



VRG
ODENPLAN
GYMNASIUM

Jämförelse av olika metoder för att döda bakterier i vatten

Författare: Carl Otto Hybbinette Litzén och Elias Schmieder

Handledare: Pär Wohlin

17 februari 2023

Innehållsförteckning

1. Abstract.....	3
2. Introduktion.....	3
2.1 Syfte och frågeställning.....	4
2.2 Teoretisk bakgrund.....	4
3. Källmaterial.....	6
4. Material.....	7
4.1 Skyddsutrustning.....	7
4.2 Gjutning av agarplattor.....	7
4.3 Insamling av prover.....	7
4.4 Förvaring.....	8
5. Metod.....	8
5.1 Gjutning av agarplattor.....	8
5.2 Framställning av prover.....	8
5.3 Observering av resultat.....	9
6. Resultat.....	9
7. Diskussion.....	12
7.1 Jämförelse av reningsmetoderna.....	12
7.2 Praktisk användning av metoderna.....	13
7.3 Felkällor.....	15
7.4 Metodförbättringar.....	16
7.5 Vidare frågeställningar.....	17
7.6 Alternativa metoder.....	17
8. Slutsats.....	17
9. Erkännanden.....	17
10. Källförteckning.....	18
11. Appendix.....	21
11.1 Detaljerade resultat.....	21
11.2 Riskbedömning.....	22
11.3 Beräkning av kostnad för att rena vatten.....	24
11.4 Beräkning av samhällskostnad av brist på rent vatten.....	25

1. Abstract

This study aims to compare the effectiveness of three different methods for killing bacteria in water. 29 % of the global population does not have access to clean water. Water contamination contributes to the deaths of 1300 children under the age of five every day.¹ In this study, bacteria in lake water were eliminated using three different methods: boiling, chloride pills, and UV rays. The surviving bacteria developed into visible colonies on agar plates during the course of five days. Water samples cleaned by UV light showed the least amount of bacteria; their median bacterial growth was 57 % less than the median bacterial growth for unclean water. Boiling and chloride pills also appeared to kill bacteria. Bacterial growth varied too much to conclusively determine the effectiveness of each method. In reality, all three methods can be appropriate depending on resource availability. Boiling may be the best option for small-scale water disinfection owing to its cost-effectiveness, wide availability, and ease of use.

2. Introduktion

Tillgång till rent vatten är en grundläggande mänsklig rättighet. Att “säkerställa tillgången till och en hållbar förvaltning av vatten och sanitet för alla” är ett av FN:s 17 globala mål för hållbar utveckling.² “Tillgång till rent vatten” definieras utifrån tre krav:

1. Vattnet ska vara tillgängligt vid bostaden
2. Tillgången ska vara konstant
3. Vattnet ska hålla tillräckligt god kvalitet enligt uppsatta gränsvärden

I dagsläget har endast 71 % av jordens befolkning, enligt den här definitionen, tillgång till rent vatten. Hela 29 %, vilket motsvarar cirka 2,1 miljarder människor, har inte det. Diarrésjukdomar är en vanlig följd av brist på rent vatten, ofta i kombination med dålig hygien och sanitet, framförallt hos barn. Varje år dör omkring 480 000 barn under fem års ålder i diarrésjukdomar. Detta motsvarar drygt 1300 barn varje dag.³ Enligt våra konservativa

¹ Unicef. Tusentals barn dör varje dag av smutsigt vatten. *Unicef*. 2022.

<https://unicef.se/fakta/vatten-och-sanitet> (Hämtad 2022-10-07).

² Globala målen. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-6-rent-vatten-och-sanitet/>. 2022

³ Unicef. *Vatten, sanitet och hygien*.

<https://beta.unicef.se/ren-och-trygg-miljo/vatten-sanitet-och-hygien>. 2022.

beräkningar (se appendix) går de samhällsekonomiska kretsloppen miste om minst 129 miljarder SEK per år på grund av brist på rent vatten.

Den otillräckliga tillgången till rent vatten i områden med bristande infrastruktur är onekligen ett stort och svårlöst samhällsproblem och det skulle därigenom vara fördelaktigt att åtgärda problemet så effektivt som möjligt. Möjliga parametrar som är intressanta att ta i beaktande i hanterandet av problemet är kostnad, funktionalitet och steriliseringsförmåga.

2.1 Syfte och frågeställning

Syftet med undersökningen är att jämföra effektiviteten av tre vanliga reningsmetoder för att döda bakterier i vatten. Detta för att underlätta framställningen av drickbart vatten i områden med bristfällig tillgång till rent vatten. Reningsmetoderna vi jämför är kokning, klortabletter och UV-strålning. Detta arbete är en del av uppfyllandet av en framtidsvision där alla människor på jorden har tillgång till rent vatten. Vidare så gör vi en litteraturstudie och utför egna beräkningar för att jämföra kostnaderna av de olika metoderna. Frågeställningarna vi utgår ifrån är:

- Vilken reningsmetod dödar störst andel bakterier i vatten?
- Vilken metod är mest kostnadseffektiv?

2.2 Teoretisk bakgrund

Det finns en stor befintlig mängd vattenreningsmetoder som används i olika utsträckning runt om i världen. Reningsmetoderna varierar i både pris och prestanda. Det finns två kategorier av vattenreningsmetoder: kemiska och fysikaliska. Klorering ingår i den förstnämnda kategorin då det är genom kemiska reaktioner som klor dödar bakterier. Kokning och UV räknas som fysikaliska reningsmetoder då det är genom fysikaliska angrepp som bakterierna dödas.

Människan har använt kokning för att sterilisera vatten i tusentals år, mycket längre än man har vetat varför metoden fungerar ur ett vetenskapligt perspektiv.⁴ Kokning är den enklaste

⁴ The United States Records of the Environmental Protection Agency [EPA]. The History of Drinking Water Treatment. *The United States Records of the Environmental Protection Agency [EPA]*. 2001.

metoden så tillvida att den är mest lättillgänglig för det stora flertalet personer. I dagsläget används metoden i nästan hela världen, även i länder med fungerande vattenreningssystem. Dock är metoden vanligare i områden där färskvattentillgången är låg. Kokning bedöms vara en väldigt effektiv metod för att döda bakterier i vatten.⁵ Enzymerna i bakteriecellen denatureras av värmen, det vill säga de ändrar form, vilket gör dem dysfunktionella. Samtidigt expanderar vätskor i cellen, vilket ökar det inre trycket så att cellen lyserar.⁶ Slutligen bryts lipiderna i membranen ned. Studier visar att uppvärmning av vatten till 65°C snabbt dödar stora mängder mikrober.⁷

