



הנחיות להגשת תכנית, תפעול ובקרה של מתקני חיטוי מי שתייה ומי בריכות שחייה ב - UV

תוכן עניינים

4	חלק 1 : מבוא	4
4	1.1 מילות מפתח	4
4	1.2 מטרה	4
4	1.3 תחולה	4
4	1.4 מסמכים המשמשים בסיס להנחיות (על עדכוניהם)	4
5	1.5 רקע	5
5	1.6 מצב החוק בישראל	5
5	1.6.1 מי שתיה	5
6	1.6.2 בריכות שחיה	6
7	1.7 הגדרות	7
8	חלק 2 : הנחיות להגשת תכנית למתקן חיטוי ב-UV	8
8	2.1 כללי	8
8	2.2 איסוף נתוני רקע	8
10	2.3 תכנון מתקן החיטוי	10
11	2.4 תכנון מערכת הבקרה	11
12	2.5 התרעות ותקלות	12
14	חלק 3 : תפעול ותחזוקה שוטפים	14
14	חלק 4 : תיעוד ודיווח	14
17	נספח 1 מונחון חיטוי ב-UV	17
19	נספח 2 רקע תיאורטי ומושגים בסיסיים	19
19	2.1 קרינת UV	19
19	2.2 מכניזם של חיטוי באמצעות UV	19
20	2.3 יעילות חיטוי UV	20
21	נספח 3 איכות המים כחלק מתכנון המתקן	21
21	3.1 הרכב המים ותכולתם	21
21	3.2 UVT (כחלק מגישת חישוב המנה - Calculated Dose approach)	21
22	3.3 תוצרי לוואי של החיטוי ב-UV	22
23	3.4 Fouling/Aging Factor - פקטור ההזדקנות	23
23	3.5 קביעת עוצמת הנורה כחלק מגישת בקרה על המנה UVI set point approach	23
23	3.6 המלצות למיקום ריאקטור UV במערך הטיפול	23
24	נספח 4 אסטרטגיית חיטוי משלבת ומשלימה	24
26	נספח 5 רכיבי מערכת חיטוי ב-UV	26
26	5.1 נורות ה-UV	26
28	5.2 מעטפת הנורה (envelope)	28
28	5.3 שרוול הנורה (sleeve)	28
28	5.4 מערכת ניקוי שרוולי הנורות	28
29	5.5 ספק הכוח - Ballast	29
29	5.6 יחידות ריאקטורים של UV	29
30	נספח 6 רכיבי הבקרה הרציפה	30
30	6.1 מדידת ספיקה	30
30	6.2 גלאים לעוצמת הנורה	30
30	6.3 אנלייזר UVT	30
30	6.4 גלאים לטמפרטורה	30
30	6.5 בחירת גישת הבקרה על המנה	30
30	6.5.1 גישת בקרה רציפה של עוצמת הקרינה - UV Intensity Setpoint Approach	30
32	6.5.2 גישת בקרה ע"פ חישוב מנת קרינה - Calculated Dose approach	32
35	נספח 7 תחזוקת המתקן- פעולות נדרשות	35
35	7.1 אימות וכיול גלאים	35
36	7.2 פעולות תחזוקה המשותפות לשתי גישות הבקרה על המנה	36
37	נספח 8 דוגמה לסיכום תנאי הפעלה חודשית	37
38	נספח 9 תיקוף ריאקטור UV	38
38	9.1 תיקוף (ולידציה) - בחינת התאמת המערכת לייעודה	38
39	9.2 גופי תיקוף ונהלי תיקוף בעולם	39
43	9.3 פרמטרים שיוצגו בדוח מבחן התיקוף שיועבר למשרד הבריאות	43
43	נספח 10 טבלת סעיפים בהנחיות ייחודיים למי שתיה	43

רשימת תרשימים טבלאות ואיורים

- 9..... תרשים 1 תהליך הגשת תכנית מתקן חיטוי ב-UV וקבלת אישור רשות הבריאות
- 19..... תרשים 2 קרינת UV
- 20..... תרשים 3 בליעת קרינת UV של נוקלאוטידים (שמאל) ושל DNA (ימין) בערך הגבה 7
- 26..... תרשים 4 רכיבי מערכת חיטוי ב-UV
- 28..... תרשים 5 ספקטרום של נורות לחץ נמוך (LP) ולחץ בינוני (MP)
- 32..... תרשים 6 תיאור תחום ההתאמה (אזור 1 המוצלל) בצורה גרפית
- 39..... תרשים 7 עקומות אינאקטיבציה - מנה-תגובה - למיקרואורגניזמים שונים
- 39..... תרשים 8 השיטה הביודוזימטרית
- 13..... טבלה 1 התרעות אופייניות למתקני UV
- 15..... טבלה 2 תדירות ניטור ורישום של פרמטרים נדרשים לעמידה בתנאי התיקוף
- 16..... טבלה 3 פרמטרים נוספים מומלצים לניטור ותדירות רישום
- 22..... טבלה 4 איסוף נתוני UVT וניתוחם לצורך תכנון מתקן
- 24..... טבלה 5 השוואה בין תכונות המחטאים השונים
- 24..... טבלה 6 מנות UV נדרשות (Dreq) להרחקת פתוגנים שונים
- 25..... טבלה 7 טבלת עזר לחישוב יעילות החיטוי
- 25..... טבלה 8 טבלת עזר לחישוב יעילות החיטוי
- 27..... טבלה 9 השוואה בין תכונות הנורות
- 32..... טבלה 10 דוגמה לטבלה תפעולית המתקבלת בתיקוף
- 33..... טבלה 11 מאפיינים של גישות הבקרה על המנה
- 34..... טבלה 12 המרת ערכי UVT ו-UV Absorption (בליעת UV)
- 35..... טבלה 13 מתקן בתיקוף לפי תקן אירופאי ע"פ גישת הבקרה של עוצמת הקרינה (UVI Setpoint approach)
- 35..... טבלה 14 מתקן בתיקוף לפי רגולציה אמריקאית ע"פ גישת חישוב מנת קרינה (Calculated Dose Approach)
- 36..... טבלה 15 פעולות תחזוקה המשותפות לשתי גישות הבקרה על המנה
- 37..... טבלה 16 דוגמה לסיכום תנאי הפעלה חודשית
- 40..... טבלה 17 פרוטוקולי תיקוף- בין הישן לחדש
- 41..... טבלה 18 הבדלים בין פרוטוקול התיקוף האמריקאי לאירופי*
- 43..... טבלה 19 פרמטרים שיוצגו בדו"ח מבחן התיקוף שיועבר לרשות הבריאות
- 43..... טבלה 20 סעיפים בהנחיות ייחודיים למי שתיה
- 31..... איור 1 דוגמה למתקן UV
- 33..... איור 2 טבלאות 1-1 ו 1-2 לשם הדגמת חישוב מנת הקרינה REDcalc על ידי מכפלה $VF \cdot Dreq$

חלק 1: מבוא

1.1 מילות מפתח

בליעת UV, עוצמת קרינה, נורת UV, מי שתיה, מי בריכות שחייה.

1.2 מטרה

קביעת הנחיות להגשת תכנית, תפעול ובקרה של מתקני חיטוי ב-UV.

1.3 תחולה

1.3.1. ספק המים או מנהל המוסד/העסק/האתר אחראי לקיום הנחיות אלה, ולמינוי אחראי מטעמו לתפעול המתקן. האחראי יעבור השתלמות ייעודית לתפעול מתקני UV, או שהפעילות תתבצע באמצעות חוזה עם ספק הציוד

1.3.2. ההנחיות המפורטות להלן אינן באות במקום כל דרישה אחרת של משרד הבריאות או של גורמים סטטוטוריים אחרים, לרבות הוראות בנושאי בטיחות של משרד התמי"ת, בנושאי סביבה וחומ"ס של המשרד להגנת הסביבה, ובנושא מיגון של רשות המים

1.4 מסמכים המשמשים בסיס להנחיות (על עדכונים)

- 1.4.1. EPA - UV disinfection guidance manual for the final LT2 enhanced SW treatment rule 2006
- 1.4.2. German Association for Gas and Water (DVGW) (2006) UV Disinfection Devices for Drinking Water Supply- Requirements and Testing. DVGW W294 -1, -2, and -3. Deutsche Vereinigung des Gas - und Wasserfaches, Bonn, Germany
- 1.4.3. ÖNORM M 5873-2: 2003 - Plants for the disinfection of water using UV radiation - Requirements and testing part 2; medium pressure mercury lamp plants
- 1.4.4. DIN 19294-4 Reference radiometers for medium pressure lamps (Draft)
- 1.4.5. DIN 19294-1: 2020 / ÖNORM M 5873-1: 2020 - Devices for the disinfection of water using ultraviolet radiation. Requirements and testing part 1: Devices equipped with UV low pressure lamps - Requirements and testing
- 1.4.6. DIN 19294-3: 2020 / ÖNORM M 5873-3: 2020 Devices for the disinfection of water using ultraviolet radiation. Part 3: Reference radiometers for devices equipped with UV low pressure lamps - Requirements and testing
- 1.4.7. Australian Waterval UV Disinfection Guidance Document
- 1.4.8. Australian Waterval Chlorine Disinfection Guidance Document
- 1.4.9. תקנות בריאות העם (איכותם התברואית של מי שתיה ומתקני מי שתיה), התשע"ג - 2013.
- 1.4.10. תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות) התש"ל - 1970.
- 1.4.11. חוק רישוי עסקים - התשכ"ח - 1968.
- 1.4.12. תקנות רישוי עסקים (תנאי תברואה נאותים בבריכות שחייה) התשנ"ד - 1994.
- 1.4.13. מפרט אחיד לפריט 4.7 א' מים - נופש : בריכת שחיה, לרבות מאגר מים אחר המשמש לשחייה ולנופש מים, לרבות בריכה המצויה בפארק מים ולמעט בריכה המשמשת עד ארבע יחידות אירוח למטרת נופש, 2021.
- 1.4.14. תקן ישראלי 5438 : כימיקלים לטיפול במי שתייה.
- 1.4.15. תקן ישראלי 5452 : בדיקת מוצרים הבאים במגע עם מי שתייה.
- 1.4.16. הנחיות המנהל להגשת תכנית, לתפעול וניטור מתקן טיפול במי שתיה.
- 1.4.17. מדריך לתפעול ואחזקת בריכות שחייה.

1.5 רקע

בישראל, מים המסופקים לשתייה ומים המשמשים לרחצה בבריכות שחיה נדרשים בחיטוי וזאת על מנת להפחית פוטנציאל לזיהום מיקרוביאלי במים. דרישות לחיטוי מי שתיה נקבעו בתקנות בריאות העם (איכותם התברואית של מי שתייה ומתקני מי שתיה). דרישות לחיטוי מי בריכות שחיה נקבעו בתקנות התכנון והבניה וכן בתקנות רישוי עסקים (תנאי תברואה נאותים לבריכות שחיה) התשנ"ד, 1994.

תכנון מערך חיטוי רב חסמי אשר אחד משלבו הוא חיטוי ב UV מקובל במתקני מי שתייה, ומהווה אמצעי לקטילת טפילי מעיים בבריכות לפעוטות ובבריכות טיפוליות.

יתרונות חיטוי זה הם:

1. קטילת פתוגנים (כמו טפילי מעיים) אשר חומרי החיטוי המקובלים לא מפחיתים ריכוזם בעילות.
2. הפחתת תוצרי לוואי של חיטוי הנחשבים כפוגעים בבריאות.
3. הגברת יעילות החיטוי בנקודות בהן יש קושי בהשגת ה-CT הדרוש בחיטוי עם תרכובות כלור (נספח 4).
4. השפעה מינימאלית על האיכות האסתטית של המים - טעם וריח.
5. הפחתת השימוש בכימיקלים.

בשל העובדה שלחיטוי ב-UV אין שאריות, במערכות המים נדרש מערך חיטוי משולב עם תרכובות כלור, שהן בעלות שאריות במים. התכנון, התפעול והתחזוקה של מערכות חיטוי ב-UV שונים ממערכות ושיטות הטיפול המסורתיות במים. בנספח 2 ניתן רקע תיאורטי ומושגים בסיסיים מתחום קרינת UV לחיטוי מי שתייה ומי בריכות שחיה, במערכות מים ציבוריות.

ההנחיות מיועדות להנחות ספקי מים, מנהלי מוסדות/עסקים/אתרים, מתכנני מערכות מים ובריכות שחיה, בשלב הגשת תכנית חיטוי לאישור, ובשלב תפעול המערכת ותחזוקתה. נספחים 10-1 נועדו להעשיר את הידע התיאורטי והמעשי של העוסקים בתכנון ותפעול מערכות חיטוי ב-UV.

1.6 מצב החוק בישראל

1.6.1 מי שתיה

ב"תקנות בריאות העם (איכותם התברואית של מי שתיה ומתקני מי שתיה), התשע"ג - 2013", מספר סעיפים העוסקים בשיטות טיפול וחיטוי מים, תוך מתן אפשרות לשימוש בחיטוי ב-UV:

תקנה 17: טיפול במים וניטור במיתקן טיפול

(א) ספק יפעיל מיתקן טיפול וינטר את המים במיתקן שאישרה רשות הבריאות ובהתאם להנחיות המנהל שיינתנו תוך התייחסות לסוגי מתקני ההפקה והטיפול, לתפוקתם ומורכבותם של המתקנים;

(ב) מיתקן טיפול יתוכן, יוקם ויופעל בהתאם לטכנולוגיה הזמינה הטובה ביותר (BAT) כפי שאישר המנהל, בהתחשב, בין השאר, בהשפעת המיתקן על הסביבה.

(ג) בנוסף לאמור בתקנות משנה (א) ו-(ב) -

1) מי גלם המופקים במיתקן מי תהום אשר נמצאה בהם חריגה כאמור בתקנה

11(א)(2) או החשוף לזיהום לדעת רשות הבריאות, יטופלו באופן המבטיח

הרחקת 3 סדרי גודל של נגיפים לפחות;

2) מי גלם המופקים במיתקן מים עיליים יטופלו בטכנולוגיה אשר תכלול לכל

הפחות סינון, ובאופן המבטיח הרחקת גורמים כמפורט להלן:

(א) קריפטוספורידיום - 2 סדרי גודל (99% הרחקה);

(ב) גיאורדיה - 3 סדרי גודל (99.9% הרחקה);

(ג) נגיפים - 4 סדרי גודל (99.99% הרחקה).

תקנה 19: חיטוי מים

(א) ספק לא יספק מי שתיה אלא אם כן הם מכילים לפחות אחד מחומרי החיטוי המפורטים בתוספת החמישית.

(ד) המנהל רשאי לאשר חיטוי המים בחומר או בטכנולוגיה שאינם מפורטים בתוספת החמישית, בתנאים כפי שימצא לנכון, אם מצא כי יעילותם שוות ערך לחומרים המפורטים בתוספת החמישית בטבלה א'.

(ה) ספק יתכן את מערכת אספקת המים באופן שיפחית עד כמה שניתן את תוצרי הלוואי של החיטוי במי השתיה.

תקנה 22: מכשירי ניטור

המנהל רשאי לקבוע את סוג מכשירי הניטור שיופעלו, את אופן הפעלתם, כיוולם וכל הוראה אחרת הנוגעת להם.

1.6.2 בריכות שחיה

במפרט האחיד, לפריט 4.7 א' מים - נופש: בריכת שחיה, לרבות מאגר מים אחר המשמש לשחייה ולנופש מים, לרבות בריכה המצויה בפארק מים ולמעט בריכה המשמשת עד ארבע יחידות אירוח למטרת נופש, נקבע כי טיפול משלים להפחתת המצאות טפילי מעיים ומיקרואורגניזמים עמידים לחיטוי בכלור יכול להיעשות באמצעות טיפול במערכות UV.

סעיף 4.20 במפרט האחיד - טיפול משלים להפחתת המצאות טפילי מעיים ומיקרואורגניזמים עמידים לחיטוי בכלור

4.20.1- התקנת טיפול משלים בבריכות השחיה מסייע בשמירה על איכות המים ועל בריאות המתרחצים) נדרש כדי להפחית מיקרואורגניזמים עמידים לכלור, כגון טפיל המעיים קריפטוספורידיום (Cryptosporidium).

4.20.2- בבריכות שחיה לפעוטות ובבריכות הידרותרפיות כהגדרתן בתקנות התכנון והבניה, תותקן מערכת לטיפול משלים. על אף האמור, בבריכות שנבנו לפני 1.7.21 בהתאם לדין החל במועד הבניה, תותקן מערכת לטיפול משלים כאמור, עד 1.7.24.

4.20.3- ניתן להשתמש במערכות לטיפול משלים כגון: חיטוי באמצעות אוזון, חיטוי בקרינת UV, הפתחה, או בטכנולוגיות אחרות. טיפול בקרינת UV ובאוזון מתאים גם להפחתת ריכוז הכלור הקשור בבריכה.

4.20.4- בריכות המשתמשות בטכנולוגיות סינון המרחיקות לפחות 99 אחוז (2 סדרי גודל) של טפילים במהלך סינון אחד, אינן נדרשות בטיפול משלים זה.

4.20.5- חיטוי המים במחטא ראשי (כלור, ברום או חומר חיטוי שאישר המנהל) יתבצע בהתאם לדרישת תקנות בריכות שחיה. אין בהוספת טיפול משלים, כדי לשנות מערכי החיטוי הקבועים בתקנות בריכות שחיה.

בנספח 2 למפרט האחיד נקבעו הנחיות נוספות העוסקות בדרישות כלליות מהמערכת, וכן דגשים ודרישות בנושאי תפעול ותחזוקה, התרעות על תקלות לרבות:

- הרחקה של 3 לוג (99.9%) קריפטוספורידיום לפחות במהלך המעבר במערכת ה-UV.
- דרישה לבצע את החיטוי ב-UV על הזרם המסוחרר המלא, לאחר המסננים ולפני הוספת חומר החיטוי.
- אפשרות לבחירה בין מתקני חיטוי עם מנורות LP או מנורות MP.
- דרישה להתקנת מערכות חיטוי אשר עברו ולידציה ע"י גוף שלישי מוכר ובלתי תלוי.
- המלצה לשימוש במערכות להפחתת ריכוזי כלור קשור.
- למניעת אי הבנות, **בנספח 10** מסומנים הסעיפים במסמך המיועדים למי שתיה בלבד.

