

**Mladi za napredek Maribora 2017**

**34. srečanje**

**KAKO IZKORISTITI ČLOVEKOVO TELESNO TOPLOTO**

**Je lahko človek baterija?**

**Raziskovalna naloga**

**Fizika, astronomija**

Avtor: MATEJ PETELIN

Mentor: ANDREJ ROMIH, JOLANDA ORGL

Šola: OŠ TABOR I MARIBOR

Maribor, februar 2017

**Mladi za napredek Maribora 2017**

**34. srečanje**

**KAKO IZKORISTITI ČLOVEKOVO TELESNO TOPLOTO**

**Je lahko človek baterija?**

**Raziskovalna naloga**

**Fizika, astronomija**

Maribor, februar 2017

# KAZALO VSEBINE

ZAHVALA .....	7
POVZETEK.....	8
<b>1. UVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2. METODE DELA .....</b>	<b>10</b>
<b>3. ENERGIJA NA SPLOŠNO .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Kaj je energija .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Lastnosti energije .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Enote.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Delitev in razvrščanje energije.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1 Delitev po lastnostih .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1.1 Nakopičene energije .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1.2. Prehodne energije.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.2 Delitev po uporabi in viru.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.2.1.Energije iz neobnovljivih virov: .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.2.2. Energije iz obnovljivih virov: .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.3 Razvrščanje energij po pretvarjanju.....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Pridobivanje energije in njegovi problemi.....</b>	<b>14</b>
<b>TELESNA ENERGIJA ČLOVEKA.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Temperatura človeškega telesa .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Nastanek toplote .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Izguba toplote .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4 Termoregulacija .....</b>	<b>17</b>
<b>4.5 Izračun energije človeka .....</b>	<b>18</b>
<b>4. UPORABA ČLOVEKOVE ENERGIJE V PRAKSI .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 Kaj je termoelektrični pojav.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.1 Seebeckov pojav.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.2 Peltierov pojav .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.3 Thomsonov pojav .....</b>	<b>20</b>
<b>5.2 Naprave, ki delujejo na principu Seebeckovega, Peltierovega in Thomsonovega pojava</b> <b>20</b>	
<b>5.2.1 Termoelektrični generator.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2.1.1 Sestava termoelektričnega generatorja .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.2 Peltierjev element .....</b>	<b>21</b>
<b>PRAKTIČNI DEL.....</b>	<b>22</b>
<b>6. IDEJA IN IZDELAVA .....</b>	<b>22</b>

---

<b>6.1 Ideja</b> .....	22
<b>6.2 Potek dela</b> .....	23
<b>6.2.1 Nakup sestavnih delov in primerjava posameznih elementov</b> .....	23
<b>6.2.2 Izbira najučinkovitejšega elementa (Peltierjev ali Seebeckov element)</b> .....	24
<b>6.2.2.1 Meritev prenosa toplotne energije v napetost (1 element)</b> .....	24
<b>6.2.2.2 Preizkus z grafitnim lističem med Peltierjevim elementom in hladilnim telesom</b> .....	25
<b>6.2.2.3 Meritev prenosa toplotne energije v napetost (2 elementa)</b> .....	25
<b>6.2.2.3.1 Vzporedna povezava</b> .....	26
<b>6.2.2.3.2 Serijska povezava v obliki stolpa (električno gledana serijska povezava)</b> .....	27
<b>6.3 Analiza in končna izbira elementa</b> .....	27
<b>6.4 Kaj je še bilo potrebno za končno izdelavo</b> .....	28
<b>6.4.1 Integrirano vezje</b> .....	28
<b>6.4.1.1 Delovanje vezja</b> .....	29
<b>6.4.2 Električni kondenzator kot energijska posoda</b> .....	30
<b>7. TESTIRANJE HIPOTEZ V PRAKSI</b> .....	33
<b>7.1 Napajanje energije v ročni uri</b> .....	33
<b>7.2 Napajanje energije v prenosnem kalkulatorju</b> .....	35
<b>8. IZBOLJŠAVE</b> .....	36
<b>ZAKLJUČEK</b> .....	37
<b>9. UPORABNA VREDNOST NALOGE IN DRUŽBENA ODGOVORNOST</b> .....	38
<b>10. VIRI IN LITERATURA</b> .....	38

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1, Načini pridobivanja energije (<a href="https://goo.gl/3tNyML">https://goo.gl/3tNyML</a>)</i>	13
<i>Slika 2, Pridobivanje energije danes (<a href="https://goo.gl/yMFUqj">https://goo.gl/yMFUqj</a>)</i>	15
<i>Slika 3, Razlitje nafte (<a href="https://goo.gl/oC9F9a">https://goo.gl/oC9F9a</a>)</i>	15
<i>Slika 4 Temperatura človeškega telesa (<a href="https://goo.gl/X5BO7C">https://goo.gl/X5BO7C</a>)</i>	16
<i>Slika 5 Izguba toplote s pomočjo potenja (<a href="https://goo.gl/1WJ6AU">https://goo.gl/1WJ6AU</a>)</i>	17
<i>Slika 6, Thomas Johann Seebeck (<a href="https://goo.gl/FwSRRy">https://goo.gl/FwSRRy</a>)</i>	20
<i>Slika 7, Jean Charles Athanase Peltier (<a href="https://goo.gl/suolbQ">https://goo.gl/suolbQ</a>)</i>	20
<i>Slika 8, Sestava Peltierjevega elementa (<a href="https://goo.gl/46rm3X">https://goo.gl/46rm3X</a>)</i>	22
<i>Slika 9, Vzporedna povezava dveh serijsko povezanih elementov (<a href="https://goo.gl/VePK2Q">https://goo.gl/VePK2Q</a>)</i>	26
<i>Slika 10, Serijska povezava dveh elementov (<a href="https://goo.gl/VePK2Q">https://goo.gl/VePK2Q</a>)</i>	27
<i>Slika 11, Kupljeno vezje z napetostnim pretvornikom LTC3108 (lastni vir)</i>	29
<i>Slika 12, Modificirano vezje z napetostnim pretvornikom LTC3108</i>	29
<i>Slika 13, Električna shema vezja napetostnega pretvornika z LTC3108</i>	30
<i>Slika 14, Električni kondenzator kot energijska posoda (<a href="https://goo.gl/3mxghH">https://goo.gl/3mxghH</a>)</i>	31
<i>Slika 15, Končna različica vezja (lastni vir)</i>	32
<i>Slika 16, Sestava ure (lastni vir)</i>	34
<i>Slika 17, vezje in ekran ure</i>	35
<i>Slika 18, vezje in ekran ure</i>	35
<i>Slika 19, povezava porabnika z vezjem in elementom</i>	36

## KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Poraba moči telesa za določeno aktivnost</i>	18
<i>Tabela 2: Kupljeni izdelki</i>	23
<i>Tabela 3: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnega telesa- neobremenjen</i>	24
<i>Tabela 4: Opravljene meritve za TEG SP1848-27145 SA brez hladilnega telesa- neobremenjen</i>	24
<i>Tabela 5: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 2) brez hladilnega telesa- neobremenjen</i>	24
<i>Tabela 6: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 1) z grafitnim filmom - neobremenjen</i>	25
<i>Tabela 7: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika- neobremenjena</i>	26
<i>Tabela 8: Opravljene meritve za dva vzporedno povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – obremenjena 1000 <math>\mu</math>F</i>	26
<i>Tabela 9: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – neobremenjena</i>	27
<i>Tabela 10: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – obremenjena</i>	27
<i>Tabela 11: Delovanje ure</i>	34
<i>Tabela 12: Delovanje kalkulatorjev</i>	36

## **KAZALO GRAFOV**

<i>Graf 1: Izhodni tok (<math>I_{\text{vout}}</math>) in izkoristek glede na vhodno napetost (<math>V_{\text{in}}</math>).....</i>	30
<i>Graf 2: Toplotna prevodnost snovi .....</i>	32

## **ZAHVALA**

Posebej bi se rad zahvalil svojim mentorju in mentorici, ki sta mi nudila pomoč pri izdelavi naloge ter me pravilno usmerjala. Iskreno se zahvaljujem tudi Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, ki je omogočila nastanek celotnega izdelka.

## POVZETEK

V nalogi opisujem različne vrste energije, njihovo pridobivanja ter njihove vplive na človeka in naravo. Ker ocenjujem, da je uporaba človekove telesne toplotne energije ena od rezerv, s katerimi človeštvo razpolaga za pridobivanje električne energije v prihodnosti, se v nadaljevanju podrobneje posvetim predstavitvi toplotne energije človeškega telesa ter termoelektričnega generatorja, ki toplotno energijo človeškega telesa »pretvori« v električno energijo. V praktičnem delu naloge testiram in izberem potrebne sestavne dele ter končni izdelek uporabim za preverjanje svojih hipotez. Ugotovim, da uporabljeno modificirano vezje ob pomoči Peltierjevega elementa uspešno spreminja človeško toplotno energijo v napetost.



