

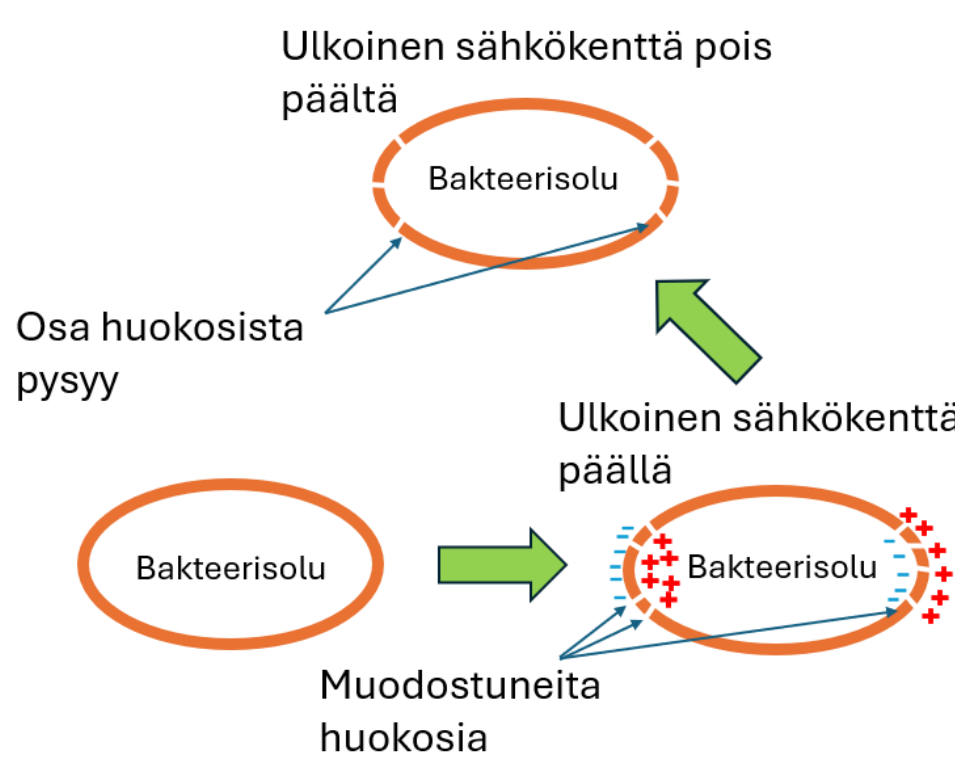
Bakteerien tappaminen sähkökärpäslätkällä

Hermanni 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).

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.

