



الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الموائع

عنوان الرسالة:

# الاختيار الأمثل لمنظومة حقن هيبوكلوريت الصوديوم في محطات ضخ مياه الشرب.

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في هندسة ميكانيك الموائع

إعداد:

م. هبة محمد زياد شخاشيرو

إشراف:

علي خلوف، أستاذ دكتور مهندس، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

العام الدراسي

2022-2021



الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الموائع

### إقرار لجنة الحكم

دققت هذه الرسالة، عنوان الرسالة:

" الاختيار الأمثل لمنظومة حقن هيبوكلوريت الصوديوم في محطات ضخ مياه الشرب "

**" The Optimal Selection for Sodium Hypochlorite Injection System in Drinking Water Pumping Stations"**

وأجيزت يوم الأربعاء الواقع في 25 / 5 / 2022 من قبل السادة أعضاء لجنة الحكم التالية أسماؤهم:

| الاسم         | المرتبة العلمية             | الصفة<br>عضواً أو مشرفاً | التوقيع |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|---------|
| علي خلوف      | أستاذ دكتور مهندس           | مشرف                     |         |
| حمزة مكارم    | أستاذ مساعد، دكتور<br>مهندس | عضو                      |         |
| سليمان الأعوج | مدرس دكتور مهندس            | عضو                      |         |

أجريت التعديلات، وأصبحت الرسالة صالحة لمنح درجة الماجستير في هندسة ميكانيك الموائع

أنا الموقع أدناه أصرح بعلمي الكامل وقبولي:

1. أن كل ما ينتج عن البحث والرسالة هو ملكية فكرية ومالية بالتشارك مع جامعة دمشق، وأنني ألتزم بأخذ موافقة الجامعة في حال رغبتني بنشر البحث أو جزء منه نصاً أو مضموناً خارج إطار الجامعة (من دور نشر أو مكنتبات أو مواقع الكترونية وغيرها من وسائل النشر).
2. أنه لا يوجد أي جزء من هذه الرسالة تم اقتباسه من عمل علمي آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أية جامعة أو معهد تعليمي داخل أو خارج الجمهورية العربية السورية.

الاسم والتوقيع

م. هبة محمد زياد شخاشيرو

---

## شكرا وتقدير

"رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ

فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ"

لَكَ الْحَمْدُ حَمْدًا نَسْتَلْذُ بِهِ ذِكْرًا      وَإِنْ كُنْتُ لَا أَحْصِي ثَنَاءً وَلَا شُكْرًا

لَكَ الْحَمْدُ حَمْدًا طَيِّبًا يَمَلَأُ السَّمَاءَ      وَأَقْطَارَهَا وَالْأَرْضَ وَالْبَرَّ وَالْبَحْرَ

أَهْدِيكَ يَا إِلَهِي عَمَلِي خَالصًا لَوْجْهِكَ الْكَرِيمِ عَسَى أَنْ تَمَنَّ عَلَيَّ بِجُودِكَ وَكَرَمِكَ وَتَقْبَلَهُ مِنِّي . . . . .

إِلَى مُعَلِّمِي الْأَوَّلِ . .

إِلَى طَبِيبِ الرُّوحِ وَكُلِّ الْمُنَى إِلَى مَنْ كَانَتْ رُوحِي وَأَبِي وَأُمِّي لَهُ فِدَا . . .

حَبِيبِي وَشَفِيعِي مُحَمَّدٌ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ

مَنْ أَعْطَوْنِي مِنْ وَقْتِهِمْ وَعِلْمِهِمْ . . . وَأَضَافُوا شَذَا وَعَبِيرَ عَطَرِ عِلْمِهِمْ إِلَى بَرَاعِمِ الْعَمَلِ . . . لِتَنْفُتِحَ زَهْرًا فَوَاحَةً مَمْرُوجَةً

بِعِلْمٍ مُتَكَامِلٍ وَقِيَمٍ . .

كُلُّ الشُّكْرِ وَالتَّقْدِيرِ وَالاحْتِرَامِ إِلَى د . حمزة مكارم وال د . سليمان الأعوج . . . . .

أستاذي في المرحلة الثانية من الجامعة . . وأستاذي في السنة الأولى من الدراسات العليا . . مشرفي العلمي . . محكم

رسالتي . . يا من تعلمت منه الصبر والحكمة قبل أن أنهل منه العلم والمعرفة . . من كان لي أباً قبل أن يكون مشرفاً . .

من شد أزري وأخذ بيدي لأقف على قدمي وأقوى علمياً . . من كان دعماً وسانداً بكل ما أعطاه الله من قوة . .

من تحمل مني اليأس والأمل . . الكسل والجدة . . البكاء والضحك . . التحطم والإصرار . . على مدار سنتين

كلمات الشكر والامتنان لن تفيك حقك ولن تصف عطائك اللامتناهي . . .

جزاك الله عني خير الجزاء

**الدكتور علي خلوف . .**

أدري بأنك مذ ولدت وأنت يغمرك التعب . . أدري بأنك لست تظهره حتى وإن ظهر الغضب . .

والله لو وقع الغبار على قميصك لانشئ قلبي عليك واضطرب . . ما زلت أمشي خلف خطوك واثقةً إنني حظيت بخير

أب . . . إليك والدي . . سندي ووعزي وأماني . .

**والدي محمد زياد**

إلى سيدة النساء . . إلى مهجة الروح وضياء البصر . .

والله ما خططت حرفاً إلا وكان بفضل الله وفضل دعائك . .

حبيبة الروح . . لو سجدت شكراً لكونك أُمي لمضى عمري وأنا ساجدة . . .

### والدتي

إلى من لم يصلني بها حبلٌ سري . . بل وصلني بها حبلٌ من حبال الله . . .

### جدتي

عندي لأجل فراقكم آلام . . . فعلامُ أعذل فيكم وآلامُ

من كان مثلي للحبيب مفارقاً . . . لا تعذلوه فالكلام كلامُ

فقيدي الذي ما فارقتي يوماً . . . إلى شقيق الروح وغصة العمر . . .

### أخي محمود

مرساتي في اضطراب أيامي . . . ملجأئي وسندي وعزي . . .

### أخي محمد

بهجة الأيام وجمالها . . . ضحكة الروح التي أدعو الله ألا يحرمني منها . . .

### أخي أحمد

إلى خلية روعي وقلبي . . . من كانت مؤنسة دربي بكلماتها . . .

باسمة

من قال بهم الله تعالى . . . وسنشد عضدك بأخيك . . .

إلى من تتجلى حنية الكون بوسعها في قلبهم . . . وقلوبهم ينبض بالحب والخير لكل من حولهم . . .

براءة، صبا، ليلي شويكاني، ليلي المؤذن . . .

نعمة الله . . . من كانوا معي بجزني قبل فرحي . . . وبألمي قبل ارتياحي . . . ونفشلي قبل نجاحي . . . من عشت معهم

تفاصيل الحياة كلها مجلوها ومرها . . . من كانوا لي عائلة وليس مدراء وشركاء عمل . . . من شدوا أزرني وكانوا لي عوناً

وسنداً . . .

لؤي كنعان . . . عبد الكريم الشايطة . . .

زملائي في شركة الطاقة الخضراء

إلى من كان له فضل عليّ . . . إلى من آزرني وشد عضدي . . . إلى من بث في الأمل . . .