1854 upptäckte britten dr John Snow att klor kan användas vid rening av vatten. Dock var det först i början av 1900-talet som klorering började användas i reningsverk, i bland annat USA. Idag är klorering en viktig del av många länders vattenreningssystem. Rening med klor är som kokning en väldigt säker steriliseringsmetod där producenter med stöd av omfattande undersökningar menar på en 99 procents effektivitet.⁸ Klortabletten vi använder i denna studie fungerar genom att den löses upp i vattnet, varpå hypoklorsyra, HOCl, och mononatriumcyanurat, $C_3H_2N_3NaO_3$, frigörs.⁹ Hypoklorsyra är den aktiva ingrediensen vilken hämmar bakterietillväxt genom att lipiderna i bakteriens cellmembran denaturerar samt att vissa enzymer och cellstrukturer oxideras vilket gör att bakterien oskadliggörs.¹⁰

Vattenrening med hjälp av UV-strålning dateras till 4000 före vår tidräkning. Man upptäckte att genom att låta vatten stå ute i den varma solen blev det säkrare att dricka. Då visste man dock enbart att solljus i sin helhet har en renande effekt, inte att det är UV-ljus som står för

https://archive.epa.gov/water/archive/web/pdf/2001_11_15_consumer_hist.pdf (Hämtad 2022-10-28)

⁵ Centers for disease control and prevention. Making Water Safe in an Emergency. *Centers for disease control and prevention*. 2022.

<https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/making-water-safe.html#Boil> (Hämtad 2022-09-15).

⁶ Carol White. How Does Pasteurization Kill Bacteria? *How stuff works*. 2022.

<https://science.howstuffworks.com/life/cellular-microscopic/pasteurization2.htm> (Hämtad 2022-09-22).

⁷ Healthline. What Temperature Kills Bacteria in Water and Food? *Healthline*. 2020.

<https://www.healthline.com/health/what-temperature-kills-bacteria#bacteria-in-water> (Hämtad 2023-01-16)

⁸ M W LeChevallier, et al. Inactivation of biofilm bacteria. *American Society for Microbiology journals*. Vol. 54, No. 10, 1988. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.54.10.2492-2499.1988> (Hämtad 2022-10-14).

⁹ Aquatabs. Biocidal agent, Free Chlorine. *Aquatabs*. 2022.

<https://www.aquatabs.com/products.php> (Hämtad 2022-10-14).

¹⁰ How stuff works. How does chlorine work to clean swimming pools? *How stuff works*. 2022.

<https://science.howstuffworks.com/innovation/science-questions/question652.htm> (Hämtad 2022-10-14).

merparten av desinfektionen.¹¹ Idag används UV-strålning inte i samma utsträckning som metoderna kokning eller klorering men den stiger i popularitet och ses som säker och kostnadseffektiv.¹² UV-strålning skapar pyrimidindimerer i bakteriens DNA och RNA vilket påverkar bakteriens förmåga till replikation och translation på ett sådant sätt att den dör.¹³

3. Källmaterial

En källa vi använder oss mycket av i vår teoretiska bakgrund är texten “Tusentals barn dör varje dag av smutsigt vatten” på UNICEF:s hemsida. Källan är en sekundärkälla som sammanställer information från en rad studier från UNICEF. UNICEF är ett FN-organ som verkar för alla barns välfärd. Syftet med källan är huvudsakligen att sprida kunskap om hur tillgången till rent vatten och sanitet ser ut i världen. Ett ytterligare syfte är att få fler människor att bidra ekonomiskt till deras bekämpning av vatten- och sanitetskrisen. En eventuell risk med källan är att informationen skulle kunna vara tillspetsad för att öka känsloreaktionen och därmed öka inkomsterna via bidrag. Dock finns det god yttre överensstämmelse med vad andra källor säger. Det är osannolikt att UNICEF skulle sprida missvisande information då det skulle kunna förstöra deras goda rykte. Källan har dessutom en god inre överensstämmelse då den inte säger emot sig själv någonstans. Den är organiserad och strukturerad på ett professionellt sätt och uppdaterades senast den 21 juni 2022, vilket tyder på att informationen inte är förlegad. Källan beror på andra källor såtillvida att sidan redovisar information från organets egna rapporter. Då upphovsmannen är densamma som till primärkällorna anser vi att källan står tillräckligt nära dessa primärkällor. Då det inte finns några värderingar och källan upplevs som opartisk visar källan på liten tendens. Vår slutsats är att källan är tillförlitlig.

En central källa som vi använt oss av för att formulera vår metod är faktasidan “Making Water Safe in an Emergency” på den amerikanska hälsomyndigheten CDC:s hemsida. Källan

¹¹ The History of Drinking Water Treatment. The United States Records of the Environmental Protection Agency [EPA], 2001.

¹² Global Industry Analysts Inc. *Ultraviolet (UV) Disinfection - World Market Report*. StrategyR, 2022.

<https://www.strategyr.com/market-report-uv-disinfection-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp> (Hämtad 2022-11-02).

¹³ R.V. Pereira, et al. Evaluation of the effects of ultraviolet light on bacterial contaminants inoculated into whole milk and colostrum, and on colostrum immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, No. 5, 2014: 2866-2875

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00149-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00149-0/fulltext) (Hämtad 2022-11-08).

är en sekundärkälla och syftet är att upplysa allmänheten om hur man kan rengöra vatten med hjälp av kokning, tabletter, UV-strålning, med mera. Det finns även här en inre och yttre överensstämmelse och källan är formulerad och strukturerad på ett professionellt sätt. Källan är endast beroende av primärkällor från myndigheten själv. Utifrån det neutrala sätt som språket är formulerat på samt avsaknaden av värderingar verkar källan inte vara tendensiös. CDC är en respekterad statlig organisation som regelbundet granskar sina publikationer. Sidan uppdaterades senast den 16 november 2022 vilket tyder på att informationen är aktuell. Källan har varit relevant för oss då den har varit avgörande för att hjälpa oss bestämma vilka reningsmetoder vi ska undersöka i vår studie. Slutsatsen även här är att källan är tillförlitlig.

4. Material

4.1 Skyddsutrustning

1. Labbrockar
2. Skyddsglasögon
3. Munskydd
4. Plasthandskar

4.2 Gjutning av agarplattor

1. 250 ml agar
2. Schott-flaska
3. 10 ml graderad pipett
4. Petriskålar med lock och tejp
5. Mikrovågsugn
6. T-sprit
7. Dragskåp

4.3 Insamling av prover

1. Vattenkokare
2. 5 l sjövattnen
3. Vattenbehållare som rymmer 5 l
4. Dragskåp
5. Topsar
6. Bägare som rymmer 1 l

7. Klortabletter
8. UV-vattenflaska
9. Agarplattor
10. T-sprit
11. Tejp
12. Märkpenna

4.4 Förvaring

1. Plastlåda med förseglingsbart lock

5. Metod

5.1 Gjutning av agarplattor

Vi satte på oss labbrock, skyddsglasögon, munskydd och plasthandskar. Vi steriliserade dragskåpet, våra händer och all annan utrustning kontinuerligt under hela processen med T-sprit. En Schott-flaska med agar placerades i en mikrovågsugn och locket skruvades upp något så att flaskan inte var helt försluten. Detta så att det inte skulle bildas ett högt tryck inuti flaskan, vilket skulle kunna orsaka en explosion. Agaret lät smältas tills det blev helt flytande. Vi hällde 10 ml smält agar i vardera petriskål med hjälp av en graderad pipett så att det bildades ett jämnt och tunt lager i botten. Petriskålarna lades i plastlådan och agaret stelnade.

