov. Posledično je led dioda svetila slabo ali pa sploh ni. Tako sva prišli do samo 2 zaporedno vezanih sadežev in led dioda je še vedno svetila. Ta sadeža sta bila limona in krompir. Ko sva vezali 2 člena iz enega sadja in zelenjave, led dioda ni svetila. Pri zaporedno vezanih sadežih, kjer je led dioda svetila zelo močno, sva poizkusili tudi z žarnico, vendar je bila napetost še vedno premajhna in žarnica ni svetila. Ker so zmleti sadeži dali visok tok, sva tudi te zaporedno vezali v električni krog. Tukaj je led dioda svetila, žarnica pa ni. Ker sva bili zares radovedni, sva povezali sadje oz. zelenjavo (3 sadeži) z vzporedno vezavo, ampak je bila napetost prenizka in led dioda ni svetila. Ugotovili sva, da kisline zaradi vode v sadju in zelenjavi razpadejo na ione. Ioni so nosilci električnega toka v raztopini. Električni tok je usmerjeno gibanje naelektrenih delcev. Posledica tega je prenos električnega toka iz cinka preko sadja in zelenjave do bakra in naprej po žici do led diode in žarnice. Po žicah prenašajo električni tok delokalizirani elektroni kovinske vezi, ki se prosto gibljejo.

Ker sva imeli na razpolago citronsko kislino, naju je zanimalo, ali bi z bolj koncentrirano raztopino citronske kisline dobili višje vrednosti napetosti in toka. Primerjali sva tri različne kombinacije kovin (Zn – Fe, Zn – Al, Zn – Cu), vendar temu ni bilo tako. Najboljše rezultate je imela kombinacija cink|baker, najslabša pa je bila kombinacija cink|aluminij. Vsaki raztopini sva izmerili pH, ki se je z bolj koncentrirano raztopino vedno bolj manjšal. Merili sva tudi napetost in tok. Bili sva zelo presenečeni, saj sva tu pričakovali dobre rezultate in mislili, da bo morda zasvetila celo žarnica, vendar sta tok in napetost tako počasi naraščala, da poizkusa nisva nadaljevali z višjimi koncentracijami citronske raztopine in tako sva ostali samo pri 45 % raztopini. Če bi bila napetost pri vezavi železovih in cinkovih kovin višja, bi bile vrednosti tako visoke kot pri vezavi cink|baker.

Na koncu sva prišli do spoznanja, da lahko iz sadja in zelenjave naredimo galvanski člen, baterijo, ki je vir enosmerne električne napetosti, da lahko led dioda zasveti. Napetost oz. tok sta prenizka, da bi zasvetila žarnica. Če bi izdelali take žarnice, ki bi svetile pri nizki napetosti in toku, bi sadje in zelenjavo lahko uporabili kot vir energije. Mogoče bo to celo možno v

daljni prihodnosti in bo človek zato lahko uporabljal viške sadja in zelenjave, ki jih sedaj zavrže. Ob vsem pa bo najbolje to, da ne bomo onesnaževali okolja z različnimi škodljivimi kovinami, kot ga sedaj. V daljni prihodnosti se bo ta alternativni vir energije morda celo izkoriščal. Problem sadja in zelenjave so prenizke vrednosti napetosti in toka ter dejstvo, da so vsi porabniki izdelani tako, da za delovanje potrebujejo visoko napetost in tok.

## **6.1 Uporabnost**

Na podlagi te raziskovalne naloge sva pri poizkusih posneli kratek video, kjer so bili sadeži zaporedno vezani z žicami in cinkovimi ter bakrenimi ploščicami. Na videu je razvidno, kako galvanski člen, narejen iz sadja in zelenjave, proizvede dovolj električne energije, da led dioda zasveti. Ta video lahko uporabljamo pri pouku biologije, kemije in fizike. To raziskovalno nalogo pa bodo lahko učitelji in učenci uporabljali za bolj atraktivno učenje biologije, kemije in fizike. Na preprost način bodo lahko naredili svoj galvanski člen, ki bo lahko poljubne barve in oblike, vendar bo še vedno dal električno energijo, da bo led dioda svetila. Pri pouku bi lahko učenci sami naredili oz. povezali sadje in zelenjavo v preprost galvanski člen in se ob tem veliko sami naučili.

## **6.2 Predlogi za nadaljnjo raziskavo**

Zanimivo bi bilo:

- raziskati, kakšno napetost in električni tok dobimo iz močnih kislin ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ),
- kako se napetost in tok močnih kislin spreminjata glede pH vrednosti in koncentracije.

## 7 VIRI IN LITERATURA

### KNJIŽNI VIRI

1. Bukovec, N. Kemija za gimnazije: učbenik za 2. letnik gimnazij. Ljubljana: DZS, 2010.
2. Oxlade, C. Fizika: slikovni pojmovnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1991.
3. Lazarini, F. in Brenčič, J. Splošna in anorganska kemija. Ljubljana: Državna založba Slovenije, 1989.
4. Gerlič, I. Zanimiva elektrotehnika. Maribor: Založba Obzorja Maribor, 1995.
5. Zorec, M. Naravoslovna delavnica. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2004.
6. Kornhauser, A. Pogled v kemijo 8. Učbenik za osmi razred osnovne šole. Ljubljana: Cankarjeva založba, 2003.
7. Kornhauser, A. Pogled v kemijo 9. Učbenik za deveti razred osnovne šole. Ljubljana: Mladinska knjiga, 2005.