أصدقائي

---

## فهرس المحتويات

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 10 | قائمة المصطلحات والاختصارات: |
| 14 | المستخلص:                    |
| 14 | الكلمات المفتاحية:           |
| 15 | الإطار العام للبحث           |
| 15 | مقدمة عامة:                  |
| 16 | مشكلة البحث:                 |
| 16 | هدف البحث:                   |
| 16 | أهمية البحث:                 |
| 16 | مسوغات البحث (مبررات):       |
| 16 | محدوديات البحث:              |
| 16 | تساؤلات البحث:               |
| 17 | فرضيات البحث:                |
| 17 | منهج البحث:                  |
| 18 | محتويات الرسالة:             |
| 19 | الفصل الأول                  |

## 19 \_\_\_\_\_ الدراسات المرجعية

20 \_\_\_\_\_ [1.1](#) الدراسة المرجعية الأولى

20 \_\_\_\_\_ [1.2](#) الدراسة المرجعية الثانية

21 \_\_\_\_\_ [1.3](#) الدراسة المرجعية الثالثة

23 \_\_\_\_\_ [1.4](#) الدراسة المرجعية الرابعة

25 \_\_\_\_\_ [1.5](#) الدراسة المرجعية الخامسة

27 \_\_\_\_\_ [1.6](#) خلاصة الدراسات المرجعية:

## 28 \_\_\_\_\_ الفصل الثاني

28 \_\_\_\_\_ الأساس الكيميائي لإدارة منظومة التعقيم بوساطة هيبوكلوريت الصوديوم

29 \_\_\_\_\_ 2.1. تمهيد:

29 \_\_\_\_\_ 2.2. طرق تعقيم المياه:

33 \_\_\_\_\_ 1.3. هيبوكلوريت الصوديوم:

33 \_\_\_\_\_ 1.3.1. تحضير هيبوكلوريت الصوديوم

33 \_\_\_\_\_ 1.3.2. آلية تعقيم هيبوكلوريت الصوديوم للمياه:

38 \_\_\_\_\_ 1.4. الخلاصة:

## 39 \_\_\_\_\_ الفصل الثالث

39 \_\_\_\_\_ الدراسة النظرية للمنظومة المقترحة

40 3.1. تمهيد:

41 3.2. غزارة هيبوكلوريت الصوديوم المطلوبة للحصول على عقامة تامة للمياه:

41 3.3. الغزارة التصميمية، تصريف وسرعة مضخة الحقن:

42 3.4. حجم خزان التحضير:

43 3.5. حجم المغذي الجاف:

43 3.6. غزارة المضخة وضاعطها وأنبوب النقل الخاص بها واستطاعة محركها:

47 3.7. حساب أقطار شبكة النقل:

47 3.8. أبعاد حوض الترسيب:

48 3.9. دراسة تأثير المطرقة المائية:

49 3.9.1. صمامات تنفيس الضغط

49 3.9.2. طريقة الدراسة:

51 3.10. الخلاصة:

52 الفصل الرابع

52 الدراسة التطبيقية والتصميمية والهيدروليكية لمحطة التعقيم المقترحة

53 4.1. تمهيد:

54 4.2.1. المغذي الجاف (Dry feeders unit):

55 4.2.2. مقياس التراسونيك لتحديد ارتفاع المياه داخل الخزانات:

56 4.2.3. مواصفات خزان الخلط التحضيري والتجميعي:

- 57 \_\_\_\_\_ 4.2.4. خلاط كهربائي:
- 58 \_\_\_\_\_ 4.2.5. مضخة نقل:
- 58 \_\_\_\_\_ 4.2.6. شبكة نقل:
- 59 4.2.7. مضخات حقن المواد الكيماوية:
- 60 \_\_\_\_\_ 4.2.8. حوض الترسيب:
- 61 \_\_\_\_\_ 4.3.1. غزارة المياه المراد تعقيمها:
- 62 \_\_\_\_\_ 4.3.2. الجرعة التصميمية المطلوبة:
- 62 \_\_\_\_\_ 4.3.3. الكمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم للحصول على عقامة تامة للمياه لخط تحضير واحد:
- 63 \_\_\_\_\_ 4.3.4. الغزارة التصميمية، تصريف وسرعة مضخة الحقن لخط تحضير واحد:
- 64 \_\_\_\_\_ 4.3.5. أبعاد خزان التحضير:
- 65 \_\_\_\_\_ 4.3.6. حجم المغذي الجاف:
- 66 \_\_\_\_\_ 4.3.7. استطاعة الخلاط وأبعاده:
- 68 \_\_\_\_\_ 4.3.8. غزارة المضخة الغاطسة وضغطها وأنبوب النقل الخاص بها واستطاعة محركها:
- 69 \_\_\_\_\_ 4.3.9. حساب القطر بالطريقة الاقتصادية لخطوط الضخ:
- 72 \_\_\_\_\_ 4.3.10. حساب استطاعة المضخة ومحركها الكهربائي:
- 72 \_\_\_\_\_ 4.3.11. حساب أقطار شبكة النقل
- 72 \_\_\_\_\_ 4.3.11.1. أنبوب التفريغ الخاص بالخزان (أستخدم قطر أنبوب التفريغ نفسه للخزانات ال 6):
- 72 \_\_\_\_\_ 4.3.11.2. مجمع التفريغ الخاص بكل خزاني تجميع (أستخدمنا قطر التفريغ نفسه للثلاث مجموعات):
- 73 \_\_\_\_\_ 4.3.12. أبعاد حوض الترسيب:
- 74 \_\_\_\_\_ 4.3.13. دراسة تأثير المطرقة المائية:

4.3.13.1. تأثير المطرقة المائية في أنبوب الضخ اللازم للمضخة من خزان التحضير إلى خزان التجميع (قطر

74 الأنبوب 63 mm)، وبالمثل في أنبوب التفريغ الخاص بالخزان، (قطر الأنبوب 63 mm): \_\_\_\_\_

75 4.3.13.2. تأثير المطرقة المائية في مجمع التفريغ الخاص لكل خزاني تجميع، قطر الأنبوب 75 mm: \_\_\_\_\_

78 الفصل الخامس \_\_\_\_\_

78 دراسة وثوقية عمل المنظومة \_\_\_\_\_

79 5.1. تمهيد: \_\_\_\_\_

79 5.2. تجربة تحضير هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع: \_\_\_\_\_

83 5.3. تجربة تعقيم المياه في محطة ضخ وادي مروان ومحطة ضخ نبع بردي ومحطة ضخ منظومة النبع: \_\_\_\_\_

88 5.4. تجربة دراسة تأثير المُعقم في البارامترات الأساسية للماء المُعقم خلال فترة زمنية مقدارها 30minute: \_\_\_\_\_