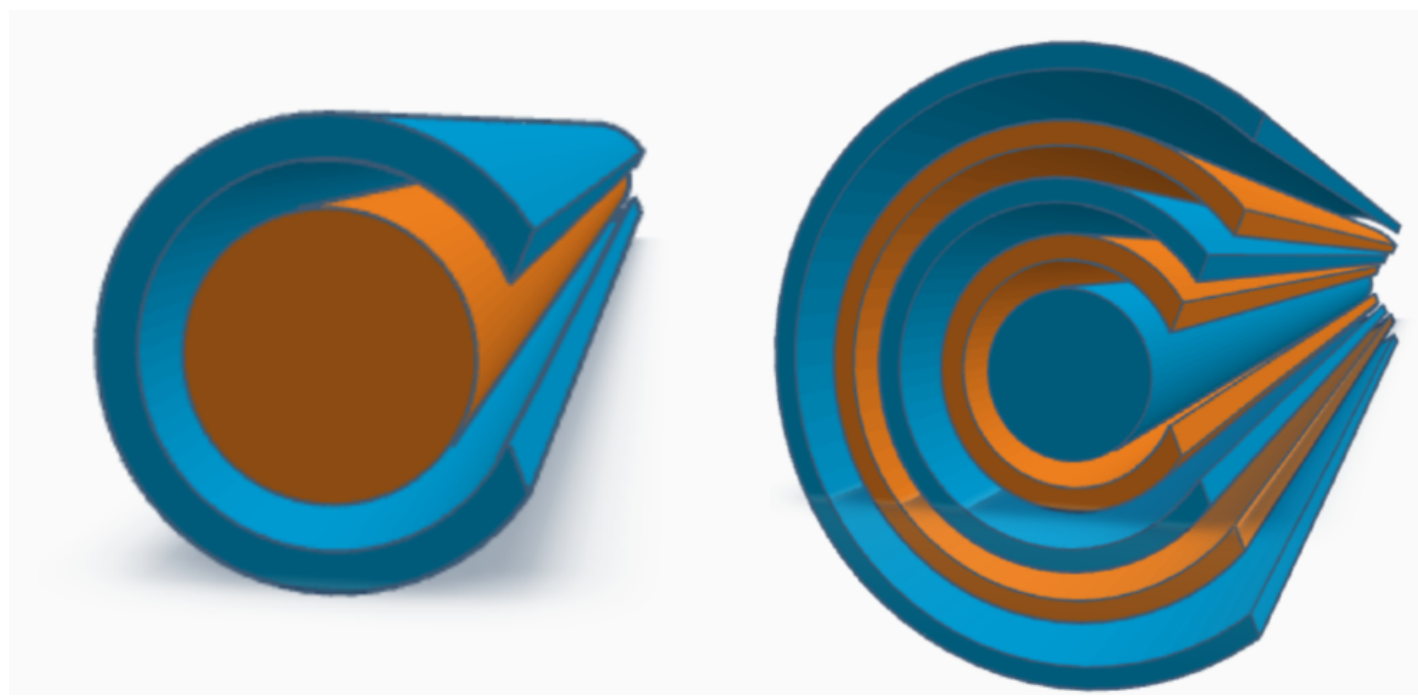


Kuva 1: Elektroporaatiota havainnollistava diagrammi.