## 1. UVOD

Vsa človeku znana živa bitja črpajo energijo za življenje iz narave. To storijo s prehranjevanjem, a človek jo uspešno pridobiva in uporablja tudi drugače. V današnjem času prištevamo energijo kot dobrino, ki jo lahko prodajamo ali uporabljamo za lastne potrebe, nihče pa nanjo gleda kot stvar, ki smo jo naravi odvzeli in s tem povzročili negativne spremembe.

Energije se medsebojno razlikujejo in zavedati se moramo, da se škoda razlikuje glede na način njihovega pridobivanja. Vsak način pridobivanja energije ima poleg dobrih tudi slabe, negativne, ali celo takšne posledice, ki imajo uničujoč vpliv za okolico, ter posledično tudi na nas, ljudi.

Ne glede na napake, ki pa jih delamo, pa določeni znanstveniki iščejo sodobne načini pridobivanja energije, ki meri na okolju prijazno plat. V nalogi bom predstavil določene načine proizvodnje ter pretvarjanja energije, njihove vplive na okolje in kot možen način pridobivanja energije predstavil uporabo toplotne energije človeškega telesa.

Dejstvo je namreč, da postajajo male elektronske naprave vedno bolj nepogrešljive za opravljanje vsakodnevnih človekovih opravil in za njegovo zabavo, zato se tudi vedno bolj zavedamo pomena zmogljivosti njihovih baterij. Ker pa kapacitete hranilnikov električne energije ni mogoče povečevati v nedogled, je nujno najti alternativno rešitev.

In ta alternativna rešitev je lahko človek, skupaj z njim pa termoelektrični generator, ki toplotno energijo človeškega telesa »pretvori« v električno energijo in nadomesti množico baterij, ki poleg tega, da je njihova zmogljivost omejena, znatno prispevajo k onesnaženju okolja.

Prva hipoteza, ki sem si jo zastavil v svoji nalogi, je zato bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti kot nadomestilo za baterijo (Hipoteza 1).

V povezavi s tem sem si zastavil še nadaljnjo hipotezo, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ure (Hipoteza 2), ter tretjo hipotezo, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročnega kalkulatorja (Hipoteza 3).

V primeru potrditve zgornjih hipotez, bi bilo mogoče le-te nadalje razvijati in dopolnjevati v smislu uporabe človekove telesne toplote tudi v druge namene.

Če bi bilo mogoče, bi se bistveno razbremenilo naše naravno okolje, človek pa bi za svoje dejavnosti dobil izredno dragocen obnovljiv vir energije.

Je človek torej lahko baterija?

## 2. METODE DELA

Za izdelavo teoretičnega dela raziskovalne naloge sem uporabil opisno (deskriptivno) metodo s študijem in primerjavo razpoložljivih informacij s svetovnega spleta ter tiskanih virov, izsledke, pridobljene na ta način, pa sem povezal z rezultati praktičnega dela naloge. V praktičnem delu sem uporabil empirično metodo dela. Izbral sem ustrezne sestavne dele mojega bodočega izdelka, pri čemer sem pri opisu posameznih elementov in njihove funkcije hvaležno sprejel pomoč mentorja. Za izbiro ustreznega elementa sem opravil potrebne meritve, nato pa sem le-tega uporabil v svojem izdelku, ki sem ga izdelal zato, da bi lahko potrdil ali ovrigel zastavljene hipoteze.

## 3. ENERGIJA NA SPLOŠNO

### 3.1 Kaj je energija

Energija je sestavljena fizikalna količina, neusmerjena (skalarna) veličina povezana s sposobnostjo opravljanja dela. Poimenovanje fizikalne količina izhaja iz starogrške besede *dejavnost*. (Povzeto po: <https://goo.gl/PJqkAV>)

Energija spada med take naravne pojave, o katerih ima fizikalno izobražen človek zelo jasno predstavo in pojmovanje, ki pa se nekako izmikajo precizni definiciji. To je povsem razumljivo, saj spada energija med fizikalne prapojave, katerih se ne da definirati, kakor se aksiomi ne dajo dokazati. (Povzeto po: <https://goo.gl/PJqkAV>)

### 3.2 Lastnosti energije

Po zakonu o ohranitvi energije se skupna energija sistema spremeni natanko za prejeto ali oddano delo ali toploto. Energije torej ne moremo ustvariti ali uničiti.

Če se na račun oddanega dela zmanjšala skupna energija opazovanega sistema, se je za natanko toliko na račun prejetega dela povečala energija njegove okolice.

Zaradi naštetih lastnosti si znanstveniki energijo predstavljajo kot fizikalno količino podobno snovi. O energiji se tako pogovarjamo na enak način, kot bi se pogovarjali o npr. vodi, plastiki ali zlatu. Ker energije ne moremo uničiti, to prenesemo ali pretočimo iz enega sistema v drugega. Energijo tako najdemo v različnih sistemih v različnih oblikah. Energijo lahko tudi shranjujemo. (Povzeto po: <https://goo.gl/XBm0sy>)

### 3.3 Enote

V fiziki energijo prepoznamo kot eno izmed fizikalnih količin, ki jo lahko merimo z ustreznimi napravami in inštrumenti. Osnovna enota, s katero danes merimo energijo, je Joule (džul), v uporabi pa je še nekaj izpeljank (kJ, MJ, PJ). Poznamo nekaj starejših poimenovanj, kot so kalorija, erg ter BTU, a teh mednarodni sistem enot ne dopušča več. (Povzeto po: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Energija>)

### 3.4 Delitev in razvrščanje energije

Energijo delimo na različne načine, pogosto po njenih lastnostih, uporabi ali pretvarjanju.

#### 3.4.1 Delitev po lastnostih

##### 3.4.1.1 Nakopičene energije

- potencialna energija
  - geodetska potencialna energija vodnih mas, deformacijska energija vzmeti itd.
- notranja energija
  - kalorična notranja energija – na ravni molekul, (termično nihanje molekul; primer: vulkanska lava)
  - kemična notranja energija – na ravni atomov, (shranjena v obliki kemijski vezi primer: goriva)

- jedrska notranja energija – na ravni atomskih jeder, (v obliki jedrskih sil; primer: jedrsko gorivo)
- kinetična energija
  - kinetična energija vetra, vodnih tokov, kinetična energija vztrajnika, itd.

### **3.4.1.2. Prehodne energije**

- mehanska energija (mehansko delo)
- toplota
- delo električnega toka
- energija elektromagnetnega sevanja (npr. svetloba)
- energija zvočnega valovanja (npr. zvok)

### **3.4.2 Delitev po uporabi in viru**

#### **3.4.2.1 Energije iz neobnovljivih virov:**

- Fosilna goriva
  - Predstavljajo energetski vir na osnovi zalog organskih spojin, ki so se pri posebnih pogojih pod zemljo nabirale milijone let.
- Jedrska goriva
  - Fizija: Predstavljajo energetski vir na osnovi zalog rudnin, ki vsebujejo uran.
  - Fuzija: Predstavljajo energetski vir na osnovi zalog devterija in tricija, v morski vodi.

#### **3.4.2.2. Energije iz obnovljivih virov:**

Energetski viri, ki so na razpolago ali nastajajo na osnovi delovanja sončne energije, geotermalne energije ali gravitacijske energije. (Povzeto po: <https://goo.gl/qCo6Zv>)



Slika 1, Načini pridobivanja energije (<https://goo.gl/3tNyML>)

### 3.4.3 Razvrščanje energij po pretvarjanju

Energije, ki jih človek pridobi iz naravnih virov, običajno niso v takih oblikah, ki bi jih lahko uporabljali v vsakdanu (v gospodinjstvu, industriji ali prometu, ...), zato jih pretvarjamo v uporabne oblike, pri čemer pa pride do določenih izgub.

Tako ločimo:

- **primarno energijo** - to je energija, pridobljena iz narave brez procesa tehnične pretvorbe goriva (zemeljski plin, premog, les, nafta).
- **sekundarno energijo**: je energija, ki smo jo dobili s pretvorbo iz primarne (npr. električna s pomočjo vetra, ki vrti vetrnico). Pri pretvorbi pride do izgube.
- **končno energijo**: Je energija, ki jo dobi uporabnik. Je manjša od primerne in sekundarne energije zaradi izgub pri prenosu.
- **koristno energijo**: Je energija, ki jo uporabi določen uporabnik (topla žarnica, vroča kuharna plošča, ogrevalni ali hladilni sistem). Upoštevane so izgube pri pretvorbi električne energije v toplotno. (Povzeto po: <https://goo.gl/ds0eRp>, <https://goo.gl/qCo6Zv>)

### 3.5 Pridobivanje energije in njegovi problemi

Vsa človeku znana živa bitja črpajo energijo za življenje iz narave. To storijo s prehranjevanjem, a človek jo uspešno pridobiva in uporablja tudi drugače. Pred več milijoni let je človek prvič ukrotil ogenj in začel uporabljati posušen les dreves, da je ogrel sebe, osvetlil svoje bivališče ter prestrašil naravne sovražnike. Toploto je uporabil kot pripomoček pri pripravi hrane.