1.7 הגדרות

(מונחים מקצועיים מתחום החיטוי ב - UV מפורטים בנספח 1)

- 1.7.1. "אילוח" Fouling - הצטברות חומרים על חלקי מתקן ה-UV.
- 1.7.2. "אתר" - אזור תחום שנערכות בו פעולות תחזוקה וניטור, והוא נמצא באחריות גוף מעסיק מוגדר. לדוגמא: מוסדות רפואה, עסקי אירוח ולינה, אתרי נופש ורחצה, מתקן טיפול.
- 1.7.3. "גוף שלישי" - באירופה: גוף בלתי תלוי אשר הוסמך לסטנדרט ISO/IEC 17025 (ת"י 17025): "דרישות כלליות לכשירות מעבדות בדיקה וכיול". ולסטנדרט ISO/IEC 17065: "General requirements for bodies operating product certification systems".
- בארה"ב: מהנדס או גוף מדעי מקצועי בעל פרסומים בתחום חיטוי ב UV, ללא פניות ובלתי תלוי ביצרן. גופים מסוג זה מוסמכים לבצע מבחני תיקוף למתקני חיטוי ב - UV.
- 1.7.4. "הודעה מתפרצת" - הודעה על תקלה שמגיעה לחדר הבקרה או למפעיל המתקן ומחייבת תגובתו.
- 1.7.5. "התרעה" - הודעה עם הגעה לערך סף המחייב נקיטת פעולה.
- 1.7.6. "טכנולוגיה זמינה הטובה ביותר" (Best available technology - BAT) - הטכנולוגיה והאמצעים המתקדמים והטובים ביותר לטיפול במים ולשיפור איכותם התברואית, ולמניעה או צמצום מרבי של הגורמים העלולים לפגוע באיכותם התברואית, והזמינים באורח סביר אף אם טרם יושמו בישראל.
- 1.7.7. "מי גלם" - במי שתיה: מים הנועדים, לאחר טיפול, להפוך למי שתיה.
- בבריכת שחיה: מי הבריכה לפני הטיפול.
- 1.7.8. "מים מטופלים" - בבריכת שחיה: מים שפוננו מבריכת השחיה, טופלו באמצעות מערכת סינון וחיטוי, ומיועדים לחזור לבריכה לאחר טיפול באיכותם.
- 1.7.9. "מים מסופקים" - במי שתיה: מים באיכות מי שתייה המסופקים לצרכנים, לאחר השלמת החיטוי.
- 1.7.10. "מנהל" - המנהל הכללי של משרד הבריאות או מי שהוא הסמיכו לעניין תקנות אלה, כולן או מקצתן, מבין עובדי משרדו.
- 1.7.11. "מנהל מוסד או עסק / אתר" - המחזיק למעשה במתקני תברואה במוסד ציבורי או בעסק
- 1.7.12. "ספק מים" - כל המספק מי שתייה באמצעות מערכת אספקת מים לספק אחר או לצרכן מים, לרבות רשות מקומית, בעל רישיון הפקה לפי סעיף 23 לחוק המים, או תאגיד המפעיל או מתחזק מערכת מים.
- 1.7.13. "ערך סף" - ערך המציין גבול עליון או תחתון של פרמטר מסוים בתפעול מערכת החיטוי
- 1.7.14. "רשות בריאות" - כהגדרתה בסעיף 52א לפקודה.
- 1.7.15. "תיקוף" Validation - תהליך בדיקות שמטרתו להוכיח כי מערכת ה-UV מתאימה לשימוש המיועד (פרוט בנספח 9). לרוב מתבצע במרכז תיקוף של גוף שלישי או אצל יצרן ציוד ה-UV בפיקוח גוף שלישי עפ"י פרוטוקולי תיקוף המופיעים בטבלה 17. התיקוף חייב להתבצע בהתאם לקריטריונים של בקרת איכות המוצר ובקרת איכות תהליכית. על המתקן להצהיר שתנאי התיקוף באתר דומים לתנאי התפעול הקבועים. בעולם נהוגים שני סוגים שונים של בקרה על המנה ובהתאם תהליכי תיקוף שונים Calculated Dose Approach להלן ייקרא גם תיקוף אמריקאי UVI Setpoint Approach להלן ייקרא גם תיקוף אירופי. ההבדלים בין פרוטוקולי התיקוף מפורטים בטבלה 18.
- 1.7.16. "תקופת הפעלה ראשונה" - תקופה ראשונה של הפעלת המתקן בה תיבחן פעולתו ואיכות המים המסופקים באופן יסודי וקפדני. תקופה זו תימשך חודש עד שנה (בהתאם לסוג המתקן, גודלו, מורכבותו ויעילותו), ובה יידגמו המים ויערכו ביקורות בשטח של ספק המים בתדירות גבוהה מהנדרש בשגרה. המעבר מתקופת הפעלה ראשונה לשגרת הפעלה יקבע ע"י רשות הבריאות.
- 1.7.17. "תקלה" - חריגה מערך סף, המחייבת פעולה מידית שעלולה לגרום להשבתה בתנאים מסוימים.
- 1.7.18. "תקלה חמורה" - תקלה במתקן שמחייבת השבתה, אשר רק מפעיל בשטח יכול לבטל.



חלק 2: הנחיות להגשת תכנית למתקן חיטוי ב-UV

2.1 כללי

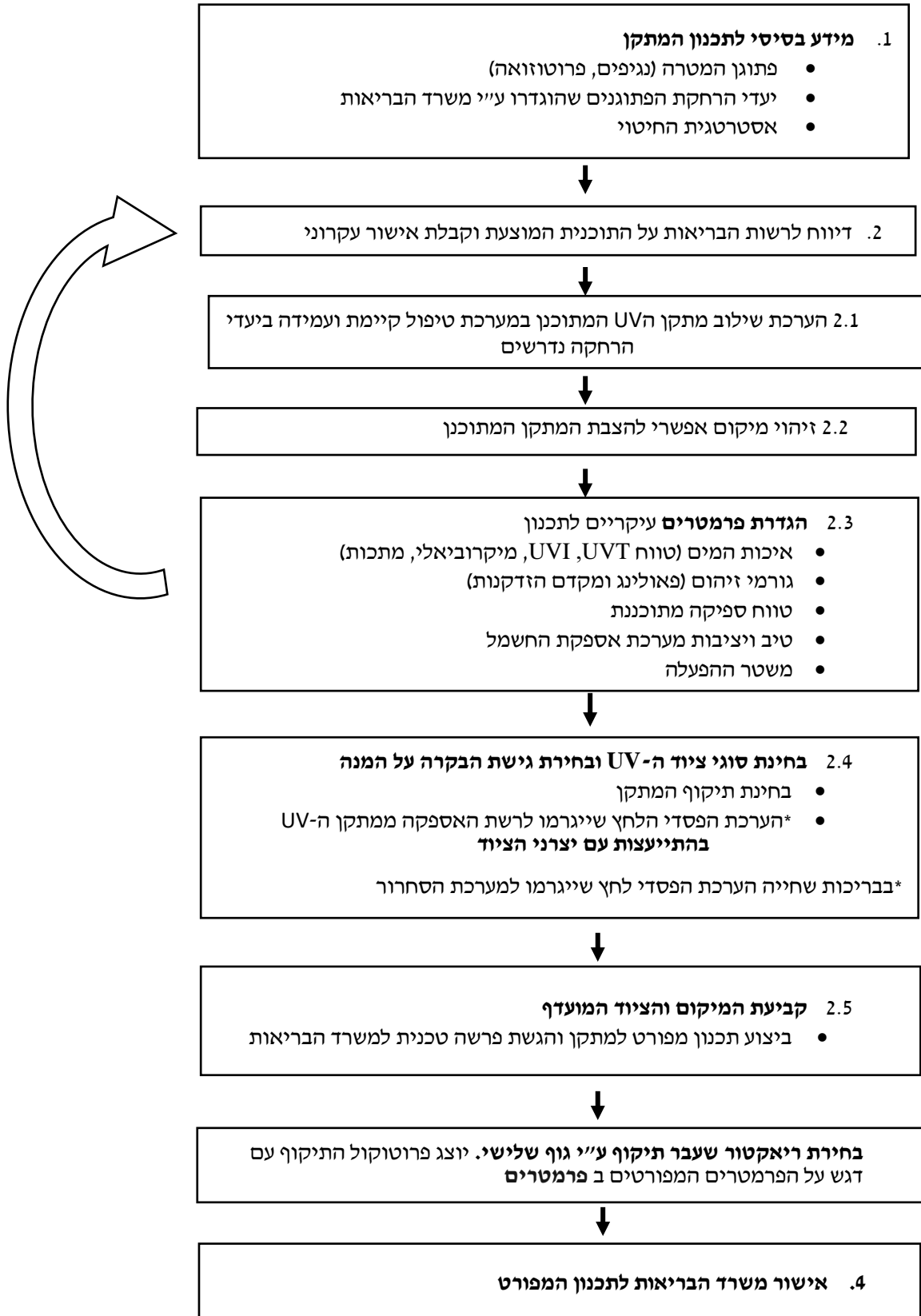
- 2.1.1 ספק מים/מנהל אתר/ עסק יעביר לאישור משרד הבריאות תכנית למתקן חיטוי ב-UV טרם הקמתו ב-4 שלבים (כמתואר בתרשים 1).
- 2.1.2 תכנית המתקן תוגש ע"י ספק המים או מנהל המוסד / העסק.
- 2.1.3 התכנית תכלול את שם המתכנן ושמות נותני השירותים המקצועיים שהשתתפו בהכנתה.
- 2.1.4 מתקן החיטוי ב-UV יעמוד במבחני תיקוף (כמפורט בסעיף 2.3.1).
- 2.1.5 התכנית תכלול התייחסות מלאה לכל סעיף בהנחיות. במידה ולסעיף מסוים לא תוגש התייחסות או שיוגש בצורה שונה מהמבוקש, יש לפרט ולנמק את השינוי לעומת ההנחיות.
- 2.1.6 על ספק המים/ מנהל האתר להעביר את הנתונים הנדרשים לתכנון מערכת החיטוי ב-UV. יש לידע את רשות הבריאות בלוחות הזמנים הנדרשים לנושא התיקוף ולהקמת המתקן. במידה ואין אפשרות לעמוד בלוח הזמנים, יש לקבל את אישור רשות הבריאות לכך.
- 2.1.7 על רשות הבריאות להתייחס לנתונים שהועברו מספק המים תוך 60 יום מקבלתם.

2.2 איסוף נתוני רקע

- תכנון מערכת חיטוי ב-UV יהיה ייחודי לכל אתר, בהינתן טווח רחב של תרחישי טיפול, בהתייחס לאסטרטגיית החיטוי המשלבת (נספח 4). התכנית המוגשת תכלול את הפרטים הבאים:
- 2.2.1 מקורות המים - מי הגלם למתקן החיטוי תוך התייחסות לשונות לאורך השנה
 - 2.2.2 איכות המים - בדיקות מיקרוביאליות וכימיות / פיזיקוכימיות מלאות ע"פ התקנות, טווח ערכי UVT של המים, תוצאות דיגומים לטפילי מעיים (אם מדובר במים עיליים או מי תהום המושפעים ממים עיליים). הנתונים ייבחנו במהלך עונות השנה. (על איכות המים כחלק מתכנון המתקן ניתן לראות בנספח 3).
 - 2.2.3 מערך הטיפוליים במים לפני ואחרי מערכת החיטוי במידה וקיימים.
 - 2.2.4 אסטרטגיית החיטוי והסיבות לשילוב חיטוי ב-UV (הסבר בנספח 4).
 - 2.2.5 פתוגן המטרה וסדרי גודל להרחקתו ע"פ תקנות בריאות העם (תקנה 17) או המפרט האחיד לבריכות שחייה.
 - 2.2.6 מרחק מצרכן ראשון ומצרכן אחרון (מבחינת מרחק וזמן) לחישוב ה-CT של הכלור - במי שתיה, ותכנון עוצמת ה-UV הדרושה, כחלק מאסטרטגיית החיטוי המשלבת.
 - 2.2.7 ספיקת מי הגלם והמים המסופקים, כולל שעות שפל ושיא, וצריכות יומיות ממוצעות (במי שתיה). ספיקת הסחרור והמים המטופלים (במי בריכות שחייה).



תרשים 1 תהליך הגשת תכנית מתקן חיטוי ב-UV וקבלת אישור רשות הבריאות





2.3 תכנון מתקן החיטוי

(פרוט רכיבי המערכת בנספח 5).

לאחר אישור עקרוני של התכנית המוצעת (שלב 2 בתרשים 1) תוגש פרשה טכנית (שלב 2.5 בתרשים 1) המתארת מילולית, ובעזרת מפות, סכמות וטבלאות, את התכנון הכללי של המתקן לפי המרכיבים הבאים:

2.3.1.1 תכנית ותוצאות מבחני התיקוף, שבוצעו ע"י גוף שלישי, ובתנאים מתאימים להשגת מנות ה-UV שהוצגו ואושרו במבחני התיקוף.

א. עבור מבחני תיקוף ע"פ Calculated Dose approach לכל הפחות יצורפו:

▪ טבלאות של פקטור הולידציה (VF) ב-UVT שונים, בהתייחס לטווח לוג אינאקטיבציה מ-0.5 עד 4 של קריפטוספורידיום.

▪ טבלה של ה-REDcalc המחושב לטווח לוג אינאקטיבציה מ-0.5 עד 4 של קריפטוספורידיום.

ב. עבור מבחני תיקוף ע"פ UVI Set point approach לכל הפחות יצורפו:

▪ תחום ההפעלה operating region ייקבע באמצעות UVI מינימלי וספיקה מקסימלית ויוצג באמצעות משוואה טבלה וגרף.

▪ תחום ההתאמה למים באיכויות שונות Suitability range יקבע באמצעות UVT וספיקה ויוצג באמצעות משוואה טבלה וגרף.

מבחני התיקוף יתאימו לתנאי תפעול המתקן המתוכנן, בין השאר בפרמטרים הבאים: ספיקה, פתוגן המטרה (בתיקוף אמריקאי), UVI, UVT, תנאים הידראוליים, סטטוס הנורות, ריאקטור בקנה מידה מלא. (מרגע התקנת ציוד ה-UV, האחריות המלאה על הפעלתו ותחזוקתו מוטלת על המפעיל, לדוגמא: בדיקת גלאים, נורות, החלפת שרוולים).

יצרן/משווק מתקן ה-UV יצרף את דו"ח מבחן התיקוף המפורט שייתן דין וחשבון ונתונים כמפורט בטבלה 19, בין השאר לגבי:

2.3.1.1.1 שקיפות של המים (טווח UVT), UVI, טווח ספיקות, אופן ונוסחה לחישוב המנה פקטורי התיקוף.

2.3.1.1.2 הזדקנות הנורה.

2.3.1.1.3 אי ודאות המדידה של הגלאים.

2.3.1.1.4 התפלגות עוצמות UV הנובעת משינויי פרופיל מהירות הזרימה בראקטור. זאת בכדי להציג כי הראקטור כולו מקבל את המנה המינימלית הנדרשת.

2.3.1.1.5 כשל נורות UV או רכיבים קריטיים אחרים.

2.3.1.1.6 קונפיגורציה צנרת כניסה ויציאה של ראקטור UV.

2.3.1.1.7 גודל ומיקום של הרכיבים המורטבים (כגון נורות, שרוולים, גלאי UV, מכווני זרימה (baffle), מנגנוני ניקוי בתוך מתקן ה-UV.

(פרוט לגבי תיקוף ריאקטור ה-UV ניתן בנספח 9).

2.3.1.2 במי שתיה - השתלבות המתקן במערכת האספקה האזורית של מי השתייה לצרכנים.

2.3.1.3 ביסוס והנחות יסוד לבחירת UV כאחד ממרכיבי החיטוי במערכת.

2.3.1.4 הגדרת פרמטרים לתכנון יישענו על המפורט ב 2.3.1 וייתייחסו בנוסף גם ל:

2.3.1.4.1 אינאקטיבציה של פתוגן המטרה כתלות בנסיבות ההתקנה (בתיקוף אמריקאי).

2.3.1.4.2 מנת UV נדרשת להרחקת פתוגן המטרה, כולל מקדם ביטחון שיעזור בגמישות ההפעלה.

2.3.1.4.3 ספיקה - התאמת הציוד לספיקות ממוצעות, מקסימום ומינימום, כתלות במתקן ובמי הגלם.

2.3.1.4.4 איכות המים.

2.3.1.4.5 הגדרת התנאים בהם נעשו מבחני התיקוף וחריגה מהם.

2.3.1.5 תזרים תהליך כל מתקני הטיפול במים ושילוב מתקן החיטוי ב-UV.

2.3.1.6 תיאור ריאקטור ה-UV המוצע וסדר העמדת רכיבי המתקן במגרש/באתר, בהתחשב במרכיבים הנוספים באתר:

2.3.1.6.1 מספר, קיבולת, ממדים, וקונפיגורציה של הריאקטורים (כולל גיבוי וצנרת).

- 2.3.6.2. העמדה אנכית או אופקית של הריאקטור.
- 2.3.6.3. מרחק מקסימאלי מותר בין הריאקטור והאבזור החשמלי, ובין קווי חשמל לקווי תקשורת.
- 2.3.6.4. קונפיגורציה של צנרת החיבור כולל כניסות ויציאות לכל ריאקטור, בהתבסס על תנאי התיקוף ההידראוליים.
- 2.3.6.5. מרחק בין ריאקטורים סמוכים בכדי לאפשר עבודות תחזוקה (כולל החלפת נורות וכיול גלאים).
- 2.3.6.6. מרחב לציוד חשמלי לכח ובקרה (כולל גיבוי במידת הצורך).
- 2.3.6.7. אחסון חלקי חילוף וכימיקלים.
- 2.3.6.8. מתקנים להרמת ציוד כבד.
- 2.3.6.9. תחזוקה והקפדה על אמינות מערכת החשמל.
- 2.3.7. דרכי פעולת המתקן במקרים של:
- 2.3.7.1. שינוי באיכות מי הגלם.
- 2.3.7.2. שינוי בספיקות מי הגלם.
- 2.3.7.3. מצבי כשל שונים בשל השבתה של חלק מהמתקן, תקלה או תחזוקה, עם אפשרות גיבוי בעת הכשל.
- 2.3.8. תכנון ברזי דיגום תקינים בנקודות מייצגות במערכת.
- 2.3.9. התאמת הצנרת והאביזרים המתוכננים והמיועדים לבוא במגע עם המים, על פי דרישות ת"י 5452 (במי שתיה).
- 2.3.9.1. דרך גישה לצורך תחזוקה ותפעול המתקן
- פרטים נוספים ו/או יתר פירוט ימסרו לבקשת רשות הבריאות וע"פ שיקול דעתה

2.4 תכנון מערכת הבקרה

מבחן התיקוף קובע את התנאים בהם הריאקטורים יכולים להבטיח את המנה הנדרשת. במי שתיה נדרש שלפחות 95% מנפח המים המסופקים במשך חודש יטופלו ע"י ריאקטורי ה-UV בתוך תחום תנאי התיקוף, כל זאת בתנאי שלא נעשתה חריגה מדרישות התקנות לאיכות מי שתיה.