91 5.5. الخاتمة: \_\_\_\_\_

92 الفصل السادس \_\_\_\_\_

92 الجدوى الاقتصادية للمنظومة المدروسة \_\_\_\_\_

93 6.1. الجدوى الاقتصادية لمنظومة ضاحية قدسيا: \_\_\_\_\_

93 6.1.1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة: \_\_\_\_\_

94 6.1.2. المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة: \_\_\_\_\_

95 6.1.3. تكلفة إنشاء المنظومة: \_\_\_\_\_

96 6.1.4. الكلفة الاستثمارية للمحطة: \_\_\_\_\_

98 6.2. الجدوى الاقتصادية لمنظومة تعقيم المياه بواسطة الأوزون: \_\_\_\_\_

98 6.2.1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة: \_\_\_\_\_

98 6.2.2. تكلفة إنشاء المحطة: \_\_\_\_\_

98 6.2.3. الكلفة الاستثمارية: \_\_\_\_\_

101 الفصل السابع \_\_\_\_\_

101 النتائج والمناقشة والتوصيات \_\_\_\_\_

102 7.1. مناقشة النتائج: \_\_\_\_\_

102 7.1.1. العكارة: \_\_\_\_\_

102 7.1.2. الرقم الهيدروجيني: \_\_\_\_\_

103 7.1.3. درجة الحرارة: \_\_\_\_\_

104 7.2. المناقشة والنتائج: \_\_\_\_\_

106 المقترحات والتوصيات: \_\_\_\_\_

107 المراجع: \_\_\_\_\_

الملحق 1 : مواصفات خزان الخلط التحضيرى والتجميعى

الملحق 2: مواصفات الخلط الكهربائي

الملحق 3: مواصفات مضخة النقل

الملحق 4: مواصفات مضخة الحقن

الملحق 5: مواصفات أنابيب البولي إيثيلين

الملحق 6: مواصفات جهاز الأوزون

109 Abstract \_\_\_\_\_

## فهرس الجداول

- الجدول (2-1) إيجابيات وسلبيات المواد الكيميائية المستعملة عالمياً في تطهير المياه (EPA, 2011) \_\_\_\_\_ 29
- الجدول (2-2) الجوانب الحيوية الجرثومية الممرضة أو غير الممرضة والتي تؤثر على صلاحية المياه للشرب (المرجع السوري للمواصفات القياسية رقم 2007/45 لمياه الشرب) \_\_\_\_\_ 36
- الجدول (2-3) الجوانب الكيميائية والفيزيائية لمياه الشرب التي لا يجب تلوث المياه بها (المرجع السوري للمواصفات القياسية رقم 2007/45 لمياه الشرب) \_\_\_\_\_ 37
- الجدول (4-1) البارامترات الأساسية لتصميم المنظومة \_\_\_\_\_ 62
- الجدول (4-2) مواصفات أجزاء المنظومة كاملة \_\_\_\_\_ 77
- الجدول (5-1) مواصفات هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم في تجربة التعقيم \_\_\_\_\_ 79
- الجدول (5-2) نتائج تجربة التحضير لعينتين تم تمثيلهما بالعينة الأولى والعينة الثانية: \_\_\_\_\_ 80
- الجدول (5-3) نتائج العينات الثلاث قبل وبعد التعقيم لهيبوكلوريت الصوديوم \_\_\_\_\_ 84
- الجدول (5-4) تأثير المُعقم على عكارة الماء المُعقم خلال فترة زمنية مقدارها 30minute \_\_\_\_\_ 88
- الجدول (5-5) نتائج تغير قيم ال pH خلال 30 دقيقة من بدء التعقيم \_\_\_\_\_ 89
- الجدول (5-6) سلوك درجة الحرارة في أثناء التعقيم \_\_\_\_\_ 90
- الجدول (6-1) المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة \_\_\_\_\_ 94
- الجدول (6-2) تكلفة المحطة \_\_\_\_\_ 95
- الجدول (6-3) تكون الكلفة الاستثمارية لمنظومة ضاحية قدسيا \_\_\_\_\_ 97
- الجدول (6-4) الكلفة الإجمالية لمنظومة ضاحية قدسيا \_\_\_\_\_ 97
- الجدول (6-5) تكلفة إنشاء محطة التعقيم بالأوزون \_\_\_\_\_ 98
- الجدول (6-6) التكلفة الاستثمارية لمحطة توليد الأوزون \_\_\_\_\_ 99
- الجدول (6-7) الكلفة الكلية لمحطة توليد الأوزون \_\_\_\_\_ 100
- الجدول (7-1) مقارنة خصائص منظومة هيبوكلوريت الصوديوم مع منظومة تصنيع الكلور عن طريق الديليزة الكهربائية \_ 105

## فهرس الأشكال:

- الشكل (1-1) مقارنة بين قدرة التعقيم عند استخدام أكثر من معقم (Guo, L. *et al.*, 2020) 22
- الشكل (1-2) قدرة هيبوكلوريت الصوديوم في القضاء على *B.cereus* باستخدام تركيزات مختلفة (Zeng *et al.*, 2020) 24
- الشكل (1-3) دارة توليد هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع عن طريق التشريد الكهربائي (Casson, I. Bess, J.W. 2006) 26
- الشكل (4-1) توضع المغذي بالنسبة للمنظومة 53
- الشكل (4-2) المغذي الجاف في المنظومة 54
- الشكل (4-3) مقياس الالتراسونيك (Hauptmann, L.W, 2002) 55
- الشكل (4-4) مسقط أفقي لخزان الخلط 56
- الشكل (4-5) مسقط أمامي لخزان الخلط 56
- الشكل (4-6) أجزاء الخلاط الكهربائي الأساسية 57
- الشكل (4-7) مضخة غاطسة 58
- الشكل (4-8) الأجزاء التفصيلية لمضخة الحقن 59
- الشكل (4-9) مخطط رمزي للمنظومة المقترحة 61
- الشكل (4-10) التثبيت الرأسي للخلاط ضمن خزان التحضير 67
- الشكل (4-11) أنبوب الضخ لمضخة النقل 69
- الشكل (4-12) المنحني المميز للشبكة والمنحني المميز للمضخة ونقطة العمل لمضخة 71
- الشكل (4-13) أنبوب التفريغ الخاص بخزان في محطة ضاحية قدسيا 75
- الشكل (4-14) مجمع خزانات الترسيب في محطة ضاحية قدسيا 76
- الشكل (5-1) تغير الرقم الهيدروجيني مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم في أثناء التحضير 81
- الشكل (5-2) تغير درجة الحرارة مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم أثناء التحضير 81
- الشكل (5-3) تغير العكارة مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم أثناء التحضير 82

- 85 الشكل (5-4) مقارنة قيم العكارة قبل وبعد التعقيم
- 86 الشكل (5-5) مقارنة قيم ال PH قبل وبعد التعقيم
- 87 الشكل (5-6) مقارنة قيم درجة الحرارة قبل وبعد التعقيم
- 89 الشكل (5-7) تغير قيم العكارة بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة
- 90 الشكل (5-8) تغير قيم الرقم الهيدروجيني بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة
- 91 الشكل (5-9) تغير قيم درجة الحرارة بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة
- 102 الشكل (7-1) مقارنة نتائج عكارة العينات مع المواصفات القياسية السورية
- 103 الشكل (7-2) مقارنة نتائج PH العينات مع المواصفات القياسية السورية

## قائمة المصطلحات والاختصارات:

| الرمز                         | الواحدة                      | التعريف                                                                                                                         |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NaClO                         | -                            | هيبوكلوريت الصوديوم                                                                                                             |
| Ca(OCl) <sub>2</sub>          | -                            | هيبوكلوريت الكالسيوم                                                                                                            |
| THMs                          | -                            | الهيدروكربونات الكلورية                                                                                                         |
| EPANET                        | -                            | حزمة برمجيات منمذجة لنظام توزيع المياه، طورها قسم إمدادات المياه والموارد المائية بوكالة حماية البيئة الأمريكية                 |
| US                            | -                            | الموجات فوق الصوتية                                                                                                             |
| E. coli                       | -                            | الإشريكية القولونية                                                                                                             |
| UV                            | -                            | الأشعة فوق البنفسجية                                                                                                            |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | -                            | بيروكسيد الهيدروجين                                                                                                             |
| Peroxy monosulfate            | -                            | فوق أكسيد أحادي كبريتات البوتاسيوم                                                                                              |
| PMS                           | -                            | ملح ثلاثي لأحادي كبريتات البوتاسيوم 2KHSO <sub>5</sub> . KHSO <sub>4</sub> . K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                     |
| B.cereus                      | -                            | Bacillus cereus هي بكتيريا موجبة الجرام ، على شكل عصيات، لاهوائية، متحركة، مكونة للأبواغ توجد عادة في أماكن مختلقة منها التربة. |
| $Q_{NaClO}$                   | $\left(\frac{m^3}{h}\right)$ | غزارة هيبوكلوريت الصوديوم اللازم إنتاجها خلال ساعة                                                                              |
| $a$                           | $\left(\frac{mg}{l}\right)$  | الجرعة التصميمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم لتعقيم المياه الخام                                                            |
| $B$                           | $\left(\frac{m^3}{h}\right)$ | غزارة المياه الخام المراد تعقيمها                                                                                               |
| NaOH Dosage (PPM needed)      | (ppm)                        | جرعة هيدروكسيد الصوديوم اللازم إضافتها لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم                                                               |
| $Q_1$                         | (L/h)                        | حجم الاستهلاك الساعي ل NaOH                                                                                                     |
| $C$                           | -                            | تركيز NaOH                                                                                                                      |
| $x$                           | بلا واحدة                    | الكثافة النوعية لمادة NaOH                                                                                                      |
| $V_{NaClO}$                   | (m <sup>3</sup> )            | حجم هيبوكلوريت الصوديوم في حزان الترسيب                                                                                         |