Danes večino energije pridobimo s pomočjo fosilnih goriv in biomase. To so oblike uskladiščene sončne energije, katerih zaloge so omejene. Imajo veliko dobrih lastnosti, kot so recimo večja koncentriranost energije, primernost za množično uporabo, cenovna ekonomičnost uporabe, vendar, kot vedno bolj ugotavljamo v zadnjih desetletjih, tudi mnoge slabe, kot je onesnaževanje okolja, segrevanje ozračja in ne nazadnje tudi nevarnost izčrpanja in izrabe.

Energetika in okolijski problemi so zelo povezani, saj je praktično nemogoče proizvajati, prenašati ali uporabljati energijo brez znatnih učinkov na okolje. Okolijski problemi, ki so neposredno povezani s proizvodnjo in rabo energije, vključujejo onesnaževanje zraka, vode, toplotno onesnaževanje ter odlaganje kosovnih odpadkov. Emisije v ozračje, ki nastanejo pri zgorevanju fosilnih goriv, so glavni povzročitelj onesnaženosti mest. Razni problemi z emisijami v vodi so povezani z rabo energije. Eden izmed glavnih problemov so razlitja nafte. Tudi kopanje premoga lahko povzroči onesnaževanje vode. Kosovni odpadki so tudi stranski produkt nekaterih oblik rabe energije. Na splošno pa se okolijski problemi povečujejo s povečanjem rabe energije. Vse to pa v kombinaciji z omejenimi energetske viri predstavlja srž energetske krize. Energetske potrebe so v svetu iz leta v leto višje, narekuje jih pospešena gospodarska rast razvitih držav in držav v razvoju. Zato moramo najti način, kako priti do energije, ki ne bo onesnaževala ali uničevala okolja v takšni meri, kot ga je do zdaj (slika 1 in 2). Začeti moramo uporabljati energente, ki povzročajo najmanj škode okolju. Najti moramo tudi način, kako priti do energije, ki bo cenovno dostopna vsem uporabnikom, kajti zaloge fosilnih goriv so vedno manjše, posledično pa tudi vedno dražje. To je pa mogoče samo z izkoriščanjem obnovljivih virov energije. Ko iz njih proizvajamo energijo, jih ne porabljamo, zato ni nevarnosti, da bi jih zmanjkalo. Dobra stran obnovljivih virov energije je tudi ta, da so to čisti viri, ki imajo na okolje zelo malo slabega vpliva. Energija iz obnovljivih virov postaja tudi cenovno vedno bolj dostopna. Pred tehniki je torej naloga, da vzpostavijo ravnotežje med izkoriščanjem naravnih virov energije, zahtevami po energiji in ter ohranitvijo okolja. Velik

del teh zahtev predstavljajo tehnologije, ki omogočajo pridobivanje zelenih vrst energije na okolju prijazen način s tem pa tudi načrtovano gospodarsko rast ter so naraven razvoj človeštva. Posledica tega pa so potrebe po vse večjih količinah iz naravnih energetske virov s sočasnim naraščanjem ekološke osveščenosti in zahtev po zaščiti okolja. (Povzeto po: Novak in Medved, Energija in okolje. Ljubljana, 2000. Dostopno na: <https://goo.gl/4MOc0L>)



*Slika 2, Pridobivanje energije danes*  
(<https://goo.gl/yMFUqj>)

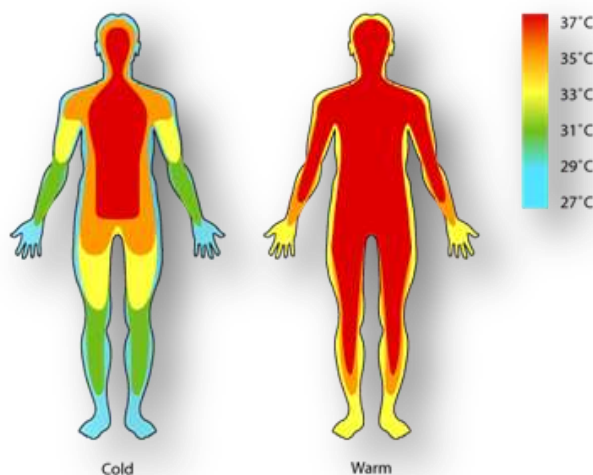


*Slika 3, Razlitje nafte*  
(<https://goo.gl/oC9F9a>)

## TELESNA ENERGIJA ČLOVEKA

### 4.1 Temperatura človeškega telesa

Človek je homeotermno bitje, sam proizvaja in oddaja toploto, tako da vzdržuje neko stalno telesno temperaturo, ki se kljub nihanju okolja le malo spreminja. Normalna telesna temperatura je pogoj za normalno celično presnovo in delovanje organizma kot celote. (Povzeto po: <https://goo.gl/r12BeY>)



Slika 4, Temperatura človeškega telesa (<https://goo.gl/X5BO7C>)

### 4.2 Nastanek toplote

K nastanku toplote v organizmu prispevajo različne biokemijske reakcije, poleg tega pa k temu prispeva tudi zaužitje hrane, krčenje (kontrakcija) skeletnih mišic (npr. pri športnih aktivnostih, pa tudi v smislu tresave termogeneze). (Povzeto po: <https://goo.gl/r12BeY>)

### 4.3 Izguba toplote

Za izgubo toplote je izjemnega pomena izhlapevanje (evaporacija) vode. Le-ta ima namreč veliko izparilno toploto, torej potrebuje veliko energije za uparitev (natančneje se z uparitvijo 1 g vode odstrani okoli 2520 J toplote). Preko izhlapevanja znoja na koži in vode na sluznici dihalnih poti se človek lahko tako hitro znebi presežka toplote.



Drugi način izgube toplote je prevajanje toplote oz. kondukcija, pri kateri se toplota izmenja med dvema telesoma oz. snovema v neposrednem stiku. Pogoj za izmenjavo je seveda temperaturni gradient, tj. temperaturna razlika, pri čemer toplotni tok v skladu z 2. zakonom termodinamike teče od telesa z višjo temperaturo k telesu z nižjo. K izgubi prispeva tudi konvekcija, torej gibanje molekul stran od območja stika. Primer tega je npr. zmanjšanje težnosti segretega zraka v stiku s človekom, ki postane lažji in se dvigne, hladnejši zrak v okolici pa je težji, zaradi česar se spusti nižje in predstavlja tako novi dotok zraka, ki pride v stik s telesom. H konvekciji prispeva seveda tudi gibanje telesa skozi medij (npr. plavanje) ter veter. Naslednji način izgube toplote je sevanje telesa, tj. prenos toplote z infrardečim valovanjem od enega telesa k drugemu, ki ni v neposrednem stiku s prvim. Tudi samo okolje ima v zvezi s tem pomemben vpliv: posameznika lahko npr. zebe v sobi, ki je relativno topla, vendar ima mrzle stene, po drugi pa se lahko v času zime, kjer je temperatura zraka pod zmrziščem, počuti ugodno zaradi odboja svetlobe od snega. (<https://goo.gl/r12BeY>)



*Slika 5, Izguba toplote s pomočjo sevanja (<https://goo.gl/IWJ6AU>)*

#### **4.4 Termoregulacija**

Termoregulacija je sposobnost organizma za ohranjanje telesne temperature v določenih mejah, tudi ob znatno drugačni temperaturi okolja. Je proces homeostaze, ki vzdržuje dinamično ravnovesje med količino nastale oziroma prejete in oddane toplote.

Temperatura variira glede na telesno notranjost - jedro in površino- skorjo. Na telesni površini je za okoli 0,5 °C nižja kot v jedru (slika 4). Tudi telesna površina nima povsod enake

temperature, distalni (oddaljeni) deli so hladnejši od proksimalnih (bližji). (Povzeto: <https://goo.gl/5BImB9>)

#### 4.5 Izračun energije človeka

Povprečen človek dnevno potroši približno  $8.37 \times 10^6$  joulov energije, saj so naša telesa v nekakšnem ravnovesju z okolico. Če predpostavimo, da nas večina energije zapušča v obliki toplote, lahko izračunamo, da oddajamo približno 349.000 J energije na uro.

