

מבוא

עד תחילת המאה ה-20, מחלות מעיים שנגרמו כתוצאה משתיית מים מזוהמים, היו נפוצות ביותר. ברב המקרים, מדובר במים ממקור עילי- מים במאגר או אגם פתוח לאוויר. הזיהומים במים אלה נגרמים לרוב מהסטט מי ביוב אל המאגר וכמו כן משטיפת צואת בעלי חיים מגדות הנחלים הנשפכים אליו. בתחילת מאה זו, החל השימוש בכלור כמחטא מי שתייה ממקורות עיליים ובעקבות כך השתפרה איכות חייהם של מיליוני אנשים לבלי הכר. הכלור הינו מחמצן חזק מאוד, שעלותו ועלות התפעול שלו נמוכות בצורה משמעותית ביחס לרוב המחטאים האחרים. ככל שהלך וגבר השימוש בכלור כמחמצן, המחקר של השפעתו על המים והחומרים המומסים בהם הלכה וגברה גם היא (הלר-גרוסמן ורבהון, 1999 ; לירן, 1999).

על פי הלר-גרוסמן ורבהון (1999), בשנת 1974, חוקר בשם Rook גילה שבמי שתייה עיליים מוכלרים מצויים טריהלומתנים- סדרה של חומרים אורגניים מומסים במים המגיבים עם כלור ליצירת תרכובת חדשה. טריהלומתנים נחשדים כמוטגנים וקרצינוגנים, והינם תרכובות מסוימות מתוך מגוון רב של תרכובות, הדומות באופי היווצרותן והמכונות תוצרי לוואי לחיטוי (Disinfection By Products), או בקיצור DBP's. מחקרים מראים כי למעשה כל חומרי החיטוי המבוססים על כלור ונגזרותיו השונות (כלור אמין, כלור דיאוקסיד וכדומה) וכמו כן אוזון, מיצרים DBP .

בעבודה זו יוצג בשלב ראשון רקע לנושא טריהלומתנים והסיבות והתנאים ליצירתם לאחר תהליכי החיטוי ומהם הפרמטרים המרכזיים המשפיעים על ריכוזם במים. לאחר מכן ייסקרו בקצרה השיטות המרכזיות והחומרים המרכזיים הקיימים כיום לחיטוי מי שתייה ממקור עילי כולל היתרונות והחסרונות המרכזיים של כל אחד מחומרי/שיטות החיטוי. בחלקה הבא של העבודה תינתן סקירה של השיטות הקיימות לסילוק טריהלומתנים תוך הפרדה בין שיטות מניעה (לפני ובמהלך החיטוי) ושיטות סילוק (לאחר היווצרות הטריהלומתנים). לאחר מכן נתמקד בשיטה ההולכת ותופשת מקום במשק המים ומטפלת בטריהלומתנים בתהליכי כחוש ונידוף תוך הצגת סוגי המערכות המרכזיות בתחום לבסוף יוצג יישומה ההדרגתי של שיטת נידוף הטריהלומתאנים במספר בריכות קצה באחזקת חברת מקורות ברחבי הארץ.

טריהלומתנים - רקע

טריהלומתנים (Tri Halo Methane – THM), הם קבוצת חומרים הלואורגניים (כלור-אורגניים/ברומו אורגניים) העלולים להיווצר במים כתוצרי לוואי של תהליכי חיטוי שונים. חומרים אלו מתאפיינים במולקולות מתן כאשר אטומי המימן הקשורים לאטום הפחמן מותמרים בהלוגנים כגון כלור או ברום. הם ייוצרו כתוצרי לוואי של חיטוי מים (כלורינציה \ ברומינציה) המכילים חומר אורגני מומס. לכן הם ימצאו בדרך כלל בריכוזים גבוהים יותר במים עיליים שעברו תהליך חיטוי מאשר במי תהום שעברו חיטוי (מים עיליים מכילים ברוב המקרים יותר חומר אורגני מאשר מי תהום).

בריכוזים גבוהים, כל החומרים בקבוצת הטריהלומתנים חשודים בגרימת נזק לכבד ולכליות וכן למערכת העצבים המרכזיים ובנוסף נחשבים לחומרי בעלי הגברת הסיכון לסוגים שונים של סרטן. במחקרים נוספים שבוצעו בשנים האחרונות, נמצא גם קשר בין החשיפה לריכוזי טריהלומתנים גבוהים לבין בעיות כגון פוריות, הפלות ואף מומים מולדים בתינוקות. החומרים המרכזיים בקבוצה זאת הינם (Hua, 2015):

ברומופורם (טרי-ברומו-מתאן) - משקל מולקולארי 252.7, נקודת רתיחה 149 מעלות צלסיוס. בריכוזים גבוהים גורם נזק לכבד ולכליות.

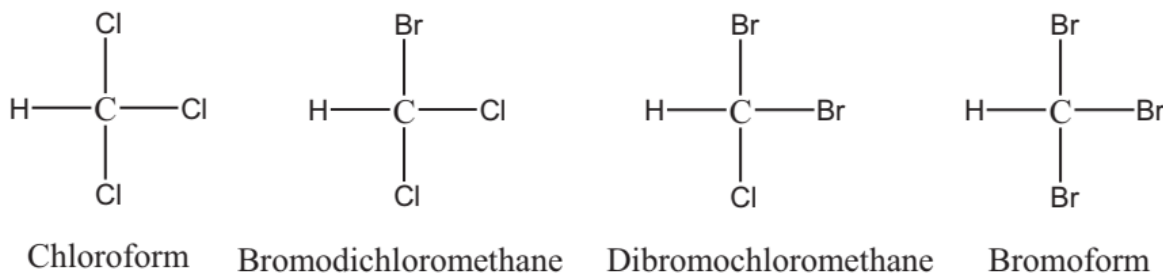
כלור-די-ברומו-מתאן - משקל מולקולארי 208.3, טמפרטורת רתיחה 117 מעלות צלסיוס. בריכוזים גבוהים גורם נזק לכבד ולכליות וחשוד כגורם סרטן.

ברומו-דיכלורו-מתאן - משקל מולקולארי 163.8, טמפרטורת רתיחה 90 מעלות צלסיוס.

כלורופורם (טרי-כלור-מתאן) - משקל מולקולארי 119.4, טמפרטורת רתיחה 62 מעלות צלסיוס. גורם נזק למערכת העצבים. מתפקד כחומר הרדמה חזק. עלול להשפיע על תפקוד כבד וכליות

באיור מס. 1 מוצגות הנוסחאות המולקולריות של הטריהלומתנים השונים

איור מס. 1 - מבנה מולקולארי של טריהלומתנים



מקור: Hua, G., & Yeats, S. (2010). Control of trihalomethanes in wastewater treatment

התקן הישראלי לחומרים אלו במי השתייה מוגדר כ 100 חל"ב (חלקים למיליארד) (עבור 90% מהדגימות). הריכוז המרבי המותר למשך שבועיים רצופים הינו לכל היותר 150 חל"ב. תקן זה תאם את התקן האמריקאי בנושא שנקבע בשנת 1998. בשנת 2006 משרד הגנת הסביבה האמריקאי, הוריד את התקן המותר ל 80 חל"ב לאור גילוי סיכונים בריאותיים נוספים בחשיפה ממושכת לחומרים אלו ולאור פיתוחן של טכנולוגיות יעילות ושימויות בתחום. כמו כן נקבע כי התקן מחייב לא רק עבור דגימות בדידות אלא ממוצע דגימות לאורך זמן נתון לאורך כל מערך האספקה (Smith, 2015), (Michaud, 2013).