|                                                               |                       |                        |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| غزارة مضخة حقن هيدروكسيد الصوديوم المطبقة                     | (L/h)                 | $Q_{NaOH}$             |
| سرعة مضخة حقن هيدروكسيد الصوديوم                              | (pulse/s)             | $\S$                   |
| غزارة مضخة الحقن الكلية                                       | (L/h)                 | <b>Str</b>             |
| أقصى غزارة مطلوبة لمضخة الحقن                                 | (L/h)                 | <b>LPH max</b>         |
| حجم خزان التحضير                                              | (m <sup>3</sup> )     | $V_{Pr}$               |
| كمية المواد الواجب إضافتها من هيبوكلوريت الكالسيوم            | (Kg)                  | M                      |
| تركيز المحلول المراد تحضيره من هيبوكلوريت الصوديوم            | -                     | $\check{C}$            |
| نسبة تركيز المادة الفعالة من هيبوكلوريت الكالسيوم             | -                     | $\bar{I}$              |
| درجة العازلية                                                 | -                     | F                      |
| تدفق هيبوكلوريت الصوديوم من خزان التحضير إلى خزان التجميع     | (m <sup>3</sup> /sec) | $Q_{tot}$              |
| سرعة التدفق ضمن الأنبوب                                       | (m/s)                 | <b>V</b>               |
| مساحة مقطع الأنبوب                                            | (m <sup>2</sup> )     | <b>A</b>               |
| قطر الأنبوب                                                   | (m)                   | <b>D</b>               |
| الغزارة                                                       | (m <sup>3</sup> /sec) | <b>Q</b>               |
| سعر الكيلو واط الساعي                                         | (S. P/kw.hr)          | Pr                     |
| سعر الكيلوغرام الواحد من مادة أنبوب البولي إيثيلين            | (S.P/kg)              | F                      |
| عدد ساعات تشغيل المضخة في اليوم                               | -                     | <b>n</b>               |
| عدد ساعات الضخ                                                | -                     | N                      |
| الرفع الاجمالي لمضخة النقل                                    | (m)                   | <b>H<sub>tot</sub></b> |
| الرفع الستاتيكي                                               | (m)                   | $H_{st}$               |
| المفايد الطولية في كلا أنبوبي السحب والضخ                     | (m)                   | $H_z$                  |
| معامل الاحتكاك                                                | -                     | $\lambda$              |
| طول الأنبوب                                                   | (m)                   | L                      |
| تسارع الجاذبية الأرضية                                        | $\frac{m}{s^2}$       | <b>g</b>               |
| المفايد المكانية في أنبوب الضخ                                | (m)                   | $H_{loss}$             |
| فرق المنسوب بين الخزائين                                      | (m)                   | <b>H<sub>g</sub></b>   |
| فرق المنسوب الديناميكي بين سطح الخزان و سطح الماء الموجود فيه | (m)                   | <b>H<sub>dy</sub></b>  |

|                                                                                  |                             |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| عدد رينولدز                                                                      | -                           | $R_e$           |
| اللزوجة الحركية                                                                  | (m <sup>2</sup> /s)         | $\nu$           |
| رأسمال ثابت                                                                      | -                           | $K_1$           |
| كلفة التشغيل                                                                     | -                           | $K_2$           |
| سرعة الحمأة داخل الحوض                                                           | (m/s)                       | $V_s$           |
| ارتفاع الماء في حوض الترسيب                                                      | (m)                         | $h$             |
| غزارة الحمأة في حوض الترسيب                                                      | (m <sup>3</sup> /sec)       | $Q_{sludge}$    |
| مدة بقاء المياه في حوض الترسيب                                                   | [S]                         | $T_{Detention}$ |
| التحميل السطحي الهيدروليكي                                                       | $(\frac{m^3}{m^2 \cdot h})$ | $q_A$           |
| مساحة حوض الترسيب                                                                | (m <sup>2</sup> )           | $A_{tank}$      |
| سرعة انتشار موجة المطرقة المائية (موجة الضغط) في أنبوب                           | (m/s)                       | $\alpha$        |
| كثافة الماء                                                                      | (m <sup>3</sup> /N)         | $\rho$          |
| عامل انضغاطية الماء                                                              | (Kg/m <sup>2</sup> )        | $K_c$           |
| سماكة جدار الأنبوب الوسطية                                                       | (m)                         | $S_e$           |
| معامل مرونة البولي إيثيلين                                                       | (N/m <sup>2</sup> )         | $E_p$           |
| تغير الضغط في الأنبوب نتيجة المطرقة المائية                                      | (N/m <sup>2</sup> )         | $\Delta P$      |
| الوزن النوعي للماء                                                               | (N/ m <sup>3</sup> )        | $\Gamma$        |
| الإجهاد المطبق على الأنبوب والنتاج من تغير الضغط                                 | (N/m <sup>2</sup> )         | $\Sigma$        |
| مؤشر لنقاوة المياه وكمية المواد الصلبة العالقة                                   | (NTU)                       | عكارة           |
| قطر أنبوب التفريغ الخاص بالخران                                                  | (m)                         | $D_1$           |
| قطر مجمع التفريغ الخاص بكل خزاني تجميع                                           | (m)                         | $D_2$           |
| قيمة كلفة الطاقة الكهربائية المستهلكة لكل محرك وجهاز كهربائي في المنظومة سنوياً. | (S.P)                       | $a_2$           |
| استطاعة محرك المضخات (الحقن والنقل)، الخلاطات والمغذي الجاف.                     | (KW)                        | $N_1$           |
| عدد ساعات عمل المحطة في العام الواحد                                             | (h)                         | Hour            |
| عدد المحركات المركبة في المحطة                                                   | (عدد)                       | $n_1$           |
| كمية المازوت المستهلك يومياً                                                     | (L/day)                     | $m_{fuel}$      |

|                                                                                          |       |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| عدد ساعات التشغيل                                                                        | (h)   | $n_{operation}$   |
| قيمة المازوت المستهلك سنوياً                                                             | (S.P) | $m_{fuel\ price}$ |
| استهلاك محرك المولدة في الساعة من المازوت                                                | (L/h) | $g_{generator}$   |
| قيمة الوفرة الاقتصادي الناتج عن إنشاء منظومة لتصنيع هيبوكلوريت الصوديوم عوضاً عن الأوزون | (S.P) | $saving$          |
| الكلفة الكلية لمحطة توليد الأوزون                                                        | (S.P) | $cost_{o3}$       |
| الكلفة الإجمالية لمنظومة ضاحية قدسيا                                                     | (S.P) | $cost_{NaOCl}$    |
| عكارة المياه                                                                             | $NTU$ | $NTU$             |

### المستخلص:

إن المياه المعقمة لها دور أساسي في الحفاظ على صحة وسلامة السكان، ونتيجة الحظر الجائر ومنع استيراد الكلور، أُجري هذا البحث بهدف إيجاد نظام تعقيم مُنتج للمادة المعقمة للمياه كبديل عن التعقيم بغاز الكلور بحيث يحقق عقامة للمياه وفق المواصفات القياسية السورية آخذاً بالحسبان الجدوى الاقتصادية للنظام البديل وإمكانية توفر مواد التشغيل، والقضاء على جميع الأنواع الجرثومية الموجودة في المياه عند استعمال هيبوكلوريت الصوديوم المُصنع، لذا تم إنتاج محلول هيبوكلوريت الصوديوم بالطريقة الميكانيكية لاستعماله بأغراض التعقيم، بالاعتماد على الخلط البطيء لكل من هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم في وسط مائي، ضمن منظومة ميكانيكية، حيث بينت النتائج تحقيق وفر اقتصادي في كميات الكلور المستعملة في التعقيم، فقد بلغت قيمة الوفر  $331 \text{ m}^3$  من هيبوكلوريت الصوديوم سنوياً عند تعقيم  $800,000 \text{ m}^3/\text{day}$  من الماء الخام يومياً، بالإضافة لتحقيق الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن الحاجة لاستيراد معقمات المياه من الدول الأخرى، ورافق تلك النتائج احتفاظ مياه الشرب بالخصائص الفيزيائية والكيميائية الموافقة للمواصفات القياسية السورية.