5.2 Framställning av prover

5 l sjövattnen från Brunnsviken i Stockholm hämtades med hjälp av vattenbehållare. Vi steriliserade dragskåpet, våra händer och all annan utrustning kontinuerligt under hela processen med T-sprit. 25 prover framställdes enligt följande:

- *5 kontrollprover:* agarplattor utan vatten.
- *5 prover orenat sjövattnen*
- *5 prover kokvattnen:* vi fyllde en vattenkokare med sjövattnen och lät det koka. Det uppstod stora bubblor när det kokade.
- *5 prover klorvattnen:* vi hällde sjövattnen i en bägare och lade i klortabletter enligt anvisningarna på paketet.

- 5 prover UV-renat vatten: vi hällde sjövattnet i en UV-vattenflaska och väntade tills flaskan visade att vattnet var rent.

Omedelbart efter att proverna ovan hade framställts doppades topsar i de olika vattenproverna. Topsarnas alla sidor drogs därefter på respektive agarplatta. En fjärdedel av agarplattans yta lämnades tom som en kontrolllyta. Agarplattornas lock förslöts med tejp. Alla prover märktes och placerades i en plastlåda där de fick stå i rumstemperatur i fem dygn.

5.3 Observering av resultat

Proverna dokumenterades genom att plattorna fotograferades. Bilderna importerades i mjukvaran Fiji (ImageJ), där de omvandlades till svartvitt för att bakteriekolonierna skulle bli tydligare. (Se bild 1 och 2 för exempel)

Bild 1: Prov UV 2

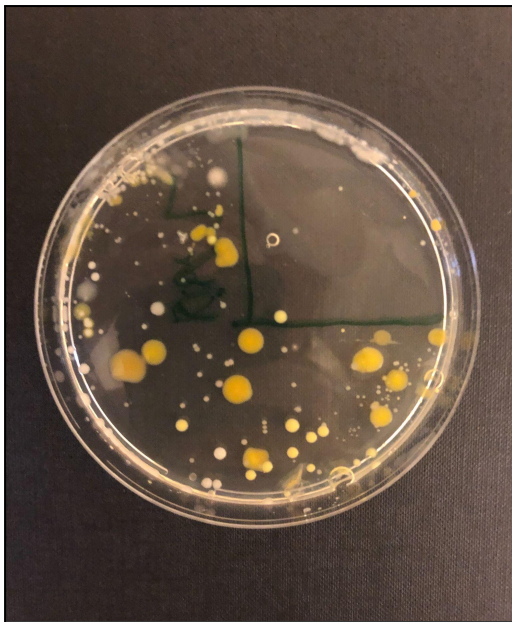
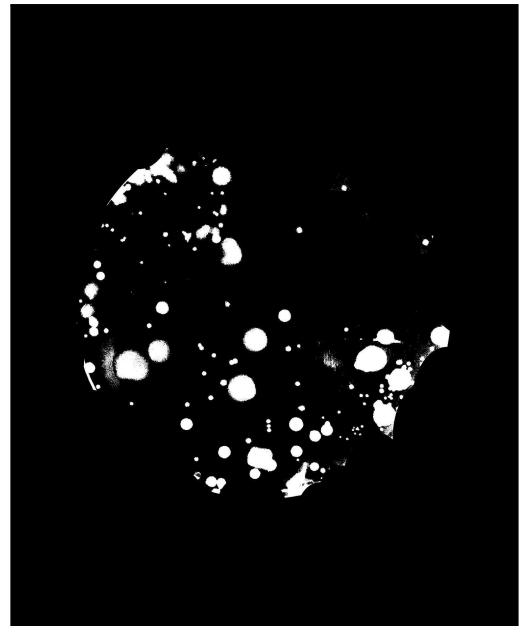


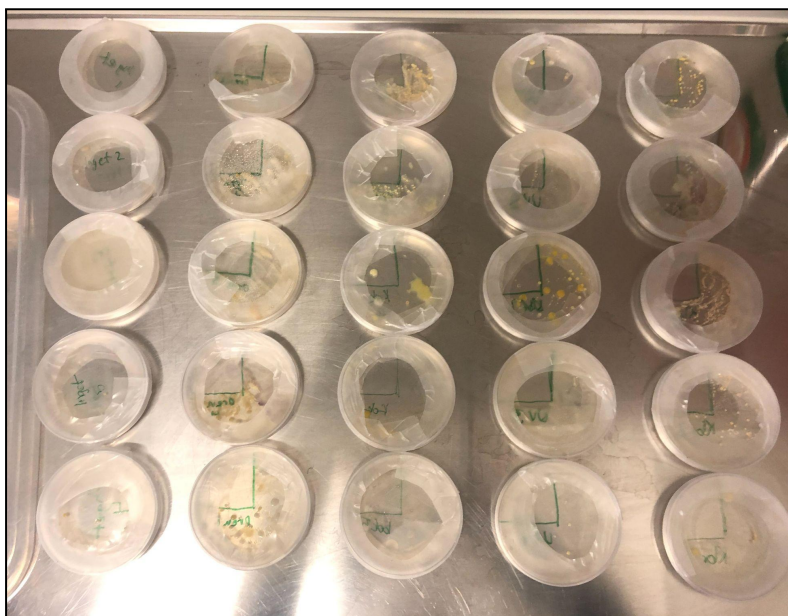
Bild 2: Analys av prov UV 2



Det vita i analysbilderna motsvarar synliga bakteriekolonier. Genom att utgå från petriskålens verkliga 85 millimeter diameter så approximerade mjukvaran den sammanlagda arean av bakteriekolonierna. Denna process upprepades för samtliga 25 prover. Areorna antecknades i en tabell.

6. Resultat

Bild 3. Bakterietillväxt på samtliga 25 prover



Från vänster till höger: kontrollgrupp, orenat vatten, kokvatten, UV-strålat vatten, klorvatten.