2.4.1 רכיבי הבקרה הרציפה

- 2.4.1.1. בקרה על מי הגלם - ספיקה, UVT (בהתאם לאסטרטגית הבקרה על מנת הקרינה, ליציבות איכות מי הגלם, ולספיקת המתקן).
- 2.4.1.2. בקרה על תפקוד המתקן - UVI, טמפרטורה, מנת קרינה (UV Dose), מצב הריאקטור (on/off), מצב הנורות (on/off spec), גיל הנורה.
- 2.4.2. תגוש תכנית המתארת את מערכת הפיקוד, הבקרה והניטור הרציף של המתקן, כולל התייחסות לערכי סף ואגירת נתונים - בשגרה, בתגובות והתרעות בעת הצורך, ובמיוחד באירועים חריגים.
- 2.4.3. מערכת הניטור והבקרה תתוכנן כך שתזהה מקרים של off spec, ותמדוד את נפח המים שעבר מרגע זיהוי ההתרעה ועד החזרה ל on spec. המערכת תדע לחשב את נפח המים החודשי שחרג בכדי לקבוע האם יש חריגה מעבר ל 5% מהמים המסופקים. יפורטו האמצעים שינקטו למניעת חריגה מתנאי התיקוף.
- 2.4.4. ריאקטורי ה-UV חורגים מתנאי התיקוף כשאחד או יותר מהתנאים הבאים מתקיים:
- 2.4.4.1. ספיקה גבוהה מטווח הספיקה שנבדקה בתיקוף.
- 2.4.4.2. UVT - נמוך מהטווח שנבחן בתיקוף.
- 2.4.4.3. עוצמת הנורות - UVI מתחת לערך הנדרש במבחן התיקוף.
- 2.4.4.4. Validated Dose שנקבע בתיקוף נמוך ממנת ה-UV הנדרשת בהינתן ספיקה ידועה.
- 2.4.4.5. אחת או יותר מהנורות לא פועלת (אלא אם כן הריאקטור עבר תיקוף במספר נורות. כבויות).
- 2.4.4.6. כל נורות ה-UV לא פועלות בשל הפרעות בהספק, אולם מים זורמים אל מערכת האספקה.
- 2.4.4.7. אחד או יותר מהגלאים אינם מכוילים, ועדיין לא נעשו פעולות תיקון.
- 2.4.4.8. אנלייזר ה-UVT (במידה וקיים) יצא מכיול ועדיין לא נעשו פעולות תיקון.

- 2.4.4.9. ציוד ה-UV שהותקן או הוחלף לא עבר תיקוף.
- 2.4.5. פרמטרים לתצוגה בחדר הבקרה או אצל המפעיל (הצעה).
- 2.4.5.1. הריאקטור on/off spec ובתחום תנאי ההפעלה המתוקפים.
- 2.4.5.2. ערכי UVT.
- 2.4.5.3. ערכי UVI.
- 2.4.5.4. ערכי UV Dose לעומת הערכים המתוקפים.
- 2.4.5.5. ערכי טמפרטורה.
- 2.4.5.6. ספיקת המים.
- 2.4.5.7. גיל הנורה (בהתאם להצהרת היצרן).
- 2.4.6. רשות הבריאות רשאית להחמיר או להקל בהתאם לצורך.

2.5 התרעות ותקלות

2.5.1 דרישות כלליות

- 2.5.1.1. המערכת תדומם מיד עם הפסקת זרימת מים או כשהמערכת אינה מלאה במים.
- 2.5.1.2. המערכת תגיב לערכי סף להתרעה, תקלה ותקלה חמורה.
- 2.5.1.3. בתקלות תועבר הודעה מתפרצת לחדר הבקרה, או לאחראי מטעם ספק המים או מנהל המוסד/העסק או מפעיל בריכת השחייה.

2.5.2. התייחסות לערכי סף

ישנן שלוש רמות התרעה לתפקוד המתקן: נמוכה, גבוהה או קריטית, כתלות בחומרת המצב והתנאים. ההתייחסות לחריגה מערכי סף תהיה לרמת החריגה ולמשך הזמן של הופעתה. תיתכנה התרעות כתלות בתנאי התיקוף, סוג הריאקטור, גישת התפעול וחומרת תנאים אובייקטיביים של מערכת האספקה.

- 2.5.2.1. בערך סף להתרעה - minor alarm: יידרש מעקב של מפעיל המתקן ונקיטת פעולות במקרה הצורך. ערך זה בד"כ יצביע על כך שהריאקטור דורש תחזוקה אבל עומד בכל הדרישות. התרעה כזו יכולה גם להיות מכוונת על תנאים של כשל קטן כמו UVT נמוך ב-1% מהמינימום המורשה, או שסוף חיי הנורה מתקרב וצפוי צורך להחליפה.
- 2.5.2.2. בערך סף לתקלה - major alarm: יחויב אימות הנתונים, מעקב של מפעיל המתקן, ונקיטת פעולות מתקנות במקרה הצורך. ערך זה יצביע על כך שהריאקטור נדרש לתחזוקה מיידית, ושהיחידה עלולה לחרוג מתנאי התיקוף.
- 2.5.2.3. בערך סף לתקלה חמורה - critical alarm: המתקן ייסגר מיידית עד שהגורם להתרעה תוקן. למשל כשהמערכת עובדת ללא מים או כשטמפרטורת הריאקטור עולה מעל הערך המקסימלי שנקבע.

טבלה 1 התרעות אופייניות למתקני UV

מטרה/תיאור	לערכי	התייחסות סף	פרמטר נבדק
משך פעילות נורה מצביע על סיום חיי נורה מוגדרים תפעולית (ע"פ שעות עבודה או ירידה ב - UVI כפי שהגדיר היצרן)		התרעה	גיל נורה
גלאי UV דורש אימות אחת לחודש או ע"פ שעות עבודה מצטברות		התרעה	זמן שעבר מבדיקות אימות אחרונה לגלאי UV
פונקציית מנגנון הניקוי אינה פועלת		תקלה	כשל מכאני במנגנון הניקוי
מנת UV (מבוססת על פרמטרים של הראקטור כגון ספיקה, UVI, UVT) נמוכה ממנת UV מתוקפת		תקלה חמורה	מנת UV נמוכה
עוצמה נמוכה מתנאי התיקוף		תקלה חמורה	עוצמת UV נמוכה (UVI)
UVT נמוך מתנאי התיקוף		תקלה חמורה	UVT נמוך
ספיקה מחוץ לתחום התיקוף		תקלה חמורה	ספיקה גבוהה (בהתאם לקריאת מדי ספיקה)
זוהה כשל יחיד		תקלה	כשל נורה/ספק כוח
זוהו מספר כשלים		תקלה חמורה	
טמפי' במתקן או בספק כח גבוהה מזו שנקבעה		תקלה חמורה	טמפי' גבוהה
ללא מים המערכת תתחמם וייגרם כשל חמור		תקלה חמורה	אין זרימה

חלק 3: תפעול ותחזוקה שוטפים

3.1. המתקן יתופעל ויתוחזק בידי אדם שעבר השתלמות ייעודית לתפעול מתקני UV, או באמצעות חוזה עם ספק הציוד

3.2. אפיון אימות וכיול מכשור המדידה יהיה בהתאם למפורט להלן (ראו גם נספח 7):

3.2.1. אימות כיול גלאי UVI (Calibration Ratio) בשני סוגי התיקופים, יש לדאוג שהיחס בין קריאת גלאי העבודה UVI לבין גלאי הייחוס UVI יהיה קטן מ- 1.2.

$$\text{Calibration Ratio} = \left\langle \frac{S_{duty}}{S_{ref}} \right\rangle \leq 1.2$$

S_{duty} : עוצמה נמדדת ע"י גלאי ה UV במתקן ביחידות של $\frac{mW}{cm^2}$

S_{ref} : עוצמה נמדדת ע"י גלאי הייחוס ביחידות של $\frac{mW}{cm^2}$

במידה והיחס גדול מ 1.2, יש להחליף את גלאי העבודה UVI בגלאי עבודה מכויל ולאחר שעה לבדוק שוב מול גלאי ייחוס.

3.2.2. אימות כיול מד UVT (תיקוף אמריקאי):

מבוצע אחת לרבעון. האימות מבוצע מול היישן UVT חיצוני נייד, או ספקטרוטומטר

מעבדתי. במצב תקין מתקיימת המשוואה (בערך מוחלט):

$$UVT \leq 2\% \mid \text{מעבדתי } UVT \% - \text{ אנלייזר } UVT \%$$

3.3. ספק המים/בעל העסק/מנהל האתר ישתמש בכימיקלים המיועדים לטיפול במים ולניקוי המערכת.

כל הכימיקלים יעמדו בדרישות תקן ישראלי 5438 או יהיו מאושרים על ידי משרד הבריאות.

3.4. ספק המים/ בעל העסק / מנהל האתר ישמור את כל הנהלים לתפעול המתקן בעברית.

3.5. ספק המים/ בעל העסק/מנהל האתר יחזיק רשומות של ממצאי דיגומים, תקלות ואירועים מיוחדים במתקן.

3.6. צנרת המתקן ומרכיביו השונים יסומנו וישולטו ע"פ הנחיות משרד הבריאות.

3.7. בתקופת הפעלה ראשונה יבקר במתקן המפעיל אחת ליום לפחות במהלך ימי העבודה, לבחינת תקינותו.

3.8. עם סיום תקופת הפעלה ראשונה (בשגרה) תיערך במתקן ביקורת ע"י מפעיל מערכת מי השתיה פעמיים בשבוע לפחות, בהתאם לגודל המתקן ומורכבותו, אמינות האספקה, מספר הצרכנים וכו' בבריכות שחיה- מפעיל הבריכה יבצע ביקורת על פעילותו השוטפת של המתקן באופן יומי.

3.9. הביקורת בשטח תכלול בין השאר את הבדיקות המפורטות להלן:

3.9.1. בדיקה ויזואלית לתקינות מערכת החיטוי ולמפלס המים בראקטור ה UV.

3.9.2. בדיקת תקינות אביזרי המערכת, כדוגמת מגופים, מחברים, צנרת, לחות, גלאים.

3.9.3. בדיקת תקינות ההגנות השונות למניעת חדירה בלתי מבוקרת של כימיקלים.

3.9.4. אימות וכיול המכשור הרציף, כולל מכשירי UVI, UVT, מד ספיקה.

3.9.5. רישום מועד הביקור וממצאיו ביומן הפעלה (עם חתימה).

פעולות מומלצות לתחזוקת המתקן ניתן לראות בנספח 7.

3.10. המערכת תעמוד בדרישות סעיף 2.5 "התרעות ותקלות". בערך סף לתקלה חמורה המתקן ייסגר

מיידיית כמפורט בהנחיות מתקני טיפול שבסעיף 1.4.16.

חלק 4: תיעוד ודיווח

4.1. הבקרים יחברו למחשב או אמצעי אגירת נתונים אחר.

4.2. הדיווח יכלול לפחות את הנתונים המפורטים בטבלה 2 ובטבלה 3. יש לנטר באופן רציף פרמטרים

לניטור מנה, ספיקה, UVI, מספר היחידות הפועלות: לפחות כל 5 דקות עבור כל ראקטור UV. את

הערכים יש לרשום באופן ממוחשב לפחות כל 4 שעות.

4.3. נתונים ישמרו בהתאם לדרישות שנקבעו במסמכי הייחוס הרלוונטיים ולמשך שנה לפחות.

4.4. במערכות מי שתיה יש להכין דיווח חודשי המתבסס על דוחות רציפים יומיים, ומפרט את נפח

המים שסופק מחוץ לתנאי התיקוף. לכל הפחות 95% מנפח המים המטופלים בחודש יעמדו בתנאי

התיקוף. **בנספח 8** דוגמא לרישום תוצאות איכות המים של הפעלה תקופתית במתקן חיטוי המיועד לשתיה.

4.5. דו"חות מעקב תקופתי אצל היצרן (אחת לשנתיים).

4.6. מפעיל המתקן יחזיק את הפרטים המפורטים בטבלה 19 באופן זמין וצמוד למתקן.

בטבלה 2 מוצגים פרמטרים של ספיקה, UVI set point, UVI, סטטוס נורה, Validated Dose, מספר יחידות מופעלות, ינוטרו באופן רציף (לפחות כל 5 דקות) עבור כל ריאקטור UV, וערכים אלו יתועדו לפחות פעם ב-4 שעות. אירוע חריגה מתנאי תיקוף עלול להתחיל לפני שההתרעה על החריגה מנוטרת, וייתכן אף שהאירוע יסתיים לפני שההתרעה על החריגה מבוטלת ונרשמת. במידה והמתקן מנטר בתדירות גבוהה מההמלצה - מרווחים של 5 דקות - חישוב נפח המים שחרג מתנאי התיקוף יתחיל מיד כאשר הראקטור מנוטר כפועל בחריגה. חישוב נפח המים החורג יפסק מיד כאשר הראקטור מנוטר כעומד בתנאי התיקוף. התרעות תכופות יותר על חריגות מתנאי תיקוף, מאמתות נכון יותר את הנפח החורג. יש להשתמש ברישום התרעות החריגה (מתנאי תיקוף) בכדי לקבוע את אחוז נפח המים החורג.

טבלה 2 תדירות ניטור ורישום של פרמטרים נדרשים לעמידה בתנאי התיקוף

פרמטר	תדירות ניטור מינימלית	תדירות רישום מינימלית	הערות
עוצמת UV (UVI)	כל 5 דקות	כל 4 שעות	על UVI להיות גדול או שווה מהערך המתוקף
UVT	כל 5 דקות	כל 4 שעות	על UVT להיות גדול או שווה מערך UVT מתוקף, עבור גישת בקרה ע"פ חישוב מנת קרינה (אמריקאית)
Validated Dose מנה תפעולית	כל 5 דקות	כל 4 שעות	על המנה להיות גדולה או שווה מהמנה המתוקפת
סטטוס נורה	כל 5 דקות	כל 4 שעות	
ספיקה	כל 5 דקות	כל 4 שעות	על הספיקה להיות נמוכה או שווה לספיקה המקסימלית שנבדקה בזמן התיקוף
נפח המים שסופק מחוץ לתנאי התיקוף	כל 5 דקות לכל הפחות		הרישום צריך להמשך עד תיקון התקלה
נפח מים מיוצר	כל 5 דקות	באירועי חריגה מתנאי תיקוף וסה"כ חודשי	כך שניתן יהיה לחשב את החריגה מתנאי התיקוף
טמפרטורת המים	רציף	יומי	
אימות כיוול גלאי ה UVI יתבצע מול גלאי ייחוס		אחת לרבעון באתר	כיוול גלאי הייחוס יבוצע פעם בשנה אצל היצרן (בשתי שיטות התיקוף)
אימות הכיוול של אנלייזר UVT		אחת לרבעון	יבוצע רק עבור מתקנים בגישת תיקוף חישוב מנת הקרינה

בכדי להפחית בעיות תפעוליות, להקל על עמידה בדרישות התקנות ולהעריך נכונה את תפקוד הריאקטור, מומלץ לנטר פרמטרים נוספים על אלו המחויבים, כמוצג בטבלה 3.

טבלה 3 פרמטרים נוספים מומלצים לניטור ותדירות רישום

הערות	תדירות רישום	תדירות ניטור	פרמטר
	כל 4 שעות	רציף	הספק חשמלי
מעקב אחר מספר מחזורי on/off	שבועי (סה"כ מחזורים בשבוע)	רציף	מספר מחזורי on/off של נורת UV
ישמש בהערכת הזדקנות הנורה	שבועי	יומי	עכירות
	רבעוני	רבעוני (ניתן להפחית אם אין אילוח - fouling)	ברזל, סידן, אלקליניות, קשיות, pH, ORP (oxidation reduction potential)
פרמטרים אלה עוזרים להערכת האילוח - fouling	חודשי	חודשי	גיל תפעולי של הציוד : נורה, ספק כח, שרוול, גלאי UV (לדוגמא שעות נורה)
מידע זה עוזר בתכנון לו"ז התחזוקה	חודשי	חודשי	אימות כיוול מד ספיקה

נספח 1 מונחון חיטוי ב-UV

1. **Absorption (בליעה)** - מעבר אור UV לצורות אחרות של אנרגיה כאשר אור ה-UV עובר דרך חומר/תווך
2. **(UV Absorption) A_{254}** - כמות אור ה-UV שנבלע בחומר באורך גל של 254 nm
3. **Bacteriophage** - בקטריופאגי וירוס (נגיף) התוקף תאי חיידקים לאחר חדירתו לתא החיידק. לדוגמה בקטריופאגים MS2, T1, T7 הם סרוגטים מקובלים במבחני תיקוף.
4. **Ballast** - מתקן חשמלי המספק את המתח והזרם הנדרשים להדליק ולהפעיל את מנורת ה-UV.
5. **Biodosimetry** - בידודימטריה שיטה מיקרוביאלית לקביעת ה-RED (Reduction Equivalent Dose) (מנת UV אקוויולנטית להרחקת פתוגנים) בריאקטור UV. הפרוצדורה כוללת מדידת אינאקטיבציה של המיקרואורגניזם הנבחן (ראה challenge microorganism) לאחר חשיפתו לאור UV בריאקטור, ומציאת מנת הקרינה הממוצעת בריאקטור ע"י השוואה לעקומת מנה-תגובה של המיקרואורגניזם במערכת מנתית (ראה collimated beam test).
6. **Challenge microorganism** - מיקרואורגניזם נבחן, שאינו פתוגני, המשמש במבחן תיקוף של מתקני UV (כדוגמת Bacteriophage או Bascillus subtilis).
7. **Cleaning cycle** - זמן שעובר בין ניקוי לניקוי השרוולים והנורות
8. **Collimated beam test** - מבחן מבוקר במערכת מנתית הקרויה Collimated Beam Apparatus (CBA) למציאת עקומת מנה-תגובה של המיקרואורגניזם. עקומה זו נוצרת ע"י חשיפת המיקרואורגניזם למנות UV שונות, מדידת מידת האינאקטיבציה ויצירת העקומה של מידת אינאקטיבציה כפונקציה של מנת הקרינה. במבחן זה, הזמן ועוצמת האור נמדדים ישירות כאשר מנת ה-UV מחושבת מעוצמת האור של פני שטח הדוגמא (incident irradiance), בליעת ה-UV במים וזמן החשיפה.
9. **CT** - מדד ליעילות החיטוי - מכפלת ריכוז המחטא בזמן המגע עם המים המטופלים, מבוטא ב-
[mg*min/L]
10. **Fouling/Aging Factor** - פקטור תלוי אתר (מכפלת Fouling factor ו-Aging Factor), ומצביע על ירידה ב-UVT דרך שרוול הנורה בשל אילוח והזדקנות הנורה והשרוול. חלקו של הפקטור תלוי באילוח - אור UV העובר דרך שרוול מאולח בהשוואה לשרוול חדש. חלקו של הפקטור תלוי בהזדקנות - אור UV העובר דרך שרוולים ונורות מזדקנים בהשוואה לשרוולים ונורות חדשים.
11. **Germicidal wavelength range** - טווח אורכי גל בעלי יכולת בקטריוצידיית גבוהה (200-300 nm).
12. **Inactivation** - תהליך בו מיקרואורגניזמים מאבדים את היכולת להתרבות.
13. **Lamp sleeve** - שרוול - שופרת קוורץ המקיפה ומגינה על נורת ה-UV, ונמצאת במגע ישיר עם המים המטופלים. קיים מרווח אוויר בין מעטפת הנורה לשרוול.
14. **Lamp status, Lamp power, Reactor status** - מערכות מים צריכות לנטר את סטטוס הנורה (on/off) בכדי לוודא כי הריאקטור פועל בתנאים המתוקפים. יש לנטר את ההספק התפעולי ולהציגו בפאנל הבקרה. בנוסף יש לנטר ולהציג את סטטוס הריאקטור (online/offline).
15. **MS2 (Male specific 2 bacteriophage)** בקטריופאגי לא פתוגני המשמש במבחן תיקוף של מתקן UV כמדד להרחקת פרטוזואה.
16. **Off-specification** ציוד UV המתופעל מחוץ לתנאי התיקוף (כלומר בספיקה גבוהה מטווח התיקוף או UVT/UIVI מתחת לטווח התיקוף, בהתאם לגישת הבקרה על המנה).
17. **Reduction Equivalent Dose (RED)** - מנת ה-UV המתקבלת ע"י הכנסת ערך לוג האינאקטיבציה (ערך אשר נמדד בזמן בחינת ריאקטור בקני"מ מלא) לתוך עקומת מנה-תגובה שהתקבלה ב-CBA. ערכי RED הם ספציפיים למיקרואורגניזם הנבחן (Challenge microorganism) בו השתמשו במבחן התיקוף ולתנאי מבחן התיקוף.
18. **Reduction equivalent Dose bias** - תיקון שלוקח בחשבון את ההבדלים בין מנת ה-UV הנמדדת לקטילת מיקרואורגניזם נבחן שאינו פתוגני- (Challenge microorganism), למנת ה-UV שתידרש לפגיעה בפתוגן המטרה, בשל הבדלים בקינטיקת האינאקטיבציה של המיקרואורגניזמים.
19. **Reference UV sensor** - גלאי ייחוס off-line מכיל, המשמש לאימות גלאי העבודה ולקביעת ה-
Calibration Ratio (כמוסבר בסעיף 3.2).
20. **Set point** - צמד אופייני של ספיקה מקסימלית ועוצמה מינימלית מתאימה, הנדרשים לתפעול וניטור של מתקני UV הפועלים בשיטת תיקוף בגישת **Set point approach**.