### الكلمات المفتاحية:

تعقيم المياه، هيبوكلوريت الصوديوم، محطات ضخ، تحضير الكلور بالموقع.

## الإطار العام للبحث

### مقدمة عامة:

يحظى نظام معالجة مياه الشرب في محطات الضخ بأهمية خاصة إذ تشكل حلقة متكاملة مبدئية بالترقيد ومن ثم الفلترة وختاماً تعقيم المياه، وتحظى مرحلة التعقيم بعناية خاصة لدورها في جعل المياه آمنة للاستعمال البشري من دون أن تسبب له أمراضاً سواءً عند وصولها للمستهلك أو من بعد تخزينها لفترة من الزمن.

يوجد أنظمة عالمية عدة متبعة في التعقيم منها التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية، الأوزون، الأمواج فوق الصوتية، بالإضافة لتعقيم المياه باستعمال غاز الكلور، وهيبوكلوريت الصوديوم، إذ تختلف كفاءة هذه الأنظمة (WHO chronicle, 2011)، ويعد التعقيم بغاز الكلور الأكثر كفاءة وجدوى اقتصادية (EPA, 2011)، ولكن غاز الكلور غير متوفر للاستعمال محلياً، لذا تم التوجه للبحث عن بديل فكان التعقيم بهيبوكلوريت الصوديوم الذي دُرِس في بحثنا. يعتمد هيبوكلوريت الصوديوم على تعقيم المياه عن طريق شاردة الهيبوكلوراس التي تتحرر منه عند تفاعله بالماء (EPA, 2011)، ويوجد طريقتان لإنتاجه: الطريقة الأولى وهي الأفضل اقتصادياً وذلك بأن يتم التصنيع بواسطة منظومة ميكانيكية تعمل بمبدأ الخلط البطيء لكل من هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم في وسط مائي، وذلك بعد إضافة المواد الكيميائية بواسطة مغذٍ جاف ومن ثم خلط المواد بواسطة خلاط يعمل عند سرعة منخفضة آخذين بالحسبان درجة الحرارة الناشئة عن التفاعل الكيميائي (Boulos, 2008)، والطريقة الثانية إنتاجه عن طريق الدليزة الكهربائية (EPA, 2011)، التي تحتاج إلى استهلاك كبير للطاقة الكهربائية بالإضافة لكميات هائلة من الملح وشروط تصميمية ومناخية دقيقة غير قابلة للتحقيق اقتصادياً لذلك سيتم في هذا البحث تصميم ودراسة المنظومة ميكانيكياً.

### مشكلة البحث:

نظام التعقيم الحالي المستخدم في أغلب محطات الضخ هو التعقيم بحقن الكلور الغازي المستورد، ونتيجة الحظر الجائر الذي فرض علينا لم يعد التعقيم بغاز الكلور متاحاً.

الحاجة لمياه معقمة للحفاظ على صحة وسلامة السكان من الأمراض المنتشرة عن طريق المياه.

### هدف البحث:

إيجاد نظام تعقيم منتج للمادة المعقمة للمياه كبديل عن التعقيم بغاز الكلور يُحقق عقامة للمياه وفق المواصفات القياسية السورية رقم 45/2007 آخذاً بالحسبان الجدوى الاقتصادية للنظام البديل وإمكانية توفر مواد التشغيل.

### أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من إمكانية استعمال وتعميم نظام التعقيم البديل المقترح باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم المنتج محلياً في غالبية محطات الضخ في الجمهورية العربية السورية كحالة طوارئ.

### مسوغات البحث(مبررات):

1. الحاجة لمياه معقمة للحفاظ على صحة وسلامة السكان من الأمراض المنتشرة عن طريق

المياه.

2. عدم القدرة على التعقيم بغاز الكلور نتيجة حظر استيراده.

### محدوديات البحث:

ركز البحث على اختيار أفضل تصميم لمنظومة تصنيع هيبوكلوريت الصوديوم السائل محلياً ميكانيكياً، والذي

سيحقن بواسطة مضخات حقن موجودة في محطات الضخ إلى شبكات توزيع المياه في دمشق وريفها بهدف تعقيم

المياه.

### تساؤلات البحث:

1. هل يمكن استخدام المياه للشرب مباشرة من دون تعقيم؟

2. ما هو أفضل بديل لتعقيم المياه عوضاً عن غاز الكلور؟
3. هل يمكن تصنيع هذا البديل محلياً؟
4. ما هي إمكانية وجود المواد الأولية اللازمة لتحضير البديل؟
5. ما هي الطاقة اللازم استخدامها لتحضير هذا البديل؟ وهل هي متوفرة محلياً؟
6. ما هي الآثار الجانبية لهذا البديل على الصحة العامة؟
7. هل يحقق هذا البديل بقاء المياه المعقمة ضمن الشروط القياسية السورية لمياه الشرب؟

### فرضيات البحث:

المياه الخام في محطات الضخ بحاجة إلى تعقيم، والمُعقم المستعمل سيضمن القضاء على الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض مع الحفاظ على خصائص المياه وبقائها صالحة للشرب وفق المواصفات القياسية السورية رقم 2007/45.

### منهج البحث:

يقوم هذا البحث على مرحلتين من الدراسات:

- الدراسة التحليلية: بدايةً سنتعامل مع المسألة بشكل رياضي وكيميائي وتصميمي للوصول إلى الصيغة العلمية التي تحدد البارامترات الأساسية اللازمة لتصميم المنظومة.
- الدراسة التجريبية: في المرحلة الثانية نُنشئ المنظومة على أرض الواقع، وإجراء تجارب واختبارات ومعايرة للمنظومة للوصول لتحضير الصيغة المثلى لهيبوركلوريت الصوديوم المُحضر مستندياً على النتائج التي حصلنا عليها من الدراسة التحليلية.

## محتويات الرسالة:

تحتوي الرسالة على سبعة فصول وتمهيد عام، نُظمت الفصول كالآتي:

الفصل الأول: يعرض بعض الدراسات المرجعية السابقة في مجال أساليب تعقيم المياه.

الفصل الثاني: يبين آلية عمل هيبوكلوريت الصوديوم في تعقيم المياه والأسس التي سنعتمد عليها لمعرفة إذا ما كانت

المادة المنتجة فعالة أو لا.

الفصل الثالث: يبين منهجية تصميم المنظومة المقترحة والشروط المطلوبة لعمل هذه المنظومة.

الفصل الرابع: يبين مواصفات مكونات المنظومة وآلية عمل النموذج التصميمي للمنظومة المقترحة كما يعالج الدراسة

العددية للمنظومة المقترحة وفق المنهجية الموضوعة في الفصل الثالث.

الفصل الخامس: يبين نتائج تجارب التعقيم التي أجريت على ثلاث عينات لمياه الشرب

الفصل السادس: يبين الجدوى الاقتصادية للمحطة المدروسة مقارنة بمحطة توليد الأوزون.

الفصل السابع: المناقشة والنتائج والتوصيات.