Tabell 1. Medelarea och medianarea av bakteriekolonier

Provgrupp	Medelarea (mm ²)	Medianarea (mm ²)
Kontroll	18	3
Orenat	556	545
Kokning	468	386
UV	263	234
Klor	515	354

Av tabell 1 framgår att proverna med orenat vatten hade högst genomsnittlig och median bakterietillväxt, ca 560 mm² respektive 540 mm². De tre grupperna renat vatten - kokat vatten, UV-renat vatten och klorerat vatten - hade alla mindre genomsnittlig och median bakterietillväxt.

Diagram 1: Genomsnittlig och median area bakteriekolonier (mm²)

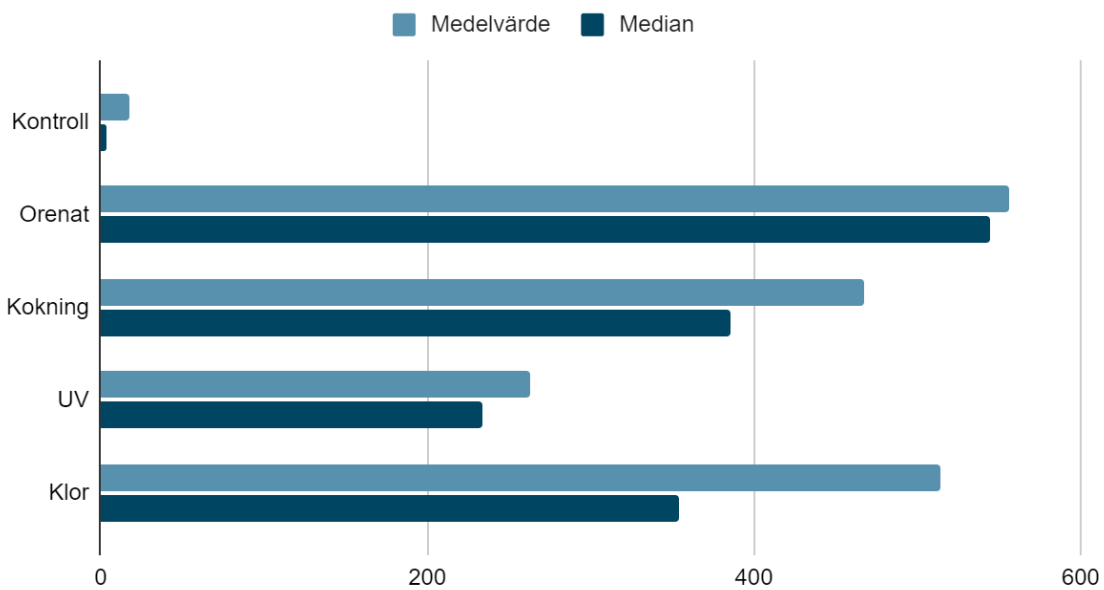
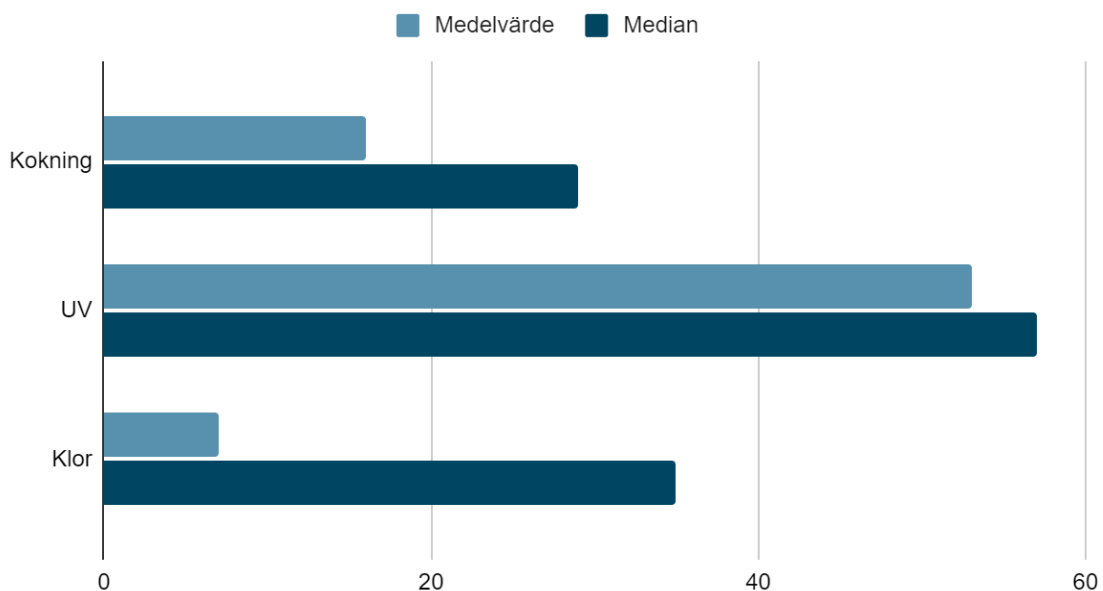


Diagram 1 visar att av de reade vattenproverna hade proverna behandlade med UV-strålning minst median areal bakterietillväxt. Proverna som klorerades hade näst minst median areal bakterietillväxt och proverna som kokades hade störst median areal bakterietillväxt.

Diagram 2. Procentuell minskning av bakteriearea jämfört med orenat vatten (%)



Av diagram 2 framgår att proverna behandlade med UV-strålning visade störst minskning av arean bakterier, att proverna som klorerades visade näst störst minskning av medianen och att proverna som kokades visade den lägsta minskningen av medianen.

7. Diskussion

7.1 Jämförelse av reningsmetoderna

Utifrån resultaten går det att dra slutsatsen att både kokning, UV-strålning och klor dödar bakterier i vatten. Alla reningsmetoder ledde till att medianen och genomsnittet av bakterietillväxten blev mindre än hos proverna med orenat sjövattnet.

Det går dock inte att avgöra vilken reningsmetod som är mest effektiv eftersom spridningen av areorna är för stor. Till exempel varierade arean av bakteriekolonierna från klorerat vatten från ca 280 mm² till ca 1010 mm² (Se appendix 11.1). Denna spridning är för stor för att säkert bestämma metodernas effektivitet. Om man ändå skulle jämföra metoderna är det mer säkert att utgå från medianen av bakterietillväxten än medelvärdet eftersom extremvärden leder till missvisande medelvärden. Utifrån medianerna skulle det eventuellt gå att dra slutsatsen att UV-strålning är den mest effektiva metoden. Medianen av bakterietillväxten för UV-renat vatten var cirka 57 % mindre än medianen för orenat vatten. Medianen för kokat vatten och klorerat vatten var 29 % respektive 35 % mindre än medianen för orenat vatten.

Enligt teorin bör kokning leda till att över 99 % av bakterier i vatten dör. Klortabletterna och UV-vattenflaskan som användes i laborationen ska enligt marknadsföring också döda över 99 % av bakterier i vatten. Resultaten i denna studie stödjer inte dessa påståenden. Detta beror förmodligen på felkällor i metoden (felkällor diskuteras senare i rapporten).