21. **Set line** - מתקן UV מתוכנן עבור מים עם ערכי UV משתנים. עקום ה- Set line מתאר אוסף צמדי הנקודות של ספיקה מקסימלית ועוצמה מינימלית. הפרמטרים מוצגים באמצעות משוואת קו התוחם את תחום התפעול של המתקן המתוקף הפועל בשיטת תיקוף בגישת **Set point approach**.
22. **Solarization** - שינוי במבנה חומר בזמן היחשפו לאור UV המגדיל או מחליש את פיזורו.
23. **Spectral response** - מדידת התגובה של גלאי ה- UV כפונקציה של אורך גל.
24. **SSK (Spectral Attenuation coefficient)** - מקדם המשמש בחישוב הבליעה של המים. ניתן להמירו באמצעות טבלאות ל- UVT. משמש בתקינה הגרמנית DVGW.
25. **Target log inactivation** - לוג אינאקטיבציה של פתוגן המטרה שאותו יש להשיג באמצעות חיטוי במתקן UV, ואשר נגזר מהתקנות.
26. **Target pathogen** - נושא החיטוי (פתוגן המטרה) - המיקרואורגניזם אותו רוצים לקטול בחיטוי ב- UV, כמוגדר בתקנה 17 בתקנות איכות מי שתיה.
27. **UV Dose (מנת UV)** - אינטגרל של עוצמות האור במהלך תקופת חשיפה (מוצג בעקומה של עוצמה לזמן). במידה ועוצמת ה- UV קבועה במהלך זמן החשיפה, מנת ה- UV מוגדרת כמכפלת ה- UVI בזמן החשיפה. נמדד ביחידות mJ/cm^2 . מדידה וחישוב ערכים אלה ניתנים לביצוע בתנאי מעבדה של כלל התנאים: עוצמת האור, נפח המים, מרחק מדוד ממקור האור ועוד. כשמשמשים במקור קרינה פוליכרומטי, חישוב מנת הקרינה לוקח בחשבון את עוצמת הנורה בכל אורך גל germicidal אפקטיבי.

מונחים שנובעים מהגדרה זו (ע"פ ה- EPA):

28. **RED (Reduction Equivalent Dose)**: מנת ה- UV המתקבלת ע"י הכנסת ערך לוג אינאקטיבציה (ערך אשר נמדד בתיקוף ריאקטור בקני"מ מלא) לתוך עקומת מנה-תגובה שהתקבלה ב- collimated beam test. ערכי RED הם ספציפיים למיקרואורגניזם הנבחן (Challenge microorganism) בו השתמשו בתנאי מבחן התיקוף.
29. **REF (Reduction Equivalent Fluence)** מושג מקביל עבור RED בתקינה הגרמנית.
30. **D_{req} (Required Dose)**: מנת ה- UV ביחידות של mJ/cm^2 הדרושה בכדי להשיג לוג אינאקטיבציה של פתוגן המטרה. המנה הנדרשת מוצגת בטבלה 6 בנספח 4.
31. **D_{val} (Validated Dose)**: מנת ה- UV ביחידות של mJ/cm^2 המסופקת ממתקן ה- UV, כפי שנקבע במבחן התיקוף. מנה זו כוללת את פקטורי אי-הוודאות. בכדי לקבוע את לוג האינאקטיבציה
- $$D_{val} \geq D_{req} \quad : D_{req} = \text{RED} / \text{VF}$$
32. (Validation Factor - ראה VF) $D_{val} = \text{RED} / \text{VF}$
33. **UV Dose-Response** - יחסי מנה-תגובה המצביעים על רמת האינאקטיבציה של מיקרואורגניזם כפונקציה של מנת UV (ראה תרשים 7 - מנה תגובה בנספח 9).
34. **UV intensity (UVI)** - עוצמת אור ה- UV המופק בנורה, נמדד ע"י גלאי UV, ביחידות watt/m^2 .
35. **UV light** - האור הנפלט בטווח אורכי גל של 200-400 nm (תרשים 2 בנספח 2).
36. **UV reactor** - החלל בו מתרחשת החשיפה לאור UV, וכולל את נורות ה- UV, שרוולי הקוורץ, גלאי ה- UV, מערכת ניקוי השרוולים, מכווני הזרימה. הריאקטור כולל גם מכשור נוסף לניטור ובקרת מנת ה- UV הנמסרת.
37. **UV reactor validation** - מבחן תיקוף הקובע את תנאי התפעול בהם ריאקטור ה- UV מספק את מנת ה- UV הנדרשת לאינאקטיבציה של קריפטוספורידיום, גיארדיה ווירוסים.
38. **UV sensor (Duty UV Sensor)** - גלאי עבודה המותקן בריאקטור ה- UV ומנטר באופן רציף את ה- UVI במשך פעילות המתקן. תפקוד הגלאי תלוי בגישת הבקרה על המנה, גלאי בגישת בקרה set point צריך להיות ממוקם במיקום אידיאלי, כך שימדוד את מנת ה- UV הנמסרת למיקרואורגניזם תוך התחשבות במצב ומבנה השרוולים ובבליעת המים. העוצמה הנמדדת ע"י הגלאי בשילוב עם מדידת הספיקה תצביע על עבודה בתחום המותר ע"פ מבחני התיקוף. עבור גישת בקרה על המנה Calculated Dose הגלאי לא חייב להיות במיקום אידיאלי מכיוון שמודד את העוצמה לצורך הכנסת הנתון למשוואה לחישוב המנה.
39. **UV transmittance (UVT)** - מדד המבטא את צלילות המים. ה- UVT הוא פרמטר מחושב, ופעמים רבות מוצג כאחוז ומתייחס לבליעת ה- UV (A_{254}) במשוואה: $\%UVT = 100 \cdot 10^{-A}$ (A = A)

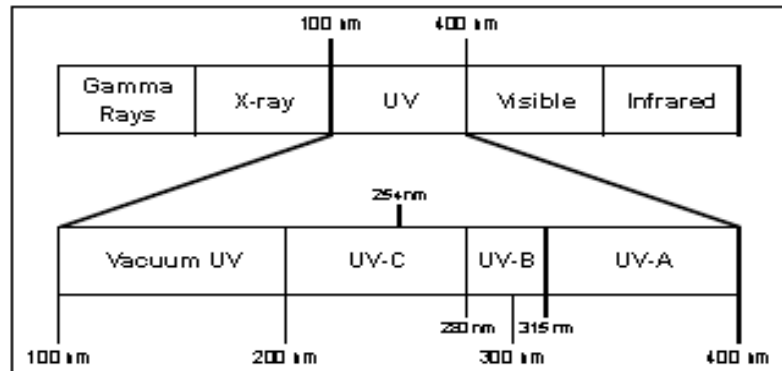
- בליעת UV במרחק של 1 ס"מ מהתווך). פירוט בסעיף 3.2 בנספח 3, ועבור אנלייזר UVT סעיף 6.3 בנספח 6, בו גם מצורפת טבלה 12 המרה UVT ו- UV Absorption.
40. **Validation factor - VF** - פקטור התיקוף. מקדם אי וודאות הלוקח בחשבון את כל הגורמים שעלולים להטות תוצאות במבחן התיקוף.
41. **Validated operating conditions** - תנאי התפעול לפיהם ריאקטור ה-UV מתוקף. תנאי התפעול חייבים לכלול ספיקה, עוצמת UV כפי שנמדדה באמצעות הגלאי / UVT (בהתאם לבחירת גישת הבקרה על המנה), וסטטוס מנורת ה-UV.

נספח 2 רקע תיאורטי ומושגים בסיסיים

2.1 קרינת UV

קרינת ה-UV היא ספקטרום הקרינה האלקטרומגנטית הנמצא בין קרני X לאור הנראה, והוא מחולק ל-4 אזורים, כמתואר בתרשים 2:

תרשים 2 קרינת UV



למטרת חיטוי מים נדרש לקטול אורגניזמים מסוימים בזמני מגע ובמרחקים קצרים, נמצא והוגדר הטווח שבין 200-300nm כיעיל ביותר.

גלי אור נשברים כשפוגשים בגופים בעלי החזר אור שונה. להערכת שיעור החזר נקבע מדד הנקרא UVT - שקיפות - המתאר את התנהגות האור במדיום הנבדק - ומהווה מדד לשקיפות המים ויכולתם להעביר אור (נמדד באחוזים). ככל שהמים צלולים יותר ומכילים פחות חלקיקים נצפה ל-UVT גבוה יותר.

2.2 מכניזם של חיטוי באמצעות UV

המכניזם של חיטוי ב-UV שונה מהמכניזם של חיטוי בכימיקלים מחמצנים: הכימיקלים גורמים לאינאקטיבציה של מיקרואורגניזמים באמצעות הרס המבנה של דופן התא, פגיעה במטבוליזם ועצירת ההתרבות וגדילה. קרינת UV גורמת לאינאקטיבציה של מיקרואורגניזמים באמצעות פגיעה בחומצות הגרעין, ובכך מניעת שכפולו. מיקרואורגניזם שלא יכול להשתכפל אינו יכול לפגוע בגוף או בתא המארח.

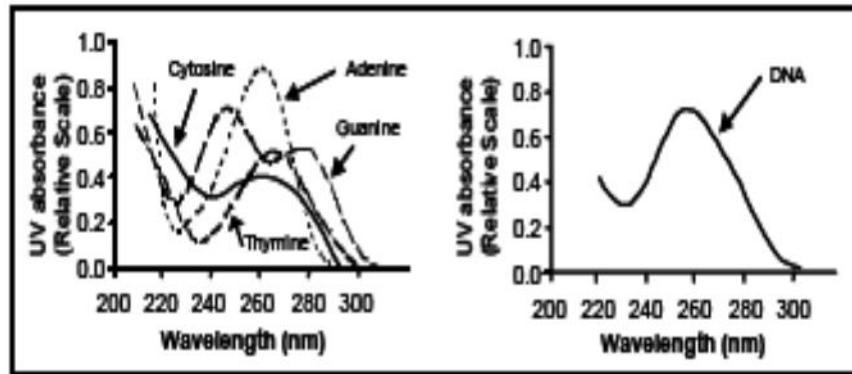
הנזק של חומצות הגרעין יכול לעבור תיקון - Microbial repair - באמצעות מנגנון מיקרוביאלי אנזימטי לתיקון שרשרת DNA פגומה. יתכן תיקון באור - Photorepair - האנזימים משופעלים מחשיפה לאור בטווח 310-490nm, או תיקון בחושך - Dark Repair - המוגדר כמנגנון לכל תהליכי התיקון שלא זקוקים לאור. בד"כ בחישוב נתוני מנה-תגובה נלקח בחשבון התיקון בחושך, שמייצג את המצב הקיצוני יותר של עבודת המערכת.

בזרימת מים במתקן חיטוי ב-UV, נחשפים המיקרואורגניזמים לרמות קרינה שונות בהתאם למיקומם בחתך הריאקטור וקרבתם למנורה. כך שהמיקרואורגניזמים הקרובים למנורות יחשפו לקרינה גבוהה יחסית ביחס לאילו העוברים בצמוד לדופן הריאקטור. חלק מהמיקרואורגניזמים עוברים במהירות בזמן שאחרים באיטיות, כתלות בהידראוליקה של המערכת. התוצאה היא שכל מיקרואורגניזם עוזב את המערכת לאחר שקיבל מנת קרינה שונה. בשל יכולת התיקון של המיקרואורגניזמים יש להתחשב בנתון זה בעת תכנון המתקן והתיקוף שלו. לכן חשוב בעת מבחני התיקוף להשתמש בריאקטור המתאר באופן הטוב ביותר את תנאי

המערכת. ככל שההידראוליקה יותר טובה ומותאמת לשיטת החיטוי, נקבל תחום צר יותר של מנות קרינה, ויעילות חיטוי גבוהה יותר.

תרשים 3 בליעת קרינת UV של נוקלאוטידים (שמאל) ושל DNA (ימין) בערך הגבה 7
(מתוך 2006 - EPA - UV disinfection guidance manual for the final LT2 enhanced SW treatment rule)

Figure 2.6. UV Absorbance of Nucleotides (left) and Nucleic Acid (right) at pH 7



Source: Adapted from Jagger (1967)

2.3. יעילות חיטוי UV

יעילות החיטוי ב-UV מושפעת ממספר פרמטרים:

- א. קינטיקת הקטילה ויכולת התיקון של המיקרואורגניזם באורכי גל שונים.
- ב. מהירות הזרימה - הקובעת את פרק הזמן בו נחשפים המיקרואורגניזמים לקרינה בראקטור.
- ג. יכולת מעבר האור במים - מושפעת מחומרים חלקיקיים ומומסים במים ומכונה UVT.
- ד. מנת קרינה מסופקת (Dose Delivery) בריאקטור - מושפעת מאופן הזרימה בריאקטור וההידראוליקה שלו. רצוי כי הזרימה בראקטור תהיה טורבולנטית. במידה וקיימים "אזורים מתים" בהם המים זורמים למינרית וחלק מהם לא מתקרב לנורות, החיטוי פחות יעיל.
- ה. ניקיון המערכת (במיוחד השרוולים והנורות) - היווצרות משקעים על שרוולי הקוורץ מקטינה את יעילות פעולת הנורות.

נספח 3 איכות המים כחלק מתכנון המתקן

3.1. הרכב המים ותכולתם

לאיכות מי הגלם ורמת הטיפול בהם יש השפעה מכרעת על יעילות החיטוי ב-UV במספר גורמים:

- **ה-UVT** - מושפע מאיכות המים במקור, העלולים להכיל חלקיקים ומומסים, חומצות הומיות ופולביות, חומרים אורגניים אחרים, מתכות, אניונים, חנקות וגופרה, ובבריכות שחייה גם שמנים, קרמי הגנה, שתן וזיעה. מי הגלם עשויים לשנות תכולתם (ואת ה-UVT שלהם) בתנאים מסוימים כגון: בעונות מסוימות או באירועי מזג אוויר קיצוניים, ובבריכות שחיה כתוצאה מעומסי מתרחצים ומאופי הפעילות.
- **תכולת חלקיקים** - חלקיקים במים שונים בגודלם ובצורתם, ומכילים מגוון מולקולות שונות ומיקרואורגניזמים: גיפים, חיידקים, טפילים, חרסית, אצות, פתיתים, חלקי ארוזיה.
- **טיפול במעלה מערכת ה-UV** טיפולים במי הגלם (כמו הוספת כימיקלים) יכולים גם להשפיע על יעילות החיטוי, כי הם משנים את תכולת החלקיקים: הפתתה וסינון ישפרו את החיטוי, וכלורינציה וחמצון אחר עשויים להעלות את ה-UVT ולשנות את שקיפות המים לטובה באמצעות פרוק החומר האורגני, הפחתת החומר המסיס ושיקוע מתכות.

נתוני איכות מי הגלם צריכים להיאסף מנקודות מייצגות. תדירות הדיגום, מספר הדגימות והאנליזות להערכת איכות המים זהות לגישות אישור של טכנולוגיות אחרות. איסוף הנתונים צריך להראות איכות מים אופיינית, ושונות באיכות המים בתנאי קיצון כמו:

במי שתיה: אירועי סערה, היפוך במאגרים, שינויים עונתיים, מיהול מי המקור, ושינויים בטיפול הנעשה במעלה.

במי בריכות שחייה: עומסים המשתנים במהלך היממה, עונות השנה, סוג הפעילות (שחייה, קיטנות) וכד'.

כמות הנתונים שצריכה להיאסף והאנליזות שצריכות להתבצע יוכרעו ע"י האחראים על מערכת המים והמהנדסים המתכננים, בהתבסס על ניסיונם ושיקול דעתם המקצועי. האינפורמציה על איכות המים צריכה להיות מועברת ליצרני מערכת ה-UV, כך שהם יוכלו לקבוע את הריאקטור המתאים, בתנאי קיצון, לאינאקטיבציה של פתגון המטרה.