## الفصل الأول

### الدراسات المرجعية

Literature review

### 1.1. الدراسة المرجعية الأولى (2015): (Ersel, 2015)

قام بها الباحث مراد أرسل، في جامعة ايجه في إزمير - تركيا،

#### Title: Water and Sanitation Standards in Humanitarian Action

بعنوان: معايير تعقيم المياه والصرف الصحي في الأعمال الإنسانية

قام بتحديد المقاييس الدولية لعقامة المياه في حالات الطوارئ والحالات الطبيعية تبعاً لمنظمة الصحة العالمية،

ورتب طرق التعقيم على النحو التالي:

1- التعقيم بالتعرض للشمس.

2- التعقيم بالكلور بأحد أشكاله (إما بشكله السائل (NaClO)، أو بشكله الصلب هيبوكلوريت الكالسيوم

Ca(OCl)<sub>2</sub>، أو بشكله الغازي) و تم التأكد من أن المياه صالحة للشرب أو الاستعمال البشري عندما تكون

نسبة الكلور الحر المتبقي في الماء المُعقم تتراوح 0.2-0.5 PPM.

وأكد الباحث على أهمية إنشاء نظام للصرف الصحي في المجتمع المُتعرض للخطر، بأسرع ما يمكن من أجل حماية

السكان من الأمراض وتفشيتها، وضرورة العناية بمصادر المياه وضمان عدم تعرضها للتلوث.

### 1.2. الدراسة المرجعية الثانية (2007) (Rico-Ramirez et al, 2007):

قام بها الباحث ريكو راميرز وزملاؤه في المعهد التكنولوجي لسيلايا، المكسيك.

#### Title: Optimal Location of Booster Disinfection Stations in a Water Distribution System:

#### A Two-Stage Stochastic Approach

بعنوان: تحديد الموقع الأمثل لمحطات التطهير المعزز في نظام توزيع المياه: باتباع نهج عشوائي على مرحلتين

قام الباحث في هذه الدراسة بإبراز أثر محطات التعقيم الثانوية والتي تعمل على إضافة جرعة تعقيم مُعززة لضمان عقامة المياه أثناء نقلها في شبكات النقل.

حيث ركز الباحث على اختيار أفضل موقع لمحطات التعقيم الثانوية بناءً على بارومتريين أساسيين وهما: تكلفة إنشاء المحطة وكمية المادة المعقمة المستعملة.

وصمم بناءً عليه نموذج برمجي سيلحظ أثر تغير بارامترات المياه أثناء النقل وإمكانية تلوثها، وبالتالي لضمان عدم تلوث المياه سيتم بناء محطة تعقيم ثانوية في المكان الذي يحدده النموذج البرمجي.

استعمل الباحث في دراسته عدد من البرامج، أهمها برنامج EPANET لمحاكاة شبكة مياه موجودة على أرض الواقع، وبرنامج C++ ليكون المسيطر على آلية عمل النموذج البرمجي وبناءً عليه تم تحديد عدد محطات التعقيم المُعزَّر اللازم انشائها.

### 1.3. الدراسة المرجعية الثالثة (2020): (Guo et al, 2020)

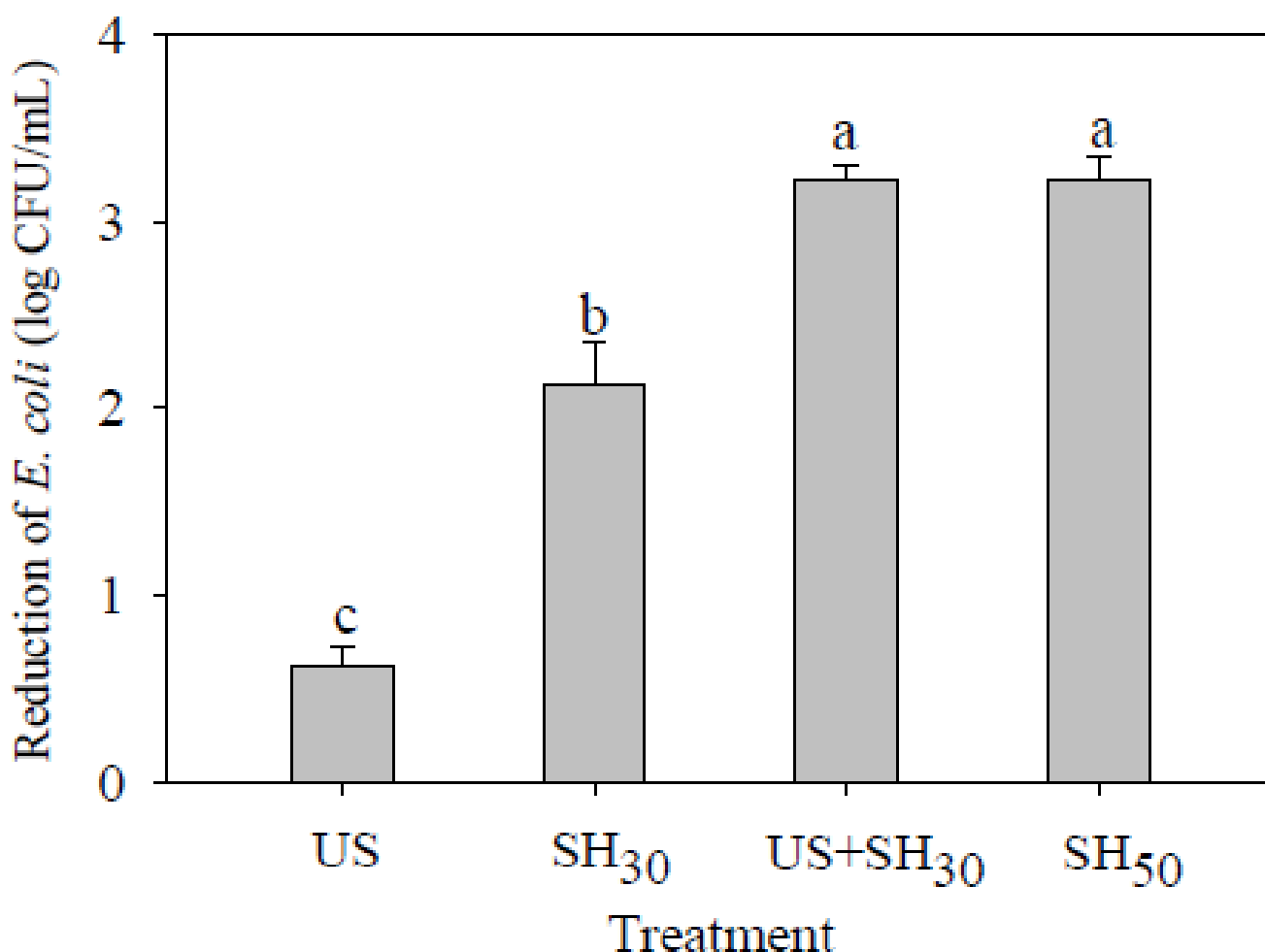
قام بها الباحث غو وزملاؤه في كلية علوم وهندسة الأغذية، في مركز أبحاث شانغونغ لمراقبة جودة أغذية اللحوم، جامعة تشينغداو الزراعية، جمهورية الصين الشعبية

Title: The antibacterial mechanism of ultrasound in combination with sodium hypochlorite in the control of Escherichia coli

بعنوان: آلية الموجات فوق الصوتية في القضاء على البكتيريا بالاشتراك مع هيبوكلوريت الصوديوم في السيطرة على الإشريكية القولونية

قام الباحث باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم بالمشاركة مع الموجات الصوتية في تعقيم المياه إذ تمت التجربة لمدة 15 دقيقة باستخدام الترددات فوق الصوتية عند تردد 25 KHZ وكثافة طاقة 10 W/cm<sup>3</sup> وهيبوكلوريت الصوديوم عيار 50 ppm واتباع تقنية Fluorescence spectroscopy analysis، للحصول على النتائج.