S pomočjo pretvorbe v Wate, ki so Jouli na sekundo, lahko zapišemo, da je to enako energiji 100 Watne žarnice. (Povzeto po: <https://goo.gl/zZvXz0>, <https://goo.gl/zZCftJ>)

$$\frac{8.37 \times 10^6 J}{24 h} = 348.750 J$$

$$\frac{348.750 J}{3.600 s} \approx 100 W$$

*Tabela 1: Poraba moči telesa za določeno aktivnost*

Aktivnost	Moč (J/s=W)
Spanje	81
Ležanje	93
Sedenje	116
Pogovarjanje	128
Prehranjevanje	128
Vožnja avtomobila	163
Hišna opravila	175
Plavanje	582
Plezanje po hribih	698
Tek na dolge razdalje	1048

#### 4. UPORABA ČLOVEKOVE ENERGIJE V PRAKSI

Že predhodno je bilo izpostavljeno, da je mogoče človekovo energijo tudi praktično uporabiti. Na tem sem tudi gradil v svoji raziskovalni nalogi, moja raziskovanja pa so temeljila na uporabi termoelektričnega pojava.

## 5.1 Kaj je termoelektrični pojav

Termoelektrični pojav označuje skupino fizikalnih pojavov, pri katerih gre za neposredno pretvorbo temperaturne razlike v električno napetost in obratno. Med termoelektrične pojave uvrščamo Seebeckov pojav, Peltierov pojav, Thomsonov pojav, pa tudi sproščanje Joulove toplote zaradi električnega upora pri prevajanju električnega toka. Prvi trije pojavi so reverzibilni, zadnji pa ne. (<https://goo.gl/Pqv2P2>)

### 5.1.1 Seebeckov pojav

Seebeckov pojav je neposredna pretvorba temperaturne razlike v električno napetost. Pojav je leta 1821 po naključju odkril nemški fizik Thomas Johann Seebeck, ki je odkril, da se med koncema kovinske palice pojavi električna napetost, kadar je v palici temperaturni gradient  $\Delta T$ . Seebeckov pojav izkoriščamo v termoparu za posredno merjenje temperature. (<https://goo.gl/Pqv2P2>)

### 5.1.2 Peltierov pojav

Peltierov pojav je obrnjeni pojav od Seebeckovega; pri njem gre za ustvarjanje temperaturne razlike z električno napetostjo. Do njega pride, kadar teče električni tok skozi dvoje različnih kovin ali polprevodnikov (tipa n in tipa p), ki se stikata na dveh spojih (Peltierovih spojih). Električni tok obenem poganja toplotni tok od enega stika proti drugemu, eden od stikov se zato hladi, drugi pa segreva. Pojav je leta 1834, trinajst let po Seebeckovem odkritju, opazil francoski fizik Jean Charles Athanase Peltier. (<https://goo.gl/Pqv2P2>)

### 5.1.3 Thomsonov pojav

Thomsonov pojav je napovedal in kasneje opazoval lord Kelvin leta 1851. Opisuje segrevanje ali hlajenje tokovnega prevodnika s temperaturnim gradientom. Vsak tokovni prevodnik (z razliko od superprevodnika) s temperaturno razliko med dvema točkama absorbira ali oddaja toploto, kar je odvisno od materiala. Če gostota električnega toka  $j$  preteče skozi homogeni prevodnik, nastane toplota  $q$  na enoto prostornine:

$$q = \rho j^2 - \mu j \frac{dT}{dx},$$

kjer je  $\rho$  specifična upornost materiala,  $dT/dx$  temperaturni gradient vzdolž vodnika in  $\mu$  Thomsonov koeficient. Prvi člen je Joulovo segrevanje, ki ne spremeni znaka; drugi člen pa je Thomsonovo segrevanje, ki ima enak predznak kot  $J$ . (<https://goo.gl/Pqv2P2>)



Slika 6, Thomas Johann Seebeck  
(<https://goo.gl/FwSRRy>)



Slika 7, Jean Charles Athanase Peltier  
(<https://goo.gl/suolbQ>)

## 5.2 Naprave, ki delujejo na principu Seebeckovega, Peltierovega in Thomsonovega pojava

### 5.2.1 Termoelektrični generator

Termoelektrični generator (Thermoelectric generator ali TEG), tudi Seebeck generator, je naprava, ki spremeni temperaturno razliko naravnost v električno energijo. Ta termoelektrični pojav imenujemo Seebeckov efekt.

### 5.2.1.1 Sestava termoelektričnega generatorja

Materiali, ki sestavljajo termoelektrični generator, morajo imeti visoko električno prevodnost ( $\sigma$ ) ter nizko termalno oz. toplotno prevodnost ( $\kappa$ ). Materiali, ki so bili sprva uporabljeni, so bimetalne sponke, novejši generatorji pa uporabljajo polprevodnike iz bizmut telurida ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ), svinčevega telurida ( $\text{PbTe}$ ), kalcijevega mangan oksida, katerih nizka termalna prevodnost omogoča ustvarjanje visoko voltažo. Termoelektrični generator v svoji sestavi izstopa, saj za razliko od navadnih generatorjev nima gibljivih delov.

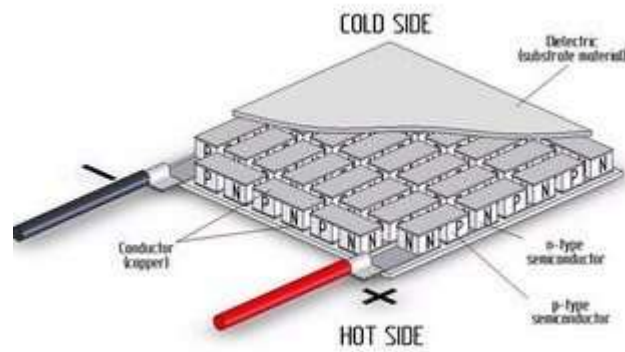
Izdelava termoelektričnega generatorja je sorazmerno lahka, cena pa visoka v primerjavi z izkoristkom, ki je majhen. Namreč direktna sprememba toplotne energije v napetost povzroča izgube. Izkoristek tako znaša med 5-8 %. (Povzeto po: <https://goo.gl/c5uS6a>, <https://goo.gl/Mqrm3X>)

### 5.2.2 Peltierjev element

Peltierjev element (Thermoelectric cooler ali TEC) je v bistvu toplotna črpalka, ki deluje na principu Peltierjevega efekta. Peltierji vsebujejo več polprevodnikov tipa n in p, ki so električno povezani v serije in stisnjeni med dve keramični plošči. (Anders, Goran Peltierjevi elementi. Slotech. 2000, Dostopno na: <https://goo.gl/z3TBbi>)

Če Peltierjev element priključimo na vir električne napetosti, nastane na kontaktnih mestih električno polje. Zaradi tega prehajajo elektroni iz nižjega na višji energijski nivo. Energijo za prehod dobijo iz okolice, kar povzroči ohlajanje stičnega mesta in s tem okoliškega medija. Na drugi strani se odvija ravno obraten proces. Elektroni oddajajo energijo, ki se sprošča v obliki toplote v okolico. Peltierjev element ima tako dve strani, toplo in hladno.

Če želimo doseči čim boljši hladilni učinek Peltierjevega elementa, moramo uporabiti materiale z dobro električno prevodnostjo. Na ta način dosežemo lažji prehod elektronov iz nižjega na višji energijski nivo. Po drugi strani mora imeti material slabo toplotno prevodnost, da ne pride do odtekanja toplote s tople na hladno stran elementa. (Povzeto po: <https://goo.gl/yJt3JO>)



Slika 8, Sestava Peltierjevega elementa (<https://goo.gl/46rm3X>)

## PRAKTIČNI DEL

V praktičnem delu sem želel preveriti moje hipoteze, zastavljene v teoretičnem delu,

Prva hipoteza, ki sem si jo zastavil v svoji nalogi, je bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti kot nadomestilo za baterijo (Hipoteza 1).

Druga hipoteza je bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročne ure (Hipoteza 2).

Tretja hipoteza, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročnega kalkulatorja (Hipoteza 3).

## 6. IDEJA IN IZDELAVA

### 6.1 Ideja

Človekova inovativnost je neskončna ter mu omogoča, da nekaj izpopolni, popravi ali ustvari. Sam sem na primer lani poleti, kot že tolikokrat poprej, med tekom opazil, da mi postaja toplo, vendar pa sem tokrat prvič pomislil, da se zunanja temperatura ni spreminjala. Koža je postala rdeča, začel sem dihati s težavo, pa tudi potiti sem se začel. Takrat sem se pomislil, čemu ne bi te toplote uporabil za nekaj koristnega, nekaj, kar bi mi olajšalo življenje, npr. da bi napolnil svoj prazen telefon v žepu ... Sprva sem želel idejo zavreči, nato pa sem pobrskal po svetovnem spletu in ugotovil, da nisem prvi, ki sem prišel do nje, da pa do izvedbe v

praksi, ki bi imela neke vidne, koristne rezultate še ni prišlo. Odločil sem se, da moram to idejo v praksi preveriti tudi sam in videti, ali in kako deluje.

