

Bakteerien tappaminen sähkökärpäslätkällä

Hermann Sallinen ja Niilo Sipilä

Valkeakosken Tietotien lukio – Päivölän matematiikkalinja

Puhdasta vettä ei aina ole saatavilla. Veden kantaminen on raskasta ja se voi loppua: kannettavasta, energiatehokkaasta vedensterilointilaitteesta on hyötyä. Yksi mahdollinen ratkaisu on pulssitettu sähkökenttä eli PEF (Pulsed Electric Field).

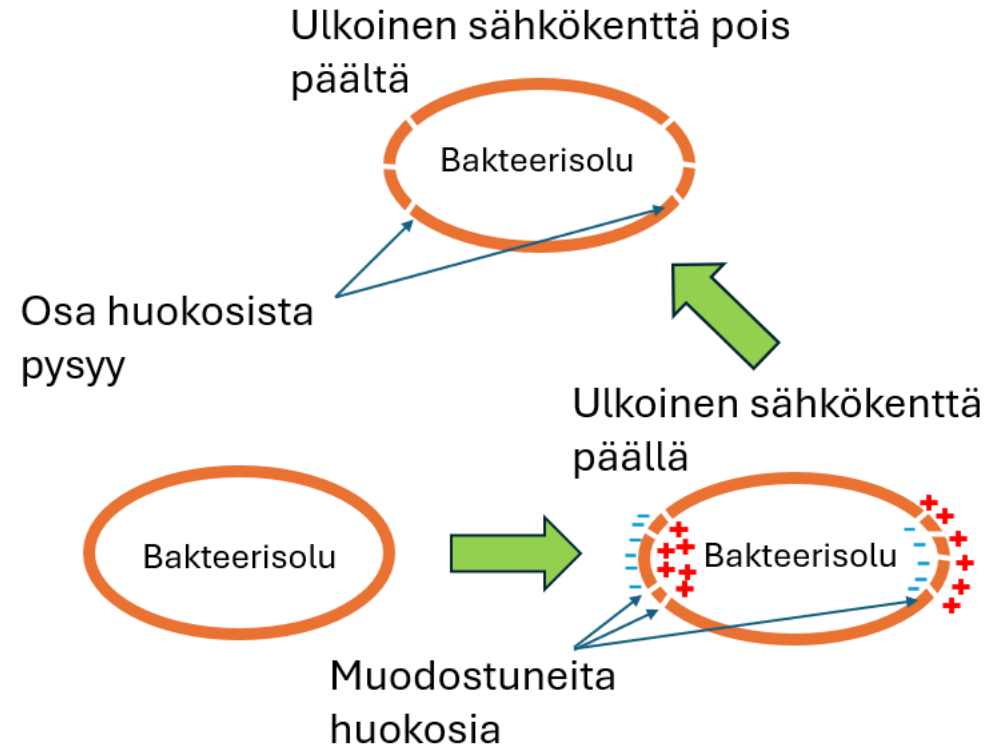
Päätimme tutkia, voisiko yksinkertainen ja kannettava PEF-sterilointia käyttävä laite toimia veden puhdistamisessa.



Kuva 1: Juomakelvotonta vettä pullossa

PEF

Kun mikrobien ympärille luodaan voimakas sähkökenttä, niiden kalvoille muodostuu varaus. Varaus aiheuttaa kalvon lipidien liikkumisen, jolloin kalvoon syntyy pieniä huokosia. Tätä kutsutaan elektroporaatioksi. Pulssitetun sähkökentän aiheuttama toistuva elektroporaatio johtaa mikrobin kuolemaan.