وقد هدف البحث لدراسة آلية عمل الموجات فوق الصوتية (US) بالتشارك مع هيبوكلوريت الصوديوم للقضاء على ال E-coil وتأثيره في نفاذية غشاء البكتيريا ومحتويات الخلية ونواتها، إذ يوضح الشكل (1-1) أنه عند استعمال هيبوكلوريت الصوديوم كمُعقم بتركيز 50 PPM ( $SH_{50}$ ) كانت النتيجة القضاء على الاشريكية القولونية ذاتها كما لو استخدمنا هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 30 PPM مع استخدام الموجات فوق الصوتية ( $US+SH_{30}$ ) وفي الحالتين كانت عدد المستعمرات جرثومة ال E-Coil في ال  $mm^2$  هي 3.5 مستعمرة، بينما بلغ عدد مستعمرات جرثومة ال E-Coil في ال  $mm^2$  عند استعمال هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 30 PPM ( $SH_{30}$ ) قيمة 2.2 مستعمرة وعند استعمال الأمواج فوق الصوتية (US) لوحدها 0.6 مستعمرة في ال  $mm^2$ .



الشكل (1-1) مقارنة بين قدرة التعقيم عند استخدام أكثر من معقم (Guo, L et al., 2020)

## 1.4. الدراسة المرجعية الرابعة (2020): (Zeng et al,2020)

قام بها الباحثان (فانزهي زينغ، سونغ كاو) تمت بمختبر شينزين الهندسي للطاقة الحيوية الدقيقة، معهد هاربين للتكنولوجيا (شنتشن)، الصين.

Title: Inactivation of chlorine-resistant bacterial spores in drinking water using UV irradiation، UV/Hydrogen peroxide and UV/Peroxymonosulfate: Efficiency and mechanism

بعنوان: تثبيط الجراثيم البكتيرية المقاومة للكلور في مياه الشرب باستعمال الأشعة فوق البنفسجية بالمقارنة مع:

الأشعة فوق البنفسجية / فوق أكاسيد الهيدروجين والأشعة فوق البنفسجية / فوق أكسيد احادي كبريتات البوتاسيوم

والأشعة فوق البنفسجية، من ناحية الكفاءة والآلية

قام الباحث بدراسة مبدأ الأشعة فوق البنفسجية وقدرتها على تحطيم جدار السيتوبلازما لجرثومة B.cereus وأبواغها، وبيّن أن أثرها التعقيمي غير مديد، لذا استخدم عناصر مؤكسدة وهي:  $H_2O_2$  و فوق أكسيد احادي كبريتات البوتاسيوم كمادة تعقيم مساعدة، ومن ثم قارن طريقة التعقيم سابقة الذكر بطريقة التعقيم باستعمال هيبوكلوريت الصوديوم بثلاث طرق وهي:

1. الطريقة التحليلية

2. الطريقة الحسابية للسائل الساكن

3. طريقة تحليل التدفق الخلوي

وذلك بهدف اختيار أفضل طريقة للقضاء على جرثومة B.cereus.

واستنتج الباحث أن استعمال هيبوكلوريت الصوديوم لوحده ليس له فاعلية ذات كفاءة في القضاء على جراثيم

B.cereus، إذا ما أردنا استعماله كمعقم وحيد للمياه، أما عند استعمال الموجات فوق الصوتية والمؤكسدات التعززية

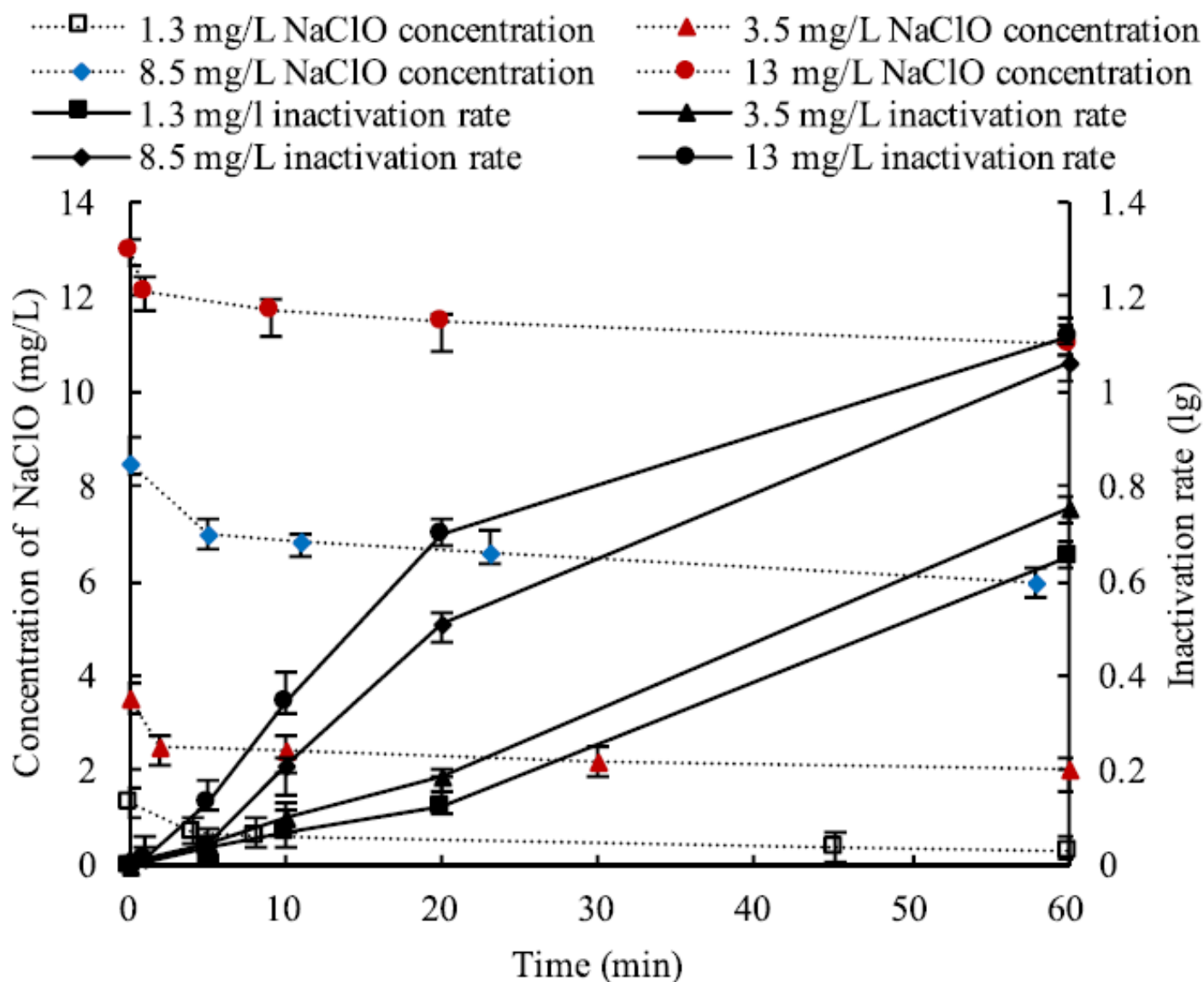
UV/PMS، UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> لوحظ فاعلية وكفاءة عالية في القضاء على جرثومة B.cereus.

يوضح الشكل (1-2) قدرة هيبوكلوريت الصوديوم على القضاء على جرثومة B.cereus عند استعمال تراكيز

مختلفة من هيبوكلوريت الصوديوم، وأشار الباحث أنه عند استعمال تركيز 13 و 8.5 PPM من هيبوكلوريت الصوديوم

بلغ مقدار تعطيل المستعمرات الجرثومية الخاصة بالE-coil 1.17 و 1.15 على التوالي من المستعمرات الجرثومية

في كل  $\text{mm}^2$  علماً أن هكذا تراكيز من هيبوكلوريت الصوديوم لا يمكن استعمالها في تعقيم المياه الخاصة بالشرب.