Det är viktigt att påpeka att denna laboration inte jämförde effektiviteten av klortabletter, UV-strålning och kokning generellt. Studien använde endast ett kommersiellt märke av klortablett respektive UV-vattenflaska. Uppvärmning skedde dessutom endast till en specifik temperatur och under en viss tid. Om vi hade använt klortabletter och UV-vattenflaskor från olika tillverkare, eller om vi hade kokat vattnet längre eller kortare eller till en annan temperatur, hade resultaten eventuellt sett annorlunda ut. Dock ska alla klortabletter och UV-vattenflaskor på marknaden vara ungefär lika effektiva enligt marknadsföring. Enligt

teorin ska bakterier dö väldigt hastigt redan vid uppvärmning till 65°C,¹⁴ så om man värmer vatten högre än så kommer inte nödvändigtvis många fler bakterier att dö.

7.2 Praktisk användning av metoderna

I verkligheten är kokning, klortabletter och UV-rening olika lämpliga i olika miljöer beroende på ekonomiska faktorer. Studier har visat att i länder med varmt klimat kan det gå att rena vatten genom att ställa plastflaskor med vatten ute i solen. UV-strålningen från solen bör döda alla skadliga mikrober inom några timmar.¹⁵ Denna metod är dock tidskrävande och är beroende av väder. Artificiell UV-strålning, exempelvis från en UV-vattenflaska, kan vara dyrt, vilket är varför det inte är en populär vattenreningsmetod i låginkomstländer.

Klortabletter kan vara bra för att rena vatten i situationer där det är för svårt logistiskt att rena det med andra metoder. Till exempel om man är ute på vandring eller ska bedriva vattenrening på stor skala. I många vattenreningsverk används klor då det är för kostsamt energimässigt att koka vattnet.¹⁶ Klorering är alltså en populär metod för att rena vatten på stor skala.

Det går att koka vatten varsohelst i världen så länge man har tillgång till vattenkäril och bränsle. I medelinkomst- och höginkomstländer har de flesta möjlighet att koka vatten, men i vissa låginkomstländer med dålig vattentillgång avstår många från att koka vatten eftersom bränslet är för dyrt.¹⁷ För de flesta personer och i de flesta situationer då man ska rena vatten

¹⁴ Healthline. What Temperature Kills Bacteria in Water and Food? *Healthline*. 2020. <https://www.healthline.com/health/what-temperature-kills-bacteria#bacteria-in-water> (Hämtad 2023-01-16)

¹⁵ Inga Vesper. How do we get more people to purify water using the sun's rays? *The Guardian*. 2016-08-04.

<https://www.theguardian.com/global-development/2016/aug/04/how-do-we-get-more-people-to-purify-water-using-the-sun-rays-solar-disinfection#:~:text=The%20sun's%20heat%20and%20ultraviolet%0ays%20kill%20all%20harmful%20pathogens.about%20its%20use%2C%20he%20said> (Hämtad 23-01-12).

¹⁶ Centers for Disease Control and Prevention. Disinfection with Chlorine and Chloramine. *Centers for Disease Control and Prevention*. 2020 https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_disinfection.html#:~:text=To%20prevent%20contamination%20with%20germs,Salmonella%2C%20Campylobacter%2C%20and%20norovirus (Hämtad 2023-01-16)

¹⁷ Wateraid. Why walk miles for dirty water? *WaterAid*. <https://www.wateraid.org/uk/why-walk-for-water> (Hämtad 23-12-12).

på liten skala kan kokning vara den mest lämpliga metoden på grund av dess låga kostnad och enkelhet.

För att alla ska kunna få tillgång till rent vatten behöver man undersöka vilken av lösningarna som är mest kostnadseffektiv, alltså hur väl resultatet bär upp sina kostnader. Det uppstår många komplikationer när man gör en sådan jämförelse eftersom kostnaderna av en vattenreningsmetod varierar mycket beroende på situation. Vi har ändå gjort en generell uppskattning av kostnaden av att rengöra olika mängder vatten om man använder det klormärke och den UV-vattenflaska vi använde i denna laboration samt värmer vatten till 100°C. (Se appendix för beräkningar).

Diagram 3. Metodkostnad för småskalig vattenrening i Sverige

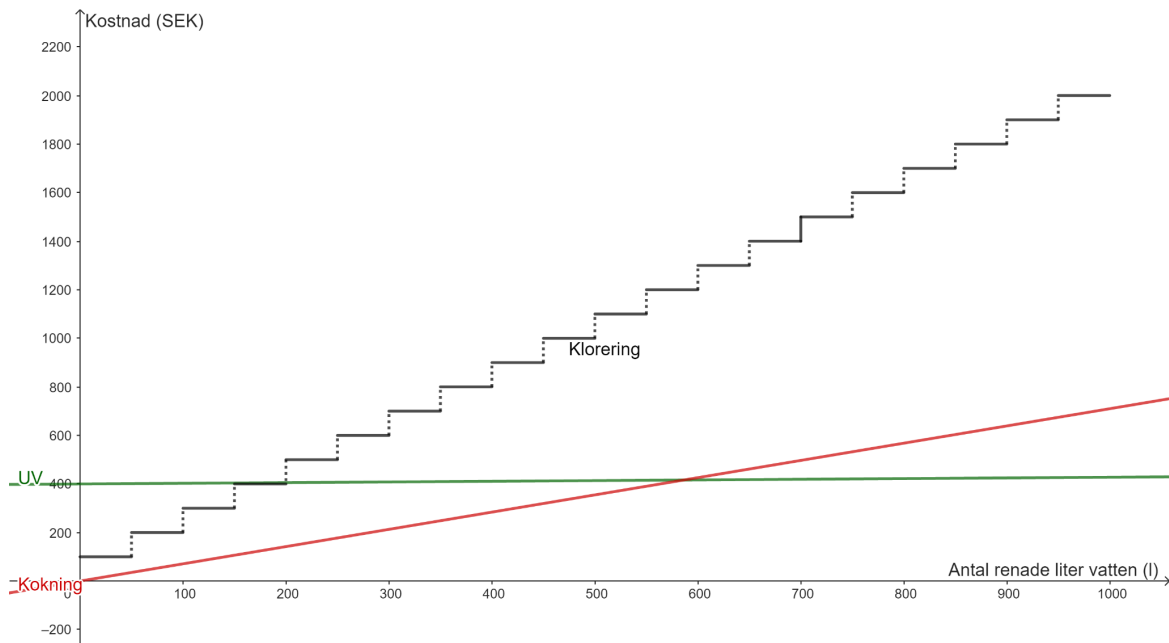


Diagram 3 visar att metoderna kokning och klorering är billigare vid småskalig rening av vatten medan rening med UV är billigast i längden. I praktiken kommer UV-vattenflaskan att gå sönder efter en viss tid, varpå man behöver köpa en ny, vilket medför ökad kostnad. Om man renar vatten med klortabletter på stor skala, exempelvis i ett reningsverk, går det att köpa in klor mycket billigare per viktenhet än priset för de klortabletter som vi utgår ifrån i diagrammet. Vi antar att det inte finns någon initialkostnad för kokning då majoriteten människor redan har tillgång till den utrustning som behövs för att koka vatten. Kalkylerna utgår från kostnaderna av att rena vatten i Sverige.