3.2. UVT (כחלק מגישת חישוב המנה - Calculated Dose approach)

ע"פ גישת חישוב מנת קרינה יש צורך לעקוב באופן רציף אחר ערכי ה-UVT, בעוד שבגישה של **set point approach** לא מתבצע ניטור נפרד של ערכי ה-UVT. קריטריון חשוב לאיכות המים המשפיע על תכנון ציוד ה-UV הוא UVT, מכיוון שהוא משפיע באופן ישיר על מנת הקרינה המסופקת. תכנון ע"פ ערכי UVT נמוכים מהמציאות יגרום לעלויות גבוהות, ואילו תכנון ע"פ ערכי UVT גבוהים מהמציאות עלול להוביל לחריגה מתנאי התיקוף באופן תדיר, מה שעלול לפסול את המים ע"פ דרישות החוק. הערכה נכונה של הטווח המלא של UVT הצפוי במהלך התפעול חיונית, משום שיש לתקף את הראקטור לטווחים הצפויים של UVT ולספיקות מתקן הטיפול, בכדי להימנע מתפעול מחוץ לתנאי התיקוף. ניטור רציף של UVT בעת הפעלת המתקן נדרש רק אם נבחרה גישת הבקרה על המנה ע"פ חישוב מנת הקרינה. ניתן להגדיר מטריצה של הספיקה ותנאי ה-UVT לריאקטורים, בכדי להתאים למנת הקרינה הנדרשת. יילקחו נתונים של UVT ב-254nm. במתקן ללא אנליזר ל-UVT ייבדק ערך UVT בספקטרופוטומטר מעבדתי או נייד מכויל ב-254nm.

סריקת UVT

במידה ומשתמשים במנורות MP, מדידת UVT בתחום אורכי גל בקטריוצידי 200-300nm (בנוסף ל-254nm) עשויה להיות חשובה, כי היא תשמש לקביעת ערכי ה-UVT של המים בתחום זה. בסריקת UVT, הבליעה בכל אורך גל נמדדת ומומרת ל-UVT באמצעות משוואה:

$$\%UVT = 100 * 10^{-A}$$

לאורכי גל שונים יעילות קטילה שונה על אורגניזמים שונים.

בליעת ה-UV של מים יורדת בד"כ עם עלייה באורך גל בתחום הבקטריוצידי. כלומר יכולת החיטוי מושפעת מהבליעה של המים בכל אורך גל. חלק מיצרני מתקני ה-UV משתמשים בסריקת UVT



במערכות ניטור מנת ה-UV שלהן. סריקות UVT עשויות להשתנות במהלך עונות השנה השונות ולכן נדרש לבצען בזמנים שונים במהלך השנה.

טבלה 4 איסוף נתוני UVT וניתוחם לצורך תכנון מתקן

Table 3.2. Summary of UVT Data Collection and Analysis¹

Issue	Recommendation
Water Quality Events to Capture in Data Collection	<ul style="list-style-type: none"> • Typical/average water quality conditions • Rainfall effects on source water • Reservoir turnover • Seasonal variations • Possible water quality blends if multiple source waters are used • Variation in upstream water treatment
Water Quality Sampling Locations	Locations that are representative of potential UV facility location(s)
Sample Type for Various Installation Options ²	<ul style="list-style-type: none"> • Composite samples from operating filters or grab samples from the combined filtered water header should be collected for combined filter effluent installations • Grab samples from representative filter(s) for individual filter piping effluent installations • Grab samples from any locations downstream of clearwell under consideration
Collection Frequency and Period	<ul style="list-style-type: none"> • Weekly for 1 – 2 months if water quality is stable • Weekly³ for 6 – 12 months (or more) if water quality changes seasonally
Existing Data for Potential Use	A_{254} is often collected in filtered waters to determine the specific UV absorbance (SUVA), and these measurements could be used in the data analysis. However, ultraviolet light absorbance at 254 nm (A_{254}) is typically filtered for the SUVA calculation, which would bias the A_{254} low (high UVT). Therefore, such data should only be used with this understanding.
Recommended Data Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Cumulative frequency analysis • UVT occurrence with flows
Recommended Data to Provide to UV Manufacturer	<ul style="list-style-type: none"> • Matrix of flows with corresponding UVTs • Target pathogen(s) and log inactivation • Design UVT⁴ (corresponding to design flow) • Range of operating UVTs

¹ Existing A_{254} or UVT data may be available, which would reduce the sampling and analysis needed.

² The potential installation locations are described in detail in Section 3.3.1.

³ More frequent samples may be needed to capture a water quality event (e.g., storm events).

⁴ The design UVT is the UVT that will typically occur at the location of the facility.

3.3. תוצרי לוואי של החיטוי ב-UV

תיתכן היווצרות תוצרי לוואי כתוצאה מהתגובה הפוטומטרית דרך מים המכילים גורמים שונים, העלולים לספוג את האור וליצור תוצרים אחרים, כתלות במנת ה-UV. עיקר העניין בחומרים אורגניים אשר הופכים להיות תרכובות מומסות, ופוטנציאל ייצור תוצרי הלוואי עולה.

מחקרים מראים שקרינת UV במנה נמוכה מ- $200\text{mJ}/\text{cm}^2$ לא משפיעה על רב הגורמים הטבעיים במים, וכי קרינת UV גבוהה מ- $400\text{mJ}/\text{cm}^2$ משפיעה ברמה נמוכה על היווצרות תוצרי לוואי של חיטוי. מעבר מניטראט לניטריט עלול להתרחש במנורות MP בקרינת UV נמוכה מ- 225nm בשיעור של כ- 1.0%.

3.4. Fouling/Aging Factor - פקטור ההזדקנות

גורמים במים יכולים לשקוע על פני השטח החיצוניים של השרוול וחלקי מתקן מורטבים נוספים, ובכך להפחית את יכולת העברת הקרינה אל המים. אילוח על השרוול, הזדקנות השרוול, הזדקנות הנורה ואילוח על חלונות הגלאים משפיעים על ביצועי הריאקטור לאורך זמן. לכן נלקח בחשבון פקטור האילוח - השתנות ביצועי הנורה לאורך זמן עבודה ביחס לביצועים התחלתיים. האילוח וההתחייבות לחיי הנורה יקבעו ע"פ ניסיון ומקצועיות המהנדס. כדי להכיר את הבעיות האפשריות של המערכת מומלץ אלטרנטיבית להקים פיילוט שיפעל לאורך זמן, ויראה את בעיות האילוח, ביופאולינג, וה-UVT המשתנה.

האילוח נלקח בחשבון יחד עם הזדקנות הנורה ב- fouling/aging factor. זמן השיקוע יכול לארוך משעות ספורות ועד חודשים. קשה להעריך מראש את פוטנציאל האילוח. הפקטור מחושב בהכפלת פקטור האילוח בפקטור ההזדקנות, ובד"כ נע בטווח 0.4-0.9. נעשה שימוש בפקטור זה בזמן התיקוף כדי להבטיח ציוד מתאים למנה הנדרשת.

$$UV\ Dose\ with\ Clean\ Lamps * Fouling\ Factor * Aging\ Factor \geq Required\ UV\ Dose$$

הפוטנציאל לאילוח - קשיות, אלקליניות, ברזל, מנגן, טמפרטורה, תכולת יונים, ORP והגבה, חלקיקים ואצות משפיעים על קצב יצירת האילוח, ועל תדירות ניקוי רצויה. סיבות להופעת אילוח:

- תרכובות המומסות במים ככל שהטמפרטורה עולה (לכן ישקעו יותר ב- MP):
CaCO₃, CaSO₄, MgCO₃, MgSO₄, FePO₄, FeCO₃, Al₂(SO₄)₃.
- תגובות פוטומטריות שתלויות בטמפרטורת השרוול.
- תרכובות בעלות מסיסות נמוכה שעלולות לשקוע Fe(OH)₃, Al(OH)₃.
- הפחתת הטורבולנציה של המים עשויה לתמוך בשקיעה גרביטציונית.
- אילוח אורגני צפוי להתקבל אם הריאקטור נסגר כשהוא מלא במים, ועומד תקופה ארוכה. במצב זה מומלץ כי התכנון יכלול מגופי ניקוז או אביזרים אחרים שיאפשרו ניקוי.
- תרכובות אי-אורגניות מתחמצנות ושוקעות.
- שמנים, קרם הגנה (בבריכות שחיה).

3.5. קביעת עוצמת הנורה כחלק מגישת בקרה על המנה UVI set point approach

הגישה לקביעת הערך הרצוי של עוצמת הנורה נסמכת על קביעת אחד או יותר ערכי עוצמה (UVI) שיקבעו במהלך מבחני התיקוף. במהלך התפעול, עבור גישת בקרה על המנה מסוג set point, עוצמת הנורה הנמדדת בגלאים חייבת להיות מעל הערך הרצוי כדי להבטיח הפקת המנה שאושרה במבחני התיקוף. גם הריאקטורים צריכים להיות מתופעלים בטווח התיקוף של הספיקה וסטטוס הנורות. בתכנון מתקני UV יש לקחת בחשבון טווחי ביטחון גבוהים, נדרש לוודא כי בספיקה המקסימלית המתוכננת, מנת הקרינה המועברת למים תהייה מספקת גם כאשר הנורות מקרינות פחות מעוצמתן המקסימלית כנורות חדשות, וגם בסוף חיי הנורה (בהתאם להוראות היצרן).

3.6. המלצות למיקום ריאקטור UV במערכת הטיפול

- אחרי ציקלון, מינון פלוקולנטים וסינון - המעלים את ה-UVT.
- אחרי מתקן להרחקת חנקה - למניעת היווצרות חנקית.
- משולב בקטע צנרת ישר וזרימה יציבה.
- לפני חיטוי בתרכובות כלור - למניעת תרכובות פרוק הכלור. מדידת הכלור ותיקון ערכי הגבה לפני UV.
- מנותק ומרוחק ככל האפשר מברזי שחרור אוויר למניעת הלמי מים, כהגנה על הנורות.
- לפני מתקני חימום מים ומחליפי חום (כדי להגן מפני אילוח).

נספח 4 אסטרטגית חיטוי משלבת ומשלימה

המטרה היא לתכנן מערכת רב-חסמית להפחתת הסיכון המיקרוביאלי, תוך הפחתת תוצרי לוואי של חיטוי.

אסטרטגית חיטוי משלבת לוקחת בחשבון מספר אמצעי חיטוי, שהשילוב ביניהם יכול לתת יעילות חיטוי מיטבית. בין השאר יודגש כי תרכובות הכלור יעילות יותר לחיטוי חיידקים ווירוסים, בזמן שקטילת טפילי מעיים יעילה בהרבה באמצעות חיטוי ב-UV, לכן שימוש ב-UV יכול להיות תהליך חיטוי המשלים את החיטוי העיקרי בתרכובות כלור. בנוסף יש לזכור כי נדרש חומר חיטוי שאריתי במערכת למניעת התפתחות זיהום.

טבלה 5 השוואה בין תכונות המחטאים השונים

מזהם/טיפול	UV	כלוראמין	כלור	אוזון
חיידקים	מצויין	טוב	מצויין	מצויין
וירוסים	טוב	גרוע	מצויין	טוב
פרוטוזואה	מצויין	גרוע	גרוע	טוב
שאריתיות	גרוע	מצויין	טוב	גרוע
תוצרי לוואי	לא משמעותי	לא משמעותי*	משמעותי	פוטנציאלי

*בבריכות שחיה כלור אמין הינו תוצר לוואי משמעותי

בתכנון מערכת חיטוי יש לקחת בחשבון את כלל החסמים, כך שהשילוב ביניהם יתאים במצטבר להרחקת הפתוגנים בסדרי הגודל הנדרשים. החישוב ייקח בחשבון את:

- נתוני החיטוי בתרכובות הכלור - סוג חומר החיטוי, ערכי הגבה של המים וערכי ה-CT במערכת (יש לקבל מספק המים).

- נתוני התיקוף למתקני ה-UV - פתוגן המטרה, ספיקה, UVT, UVI, כוללות בגישת הבקרה על המנה, Validated Dose, סוג הוולידציה (אמריקאית או אירופאית).

לדוגמא:

עבור טיפול להרחקת 3 סדרי גודל של וירוסים ממתקן מי תהום החשוף לזיהום פוטנציאלי, ניתן לחשב שילוב של חיטוי בתרכובות כלור וחיטוי ב-UV ממתקן שעבר ולידציה אמריקאית כלהלן:

- 2 סדרי גודל הרחקה באמצעות כלור בטווח ערכי CT המופיעים בטבלה 7.

סדר גודל הרחקה נוסף במנת UV כפי שנקבעה במבחן התיקוף (ראה סעיף 6.5).

טבלה 6 ו-7 טבלאות עזר לתכנון מערכת חיטוי משלבת.

טבלה 6 מנות UV נדרשות (Dreq) להרחקת פתוגנים שונים

(מתוך התקנות האמריקאיות למי שתיה LT2ESWTR) (ביחידות mJ/cm^2) (ערכי התייחסות)

פתוגן המטרה	מספר סדרי גודל להרחקה							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
<i>cryptosporidium</i>	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
<i>giardia</i>	1.5	2.1	3.0	5.2	7.7	11	15	22
<i>virus</i>	39	58	79	100	121	143	163	186

* מנות ה-UV המופיעות בטבלה 6 אינן כוללות גורמי אי-ודאות משמעותיים הקיימים במתקנים בקנה מידה מלא, הנובעים מהשפעות הידראוליות, ציוד הראקטור, גלאי UV, גורמי אילוח, גיל הנורה ושיטת הניטור. בשל כך נדרש המתקן לעבור מבחן תיקוף, שיקבע את תנאי ההפעלה בהם הראקטור יספק את מנת ה-UV הנדרשת לקבלת קרדיט. על תנאי ההפעלה לכלול: ספיקה, UVI, UVT, וסטטוס נורת UV. (סעיף 6.5 מתאר את אופן חישוב המנה הנדרשת בפועל).

טבלה 7 טבלת עזר לחישוב יעילות החיטוי

ערכי CT שונים של כלור ($\text{min} \cdot \text{Mg/L}$) - להרחקת 1 עד 4 לוג וירוסים בערכי הגבה וטמפי שונים.
מתוך: Waterval Chlorine Disinfection Validation Protocol.
הערה: הטבלה האוסטרלית נשענת על טבלאות אמריקאיות, ומוסיפה ערכי CT מעודכנים לתקופה האחרונה.

pH	Log inactivation	≤ 0.2 ntu				≤ 2 ntu			
		10°C	15°C	20°C	25°C	10°C	15°C	20°C	25°C
≤ 7	1	3	2	2	1	3	2	2	1
	2	4	3	2	2	4	3	2	2
	3	5	4	3	2	5	4	3	2
	4	6	4	3	2	6	4	3	2
$\leq 7,5$	1	5	4	3	2	5	4	3	2
	2	7	5	4	3	7	5	4	3
	3	9	7	5	4	9	7	5	4
	4	11	8	6	4	11	8	6	4
≤ 8	1	7	5	3	3	7	5	4	3
	2	10	7	5	4	10	7	5	4
	3	13	9	7	5	13	10	7	5
	4	16	12	8	6	16	12	8	6
$\leq 8,5$	1	8	6	4	3	9	6	5	4
	2	12	9	6	5	13	9	7	5
	3	16	12	9	6	17	13	9	7
	4	21	15	10	8	22	16	11	8
≤ 9	1	9	6	5	3	10	7	5	4
	2	14	10	7	5	16	11	8	6
	3	19	14	10	7	21	15	11	8
	4	25	17	12	9	27	19	13	10

טבלה 8 טבלת עזר לחישוב יעילות החיטוי

ערכי CT שונים של כלורדיאוקסיד - להרחקת 4 לוג וירוסים בערכי הגבה וטמפי שונים
[EPA Disinfection Profiling and Benchmarking Technical guidance and manual 2020](#)

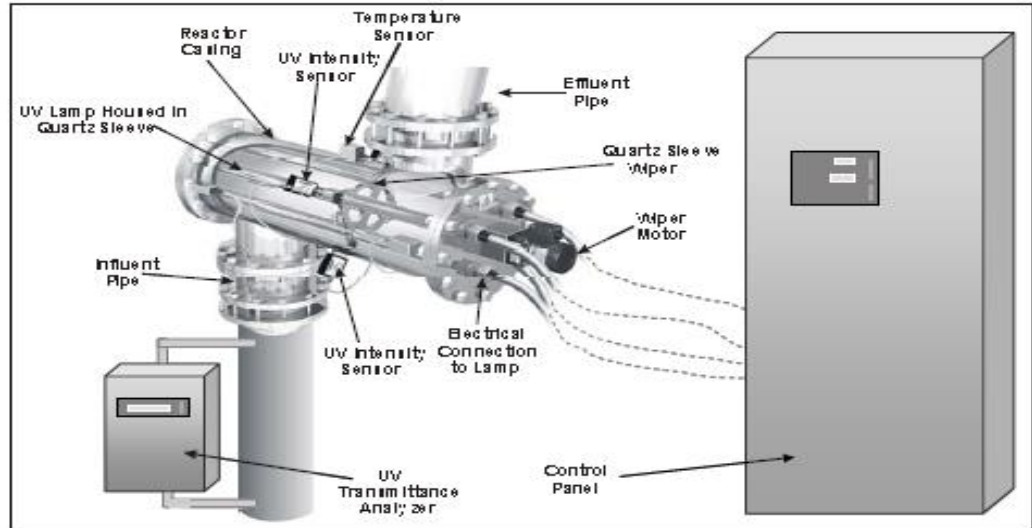
טמפרטורה (°C)	5	10	15	20	25
Ct (min·Mg/L)	33.4	25.1	16.7	12.5	8.4

נספח 5 רכיבי מערכת חיטוי ב - UV

תרשים 4 רכיבי מערכת חיטוי ב - UV

(מתוך 2006 - EPA - UV disinfection guidance manual for the final LT2 enhanced SW treatment rule)

Figure 2.10. Example of UV Disinfection Equipment



Source: Courtesy of and adapted from Severn Trent Services
Note: Not to scale

5.1 נורות ה- UV

ניתן ליצור קרינת UV ע"י העברת זרם חשמלי דרך תערובת גזים, הגורמת לטעינת ופליטת פוטונים לאוויר. רמת הפוטונים תלויה בהרכב הגזים ובהספק הנורה. כמעט כל נורות ה-UV המתוכננות למים עשויות תערובת גז המכיל בעיקר אדי כספית, הפולטת קרינת UV בטווח אורכי הגל שנמצאו היעילים ביותר לקטילת האורגניזמים שאנו מעוניינים בקטילתם (יש לציין שגם הגז קסנון נמצא מתאים). עוצמת האור המופקת תלויה בריכוז אטומי הכספית, שהוא פונקציה ישירה של לחץ האדים בנורה.