## 6.2 Potek dela

Ko sem pričel z delom, si nisem mislil, da bo trajalo tako dolgo. Vedel sem sicer, da moje trenutno znanje ne dosega ravni, ki bi mi omogočala, da bi svojo idejo razvil do konca, zato sem bil še toliko bolj hvaležen za pomoč mentorja, s katerim sva moje zamisli preizkušala v praksi. Nisem si mislil, da bom pred tem, ko bom sploh prišel do tega, da bom lahko preizkusil svoje hipoteze, moral opraviti toliko drugih meritev. Le-te bom predstavil v nadaljevanju.

### 6.2.1 Nakup sestavnih delov in primerjava posameznih elementov

S pomočjo novo pridobljenega znanja in razumevanja termoelektričnih pojavov sem preko spletne trgovine eBay pridobil naslednje izdelke:

*Tabela 2: Kupljeni izdelki*

IZDELEK	CENA
TEG SP1848-27145 SA element	1, 50 €
TEC1-12706 element	0, 99 €
TEC1-12706 (2.gen) element	1, 50€
Visoko integrirano vezje z napetostnim pretvornikom LTC3108	17€
Skupaj	20, 99€

## 6.2.2 Izbira najučinkovitejšega elementa (Peltierjev ali Seebeckov element)

Glede na dokaj širok izbor možnih elementov sem opravil določene meritve ter te medsebojno primerjal. Za izboljšanje termične prevodnosti med Peltierjevim elementom in aluminijastim hladilnim telesom sem vmes namestili poseben sintetično izdelan grafitni listič (PGS-Pyrolytic Graphite Sheet), katerega termična prevodnost je bil 5x boljša od bakra (PGS 10 um, EYGA091201A) (graf 2). Namestitev grafitnega lističa ni bistveno izboljšala rezultatov, z mentorjem sva predvidela, da zaradi tankega lističa in ne popolne ravnine Peltierjevega elementa nista dobro nalegala na hladilno telo. Prav tako ni bilo prisotne dovolj velike sila, ki bi pritiskala hladilno rebro k grafitni foliji.

### 6.2.2.1 Meritev prenosa toplotne energije v napetost (1 element)

- Temperatura prostora = 21 °C
- Temperatura dlani = 26 °C
- Temperatura podlage = 20 °C

Tabela 3: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnega telesa- neobremenjen

Čas merjenja (t)	Najvišja napetost	Končna napetost
1 min	100 mV	75, 88 mV
3 min	64 mV	46, 55 mV

Tabela 4: Opravljene meritve za TEG SP1848-27145 SA brez hladilnega telesa- neobremenjen

Čas merjenja (t)	Najvišja napetost	Končna napetost
1 min	64 mV	61, 56 mV
3 min	40 mV	37, 35 mV

Tabela 5: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 2) brez hladilnega telesa- neobremenjen

Čas merjenja (t)	Najvišja napetost	Končna napetost
1 min	80 mV	75, 72 mV
3 min	50 mV	47, 46 mV



Pomembni iztočnici pri merjenju napetosti sta bili predvsem kolikšna je bila najvišja napetost in kolikšna končna. S pomočjo najvišje ter končne napetosti sem ugotovil sposobnost kakovost polprevodnikov različnih elementov, ki preprečujejo, da se temperature njihovih ploskev ne izenači.

### 6.2.2.2 Preizkus z grafitnim lističem med Peltierjevim elementom in hladilnim telesom

Glede na opravljene meritve sem se odločil izločiti preostala elementa ter delo nadaljeval le še z TEC1-12706 (serija 1). Opis Peltierjevega elementa je podan že pod točko 5.2.2.

Za izboljšanje termične prevodnosti med Peltierjevim elementom in aluminijastim hladilnim telesom sem vmes namestil poseben sintetično izdelan grafitni listič (PGS-Pyrolytic Graphite Sheet), katerega termična prevodnost je bil 5x boljša od bakra (PGS 10 um, EYGA091201A). Namestitev grafitnega lističa ni bistveno izboljšala rezultatov, z mentorjem sva predvidela, da zaradi tankega lističa in ne popolne ravnine Peltierjevega elementa nista dobro nalegala na hladilno telo. Prav tako ni bilo prisotne dovolj velike sile, ki bi pritiskala hladilno rebro k grafitni foliji.

*Tabela 6: Opravljene meritve za TEC1-12706 (serija 1) z grafitnim filmom - neobremenjen*

Čas merjenja (t)	Najvišja napetost	Končna napetost
1 min	101 mV	75, 97mV
3 min	65 mV	47, 14 mV

### 6.2.2.3 Meritev prenosa toplotne energije v napetost (2 elementa)

- Temperatura prostora = 20 °C
- Temperatura dlani = 23 °C
- Temperatura podlage = 21 °C

Glede na to, da sem povezal dva elementa serijsko, sem lahko opravil meritve v več položajih ter primerjal dobljene podatke.

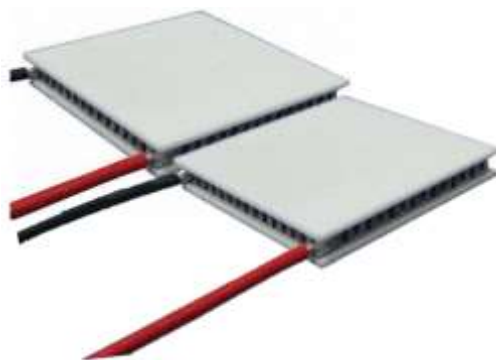
### 6.2.2.3.1 Vzporedna povezava

*Tabela 7: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – neobremenjena*

Čas merjenja (t)	Napetost po 1 minuti	Končna napetost
3 min	195 mV	123 mV

*Tabela 8: Opravljene meritve za dva vzporedno povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – obremenjena*

Čas merjenja (t)	Napetost po 1 minuti	Končna napetost
3 min	74 mV	35 mV



*Slika 9, Vzporedna povezava dveh serijsko povezanih elementov (<https://goo.gl/VePK2Q>)*

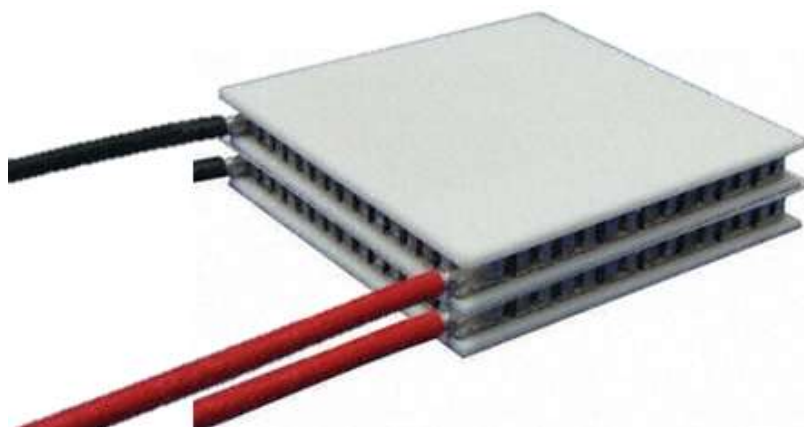
### 6.2.2.3.2 Serijska povezava v obliki stolpa (električno gledana serijska povezava)

Tabela 9: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – neobremenjena

Čas merjenja (t)	Napetost po 1 minuti	Končna napetost
3 min	120 mV	66 mV

Tabela 10: Opravljene meritve za dva serijsko povezana TEC1-12706 (serija 1) brez hladilnika – obremenjena

Čas merjenja (t)	Napetost po 1 minuti	Končna napetost
3 min	40 mV	0 mV



Slika 10, Serijska povezava dveh elementov (<https://goo.gl/VePK2Q>)

### 6.3 Analiza in končna izbira elementa

Meritve učinkovitosti posameznih elementov so potekale pod enakimi pogoji, kar nudi čim bolj natančno primerjavo. S pomočjo tabele sem lahko rezultate skrbno pregledal ter določil element, ki bo uporabljen v izdelku. Izkazalo se je, da je to Peltierjev element TEC1-12706 (serija 1), ki se najbolje obnese za takšen tip dela. Rezultate sem še nekoliko izboljšal tako, da sem eni izmed ploskev dodal grafitno folijo ali film. Po izbiri elementa sem lahko preizkusil njegovo delovanje v serijski povezavi ter hitro ugotovil, da je uporaba zelo nerodna ter

počasna. Ta se seveda razlikuje glede na način in pozicijo povezave elementov (vzporedno, eden na drugem).