### VIRI SLIK:

8. Vitamin C. Dostopno na:  
[http://sl.wikipedia.org/wiki/Vitamin\\_C](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vitamin_C) (pridobljeno 25. 2. 2014).
9. Jabolčna kislina. Dostopno na:  
<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>  
(pridobljeno 25. 2. 2014).
10. Baterija prihodnosti. Dostopno na:  
<http://ej-stari.blogspot.com/2012/06/baterija-prihodnosti.html>  
(pridobljeno 25. 2. 2014).

### INTERNETNI VIRI:

11. Citronska kislina. Dostopno na:  
[http://sl.wikipedia.org/wiki/Citronska\\_kislina](http://sl.wikipedia.org/wiki/Citronska_kislina) (pridobljeno 20. 2. 2014).
12. Folna kislina. Dostopno na:

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Folna\\_kislina](http://sl.wikipedia.org/wiki/Folna_kislina) (pridobljeno 20. 2. 2014).

13. Jabolčna kislina. Dostopno na:

<http://www.interchem.si/ponudba/prehrambena-industrija/jabolcna-kislina/>  
(pridobljeno 20. 2. 2014)

14. Limonina baterija. Dostopno na:

[http://www.ask.com/wiki/Lemon\\_battery](http://www.ask.com/wiki/Lemon_battery) (pridobljeno 7. 2. 2014)

15. Kisline in Baze. Dostopno na:

<http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itkek/lakbp/Volmajer/Predavanja/CHEM6.pdf>  
(pridobljeno 7. 2. 2014)

16. Gravitacija. Dostopno na: <http://www.gravitacija.net> (pridobljeno 25. 2. 2014)

17. Globalni eksperiment. Dostopno na:

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/collections/online-experimentation/collaborative-chemistry/chemistry-week-2013> (pridobljeno 20. 2. 2014)

## PRILOGA

	Količina	pH	Napetost (V)	Tok (mA)	vezava
Jabolko	1	3,90	0,987	0,2	zaporedna
	100 g zmleto	3,85	0,965	12	
	2		1,918	0,1	
	3		1,929	0,1	
	4		1,975	0,1	
	5		1,961	0,2	
Kivi	1	3,90	0,980	0,4	zaporedna
	100 g zmleto	3,51	0,960	16	
	2		1,890	0,4	
	3		1,900	0,5	
	4		1,936	0,4	
	5		1,979	0,4	
Bela grenivka	1	3,48	0,915	0,1	zaporedna
	100 g zmleto	3,50	0,935	11,7	
	2		1,843	0,1	
	3		1,917	0,1	
	4		1,901	0,1	
	5		1,964	0,1	
Mandarina	1	3,80	0,9	0,1	zaporedna vzporedna
	100 g zmleto	3,67	0,935	1	
	2		1,785	0,1	
	3		1,993	0,1	
	3		0,897	0,6	
	4		1,995	0,1	
5		1,989	0,1		
Limona	1	2,70	0,937	0,5	zaporedna
	100 g zmleto	2,55	0,884	12,6	
	2		1,865	0,4	
	3		1,931	0,3	
	4		1,811	0,3	
	5		1,980	0,3	
Zelje	1	5,20	0,81	0,2	zaporedna
	100 g zmleto	5,85	0,731	1,5	
	2		0,875	0,2	
	3		0,927	0,2	
	4		0,883	0,2	
	5		1,112	0,2	

Krompir	1	5,76	0,910	0,4	zaporedna
	100 g zmleto	6,17	0,785	7,2	
	2		1,715	0,4	
	3		1,997	0,3	
	4		1,952	0,3	
	5		1,861	0,4	
Cvetača	1	5,85	0,751	0,1	zaporedna
	100 g zmleto	6,25	0,718	3,0	
	2		0,790	0,1	
	3		0,715	0,1	
	4		0,835	0,1	
	5		0,777	0,1	
Paradižnik	1	4,30	0,967	0,3	zaporedna
	100 g zmleto	4,39	0,970	9,1	
	2		1,768	0,3	
	3		1,965	0,4	
	4		1,985	0,3	
	5		1,966	0,3	
Korenje	1	5,25	0,730	0,1	zaporedna
	100 g zmleto	5,72	0,720	1,2	
	2		1,530	0,1	
	3		1,996	0,2	
	4		1,950	0,1	
	5		1,997	0,2	
Rdeča paprika (podolgovata)	1	5,18	0,919	0,05	zaporedna
	100 g zmleto	4,99	0,832	5,2	
	2		1,025	0,05	
	3		1,983	0,1	
	4		1,988	0,1	
	5		1,999	0,2	

Priloga 1: Tabela rezultatov poizkusa merjenja napetosti, toka in pH vrednosti