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

PEF-Laite

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

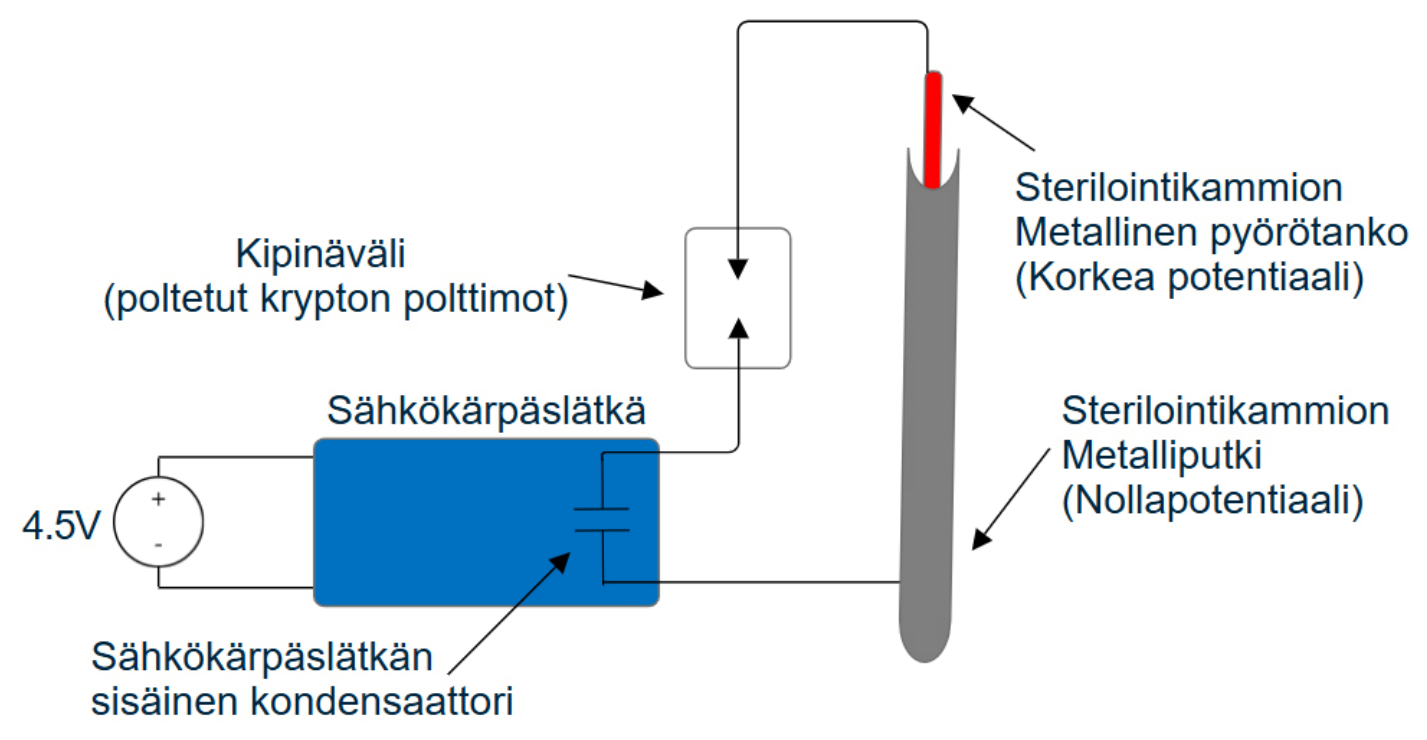


Kuva 2: Vasemmalla pelkästä tikusta ja putkesta muodostuva sterilointikammio. Oikealla putkia lisäämällä laajennettu sterilointikammio.

Kuvassa 2 putkista on poistettu pieni osa kammion rakenteen havainnollistamiseksi. Oranssilla väritetyt osat ovat

korkea potentiaalissa ja sinisellä väritetyt osat nollapotentiaalissa.