## **6.4 Kaj je še bilo potrebno za končno izdelavo**

Termoelektrični generator oziroma Peltierjev element, katerega izbira nam daje na izhodu prenizko napetost, da bi bila le ta direktno uporabna. Zato je bilo potrebno izbrati še ustrezno integrirano vezje.

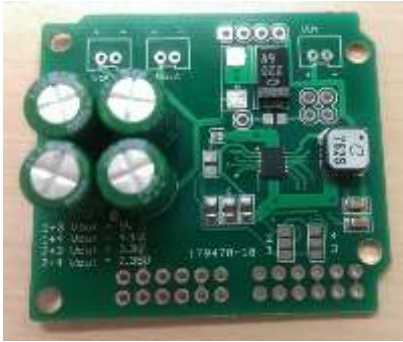
### **6.4.1 Integrirano vezje**

V svojem izdelku sem uporabili posebno namensko visoko integrirano vezje, z napetostnim pretvornikom navzgor (DC/DC pretvornik), proizvajalca Linear Technology z oznako LTC3108. Tak pretvornik lahko dvigne nizko napetost, reda nekaj 10 mV, na neko, že prej izbrano dovolj veliko napetost (nekaj V), ki jo lahko direktno uporabimo za napajanje porabnikov.

Izbira tega integriranega vezja je bila izvedena po temeljitem pregledu ponudbe različnih proizvajalcev integriranih vezij. Izbral sem ga zaradi dobavljivosti, primerne cene, dobrega uporabniškega priročnika in predvsem ustreznosti za tip naloge.

Prvotna ideja je bila, da skladno z uporabniškim priročnikom načrtujem in narišem svoje vezje, vendar sva kasneje z mentorjem to idejo opustila, zaradi izredno majhne velikosti integriranega vezja in cene izdelave tiskane ploščice vezja. Integrirano vezje je veliko komaj 4 x 3 mm in vsebuje 12 priključkov, širine komaj 0,25 mm in podobnimi razmiki med njimi. Takšno integrirano vezje bi bilo izjemno težko spajkati na vezje v domači delavnici.

Po raziskovanju na internetu sem ob pomoči mentorja odkril že izdelano vezje (slika X) z ustreznim čipom, ki bi ustrezalo zastavljenemu projektu za zelo sprejemljivo ceno okrog 17 EUR. Izdelava prototipnega vezja, ki bi ga sama narisala, bi stala pri nas, v katerem od slovenskih podjetij, okrog 140 EUR, brez spajkanja integriranega vezja na ploščico. Tako sva se odločila za nabavo že izdelanega vezja, ki sva ga na koncu le nekoliko prilagodila za našo uporabo. S tem nisva privarčevala le denarja, ampak večje število ur, saj ni bilo potrebno risanje električnega vezja in pripravo vseh potrebnih postopkov za strojno izdelavo ploščice.



Slika 11, Kupljeno vezje z napetostnim pretvornikom LTC3108 (lastni vir)

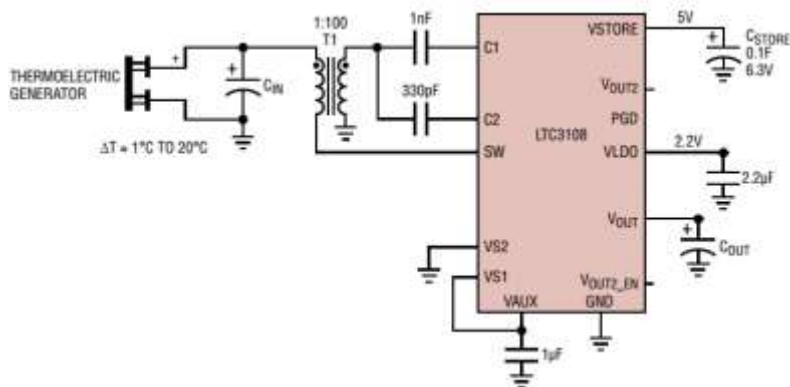


Slika 12, Modificirano vezje z napetostnim pretvornikom LTC3108

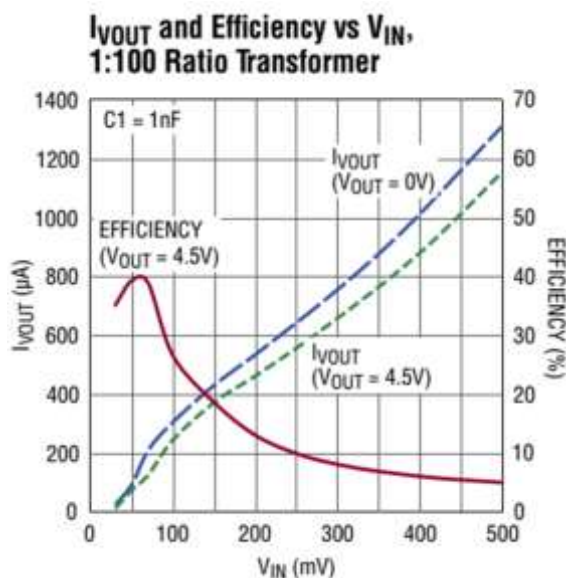
#### 6.4.1.1 Delovanje vezja

Vezje s čipom LTC3108 deluje že pri zelo majhnih temperaturnih spremembah (samo 1 st. C) na ploščah Peltierjevega člana. Največji prenos moči iz Peltierjevega člana na naš DC/DC pretvornik dosežemo takrat, ko sta notranja serijska upornost (impedanca) generatorja in DC/DC pretvornika enaka. Vse to dosežemo z izbranim vhodnim transformatorjem in samim delovanjem DC/DC pretvornika. Sam transformator nam dvigne nizko izhodno napetost, skozi nekoliko spreminjajočo napetost, iz Peltierjevega elementa v razmerju 1:100. To pomeni, če imamo na vhodu transformatorja 20mV, dobimo na izhodu le tega 2000 mV ali 2V.

Omembe vredno je dejstvo, da je pomembno, da izberemo kakovosten transformator, ki ima zelo nizko upornost navitja, saj s tem določimo sami izkoristek delovanja tega vezja. Vsekakor si želimo čim večji izkoristek vezja, saj smo že iz grafa X videli, da smo kar nekoliko omejeni z velikostjo moči, ki jo dobimo iz Peltierjevega elementa. Sekundarno navitje (njegova induktivnost) transformatorja vpliva na frekvenco oscilatorja vezja za LTC3108, vendar to že nekoliko presega raziskovalno nalogo, kjer se osredotočam le na uporabo vezja in ne podrobnejšega poznavanja delovanja LTC3108.



Slika 13, Električna shema vezja napetostnega pretvornika z LTC3108



Graf 1: Izhodni tok ( $I_{vout}$ ) in izkoristek glede na vhodno napetost ( $V_{in}$ )

Iz grafa lahko razberemo, da bo na izhodu napetostnega pretvornika z LTC3108, pri izhodni napetosti na porabniku 4,5 V, tekel v porabnik tok okrog dobrih 200  $\mu\text{A}$ , pri predpostavki, da nam da TEG 100 mV napetosti (zeleno krivuljo). Če pogledamo pri tej napetosti (100 mV) še izkoristek vezja (rdeča krivulja), razberemo, da je ta okrog le slabih 30 %.