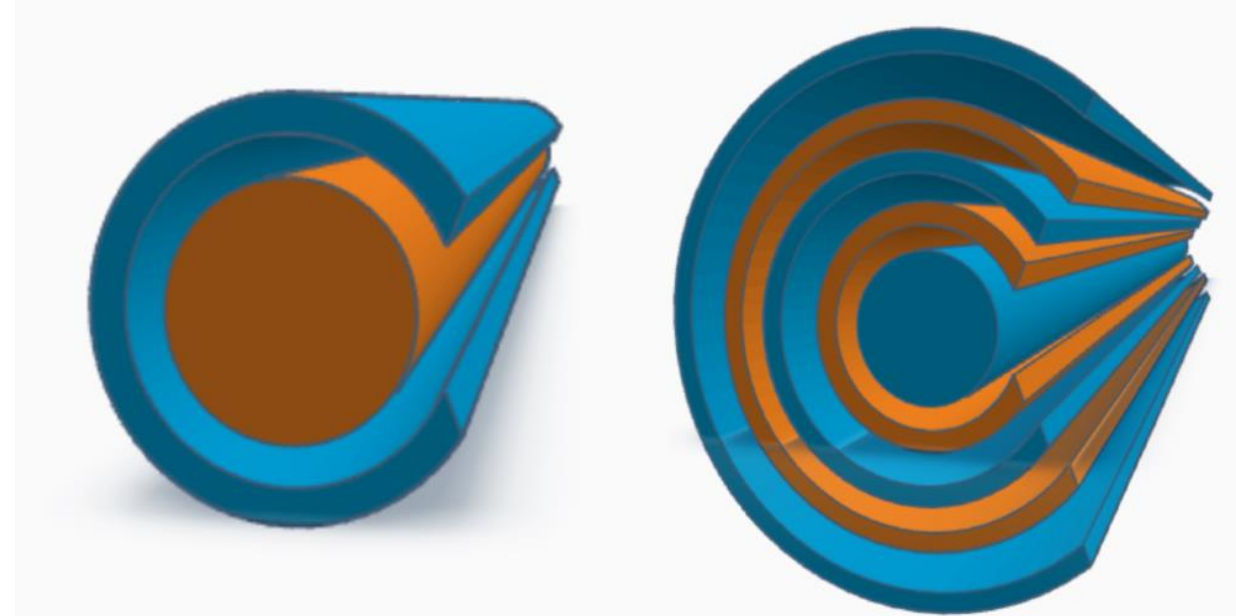


Kuva 2: Elektroporaatiota havainnollistava diagrammi.

PEF-laite

Päädyimme tutkimaan PEF-sterilointilaitetta, jossa PEF-kammio koostuu metalliputkesta ja sen sisällä olevasta metallisesta pyörötangosta. Pyörötanko ja putki ovat PEF-kammion kaksi elektroodia. Tällaista laitetta voidaan laajentaa lisäämällä päällekkäisiä putkia. Uloin putki on aina nollapotentiaalissa. Laitteessa pulssi saadaan aikaan yhdistämällä korkeajännitegeneraattori sarjaan kipinävälin kanssa.

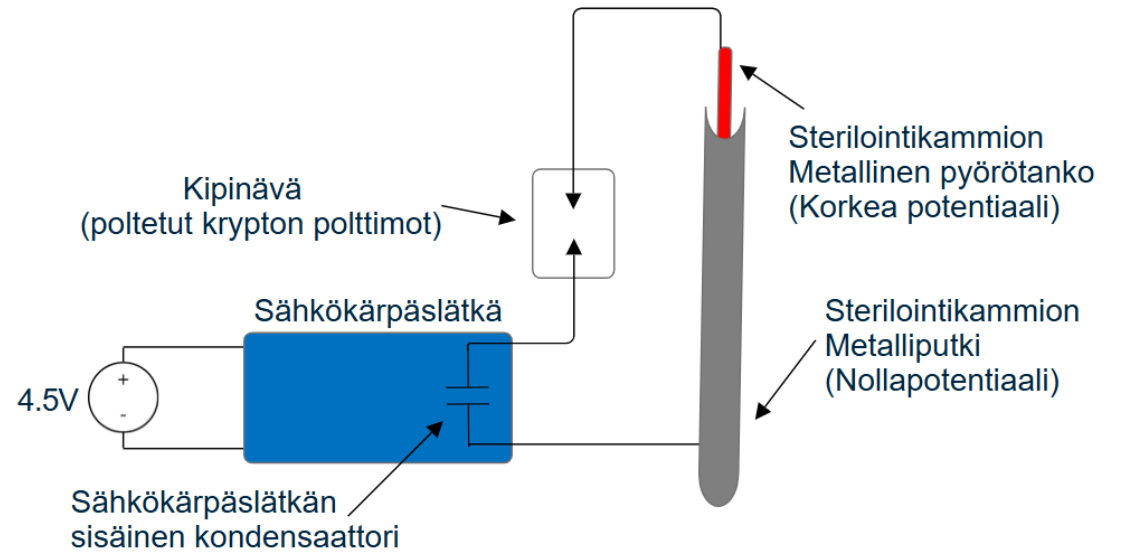
Kuvassa 4 putkista on poistettu pieni osa kammion rakenteen havainnollistamiseksi. Oranssilla väritetyt osat ovat korkea potentiaalissa ja sinisellä väritetyt osat ovat nollapotentiaalissa.