Om man tar hänsyn till desifiseringsförmåga är det svårare att dra någon entydig slutsats om vilken metod som är mest kostnadseffektiv. Vid rening av över 600 l vatten går det däremot att se att UV-rening eventuellt är mest kostnadseffektiv då den både visar störst renande effekt och lägst kostnad (se diagram 2 och 3).

7.3 Felkällor

En potentiell felkälla är att bakterier från kropp och omgivning kontaminerade agarplattorna och på så sätt bidrog till att bakterietillväxten blev för hög. För att motverka denna felkälla steriliserade vi petriskålarna och arbetsytan samt bar skyddsutrustning. Kontrollproverna visade att agarplattorna ändå blev kontaminerade fast i väldigt liten utsträckning.

Själva topsarna vilka vi inte steriliserade skulle också kunna bära på bakterier då förpackningen som de förvarades i redan var öppnad. Det är dock osannolikt att de skulle ha haft på sig så många bakterier att de hade kontaminerat agarplattorna i någon större utsträckning. En annan felkälla är att det eventuellt inte överfördes samma mängd vatten till alla agarplattor. Med hjälp av topsar överförde vi två droppar vatten till alla plattor, men dropparna kan ha varierat i storlek, vilket i så fall hade lett till att agarplattorna fick olika mängder vatten på sig.

Ytterligare en felkälla är att vi eventuellt inte smetade ut vattnet helt jämnt på agarytorna. Vid enstaka tillfällen kan det möjligtvis ha hamnat vatten även på kontrolytan. Vissa delar av agarplattorna kan ha fått mer vatten och bakterier på sig än andra delar. Detta skulle då leda till att bakterietillväxten inte blev representativ. Vi drog inte topsar på kontrollproverna. Denna avsaknad ledde eventuellt till att det inte växte lika mycket bakterier på kontrollproverna som det annars skulle ha gjort ifall topsarna skulle ha burit på bakterier. Därmed blev tillväxten på kontrollproverna eventuellt missvisande. En sekundär grupp med kontrollprover som vi drar topsar på skulle eventuellt visa på att topsarna var kontaminerade.

Locken på vissa agarplattor stängdes inte på direkten efter att vi hade överfört vatten till plattorna. Detta kan möjligtvis ha lett till att bakterier från luften kan ha kommit in. Vi arbetade dock i ett steriliserat dragskåp, så denna felkälla har förmodligen endast en minimal påverkan på resultatet. Agarplattorna förvarades inte upp och ned, vilket hade givit ett mer korrekt resultat. I petriskålar som inte är upp och ned avdunstar mer vatten än i upp- och

nedvända petriskålar. Detta kan leda till att bakterierna torkar ut. När det kondenserade vattnet droppar tillbaka ned på bakteriekulturerna smetas dessa ut, vilket kan leda till att olika bakteriekolonier blandas med varandra. Då kan resultaten bli missvisande.¹⁸

Sjövattnet vi använde var väldigt klart. Eftersom klart vatten generellt innehåller färre bakterier än grumligt vatten finns det en möjlighet att vattnet var så rent att det inte fanns särskilt många bakterier från början. Detta skulle betyda att reningsmetoderna inte hade någon större inverkan, vilket skulle göra resultatet irrelevant då den eventuella skillnaden i antal bakterier inte skulle bero på de olika metodernas effektivitet. En annan möjlig felkälla är att vattnet inte var filtrerat. För att de olika reningsmetoderna ska ha maximal effekt bör vattnet vara helt fritt från större partiklar. Till exempel kan jordkorn blockera UV-strålning så att strålningen inte når fram till alla bakterier. I vårt fall skulle filtrering i sig inte minska mängden bakterier då det krävs filter med en porstorlek på högst 0,2 mikron för att bakteriehalten ska påverkas, vilka vi inte vid tillfället hade tillgång till. Vattnet vi använde var dock så pass fritt från större partiklar att vi inte såg något behov av filtrering. Att filtrera vattnet skulle därför sannolikt inte ha gjort någon större skillnad på resultaten.

7.4 Metodförbättringar

En viktig metodförbättring är att göra fler prover av varje typ och utföra experimentet flera gånger för att minska det relativa felet. Spridningen i vårt resultat är för stort för att komma fram till några definitiva slutsatser utöver att alla metoder förmodligen fungerar till någon utsträckning.

För att öka precisionen och riktigheten hos ett resultat bör också felkällorna rättas till. Framst behöver topsarna steriliseras och vattnet skulle kunna filtreras innan experimentet, agarplattorna ska förvaras upp och ned och lika mycket vatten ska överföras i ett jämnt lager till alla agarplattor.

¹⁸ Pharmaceutical Technology. The Petri dish: telling the story of pharma's most humble ally. *Pharmaceutical Technology*. 2019
<https://www.pharmaceutical-technology.com/features/the-petri-dish-telling-the-story-of-pharmas-most-humble-ally/#:~:text=Petri%20dishes%20need%20to%20be,disturb%20or%20compromise%20a%20culture> (Hämtad 2023-01-16)

Vidare kan man testa vatten från olika sjöar och vattendrag för att se till att vattnet inte har någon speciell egenskap som påverkar funktionaliteten hos någon av metoderna, exempelvis att vattnet är för rent eller att vattnet innehåller ämnen som hämmar den aktiva ingrediensen i klortabletterna. Slutligen skulle man kunna testa olika UV-vattenflaskor och klortabletter från olika tillverkare för att säkerställa att inte en enskild produkt har annorlunda effektivitet än metoden generellt.

7.5 Vidare frågeställningar

Utifrån resultatet och slutsatserna av denna laboration kan man ställa sig en rad ytterligare frågeställningar:

- Hur mycket skulle det kosta att ge alla tillgång till rent vatten?
- Går det att använda UV i stor skala?
- Har någon av reningsmetoderna en negativ hälsopåverkan på vattnet? Försvinner exempelvis något viktigt näringsämne?
- Finns det någon annan metod som är mer effektiv?