#### 6.4.2 Električni kondenzator kot energijska posoda

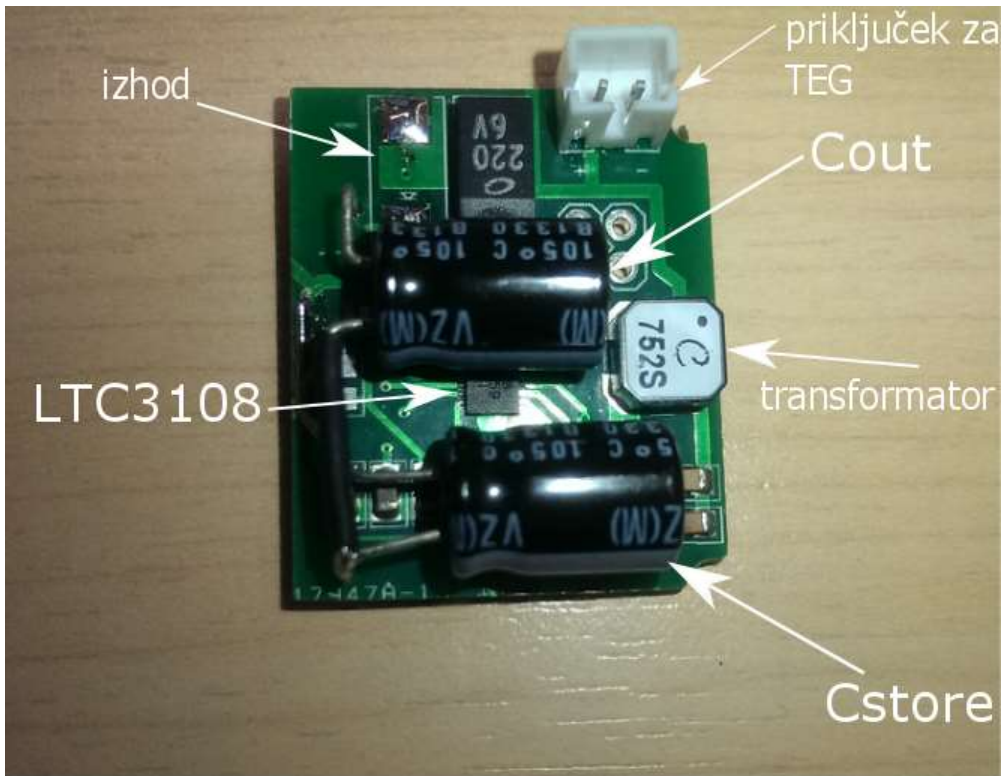
Pri končni izvedbi našega vezja na izhodu ne priključimo samo porabnika, ampak tudi kondenzator- $C_{out}$  (energijsko posodo). Ker ima tudi kondenzator notranjo serijsko upornost,

imamo tudi tam izgube, ki še pomanjšajo že tako slab izkoristek. V vezju uporabimo tudi kondenzator Cstore, ki nam zagotavlja delovanje vezja takrat, ko Peltierjev element ne daje dovolj velike napetosti na vhod pretvornika. Kondenzator Cout nam zagotavlja napajane porabnika (ure), ko vse ostalo ne deluje. Za oba kondenzatorja je pomembna čim nižja serijska upornost ESR, in sicer zaradi tega, da nam zagotavlja napajanje čim bolj dolgo in da se čim hitreje napolnita oba kondenzatorja.

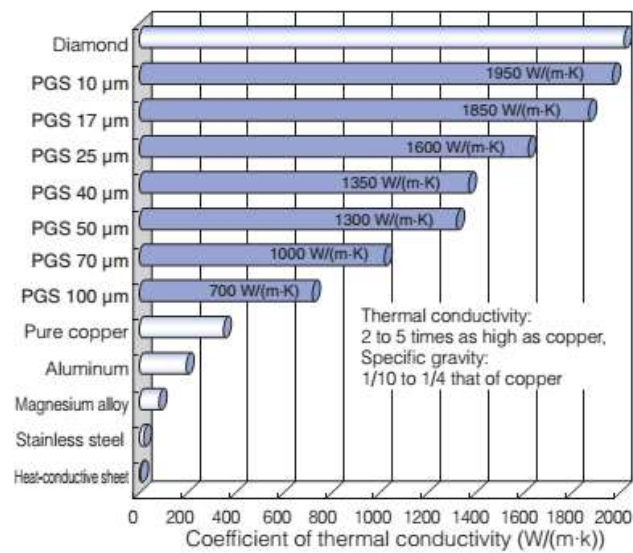
Električni kondenzator priključimo na napetost in ta se začne polniti, analogno si lahko to predstavljamo kot sod, ki ga polnimo z vodo. Večja kot je kapaciteta kondenzatorja (velikost soda), težje ga bomo hitro napolnili, dvignili napetost na njem (nivo vode v sodu). Da bo kondenzator lahko opravljal svoje delo, ga moramo dovolj napolniti. Tudi v sodu se ne moramo okopati, če imamo vodo samo do gležnjev. Eden izmed pomembnih podatkov kondenzatorja je serijska upornost kondenzatorja (v angleščini ESR - Equivalent Series Resistance), ki predstavlja izgube oz. segrevanje kondenzatorja zaradi ohmskih upornosti v resničnem neidealnem kondenzatorju. Podobno si lahko predstavljamo sod z majhnimi luknjicami, skozi katere počasi odteka voda (izgube). Da bomo lahko čim prej napolnili kondenzator, izberemo takega z nizkim faktorjem ESR (serijsko upornostjo). Tak kondenzator bo ostal tudi dlje časa poln, ko odstranimo napetost, s katero ga polnimo (zapremo vodo polnjenja soda).



Slika 14, Električni kondenzator kot energijska posoda (<https://goo.gl/3mxghH>)



Slika 15, Končna različica vezja (lastni vir)



Graf 2: Toplotna prevodnost snovi



## 7. TESTIRANJE HIPOTEZ V PRAKSI

Ko sem vse zgoraj navedene sestavne dele sestavil v celoto, sem prišel do točke, ki sem jo tako nestrpno čakal. Lahko sem preizkusil, ali je mogoče človeško toplotno energijo uporabiti kot nadomestilo za baterijo! Hitro se je pokazalo, da je to nedvomno mogoče.

Modificirano vezje ob pomoči Peltierjevega elementa uspešno spreminja človeško toplotno energijo v napetost. Pojav imenovan Seebeikov efekt se prične, ko spremenimo temperaturo na stiku ploščice, torej z določenim delom telesa pritisnemo na toplo stran (Hot side). Pri tem opazimo spremembo v napetosti, ki jo s pomočjo transformatorja na vezju dvignemo v razmerju 1:100. Seveda pri tem ne sodelujejo baterije ali že napolnjeni kapacitorji.

S tem sem avtomatsko potrdil svojo prvo hipotezo (Hipoteza 1). Človekovo telo dejansko lahko deluje kot nadomestilo za baterije.

### 7.1 Napajanje energije v ročni uri

Prva elektronska naprava, ki sem jo želel napolniti, je bila ročna ura. Na podstrešju sem našel preprosto uro, katere ekran sem povezal z vezjem in elementom. Glede na izjemen dvig napetosti, ki ga omogoča vezje, sem moral to znižati, saj je bila za ekran ure prevelika. S pomočjo diode sem nekoliko znižal previsoko napetost iz DC/DC pretvornika (2.35V) in se tako bolj približal napajalni napetosti ure (1.5V).

Glede na to, da je bila ura stara ter preprosta, sem jo vgradil v škatlico velikosti 3,5 cm x 5,5 cm x 1,5 cm ter v njo položil še modificirano vezje. Tako sem prihranil s prostorom ter izboljšal estetski izgled izdelka.

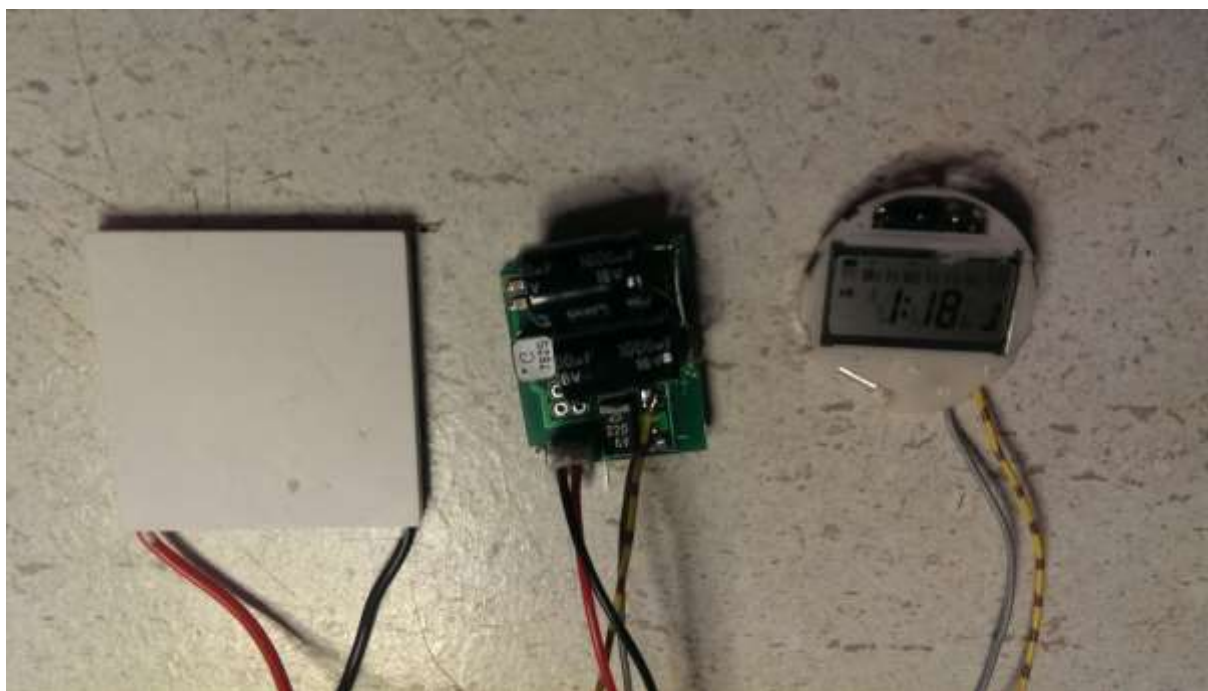
Opravil sem določene meritve ter te izrazil s tabelo:

- Temperatura prostora = 22 °C
- Temperatura dlani = 26 °C
- Temperatura podlage = 18 °C

*Tabela 11: Delovanje ure*

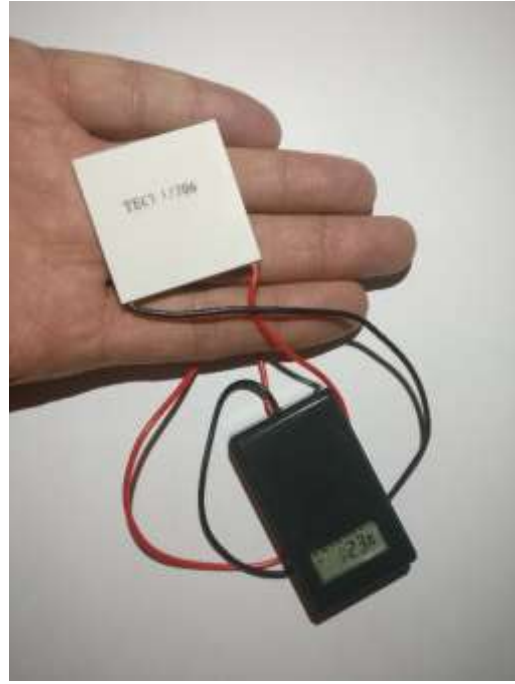
Porabnik	Čas vklopa ekrana	Čas izklopa ekrana
Ura	6s	10 min

Kot je razvidno iz tabele, se po 6 sekundah nujenja toplotne energije telesa (dlani) vklopi ekran ure, ki po umiku dlani oz. vira toplotne energije še deluje 10 min.

*Slika 16, Sestava ure (lastni vir)*



*Slika 17, Vezje in ekran ure*



*Slika 18, Vezje in ekran ure*

Tako sem potrdil svojo drugo hipotezo, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročne ure (hipoteza 2).

## 7.2 Napajanje energije v prenosnem kalkulatorju

Glede na uspešno delovanje ure, sem se odločil storiti isto s kalkulatorjem. Tokrat sem uporabil dva različna tipa ter meritve primerjal s tabelo. Podobno kot pri uri, sem porabnik povezal z vezjem in elementom. Za enega izmed kalkulatorjev je bila napetost previsoka, tako da sem s pomočjo diode sistem obremenil.

Meritve so bile opravljene pod naslednjimi pogoji:

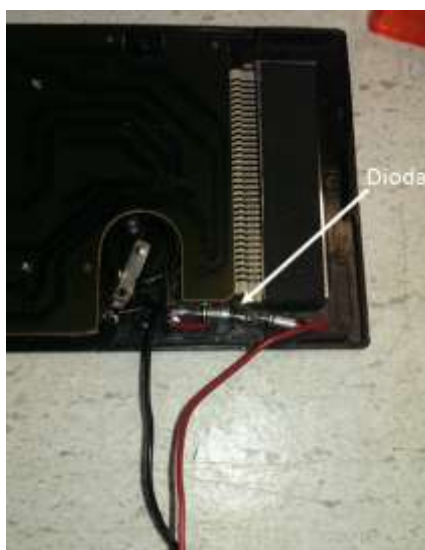
- Temperatura prostora = 22 °C
- Temperatura dlani = 26 °C
- Temperatura podlage = 18 °C

Tabela 12: Delovanje kalkulatorjev

Porabnik	Čas vklopa ekrana	Čas izklopa ekrana
Kalkulator 1	25 s	2 min
Kalkulator 2	40 s	2 min

Kot je razvidno iz tabele, se po 25 sekundah nudenja toplotne energije telesa (dlani) vklopi ekran kalkulatorja 1, ki po umiku dlani oz. vira toplotne energije deluje še 2 min, ekran drugega kalkulatorja pa se vklopi po 40 sekundah nudenja toplotne energije telesa (dlani) ter po umiku dlani oz. vira toplotne energije prav tako deluje 2 min.

Glede na opravljene meritve sem izbral kalkulator 1, saj se od kalkulatorja 2 ne razlikuje po funkcijah, temveč po velikosti ekrana in času vklopa



Slika 19, Povezava porabnika z vezjem in elementom

## 8. IZBOLJŠAVE

Glede na to, da je izdelek le nekakšen prototip, obeta veliko. S pomočjo strojev in raziskav bi lahko vezje, kakor Peltierjeve elemente, še bolj skrčili ter s tem izdelek naredili še bolj priročen. Če pomislimo na izgube, ki se pojavljajo med prenosi vrst energij, ne moremo

uporabljati takšnega principa namesto hidro ali termoelektrarn, pač pa kot pripomoček, ki je okolju prijazen ter lahko poganja manjše elektronske naprave.

Če bi se takšna ideja razvijala dalje, bi lahko olajšala življenje vseh okoli nas. Predstavljajmo si zapetnico, ki bi se v času nošenja napolnila in se kasneje uporabila kot polnilec, športna majica, ki bi se v času napornejših aktivnosti napolnila vezji in elementov na molekulski ravni, pridobivanje elektrike v vesolju ... Pomislimo na družine v ravnih državah, barakarskih naseljih brez elektrike. Izdelek kot je ta, bi nudil lepše in prijaznejše življenje, osvetlil majhne in vlažne prostore ter morda zavrel vodo.

Pri takšnem izdelku so pomembne le ideje in domišljija posameznika, ki lahko nekoč izboljšajo svet.

## **ZAKLJUČEK**

Osnovno vprašanje, ki sem si ga zastavil ob pričetku svojega dela in hkrati tudi vprašanje, ki je bilo dejansko povod za to, da sem se odločil za pričujočo raziskovalno nalogo, ali je mogoče toplotno energijo človeškega telesa »pretvoriti« v električno energijo in nadomestiti množico baterij, ki poleg tega, da je njihova zmogljivost omejena, znatno prispevajo k onesnaženju okolja.

Zastavil sem si tri hipoteze.

Prva hipoteza, ki sem si jo zastavil v svoji nalogi, je zato bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti kot nadomestilo za baterijo (Hipoteza 1).

Druga hipoteza je bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročne ure (Hipoteza 2).

Tretja hipoteza pa je bila, da je mogoče toplotno energijo človekovega telesa uporabiti za polnjenje ročnega kalkulatorja (Hipoteza 3).

Vse tri hipoteze sem potrdil.

Modificirano vezje namreč ob pomoči Peltierjevega elementa uspešno spreminja človeško toplotno energijo v napetost. S pomočjo vezja velikosti 3 x 3 cm lahko, kot se je izkazalo,

zaženemo kalkulator ter uro, poleg tega pa tudi prižgemo manjšo lučko, ga uporabimo med športnimi dejavnosti kot polnilec štoparice, kot števec korakov itd.

## **9. UPORABNA VREDNOST NALOGE IN DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Uporabno vrednost svoje naloge vidim v njenem možnem prispevku k trajnostnemu razvoju, ter njenemu možnemu vplivu na družbo in okolje, vključujoč zdravje in blaginjo družbe. Dejstvo je namreč, da mora sodobno gospodarstvo strmeti k pametni rasti (razvoj gospodarstva, ki temelji na znanju in inovacijah), trajnostni rasti (spodbujanje bolj konkurenčnega in zelenega gospodarstva, ki gospodarneje izkorišča vire) in vključujoči rasti (utrjevanje gospodarstva z visoko stopnjo zaposlenosti, ki krepi socialno in teritorialno kohezijo). Le-ta pa je uresničljiva le v družbeno odgovorni družbi, ki želi krepiti blaginjo prebivalstva in nesebično skrbeti za višjo kakovost bivanja sedanje in bodočih generacij. K vsemu navedenemu pa lahko pripomore tudi uporaba toplotne energije človeka, zaradi česar bi veljalo to idejo nadalje razvijati ter ji posvetiti več časa in energije.

## **10. VIRI IN LITERATURA**

### **Knjižni viri:**

- Energija in okolje [Povzeto po 16.2.2017; 17:52]. Dostopno na:  
[http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energije\\_in\\_okolje/](http://lab.fs.uni-lj.si/kes/energije_in_okolje/)

### **Spletni viri navedeni v besedilu.**