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

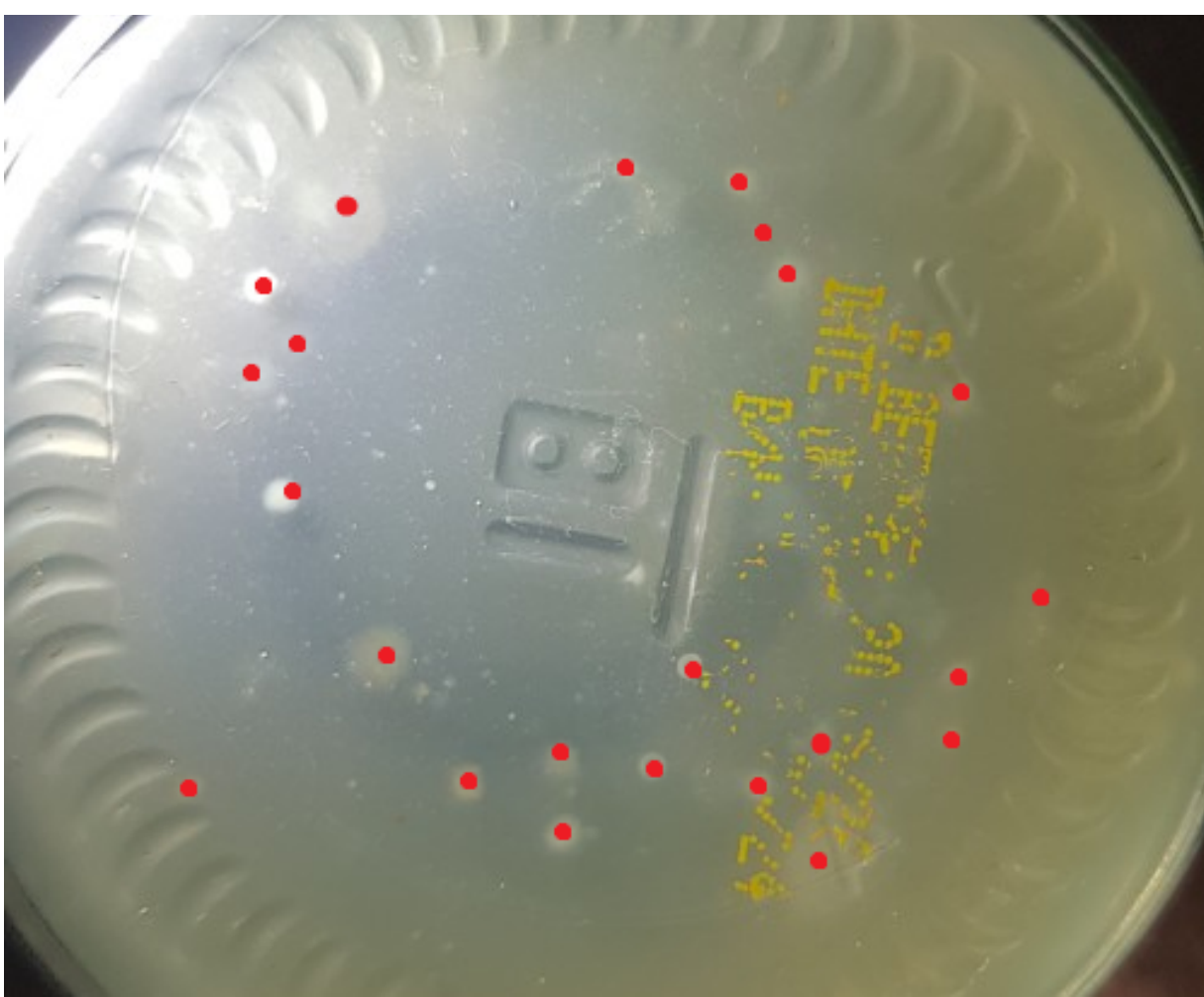


Kuva 3: Havainnollistus yksinkertaistetusta sterilointijärjestelmästä.

Bakteeriviljely

Testasimme steriloinnin toimivuutta agar-vesihyytelöstä tekemillämme bakteeriviljelmillä.¹ Viljelimme näytteitä PEF-käsittelystä ja käsittelemättömästä järvivedestä sekä hanavedestä.

Kuvasimme kasvatuspurkit käyttäen taskulamppua takavalona. Laskimme kasvaneiden pesäkkeiden määrän avaamalla kuvan käsittelyohjelmassa ja merkitsemällä siihen näkemämme pesäkkeet. Vertailimme viljelmiin kasvanneiden bakteeripesäkkeiden määrää.²



Kuva 4: Kuva kasvatusmaljasta, johon on merkitty huomaamamme pesäkkeet.

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

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 järvidesinäytettä, yhdeksän kaksi minuuttia PEF-käsittelystä järvivedestä otettua näytettä ja yhdeksän neljä minuuttia PEF-käsittelystä järvivedestä otettua näytettä.

Tulokset

Kolmannessa kokeessa kahden hauto-mispäivän jälkeen PEF-steriloinnilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus ($p=1.5E-6$) veden pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määrään kahden minuutin käsittelyajalla³. 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 ($p=0.058$).

Taulukko 1: Kolmannen kokeen toisen päivän pesäkkeiden määrät. neljän minuutin käsittelyn otoksesta poistettu yksi näyte.⁴

	Otoskoko	Pesäkkeiden määrä	Keski-arvo	Keskihajonta
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

Aikarajoitteiden takia kokeissamme kaikki PEF-käsitellyt näytteet olivat yhdeltä käsittelykerralta, joten tulokset eivät anna tarkkaa kuvaa laitteen toiminnasta.

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 käsittely aika. Myös PEF:in toimivuutta erityyppisiin patogeeneihin, kuten grampositiivisiin bakteereihin tai sieniin pitää tutkia. Lisäksi laitteiston laajentaminen ja sen läpi virtaavan veden käsittely vaativat tutkimusta.

¹ Vesihyytelö on tehty lisäämällä 1.5m-% agar-agar jauhetta, 0.5m-% ruokasuolaa ja 0.3m-% lihaliemikuutiota veteen.

² Käytimme T-testiä eri näyteotosten vertailuun.

³ 1. kokeessa oli myös tilastollisesti merkitsevä tulos.

⁴ Näytteessä kasvoi paljon muita enemmän bakteereja. Tämä johtunee hyytelön lopuista tehdystä alustasta.