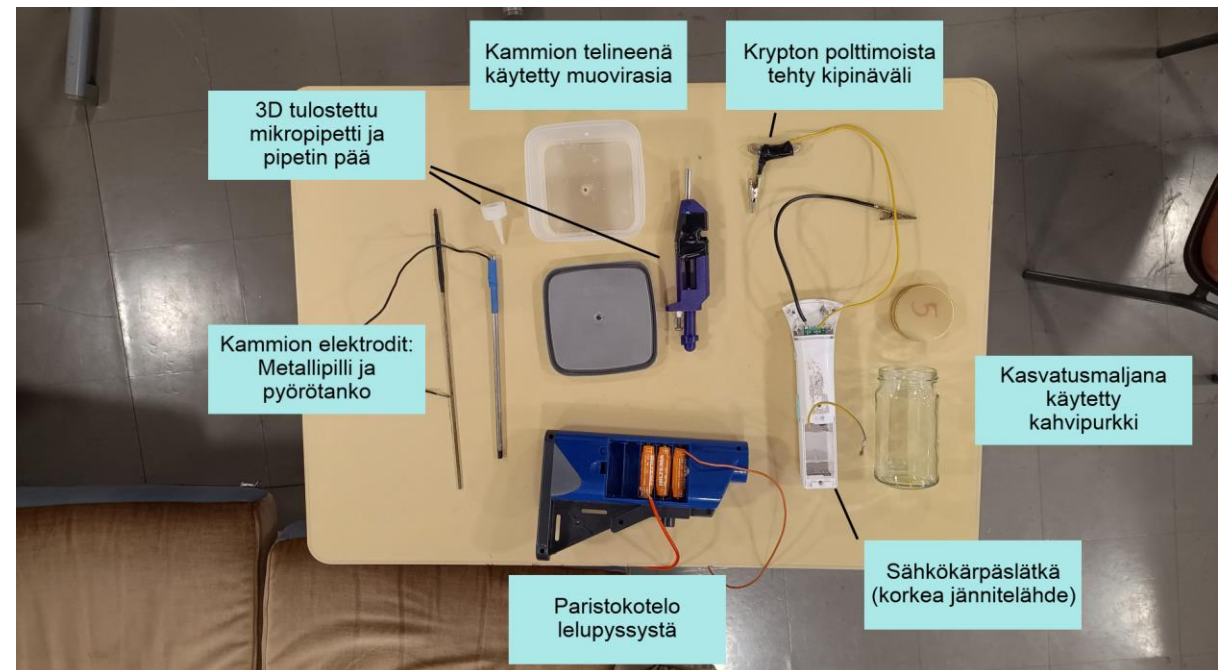
Kuva 3: Vasemmalla pelkästä tikusta ja putkesta muodostuva sterilointikammio. Oikealla putkia lisäämällä laajennettu sterilointikammio.