7.6 Alternativa metoder för vattenrening

Det finns en rad andra sätt att desinficera vatten på, exempelvis bakteriefiltrering, destillering och behandling med andra kemikalier såsom väteperoxid och jod.¹⁹

8. Slutsats

Både kokning, klor och UV-strålning dödar bakterier i vatten. Resultaten från denna studie pekar på att UV-strålning är den mest effektiva metoden, men skillnaden av tillväxten inom respektive provgrupp är för stor för att säkert jämföra metoderna. I de flesta verkliga situationer på liten skala är kokning den mest användbara reningsmetoden då den är enkel, billig och icke tidskrävande.

9. Erkännanden

¹⁹ Centers for Disease Control and Prevention. Making Water Safe in an Emergency. *Centers for Disease Control and Prevention*. 2022.
<https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/making-water-safe.html#Boil> (Hämtad 2023-01-16).

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Pär Wohlin för hans kontinuerliga och gedigna stöd.

10. Källförteckning

Aquatabs. Biocidal agent, Free Chlorine. *Aquatabs*. 2022.

<https://www.aquatabs.com/products.php> (Hämtad 2022-10-14).

Centers for Disease Control and Prevention. Making Water Safe in an Emergency. *Centers for Disease Control and Prevention*. 2022.

<https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/making-water-safe.html#Boil> (Hämtad 2022-09-15).

Ehinger, Magnus. Tillredning av odlingsmedier. *Magnus Ehinger undervisning*. 2020.

<https://www.ehinger.nu/undervisning/kurser/bioteknik/laborationer-och-ovningar/grundlaggande-mikrobiologi/tillredning-av-odlingsmedier.html> (Hämtad 2022-10-04).

Pharmaceutical Technology. The Petri dish: telling the story of pharma's most humble ally. *Pharmaceutical Technology*. 2019.

<https://www.pharmaceutical-technology.com/features/the-petri-dish-telling-the-story-of-pharmas-most-humble-ally/#:~:text=Petri%20dishes%20need%20to%20be,disturb%20or%20compromise%20a%20culture> (Hämtad 2023-01-16)

Global Industry Analysts Inc. *Ultraviolet (UV) Disinfection - World Market Report*.

StrategyR, 2022.

<https://www.strategyr.com/market-report-uv-disinfection-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp> (Hämtad 2022-11-02).

Greenely. 8 ovanor som kostar dig pengar och skadar miljön. *Greenely*. 2018.

<https://old.greenely.se/nyheter/tips-och-inspiration/8-ovanor-som-kostar-dig-pengar-och-skadar-miljon> (Hämtad 2023-01-19)

Hahn, Martin W. Broad diversity of viable bacteria in 'sterile' (0.2 microm) filtered water. *ScienceDirect*. Vol. 155, nr. 8, 2004: 688-691.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0923250804001287?via%3Dihub>

(Hämtad 2022-10-14).

Healthline. What Temperature Kills Bacteria in Water and Food? *Healthline*. 2020.
<https://www.healthline.com/health/what-temperature-kills-bacteria#bacteria-in-water>
(2023-01-16)

Helen Suzman Foundation. How Long Is a South African Working Life? *Helen Suzman Foundation*. 2017.

<https://hsf.org.za/publications/hsf-briefs/how-long-is-a-south-african-working-life> (Hämtad 2023-01-19)

How stuff works. How does chlorine work to clean swimming pools? *How stuff works*. 2022.

<https://science.howstuffworks.com/innovation/science-questions/question652.htm>

(Hämtad 2022-10-14).

International Monetary Fund. GDP per capita, current prices. *International Monetary Fund*. 2023. <https://www.imf.org/external/datamapper/profile/AFQ> (Hämtad 2023-01-19)

Jönsson, Olof. Politiska problem orsakar vattenbrist. *Aftonbladet*. 2010-03-20.

<https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/zLMApQ/politiska-problem-orsakar-vattenbrist>

(Hämtad 2022-11-15).

LeChevallier, M W, et al. Inactivation of biofilm bacteria. *American Society for Microbiology journals*. Vol. 54, nr. 10, 1988.

<https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.54.10.2492-2499.1988> (Hämtad 2022-10-14).

Nationellt resurscentrum för biologiundervisning. Säkerhetsanvisningar för laborationer med mikroorganismer. *Nationellt resurscentrum för biologiundervisning*. 2022.

<https://bioresurs.uu.se/wp-content/uploads/2022/08/Sakerhetsanvisningar-for-laborationer-med-mikroorganismer-samt-GMM.pdf> (Hämtad 2022-10-04).

New York State Department of Health. Boil Water Response - Information for the Public Health Professional. *New York State Department of Health*. 2018.

https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/boilwater/response_information_public_health_professional.htm#:~:text=It%20is%20also%20reported%20that,in%20five%20minutes%20of%20exposure (Hämtad 2022-10-08).

Pereira, R.V., et al. Evaluation of the effects of ultraviolet light on bacterial contaminants inoculated into whole milk and colostrum, and on colostrum immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, nr. 5, 2014: 2866-2875

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00149-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00149-0/fulltext) (Hämtad 2022-11-08).

Prüss-Ustün A, Bartram J, Clasen T et al. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health*. Vol. 19, nr 8, 2014: 894-905.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tmi.12329> (Hämtad 2022-12-19).

The United States Records of the Environmental Protection Agency [EPA]. The History of Drinking Water Treatment. *The United States Records of the Environmental Protection Agency [EPA]*. 2001.

https://archive.epa.gov/water/archive/web/pdf/2001_11_15_consumer_hist.pdf (Hämtad 2022-10-28)

Unicef. Tusentals barn dör varje dag av smutsigt vatten. *Unicef*. 2022.

<https://unicef.se/fakta/vatten-och-sanitet> (Hämtad 2022-10-07).

Vesper, Inga. How do we get more people to purify water using the sun's rays? *The Guardian*. 2016-08-04.

<https://www.theguardian.com/global-development/2016/aug/04/how-do-we-get-more-people-to-purify-water-using-the-sun-rays-solar-disinfection#:~:text=The%20sun's%20heat%20and%20ultraviolet%20rays%20kill%20all%20harmful%20pathogens,about%20its%20use%2C%20he%20said> (Hämtad 23-01-12).

Ward's World. Fowl Play: How Heat Kills the Bacteria in Your Thanksgiving Turkey. *Ward's World*.

<https://wardsworld.wardsci.com/biology/fowl-play-how-heat-kills-the-bacteria-in-your-thanksgiving-turkey> (Hämtad 2022-09-25).

Wateraid. Why walk miles for dirty water? *Wateraid*.

<https://www.wateraid.org/uk/why-walk-for-water> (Hämtad 23-12-12).

White, Carol. How Does Pasteurization Kill Bacteria? *How stuff works*. 2022.

<https://science.howstuffworks.com/life/cellular-microscopic/pasteurization2.htm>

(Hämtad 2022-09-22).