מיוצרות נורות במגוון גדול, אך במערכות מי שתייה ובריכות שחייה משתמשים בדי"כ בנורות:

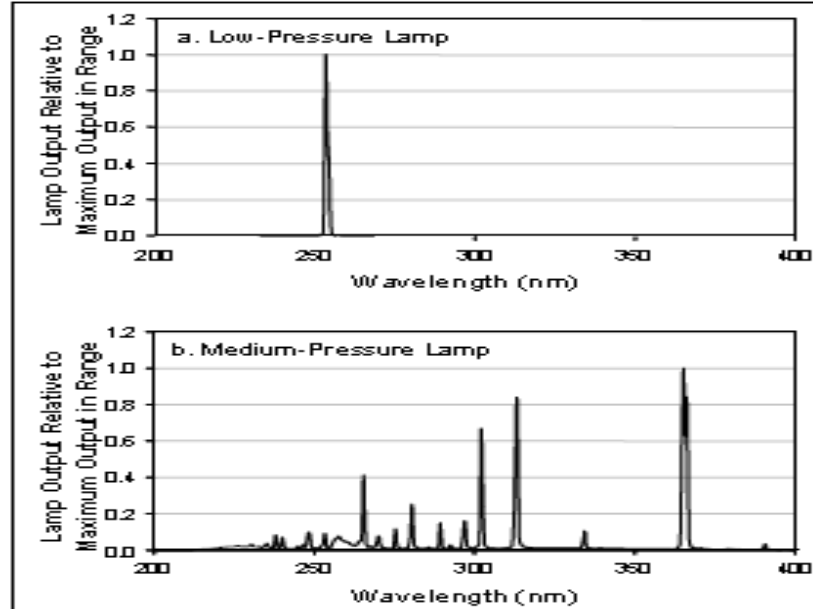
- **LP - Low pressure lamp** - נורת אדי כספית העובדת בלחץ וטמפרטורה לא גבוהים יחסית, ומפיקה אור מונוכרומטי באורך גל אחיד (254 ננומטר).
- **LPHO - Low-pressure high-output** - נורת אדי כספית העובדת בלחץ אדים והספק הרבה יותר גבוהים מ-LP, ולכן גם הטמפרטורה גבוהה. הנורה מפיקה אור בספקטרום אורכי גל מונוכרומטי.
- **MP- Medium-pressure lamp** - נורה העובדת בלחץ פנימי ובהספק גבוהים מאוד. נותנת ספקטרום פוליקרומטי של UV והאור הנראה, באורכי גל רבים, המתאים לאינאקטיבציה של מגוון מיקרואורגניזמים. בתהליך יצור נורת לחץ בינוני ניתן לקבוע את הלחץ בנורה ובכך לקבוע את הספקטרום ולהתאימו לרגישות אורגניזם היעד אותו רוצים לקטול (פתוגן המטרה).

טבלה 9 השוואה בין תכונות הנורות

פרמטר	לחץ נמוך (LP)	לחץ נמוך תפוקה גבוהה (LPHO)	לחץ בינוני (MP)
חיתוי באור UV	באורך גל 254 nm	באורך גל 254 nm	בטווח אורכי גל: 200-300nm
פירוק כלוראמינים	פירוק מונוכלוראמין		בטווח אורכי גל: 200-400nm פירוק ביעילות מונו/ די/ טרי כלוראמין. חשוב לבריכות שחיה בנוסף לפעולתן הביוצידית של הנורות
לחץ אדי הכספית בנורה (Pa)	בערך 0.93 ($1.35 \times 10^{-4} \text{ psi}$)	1.6 - 0.18 ($2.6 \times 10^{-5} - 2.3 \times 10^{-4} \text{ psi}$)	40,000-4,000,000 (5.80 – 580 <i>psi</i>)
טמפ' עבודה (°C)	בקירוב 40	100 - 60	900 - 600
Electrical Input [watts per centimeter (W/cm)]	0.5	10 - 1.5	250 - 50
Germicidal UV Output (W/cm)	0.2	3.5- 0.5	30 - 5
Electrical to Germicidal UV Conversion Efficiency (%)	38 - 35	35 - 30	20 - 10
אורך קשת (אורך נורה) (ס"מ)	150 - 10	150 - 10	120 - 5
מס' נורות נדרש למנת קרינה	גבוה	בינוני	נמוך
אורך חיי נורה (שעות)	8,000-10,000	8,000-12,000	4,000-8,000

תרשים 5 ספקטרום של נורות לחץ נמוך (LP) ולחץ בינוני (MP)

EPA - UV disinfection guidance manual for the final LT2 enhanced SW treatment rule - (מתוך -
(2006)



Source: Sharpless and Linden (2001)

המילוי באדי הכספית יכול להיות בפאזה מוצקה, נוזלית או גזית. כשהנורה מתחממת, עולה לחץ אדי הכספית. לחץ האדים נשלט ע"י כמות הכספית המוכנסת לנורה. **הזדקנות הנורה - aging** - נורות מפחיתות את יעילותן עם הזמן. נתון זה נלקח בחשבון יחד עם האילוח המצטבר על הנורות לחישוב **fouling/aging factor**. **האלקטרודות** - תכנון ותחזוקתן קריטיים לאורך חיי הנורה.

5.2 מעטפת הנורה (envelope)

פני השטח החיצוניים של נורת ה-UV. מתוכננת להעביר את קרינת ה-UV, פועלת כמבודד חשמלי ולא מגיבה עם הגז בנורה. עשויה קוורץ בשל העברת אור טובה, ועמידות בטמפרטורות גבוהות.

5.3 שרוול הנורה (sleeve)

נורות ה-UV ממוקמות בתוך שרוולים השומרים על תנאי תפעול וטמפרטורה אופטימליים ומגנים עליהן מפני שבירה. השרוולים עשויים קוורץ, עם פתח בצד אחד או בשניים. אורך השרוול הינו כאורך הנורה. השרוול סופג חלק מאור הקרינה, ועלול להשפיע על המנה היוצאת אל הריאקטור. קיים בד"כ מרווח אויר של כס"מ בין מעטפת הנורה לשרוול הנורה והחלק החיצוני של השרוול בא במגע עם המים.

5.4 מערכת ניקוי שרוולי הנורות

בייצור מערכות ה-UV פותחו שיטות שונות לניקוי שרוולי הנורות, כתלות ביישום: **הכימיקלים המשמשים לניקוי** - חומצה ציטרית, חומצה זרחתית, או תמיסה מיוחדת המסופקת ע"י היצרנים שצריכה לעמוד בתקן ישראלי 5438. קיימות שלוש אפשרויות לניקוי:

- **ניקוי כימיקלי בעצירת הריאקטור - (OCC) - Off line chemical clean** - תהליך ניקוי שרוול הנורה בו הריאקטור מופסק מפעולתו ומתנקה בתמיסה, המרוססת לתוך הריאקטור מנקודת הזרקה מיוחדת. הריאקטור מושבת ואז מרוקן ממים, ונשטף עם תמיסת הניקוי, לאחר מכן מתמלא בתמיסת הניקוי לזמן שהייה המתאים להמסת כל המשקעים והאילוח שעל השרוול (בערך 15 דקות). ניתן גם להוציא את השרוולים מהריאקטור ולנקותם בחוץ. כל התהליך אורך כ-3 שעות. תדירות הניקוי - מאחת לחודש עד אחת לשנה, כתלות באיכות המים וקצב הצטברות האילוח.
- **ניקוי מכני תוך כדי עבודת הריאקטור - (OMC) - On-line mechanical clean** - תהליך ניקוי בו מגב אוטומטי מנגב את פני שטח שרוול הנורה בתדירות קבועה, וללא הפסקת פעולת הריאקטור. מבוסס

על מגבים המורכבים על השרוול ופועלים אלקטרונית או פנאומטית להסרה פיזית של המשקעים, באמצעות מברשות פלדת אל חלד או טבעות טפלון אשר נעות לאורך השרוול.

- **ניקוי מכני-כימיקלי תוך כדי עבודת הריאקטור (OMCC) - On-line mechanical-chemical clean**
 - מגב מכני אוטומטי המנקה את השרוול יחד עם תמיסה כימית מתאימה בתדירות קבועה, וללא הפסקת פעולת הריאקטור. מגב שעליו טבעת עם תמיסת ניקוי נע לאורך השרוול, כשהמגב מסיר מכנית את האילוח ותמיסת הניקוי ממיסה את המשקעים.
שיטה זו לא מאושרת לשימוש בישראל.

5.5. ספק הכוח - Ballast

ספק הכוח משמש לויסות האנרגיה החשמלית המסופקת לנורות ה-UV, בתהליך ההצתה של הגז בנורות, ושמירת עוצמת ההארה קבועה בכל שלבי עבודת הנורות. ספק הכוח מותאם ייחודית לכל מבנה ריאקטור, לסוג הנורות שנבחרו ולתנאי העבודה הייחודיים.

5.6. יחידות ריאקטורים של UV

- "מודול" - מקבץ של מספר נורות.
- "בנק" - מספר מודולים.
- "ריאקטור" - בנק אחד או יותר, העובדים כיחידה אחת.
- "רכבת" - סידרה של ריאקטורים העובדים יחד.

נספח 6 רכיבי הבקרה הרציפה

6.1. מדידת ספיקה

יותקן מד ספיקה על מי הגלם /מי הבריכה הנכנסים למתקן.

6.2. גלאים לעוצמת הנורה

הגלאים מודדים את עוצמת הנורה (UVI) בנקודה בתוך הריאקטור, ומשמשים (יחד עם ספיקת המתקן והאינדיקציה ל- UVT) לכיוון ואימות כיוול המנה הנדרשת. הגלאים יגיבו לשינויים בעוצמת הנורה, להזדקנות הנורה, הזדקנות השרוול, והצטברות האילוח. בהסתמך על מדידת הגלאי ניתן להגיב לשינויים ב-UVT של המים המטופלים.

6.3. אנלייזר UVT

גלאי UVT הוא פרמטר חשוב בקביעת מנת ה-UV, ובגישת הבקרה על המנה Calculated Dose, הוא חיוני לניטור הרציף. ניטור עוזר בהערכת איכות המים, וטיפול בבעיות תפעוליות. שתי שיטות מסחריות למדידת UVT:

- המים זורמים דרך מבחנה בה נורה עם 3 גלאים הממוקמים במרחקים שונים ממנה, והשקיפות מחושבת ע"י מדידת עוצמת ה-UV במרחקים שונים מהנורה.
- המים זורמים דרך ספקטרופוטומטר המשתמש באור מונוכרומטי 254nm, והמדידה משקללת את הנתונים ומחשבת את ה-UVT (ראה טבלה 12 עבור המרת ערכי UVT ו-UV Absorption).

6.4. גלאים לטמפרטורה

חלק מהאנרגיה הנכנסת לנורות אינה מתורגמת לאור (60-90% כוללות בהתאמת מקור הכח) ומבוזזת כחום. במעבר בריאקטור המים סופגים את החום. הטמפרטורה יכולה לעלות בשני מקרים: כשכמות המים יורדת והנורות חשופות לאוויר, או בזמן הפסקות בזרימת המים בריאקטור. על כל סוגי הריאקטורים להצטייד במדי טמפרטורה למדידת טמפרטורת המים, כך שאם נמדדת עליה מעל המומלץ, הריאקטור ייסגר אוטומטית למניעת חימום יתר. התופעה מחמירה בנורות -MP, בהן הטמפרטורה מגיעה לערכים גבוהים במיוחד.

6.5. בחירת גישת הבקרה על המנה

יצרנים מתכננים את הריאקטורים כך שיפעלו באחת משיטות הבקרה על מנת הקרינה:

6.5.1 גישת בקרה רציפה של עוצמת הקרינה - UV Intensity Setpoint Approach

גישה זו מבטיחה חיטוי יעיל באמצעות קביעת ערך סף מינימלי של עוצמת UV (UVI) וקצב זרימה מקסימלי במהלך ולידציה של המערכת. פרמטרים אלו מגדירים את תחום ההפעלה שבו המערכת מבטיחה אינאקטיבציה של פתוגנים. במהלך פעילות הריאקטור, עוצמת ה-UV (UVI) נמדדת ע"י גלאי ה-UV והערך המתקבל צריך להיות שווה או גבוה מהערך שנקבע בוולידציה. במידה והעוצמה יורדת מתחת לערך הסף והספיקה עולה על המקסימום שנקבע במבחן התיקוף, המערכת מפעילה התרעה או מבצעת התאמות כדי לשמור על ביצועי החיטוי הבטוחים.

יש לשמור על ערכי הצמד האופייני של ספיקה מקסימלית ועוצמה מינימלית מתאימה, שנקבע בתיקוף, לצורך תפעול וניטור של מתקן UV. נדרש לפחות צמד אחד של ספיקה מקסימלית ועוצמה מינימלית (setpoint), אך ניתן לקבוע באמצעות שלושה צמידים קו גרסיה (Set line). עבור כל Set point מפורט ערך UVT שאין לעבור אותו. מתקנים שעברו ולידציה בשיטה זו מתוכננים להתאים לעבודה בערכי UVT משתנים.

בשיטה זו אין ניטור נפרד של ערכי ה-UVT אלא עוצמת ה-UV הנמדדת בגלאי מבטאת גם את השינוי ב-UVT של המים.

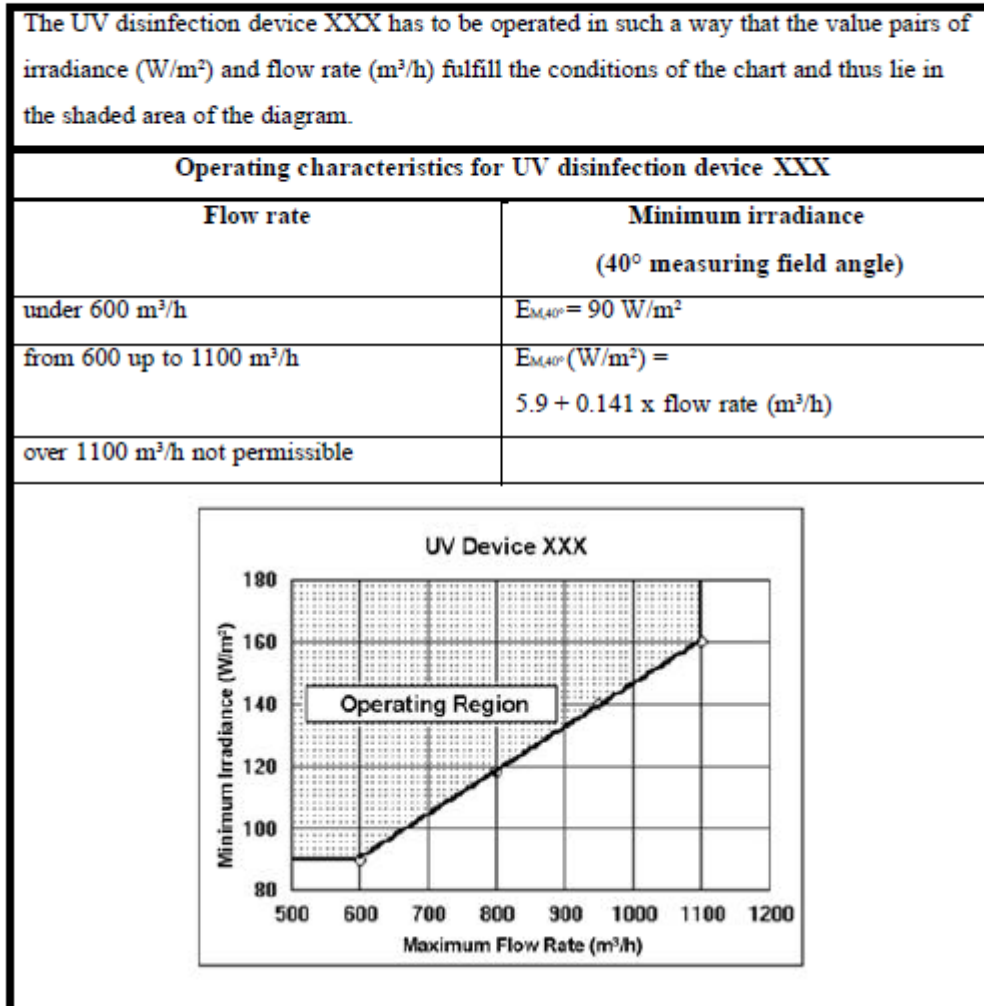
מכיוון שבשיטה זו המנה קבועה, חשוב להציב את גלאי ה-UV במיקום נכון כך שיתקבל יחס ישר בין עוצמת UV שנמדדת ומנת הקרינה המסופקת (UV DOSE), ללא השפעה של שינויים ב-UVT ומצב הנורה. דו"ח מבחן התיקוף יציג תחום הפעלה ותחום התאמה באמצעות נוסחה, גרף וטבלה.

6.5.1.1 תחום ההפעלה (Operating Region) נועד למפעיל המתקן. המותר ייקבע

באמצעות UVI מינימלי וספיקה מקסימלית ויוצג באמצעות משוואה, טבלה וגרף. התרשים להלן מתאר תחום הפעלה כמשוואה בספיקות שונות וכן תצוגה גרפית. מתקן ה-UV שבדוגמה יופעל בהתאם לקורלציה שנעשית בעזרת צמדי נתונים של עוצמה וספיקה, יעמוד בתנאים שבטבלה ותחום ההפעלה יימצא בחלק המוצלל של הגרף.



Chart 4 – Example for the indication of an operating set line as an equation with limiting conditions and as a diagram



איור 1 דוגמה למתקן UV

6.5.1.2. **תחום התאמה (Suitability Range)** - נועד למתכנן. תחום ההתאמה לאיכויות מים שונות נקבע באמצעות גרף המציג UVT אל מול ספיקה. מתקבלת טבלת עבודה עבור המתקן, בה מפורטים עבור כל UVT הספיקה המקסימלית והעוצמה המינימלית שתוקפו. התרשים להלן מתאר את **תחום ההתאמה (אזור 1 המוצלל) בצורה גרפית**. התרשים נועד לשלב התכנון ובחירת מתקן מתאים.