Yksinkertaistettu PEF-laite

Tutkiaksemme laitteen tehoa rakensimme sähkökärpäslätkästä (~2kV) ja muista kotoa löytyvistä tarvikkeista yksinkertaistetun PEF-laitteen. Kammion ulkoputkena käytimme ruostumattomasta teräksestä valmistettua metallipilliä. Pyörötangon materiaali oli teräs tai alumiini.



Kuva 4: Havainnollistus yksinkertaistetusta sterilointijärjestelmästä.



Kuva 5: Laitteen osia ja muita käytettyjä välineitä

Bakteeriviljely

Testasimme steriloinnin toimivuutta agar-lihaliemihyytelöstä tekemillämme bakteeriviljelmillä. Viljelimme näytteitä PEF-käsitellystä ja käsittelemättömästä järvivedestä sekä hanavedestä. Vertailimme viljelmiin kasvavien bakteeripesäkkeiden määriä.

Käytimme järvivettä bakteerinäytteenä. Steriloitu näyte saatiin laittamalla bakteeripitoista järvivesinäytettä muutama millilitra metalliputken ja tikun muodostamaan kammioon ja laittamalla laite päälle tietyksi aikaa.



Kuva 6: Bakteerinäytteen hankinta



Kuva 7: Agar hyytelöä laitetaan kasvatusmaljaan

Bakteeriviljely

Teimme neljä koetta, joissa kokeilimme terästä ja alumiinia pyörötangon materiaalina. Alumiini (koe 2) ei toiminut.

Kolmas koe onnistui parhaiten. Siinä vertailtavat näytteet olivat kymmenen kylmää hanavesinäytettä, kymmenen järvivesinäytettä, yhdeksän kaksi minuuttia PEF-käsitellystä järvivedestä otettua näytettä ja yhdeksän neljä minuuttia PEF-käsitellystä järvivedestä otettua näytettä.



Kuva 8: Kasvatusmaljoja kokeesta 4



Kuva 9: Yksi ensimmäisen kokeen neljännen päivän näytteistä

Tulokset

Kolmannessa kokeessa kahden hautomispäivän jälkeen

PEF-steriloinnilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä

vaikutus($p=1.5E-6$) veden pesäkkeitä muodostavien

yksiköiden määrään kahden minuutin käsittelyajalla.

Käsitellyt näytteet sisälsivät kuitenkin enemmän

pesäkkeitä kuin hanavesi($P=1.3E-5$). Neljä minuuttia

käsitellyissä näytteissä oli hieman vähemmän

bakteereja kuin kaksi minuuttia käsitellyissä näytteissä.

Tämä tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti

merkitsevä($p=0.058$).

Aikarajoitteiden takia kokeissamme kaikki PEF-käsitellyt

näytteet olivat yhdeltä käsittelykerralta, joten tulokset

eivät anna tarkkaa kuvaa laitteen toiminnasta.

Taulukko 1: Kolmannen kokeen toisen päivän pesäkkeiden määrät.

| | Otoskoko | Pesäkkeiden määrä | Keski-arvo | Keski-hajonta |
|-------|----------|-------------------|------------|---------------|
| Hana | 10 | 15 | 1,5 | 1,0 |
| Järvi | 10 | 265 | 26,5 | 5,6 |
| 2 min | 9 | 89 | 9,9 | 4,3 |
| 4 min | 8 | 48 | 6,0 | 3,4 |



Kuva 10: Näytteestä pesäkkeiden laskentaa

Johtopäätökset

Tuloksista käy ilmi, että PEF-sterilointi voi toimia yksinkertaisessa ja kannettavassa laitteessa.

Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää miten laitetta tulisi kehittää, jotta sterilointiteho olisi riittävä juomakelpoisen veden tuottamiseen. Tutkittavat suureet ovat pulssien jännite, kesto aika, taajuus ja pulssituksen käsittelyaika. Myös PEF:in toimivuutta erityyppisiin patogeeneihin, kuten grampositiivisiin bakteereihin tai sieniin pitää tutkia. Lisäksi laitteiston laajentaminen ja sen läpi virtaavan veden käsittely vaativat tutkimusta.



Kuva 11: Työn tekijät koevarusteissa