World Health Organization. Drinking-water. *World Health Organization*. 2022.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (Hämtad 2023-01-19)

World Health Organisation. Boil water. *World Health Organisation*. 2011.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/155821/WHO_FWC_WSH_15.02_eng.pdf

(Hämtad 2022-09-18).

11. Appendix

11.1 Detaljerade resultat

Tabell 2. Area av bakteriekolonier

Prov	Area (mm ²)
Kontroll 1	3
Kontroll 2	49
Kontroll 3	0
Kontroll 4	36
Kontroll 5	3
Orenat 1	545
Orenat 2	671
Orenat 3	552
Orenat 4	470

Orenat 5	543
Kokning 1	386
Kokning 2	787
Kokning 3	309
Kokning 4	570
Kokning 5	287
UV 1	510
UV 2	234
UV 3	474
UV 4	39
UV 5	59
Klor 1	1006
Klor 2	277
Klor 3	354
Klor 4	638
Klor 5	298

11.2 Riskbedömning

Tabell 3. Riskbedömning

<i>Arbetsmoment</i>	<i>Risk</i>	<i>Proaktiv åtgärd</i>	<i>Reaktiv åtgärd (vid allvarliga skador, ring 112)</i>
Uppvärmning av agar	Trycket i Schott-flaskan kan bli för högt, vilket kan leda till att flaskan exploderar. Då kan man skada sig på glassplittret.	Låta locket vara något öppet. Stäng av värmen om trycket verkar bli för högt.	Linda bandage eller annat mjukt material runt den blödande kroppsdelens. Desinfektera såret med sprit efter en period.
Överföring av	Man kan bränna sig	Ha på grytvantar.	Håll den brända

smält agar till petriskålar	på agaren.	Arbeta med lugna, kontrollerade rörelser.	kroppsdelen under kallt vatten i minst 20 min.
Insamling av prover	Man kan få bakterier på eller i sig, vilket kan leda till sjukdom.	Använd skyddsutrustning i form av munskydd, skyddsglasögon, plasthandskar och labbrock.	Sitt i karantän hemma. Kontakta personer som eventuellt blivit smittade. Ta medicinering efter behov.
Vattenkokning	Vatten kan rinna över och man kan råka nudda brännplattan. Då kan man få brännskador.	Vattennivån får ej vara så hög att vattnet kan spilla över.	Håll den brända kroppsdelen under kallt vatten i minst 20 min.
Tillväxtperioden	Locken på agarplattorna samt plastlådorna kan vara otillräckligt förseglade. Då kan bakterier sprida och leda till sjukdom hos personer.	Kontrollera regelbundet under tillväxtperioden att agarplattorna är helt stängda. Tejpen får ej ha lossnat. Förvara dem i en förseglad låda.	Släng agarplattan som öppnats i särskilt avfall. Sterilisera ytan runtomkring agarplattan. Gör ett nytt prov. Sitt i karantän hemma. Kontakta personer som eventuellt blivit smittade. Ta medicinering efter behov.

Utifrån tabellen ovan bedömde vi att laborationen var någorlunda riskfylld men genomförbar. De mest riskfyllda momenten var uppvärmning av agar och bakteriernas tillväxtperiod. Genom att iaktta åtgärderna ovan minskade vi risken för skador markant.

11.3 Beräkning av kostnad för att rena vatten i Sverige

UV

Initialkostnad

Inköpspris för UV-flaskan: 400 SEK

En UV-vattenflaska antas kunna rena 1000 l vatten innan den går sönder

Driftkostnad

Energiåtgång för en laddning: 0,120 kWh

Genomsnittligt elpris i Sverige 2022: 3,24 SEK / kWh²⁰

Antal laddningar som krävs för att rena 1 l vatten: 1/14 (en laddning antas kunna rena 14 l vatten)

$0,120 * 3,24 * 1/14 \text{ SEK} / \text{l} \approx 0,0278 \text{ SEK} / \text{l}$

Klor

Initialkostnad

Inköpspris: 100 SEK

Antal liter klortabletterna kan rena enligt förpackning: 50 l

Driftkostnad

0 SEK

Kokning

Initialkostnad

0 SEK (vi förutsätter att man redan har tillgång till utrustning för att värma vatten)

²⁰ Elpriser24. Elpriset för 1 kWh. *Elpriser24*. 2022. <https://elpriser24.se/kwh/> (Hämtad 2023-01-19)

Driftkostnad

Energiåtgång för att koka 1 liter vatten: 0,22 kWh²¹

Genomsnittligt elpris i Sverige 2022: 3,24 SEK / kWh

$0,22 * 3,24 \text{ SEK} / 1 \approx 0,71 \text{ SEK} / 1$

11.4 Beräkning av samhällskostnad av brist på tillgång till rent vatten

Antal barn under fem år som inte skulle ha dött år 2022 om de hade haft tillgång till rent vatten: 297 000 st²²

Genomsnittligt antal år som personer i Sydafrika arbetar: 18,4 år (denna siffra antas vara representativ för hela Afrika)²³

Genomsnittligt GDP per capita i Afrika: 23 600 SEK²⁴

Brist på tillgång till rent vatten kostar världen minst

$297\,000 * 18,4 * 23\,600 \text{ SEK} \approx 129\,000\,000\,000 \text{ SEK}$

Beräkningen antar att de barn som dör annars skulle ha jobbat i cirka 18,4 år, att det genomsnittliga antal år som personer i Afrika förväntas arbeta kan skattas som lika med antalet år personer i Sydafrika väntas arbeta samt att GDP per capita är konstant under prognosperioden. I praktiken kommer dödlighet bland barn, arbetade år och GDP per capita variera, men antaganden är konservativa och beräkningen underskattar troligen kostnaden av bristen på tillgång till rent vatten i framtiden. Beräkningarna tar inte hänsyn till kostnaden när personer över fem år dör till följd av brist på tillgång till rent vatten. Vi har valt att inte inkludera eventuella vårdkostnader då tillgång till bra vård är liten i de områden där flest människor avlider på grund av orent vatten.

²¹ Greenely. 8 ovanor som kostar dig pengar och skadar miljön. *Greenely*. 2018.

<https://old.greenely.se/nyheter/tips-och-inspiration/8-ovanor-som-kostar-dig-pengar-och-skadar-miljoen> (Hämtad 2023-01-19)

²² World Health Organization. Drinking-water. *World Health Organization*. 2022.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (Hämtad 2023-01-19)

²³ Helen Suzman Foundation. How Long Is a South African Working Life? *Helen Suzman Foundation*. 2017. <https://hsf.org.za/publications/hsf-briefs/how-long-is-a-south-african-working-life> (Hämtad 2023-01-19)

²⁴ International Monetary Fund. GDP per capita, current prices. *International Monetary Fund*. 2023. <https://www.imf.org/external/datamapper/profile/AFQ> (Hämtad 2023-01-19)