תרשים 6 תיאור תחום ההתאמה (אזור 1 המוצלל) בצורה גרפית

DIN 19294-1:2020-08

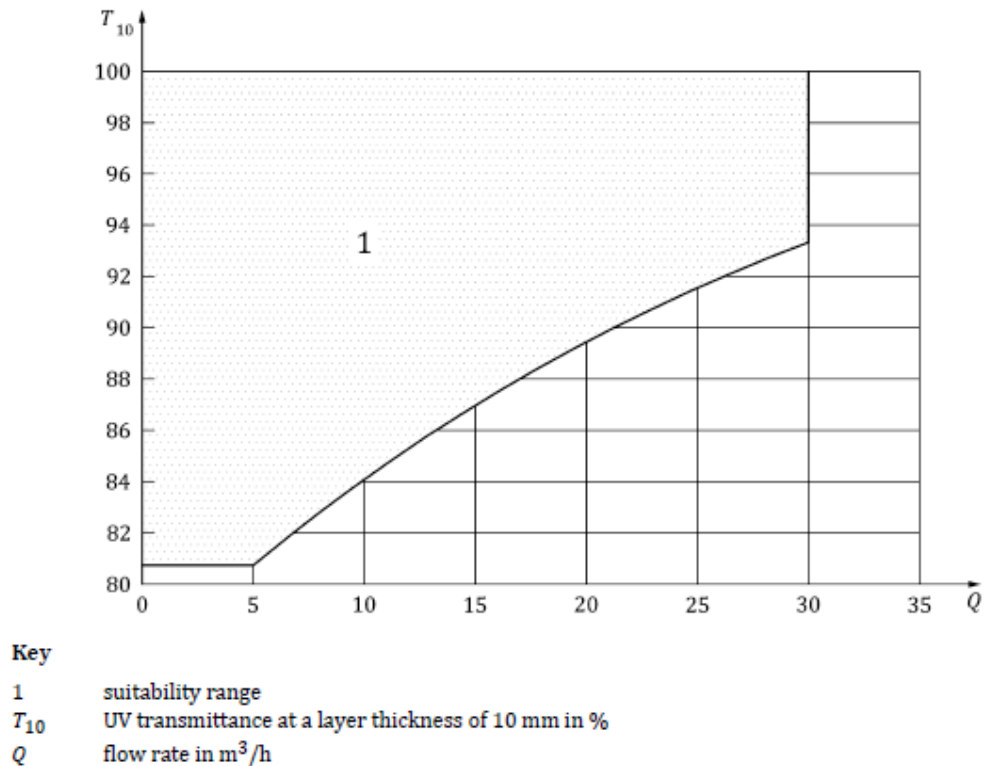


Figure 8 — Example of the graphical representation of a suitability range

טבלה 10 דוגמה לטבלה תפעולית המתקבלת בתיקוף (שצריכה להיות מוצגת במקום נראה לעין עבור מתפעל המתקן):

UVI מינימלי (וואט/מ ²)	ספיקה מקסימלית (מ"ק/שעה)	UVT (%)
90	600	96.5
98	650	96.7
105	750	97.1
112	750	97.3
119	800	97.5

6.5.2 גישת בקרה ע"פ חישוב מנת קרינה - Calculated Dose approach

בשיטה זו מנת הקרינה מחושבת (REDcalc) על סמך נוסחה אמפירית שפותחה במהלך מבחני התיקוף. הנוסחה האמפירית מתבססת על ערכי ספיקה, UVI וערך UVT, ומהם מחושבת מנת הקרינה התפעולית הנדרשת לתפעול המכשיר. בגישה זו, בהתאם ללוג ההרחקה הנבחר וערך UVT קיים, על המתקן לספק מנה תפעולית גדולה או שווה ממכפלת Vf (פקטור התיקוף) ב $Dreq$:

$$VF * Dreq$$

להלן דוגמה לחישוב המכפלה $VF * Dreq$ (REDcalc). המנה התפעולית תהיה בכל עת גבוהה ממכפלה זו. טבלה 1-1 באיור 2 להלן, מתארת את פקטור הולידציה Vf המתקבל עבור UVT ולוגי הרחקה מסויימים. טבלה 1-2 באיור 2 מתארת עבור אותם תנאים את המנה המחושבת REDcalc.

עבור UVT 94% והרחקה של 3 לוג קריפטוספורידיום: נדרש שהמנה התפעולית שמשפק המתקן תהיה גדולה בכל עת מהמכפלה $12 (Dreq) \times 1.814 (VF) = 21.774 \text{ mJ/cm}^2$ (REDcalc)

Table 1-1. Solutions for **Validation Factor** for Alternate **Cryptosporidium** inactivations for Systems Using the Universal Dose Algorithm

R2163	Validation Factor (Cryptosporidium)							
Required dose	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
Log Inactivation Credit for Cryptosporidium								
UVT/cm	0.5-Log	1-Log	1.5-Log	2-Log	2.5-Log	3-Log	3.5-Log	4-Log
55.6	4.819	4.348	3.537	2.868	2.339	1.957	1.774	1.491
60	4.756	4.337	3.542	2.885	2.355	1.969	1.784	1.487
62	4.720	4.318	3.533	2.883	2.356	1.971	1.786	1.485
65	4.658	4.276	3.508	2.872	2.352	1.970	1.787	1.483
68	4.587	4.218	3.470	2.851	2.341	1.965	1.784	1.480
70	4.536	4.172	3.438	2.832	2.331	1.960	1.781	1.479
72	4.481	4.121	3.402	2.810	2.318	1.953	1.776	1.477
74	4.424	4.064	3.362	2.784	2.303	1.945	1.771	1.476
76	4.364	4.002	3.318	2.756	2.286	1.936	1.765	1.475
78	4.301	3.936	3.271	2.725	2.268	1.928	1.758	1.473
80	4.236	3.866	3.220	2.692	2.248	1.915	1.751	1.472
82	4.169	3.792	3.166	2.656	2.226	1.903	1.742	1.470
84	4.099	3.714	3.109	2.618	2.203	1.890	1.734	1.469
86	4.027	3.632	3.049	2.578	2.178	1.876	1.724	1.468
88	3.954	3.546	2.986	2.536	2.153	1.862	1.714	1.466
90	3.878	3.457	2.921	2.492	2.126	1.847	1.704	1.465
92	3.800	3.365	2.853	2.446	2.098	1.831	1.693	1.464
94	3.720	3.269	2.782	2.399	2.068	1.814	1.681	1.462
96	3.638	3.169	2.710	2.350	2.038	1.798	1.669	1.461

Table 1-2. Solutions for **RED_{calc}** for the to meet targeted **Cryptosporidium** inactivation levels when using the universal dose algorithm

R2163	Log Inactivation Credit for Cryptosporidium							
Required dose	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
Log Inactivation Credit for Cryptosporidium								
UVT/cm	0.5-Log	1-Log	1.5-Log	2-Log	2.5-Log	3-Log	3.5-Log	4-Log
55.6	7.710	10.869	13.794	16.635	19.885	23.479	26.610	32.791
60	7.610	10.843	13.816	16.731	20.020	23.627	26.766	32.710
62	7.552	10.796	13.780	16.722	20.030	23.649	26.796	32.674
65	7.453	10.690	13.680	16.655	19.992	23.638	26.800	32.622
68	7.340	10.545	13.532	16.533	19.900	23.579	26.759	32.571
70	7.258	10.430	13.409	16.425	19.811	23.517	26.711	32.537
72	7.170	10.302	13.269	16.296	19.703	23.438	26.647	32.504
74	7.079	10.160	13.113	16.149	19.577	23.343	26.570	32.471
76	6.982	10.006	12.941	15.985	19.435	23.234	26.479	32.439
78	6.882	9.841	12.756	15.806	19.277	23.113	26.376	32.408
80	6.778	9.666	12.557	15.612	19.106	22.979	26.262	32.377
82	6.670	9.480	12.346	15.404	18.921	22.834	26.137	32.346
84	6.559	9.284	12.123	15.184	18.724	22.679	26.004	32.315
86	6.444	9.080	11.889	14.951	18.515	22.515	25.861	32.285
88	6.326	8.866	11.645	14.707	18.296	22.341	25.711	32.256
90	6.204	8.643	11.390	14.453	18.067	22.160	25.553	32.227
92	6.080	8.411	11.126	14.188	17.829	21.970	25.388	32.198
94	5.952	8.171	10.851	13.913	17.582	21.774	25.216	32.169
96	5.821	7.923	10.568	13.630	17.327	21.570	25.038	32.141

איוור 2 טבלאות 1-1 ו 1-2 לשם הדגמת חישוב מנת הקרינה REDcalc על ידי מכפלה $VF \cdot Dreq$

טבלה 11 מאפיינים של גישות הבקרה על המנה

דוגמא לחריגה מ"תנאי התיקוף" (Off Spec)	הפרמטר המשמש ערך סף תפעולי	הערך המנוטר במהלך התפעול השוטף (בכדי לוודא קבלת המנה)	גישת בקרה על מנת הקרינה
1. עוצמת הקרינה מתחת לערך מינימום נדרש 2. ספיקת המים מעל הגבול המתוקף	UVI	■ עוצמת הקרינה UVI ■ ספיקת המים ■ סטטוס הנורות	גישת בקרה רציפה של עוצמת הקרינה (מקובלת באירופה)
1. מנת קרינה נמוכה ממנת קרינה תפעולית מחושבת REDcalc 2. ספיקת המים מעל הגבול המתוקף 3. UVT מתחת לערך מינימום המתוקף	מנת קרינה מחושבת UV Dose (באמצעות נוסחה שפותחה במהלך מבחני התיקוף)	■ עוצמת הקרינה UVI ■ ספיקת המים ■ סטטוס הנורות ■ UVT	גישת בקרה ע"פ חישוב מנת הקרינה (מקובלת בארה"ב)

טבלה 12 המרת ערכי UVT ו- UV Absorption (בליעת UV)
CONVERSION CHART
UV Percent Transmittance & UV Absorption

UV Percent Transmittance	UV Absorption
1%	2.0000
2%	1.6990
3%	1.5229
4%	1.3979
5%	1.3010
6%	1.2218
7%	1.1549
8%	1.0969
9%	1.0458
10%	1.0000
11%	0.9586
12%	0.9208
13%	0.8861
14%	0.8539
15%	0.8239
16%	0.7959
17%	0.7696
18%	0.7447
19%	0.7212
20%	0.6990
21%	0.6778
22%	0.6576
23%	0.6383
24%	0.6198
25%	0.6021
26%	0.5850
27%	0.5686
28%	0.5528
29%	0.5376
30%	0.5229
31%	0.5086
32%	0.4949
33%	0.4815
34%	0.4685
35%	0.4559
36%	0.4437
37%	0.4318
38%	0.4202
39%	0.4089
40%	0.3979
41%	0.3872
42%	0.3768
43%	0.3665
44%	0.3565
45%	0.3468
46%	0.3372
47%	0.3279
48%	0.3188
49%	0.3098
50%	0.3010

UV Percent Transmittance	UV Absorption
51%	0.2924
52%	0.2840
53%	0.2757
54%	0.2676
55%	0.2596
56%	0.2518
57%	0.2441
58%	0.2366
59%	0.2291
60%	0.2218
61%	0.2147
62%	0.2076
63%	0.2007
64%	0.1938
65%	0.1871
66%	0.1805
67%	0.1739
68%	0.1675
69%	0.1612
70%	0.1549
71%	0.1487
72%	0.1427
73%	0.1367
74%	0.1308
75%	0.1249
76%	0.1192
77%	0.1135
78%	0.1079
79%	0.1024
80%	0.0969
81%	0.0915
82%	0.0862
83%	0.0809
84%	0.0757
85%	0.0706
86%	0.0655
87%	0.0605
88%	0.0555
89%	0.0506
90%	0.0458
91%	0.0410
92%	0.0362
93%	0.0315
94%	0.0269
95%	0.0223
96%	0.0177
97%	0.0132
98%	0.0088
99%	0.0044
100%	0.0000

נספח 7 תחזוקת המתקן- פעולות נדרשות

תחזוקת המתקן תיעשה בהתאם להוראות היצרן ולמפורט בטבלאות להלן.

7.1 אימות וכיול גלאים

טבלה 13 מתקן בתיקוף לפי תקן אירופאי ע"פ גישת הבקרה של עוצמת הקרינה (UVI Setpoint approach)

תדירות מומלצת	ביצוע	הפעילות המומלצת	בדיקה מומלצת
אחת ברבעון	באתר ע"י המפעיל או ע"י חברה מתחזקת	במצב תקין מתקיימת המשוואה הבאה: $\left\langle \frac{\text{עוצמת גלאי עבודה}}{\text{עוצמת גלאי ייחוס}} \right\rangle \leq 1.2$ במידה ויחס הקריאות גדול מ-20% יש להחליף את גלאי העבודה	אימות גלאי UVI מול גלאי ייחוס חיצוני
פעם בשנה לפחות	אצל היצרן		כיול גלאי ייחוס חיצוני UVI (Reference sensor)

טבלה 14 מתקן בתיקוף לפי רגולציה אמריקאית ע"פ גישת חישוב מנת קרינה (Calculated Dose Approach)

תדירות מומלצת	ביצוע	הפעילות המומלצת	בדיקה מומלצת
אחת לרבעון	באתר או במעבדה	האימות מבוצע מול חיישן UVT חיצוני נייד, או ספקטרופוטומטר מעבדתי. במצב תקין מתקיימת המשוואה: $ UVT - \text{אנלייזר } UVT \leq 2\% UVT$	אימות כיול אנלייזר UVT
אחת לרבעון	באתר ע"י המפעיל או ע"י חברה מתחזקת	במצב תקין מתקיימת המשוואה הבאה: $\left\langle \frac{\text{עוצמת גלאי עבודה}}{\text{עוצמת גלאי ייחוס}} \right\rangle \leq 1.2$ במידה ויחס הקריאות גדול מ-20% יש להחליף את גלאי העבודה	אימות גלאי UVI מול גלאי ייחוס
פעם בשנה לפחות	אצל היצרן		כיול גלאי ייחוס UVI
בהתאם לתדירות נדרשת ע"י היצרן		ניקוי והחלפת רכיבים בבקר בהתאם להנחיות היצרן	ניקוי ואימות אנלייזר UVT והחלפת רכיבים בו

7.2 פעולות תחזוקה המשותפות לשתי גישות הבקרה על המנה טבלה 15 פעולות תחזוקה המשותפות לשתי גישות הבקרה על המנה

תדירות מומלצת	הפעילות המומלצת	בדיקה מומלצת
אחת לחודש (ללא ניקוי אוטומטי או ניקוי כימי לא רציף במתקן) או לפי הצורך חצי שנתי (במתקן עם ניקוי מכני רציף)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ בדיקת רישום תוצאות הניטור של UVI ▪ פירוק שרוול מדגמי מכל ריאקטור - לבדיקה ▪ במידה ונמצא אילוח ע"ג השרוול - בדיקת כל שאר השרוולים והחלונות ▪ ניקוי ידני של השרוולים והחלונות עליהם נמצא האילוח, והשוואה עם ערכים שנמדדו טרם הניקוי בתיעוד הרציף ▪ וידוא כי תדירות הניקוי עומדת בדרישות היצרן 	1. בדיקת יעילות הניקוי
פעם בחודש	באם אותרה נזילה, יש להחליף צנרת, שרוול או אטם	2. בדיקת איטום / נזילות
חצי שנתי (במתקן עם ניקוי מכני/כימי רציף)	מילוי המיכל, במידה ומפלס חומר הניקוי נמוך	3. בדיקת מיכל חומר ניקוי
פעם בשנה	בהתאם להוראות היצרן	4. בדיקת / ניסוי מפסקי הפחת במערכת הכוח למתקן
בהתאם לתדירות נדרשת ע"י היצרן.	בדיקה חזותית למפלס המים, כיוול ו/או החלפה לפי המלצת היצרן	5. בדיקת גלאי טמפ' וזיהוי גובה המים
בהתאם למפרט היצרן	<p>החלפת נורות כאשר:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ מתקבלת התרעת עוצמת UV נמוכה (נמוך מהערך הנדרש ע"פ התיקוף) שנגרמת מהספק נמוך בנורה, ולאחר שבוצעו פעולות ניקוי לא מספקות ▪ מתקבלת התרעת כשל נורה ▪ נמדדת עוצמה נמוכה בנורה אחת או יותר ▪ עוצמת ה UV (UVI) של הנורה יורדת ביותר מ 5% מהעוצמה המינימלית הנדרשת. 	6. החלפת נורות
בעת החלפת נורה.	פינוי נורות משומשות למערכת פינוי פסולת מסוכנת הכוללת כספית, או ליצרן	7. פינוי נאות של נורות מוחלפות
החלפה מיידית עקב חשש לחדירת שברי קוורץ למים	החלפת שרוול קוורץ שניזוק או נסדק, או בעת דליפת מים או עיבוי משמעותי, או במידה שאינו ניתן לניקוי, וגורם לירידה משמעותית בעוצמת העברת הקרינה מנורה תקינה	8. החלפת שרוולי קוורץ
בהתאם לתדירות נדרשת ע"י היצרן	בדיקת תקינות המנגנון המכני / כימי המבצע את ניקוי שרוולי הקוורץ על פי הנחיות היצרן	9. בדיקת מנגנון הניקוי המכני/ כימי
כשפילטר נראה אפור (כתלות בתנאי האבק באתר), או בהתאם לתדירות נדרשת ע"י היצרן	בדיקת תקינות המאוורר, ניקיון (אבק) ונוק מבני. יש להחליף מסנן אויר אם נדרש	10. בדיקת מאוורר הקירור של ספק הכוח (BALLAST)

נספח 8 דוגמה לסיכום תנאי הפעלה חודשית

(עבור מתקן המיועד לשתייה, בהתבסס על דוחות רציפים יומיים)

ספק המים ישמור אצלו את הדוח הרציף היומי שמתקן ה-UV סיפק, כולל תיעוד נפחי מים לא מתוקפים off spec. 95% מנפח המים החודשי צריכים לעמוד בדרישות, כלומר הסף העליון לנפח מים לא מתוקף הינו 5% מנפח המים החודשי. על המערכת להציג תוצאות רציפות.

טבלה 16 דוגמה לסיכום תנאי הפעלה חודשית

פרטים כלליים				
שם המתקן	תקופת הדיווח	שם אחראי המתקן	תאריך	שם ממלא הדו"ח
תנאי התיקוף (בגישת בקרה על המנה (Calculated Dose))				
ספיקה מקסימלית	UVT מינימלי	פתוגן המטרה	לוג הרחקה נדרש	מנה נדרשת עבור לוג אינאקטיבציה של פתוגן המטרה D_{val} או RED_{calc}
תנאי התיקוף (בגישת בקרה על המנה (UV intensity setpoint))				
ספיקה מקסימלית	UVI מינימלי	UVT		מנה נדרשת עבור אינאקטיבציה של פתוגן המטרה (REF) 40 mJ/cm ²
נתוני חריגה מתנאי התיקוף				
מספר יחידה	סה"כ זמן הפעלה (שעות)	סה"כ ייצור (מ"ק)	מספר אירועי חריגה מחוץ לתנאי התיקוף (ראה טבלה 9)	סה"כ נפח מים מחוץ לתנאי התיקוף (מ"ק)
סיכום				
סה"כ נפח מים חורג מתנאי התיקוף (A)	סה"כ נפח מים מיוצר (B)	אחוז מים חורגים מתנאי התיקוף $A/B*100$	המתקן עומד בדרישה של פחות מ-5% מנפח המים מחוץ לתנאי התיקוף כן/לא	
בדיקת גלאים (רבעונית)				
מספר הגלאים	האם הגלאים נבדקו ועברו אימות כיוול	מספר גלאים שנמצאו בטווח המותר	מספר גלאים שנכשלו בתהליך האימות	פעולות שננקטו עבור גלאים שנכשלו

נספח 9 תיקוף ריאקטור UV

9.1. תיקוף (ולידציה) - בחינת התאמת המערכת לייעודה

תיאוריה

יעילות החיטוי ב-UV מושפעת מגורמים רבים, לכן נדרש לבצע בדיקות תיקוף מקדימות (מבחני ולידציה) על מנת להבטיח את אמינות המערכת בשטח: קינטיקת הקטילה של challenge micro נקבעת במעבדה בניסויי ה-CBA. רצוי לבחור אורגניזם שאינו פתוגן (שדומה לפתוגן המטרה), ניתן לבידוד במעבדה ושרגישותו ביחס לפתוגן המטרה אופיינית וידועה. נכון להיום התקינה האמריקאית למי שתיה מתייחסת ליכולת קטילת הנגיף העמיד ביותר - אדנווירוס. MS2 - בקטריופגי עמיד למנות UV גבוהות - משמש במקרים רבים לתיקוף של ריאקטור UV עבור קטילת קריפטו וגיאורדיה. להדמיית הרחקת טפילי מעיים ניתן להשתמש גם בנגיפי T1 או T7 הרגישים במידה דומה לפתוגן המטרה. במבחני התיקוף האירופאים משתמשים בספורות של Bascillus Substilis כ- challenge micro. שינוי ערכי הבליעה של המים בתנאי הבדיקה נעשה באמצעות הוספת תמיסת קפה או ליגנין סולפונאט - תערובת נוזלית המשמשת להתאמת ה-UVT במים טבעיים, ומורידה את מידת בליעת ה-UV במינון מדוד וידוע.

מערכת הניסוי במבחני התיקוף בנויה כך שנתוני המערכת הנבדקת מוצהרים, ידועים וניתנים למדידה: מספר נורות, עוצמתן, המרחקים ביניהן, ספיקת המים ושקיפותם.

קשה לקבוע במדויק את מנת הקרינה המועברת לאורגניזם, ולכן נדרשת בדיקה בתנאי עבודה מבוקרים העוזרים לאמוד את חלוקת מנת ה-UV המוקרנת בתוך הריאקטור. הבדיקה מודדת את הקטילה במתקן בתנאי עבודה שונים שהיצרן קובע. לפיכך, אישור התיקוף מתייחס רק לתחום הפעלה נבדק. רב החברות מבקשות לבצע תיקוף בטווח תנאים רחב ככל האפשר מסיבות מסחריות.

כל התנאים שפורטו לעיל נלקחים בחשבון בביצוע התיקוף בתהליך הנקרא בידודזימטריה (biodosimetry):

שלב א:

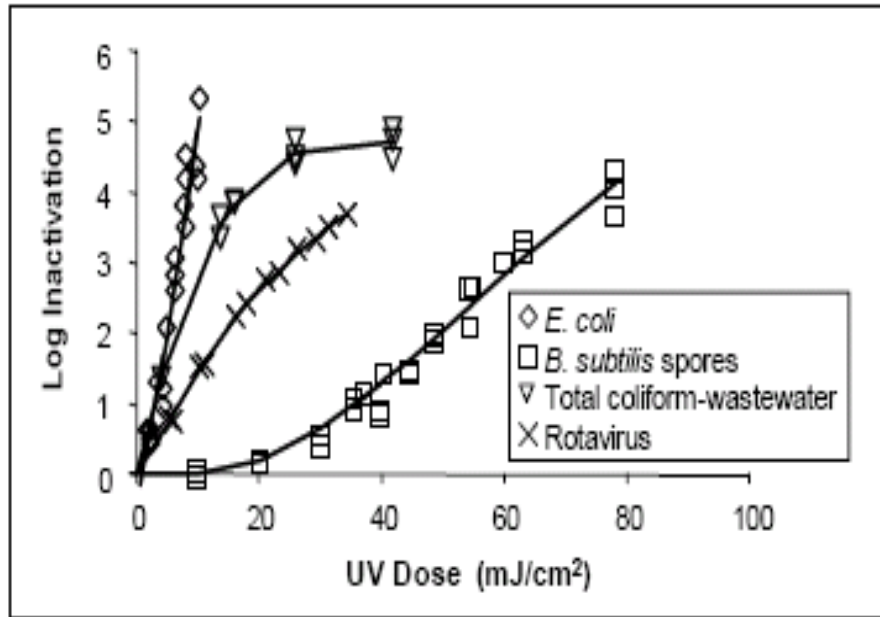
במעבדה מתבצעות בדיקות CBA הקובעות סד"ג של הרחקה, באמצעות הקרנה במנות UV שונות, של דגימות מים המכילות challenge micro בתנאים סטנדרטיים, ומודדות את רמתם לפני ואחרי החשיפה. בבדיקה מציבים נורה המקרינה על משטח הנמצא מתחת לנורה, במרחק מדוד וקבוע, עם עוצמת קרינה מדודה (UVI) וזמן מדוד. על המשטח מציבים צלחת פטרי ובה ה- challenge micro בריכוז ידוע, בגובה נוזל סטנדרטי, בשל העובדה שגם הנוזל הנושא בולע חלק מהקרינה. תוצאות בדיקות רבות משמשות ליצירת גרף של עוצמת קרינה מול קטילה, ובהתאם נעשה החישוב ללוג ההרחקה. לכל אורגניזם תתקבל עקומת מנה-תגובה שונה, ועי"פ ערכי המנה ביחס להפחתת סדרי הגודל המתקבלים, ניתן להכין עקומת מנה תגובה.

שלב ב:

במקביל באופן יזום ומדוד, מוחדר למים המוזרמים לריאקטור challenge micro שנבחר בשלב א. הקטילה נבדקת תוך שימוש במים בעלי עוצמות בליעה שונות (ערכי UVT משתנים). ערכי לוג האינאקטיבציה המתקבלים בשלב זה, מועלים על עקום מנה-תגובה משלב א (CBA), ומכאן נקבל ישירות את מנת הקרינה האקווילנטית בריאקטור (RED/REF) בתנאי ההפעלה השונים.

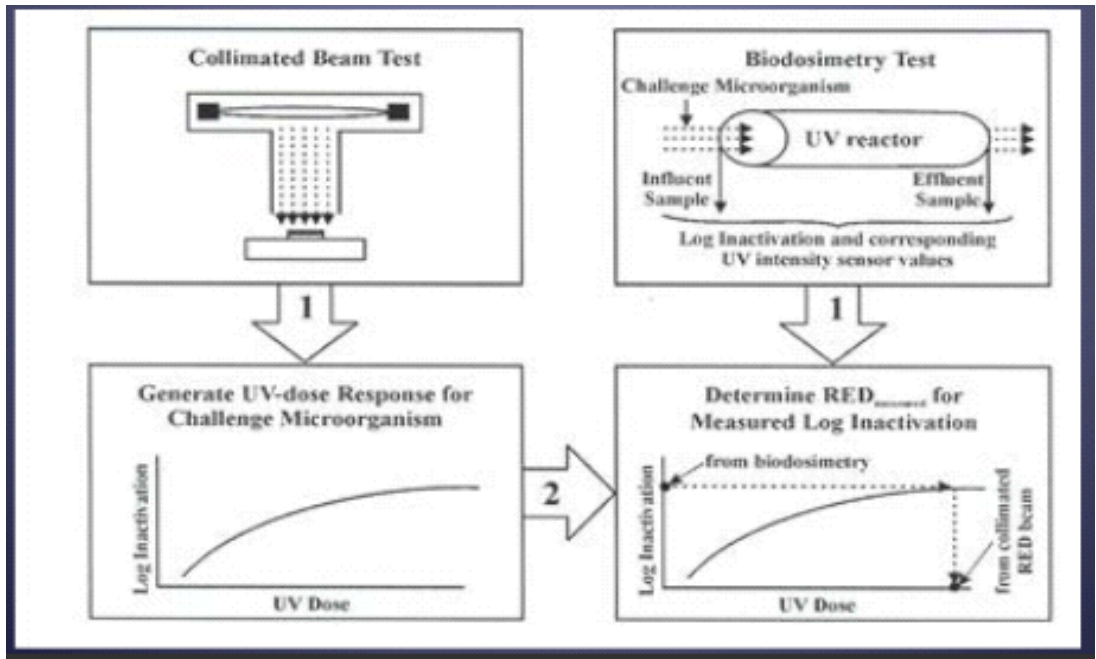
השלבים השונים מתוארים בתרשים 7 ו-8 לתוך (מתוך EPA - UV disinfection guidance manual - 2006 for the final LT2 enhanced SW treatment rule):

תרשים 7 עקומות אינאקטיבציה - מנה-תגובה - למיקרואורגניזמים שונים



Source: Adapted from Chang et al. (1985)

תרשים 8 השיטה הביודוזימטרית



9.2. גופי תיקוף ונהלי תיקוף בעולם

מבחני תיקוף צריכים להתבצע ע"י גוף מקצועי מוכר ובלתי תלוי. נכון למועד עדכון מסמך זה, הפרוטוקולים של התיקוף נמצאים בתהליכי שינוי ועדכון. במהלך תקופת הביניים כל התיקופים שנעשו בעבר ימשיכו להיות רלוונטיים לשנים הקרובות. במקביל אליהם ייכנסו לתוקף פרוטוקולי תיקוף חדשים, שיחייבו כל מתקן UV חדש.

טבלה 17 פרוטוקולי תיקוף- בין הישן לחדש

מדינות	פרוטוקול ישן (ובתוקף)	פרוטוקול תיקוף חדש (או בהכנה)	סוג נורות	שם המסמך
תקנים והנחיות				



שם המסמך	סוג נורות	פרוטוקול תיקוף חדש (או בהכנה)	פרוטוקול ישן (ובתוקף)	מדינות
UV Devices for disinfection of the water supply. Part 1 : Requirements for composition, function and operation		DVGW W 294-1 technical rule : לתכנון תפעול וניטור מערכות UV לחיטוי מי שתייה	DVGW W 294-1	אירופה *
	נורות MP	DIN 19294-2 בהכנה	DVGW W 294-2,3 (2006)	
Plants for the disinfection of water using UV radiation - Requirements and testing Part 2 : Medium pressure Mercury Lamp plants	נורות MP		ÖNORM M 5873-2: 2003 Pre standard	
Reference radiometers for medium pressure lamps	גלאים לנורות MP	DIN 19294-4 בהכנה		
Devices for the disinfection of water using ultraviolet radiation. Part 1: Devices equipped with UV low pressure lamps - Requirements and testing	נורות LP	DIN 19294-1: 2020 / ÖNORM M 5873-1: 2020		
Devices for the disinfection of water using ultraviolet radiation Part 3: Reference radiometers for devices equipped with UV low pressure lamps - Requirements and testing	גלאים לנורות LP	DIN 19294-3: 2020 / ÖNORM M 5873-3: 2020		
אין שינוי במסמכי ההנחיות		הנחיות EPA UVDGM 2006	הנחיות EPA UVDGM 2006	ארה"ב
מרכזי ולידציה				
הסמכה ע"פ :EN-ISO/IEC 17025 "דרישות כלליות לכשירות מעבדות בדיקה וכיול"		<ul style="list-style-type: none"> • TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Prüfstelle Wasser (גרמניה) • OFI Technologie & Innovation GmbH (Austria) • UV Team Austria 		באירופה
		בפורטלנד, אורגון Carollo Corporate Headquarters: 2700 Ygnacio Valley Road, Suite 300 Walnut Creek, CA 94598		בארה"ב
תוקף ולידציה				
התיקוף כולל את כל חלקי המתקן :		5 שנים עם אפשרות הארכה פעמיים לסה"כ 15 שנים	5 שנים עם אפשרות	באירופה

שם המסמך	סוג נורות	פרוטוקול תיקוף חדש (או בהכנה)	פרוטוקול ישן (ובתוקף)	מדינות
מנורות UV, מערכות אלקטרוניות, גלאים וכו'		חובת מבדק באתר היצור אחת לשנתיים.	הארכה פעמיים לסה"כ 15 שנים חובת מבדק באתר היצור אחת לשנתיים.	
		אין הגבלת תוקף לתהליך התיקוף. נדרש כי היחידה המותקנת תתאים באופן מלא ליחידה שעברה תיקוף. כל שינוי ברכיבים המורטבים המשפיעים על המנה המועברת ביותר מ 10% פוסלים את התיקוף ונדרש תיקוף חדש.		בארה"ב

*קיים תיאום בין התקנים הגרמנים והאוסטרים. התקנים מקובלים בגרמניה, אוסטריה, צרפת, שוויץ נורבגיה ושוודיה

טבלה 18 הבדלים בין פרוטוקול התיקוף האמריקאי לאירופי*

DIN/ONORM/DVGW "תיקוף אירופי"	USEPA (UVDGM) "אמריקאי"	סוג פרוטוקול
פרוטוקול מחייב	הנחיות	
UVI setpoint approach	מאפשר 2 שיטות בקרה על המנה: <ul style="list-style-type: none"> ▪ UVI setpoint approach ▪ Calculated Dose approach 	גישת בקרה
מנה מינימלית RED 40 mJ/cm ²	מנת הקרינה נקבעת ע"פ פתוגן המטרה וסדר הגודל להרחקתו	מנה מתוקפת
Bacillus Subtilis spores	MS2, T1, T7 Phage, אדנווירוס, אחר	Challenge Microorganism
אין התייחסות לקרדיט הרחקה***	בהתאם לפרוטוקול התיקוף	קרדיט הרחקה
בחינת הראקטור נעשית בהספק נמוך (מופחת בלפחות 30%) בכדי לדמות את סוף חיי הנורה	יעילות הנורות נמדדת במסגרת מבחני התיקוף, ונלקחת בחשבון בפקטור ההזדקנות	הזדקנות נורה
מאפשרים שימוש רק בגלאים מכוילים שאושרו במבחני התיקוף הגרמני	מאפשרים שימוש בגלאים מאושרים ע"י DVGW או ONORM	גלאים
USEPA כמו DVGW	תלוי בסוג הנורה, עוצמת הנורה ומספר הנורות	מספר גלאים
לא מאושר	אקסטרפולציה אינה מאושרת באינטרפולציה: אי הוודאות מחושב ונכלל בפקטור תיקוף	אינטרפולציה - אקסטרפולציה
ניתן לבצע את הבדיקה במתקני UV Team Austria / OFI /DVGW	מהנדס או גוף מדעי מקצועי בעל פרסומים בתחום חיסוי ב UV, ללא פניות ובלתי תלוי ביצרן, ואשר עובד ע"פ פרוטוקולי תיקוף מאושרים	מתקני בחינה של גוף שלישי

DIN/ONORM/DVGW "תיקוף אירופי" פרוטוקול מחייב	USEPA (UVDGM) "אמריקאי" הנחיות	סוג פרוטוקול התייחסות לפתוגן המטרה
התייחסות כללית למיקרואורגניזמים המצויים במים	קריפטוספורידיום, גיאורדיה ווירוסים	התייחסות לפתוגן המטרה
בדיקות ניסיוניות הקובעות את הספיקה, השקיפות (ssk) והעוצמה הדרושים לריאקטור עבור מנה מתוקפת של 40 mJ/cm^2	בדיקות ניסיוניות לקביעת תנאי התפעול בהם ריאקטור UV מספק את המנה הדרושה לקבלת לוג אינאקטיבציה של קריפטו, גיאורדיה ווירוסים כפי שנדרש בתקנות	תיקוף הריאקטור
אישור (Certification) של מערכת ה-UV שעברה תיקוף. יש להבדיל בין: Type Examination Certificate - אישור המעיד על עמידה במבחני התיקוף - Validation Report - דו"ח מקיף של מבחני התיקוף, שכולל טבלאות, גרפים וחישובים	דו"ח מפורט המוכיח כי פעלו לפי פרוטוקול EPA	תוצאה של הליך התיקוף
תוקף תעודת התיקוף ל-5 שנים. אחת לשנתיים לפחות ייערך אצל יצרן ציוד ה-UV מבחן ביקורת ע"י ה-DVGW, בכדי לבחון את המוצר בתהליך הייצור ולהשוותו למבחני התיקוף האחרונים שבוצעו.	אין	מעקב תקופתי**

* בשונה מהולידציה הגרמנית/אוסטרית הדורשת מנה מתוקפת מינימלית של 40 mJ/cm^2 , בתקינה האמריקאית מנת הקרינה נקבעת ע"פ פתוגן המטרה וסדר הגודל להרחקתו. יש לעמוד בתנאי התיקוף, הלוקחים בחשבון בין השאר את טווח UVI, UVT, טווח הספיקות ופקטור הוולידציה בחישוב המנה המתוקפת. עם זאת יש לשים לב שהאמריקאים נותנים למתקנים שעברו ולידציה גרמנית או אוסטרית עם מנה של 40 mJ/cm^2 , קרדיט הרחקה של 3 לוג קריפטוספורידיום וגיאורדיה, אך אין קרדיט להרחקת וירוסים.

** בישראל למתקנים בעלי תיקוף מוגבל בזמן יוצג תיעוד דו"חות בדיקות תקופתיות אצל היצרן.

*** בישראל למתקנים שעברו ולידציה אירופית (עם מנה של 40 mJ/cm^2) יינתן קרדיט הרחקה של 3 קריפטוספורידיום וגיאורדיה כפי שנהוג בארה"ב, ללא קרדיט להרחקת וירוסים.



9.3. פרמטרים שיוצגו בדוח מבחן התיקוף שיועבר למשרד הבריאות

טבלה 19 פרמטרים שיוצגו בדו"ח מבחן התיקוף שיועבר לרשות הבריאות

תנאים	דרישה
<ul style="list-style-type: none"> יש לציין את הגוף שאישר את פרוטוקול התיקוף: אמריקאי/גרמני/אוסטרי. מבחני תיקוף יכולים להתבצע באתר הנבחר כל עוד הם מתבצעים באמצעות גוף שלישי וע"פ פרוטוקולי תיקוף המופיעים בטבלה 17. 	פרוטוקול התיקוף
<ul style="list-style-type: none"> UVI Setpoint Approach - בקרה רציפה של עוצמת הקרינה. Calculated Dose Approach - בקרה על פי חישוב מנת הקרינה. 	גישת הבקרה
<ul style="list-style-type: none"> טווח UVT. טווח ספיקות. Lamp power. טבלת validation factor VF (פקטור התיקוף). טבלת ערכי REDcalc (Dval) שהתקבלו מתוך ה Dose algorithm. 	עבור Calculated Dose Approach
<ul style="list-style-type: none"> ספיקה מקסימלית. עוצמת נורה (UVI) מינימלית. תחום הפעלה Operating range הנקבע באמצעות UVI מינימלי וספיקה מקסימלית ויוצג באמצעות משוואה טבלה וגרף. נועד למטרות הפעלה תחום התאמה למים באיכויות שונות Suitability range הנקבע באמצעות UVT וספיקה ויוצג באמצעות משוואה טבלה וגרף. נועד למטרות תכנון. גרף קורלציה בין עוצמה ו UVT. 	עבור UVI Setpoint *Approach

*יש להציג validation report ולא Type Examination Certificate

נספח 10 טבלת סעיפים בהנחיות ייחודיים למי שתיה

טבלה 20 סעיפים בהנחיות ייחודיים למי שתיה

סעיף	מהות הסעיף במי שתיה
1.7.11	הגדרה לספק מים
1.7.15	הגדרה לתקופת הפעלה ראשונה
2.2.6	מרחק נדרש מצרכן מים
2.3.2	השתלבות במערכת שתיה אזורית
3.8	תקופת הפעלה ראשונה ושגרה
4.4	מערכת אספקת מים קטנה
נספח 8	תיעוד תנאי הפעלה חודשית במתקן