الشكل (1-2) قدرة هيبوكلوريت الصوديوم في القضاء على B.cereus باستخدام تراكيز مختلفة (Zeng et al, 2020)

### 1.5. الدراسة المرجعية الخامسة (2006): (Casson et al, 2006)

قام بها الباحثان: ليونارد ديليو كاسون \* وجيمس ديليو بيس جونيور في جامعة بيتسبرغ

#### On-Site Sodium Hypochlorite Generation

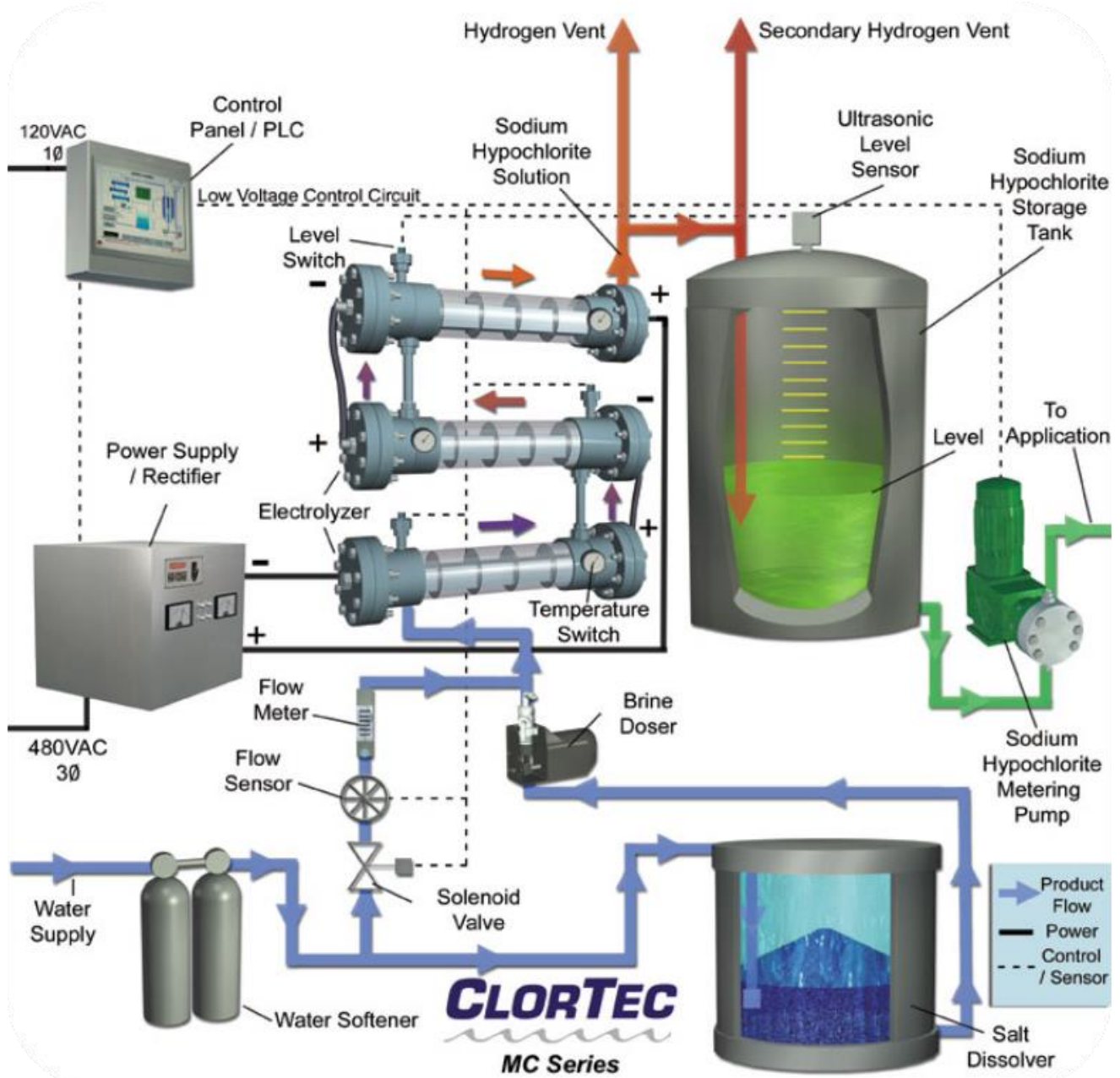
بعنوان: توليد هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع

قام الباحث بتحضير هيبوكلوريت الصوديوم عن طريق إمرار المياه الخام على محلية لنزع شوار الكالسيوم والمغنيزيوم منها، في الوقت نفسه قام بتحضير ماء مالح تركيزه 300 PPM في خزان منفصل، ومن ثم قام بمزج الماء المُحلى مع المحلول الملحي للحصول على محلول مُخفف تركيزه 30 PPM، وقام بإمراره على الـ ELECTROLYZER حيث يتحول عن طريق التشريد الكهربائي إلى NaClO وفق المعادلة:



وتحت تأثير الضغط انطلق غاز NaClO إلى خزان التجميع ومن ثم نُقل من الخزان إلى خط التغذية عن طريق مضخة حقن بعد تكاثفه كما هو موضح بالشكل (1-3).

وأشار الباحث إلى أن طريقة التشريد الكهربائي أو ما يسمى بالدليزة الكهربائية تُعد من أفضل الطرق وأكثرها توفيراً اقتصادياً لإنتاج هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع إلا أنها بحاجة إلى مصدر مستمر لتوليد الطاقة الكهربائية، بالإضافة للحاجة للتنظيف الهيدروليكي الدوري للـ Electrolyzer، وشروط بيئية محددة (رطوبة ومناخ محدد) والحاجة لخبرة عالية بالتعامل مع الجهاز.



الشكل (1-3) دارة توليد هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع عن طريق التشريد الكهربائي (Casson, I. Bess, J.W. 2006)

## 1.6. خلاصة الدراسات المرجعية:

1. تبين من الدراسة الأولى ماهية المعايير العالمية المتبعة في تعقيم المياه في حالة الكوارث والطوارئ والأوقات

الحرّة، بالإضافة لتحديد المعايير المتبعة في اختيار الجرعة المناسبة من الكلور للتعقيم.

2. في الدراسة الثانية أُتجه إلى تحديد الموقع الأمثل لمحطة التعقيم مع توضيح أسلوب النمذجة الأمثل.

3. استُخدمت الدراسة الثالثة كمرجع لمقارنة النتائج النهائية بها آخذين بالحسبان الجدوى الاقتصادية وإمكانية

توفير المواد الأولية مع تحديد الجرعة المثلى بناءً على النتائج التي حُصل عليها.

4. وفي الدراسة الرابعة تم إظهار الجوانب المختلفة لتأثير الكلور كمعقم في المياه ولفت الانتباه إلى أنه على الرغم

من طيفه الواسع في القضاء على الجراثيم والبكتيريا إلا أنه غير قادر على تعقيم المياه 100% وبناء عليه

سيتم لحظ هذا العامل في أثناء الدراسة.

5. أما في الدراسة الخامسة فاتبع الباحث طريقة الديلزة الكهربائية وأُستفيد منها بشكل كبير في فهم الأسلوب الذي

تم بناء عليه تصميم المحطة.

وبالتالي لم يتم التطرق إلى إنتاج هيبوكلوريت الصوديوم كمعقم للمياه بالطريقة الميكانيكية في الدراسات السابقة

وهذا ما سنقوم به في دراستنا الحالية عن طريق إنتاج هيبوكلوريت الصوديوم كمعقم للمياه كحالة طارئة.

## الفصل الثاني

الأساس الكيميائي لدارة منظومة التعقيم بوساطة هيبوكلوريت الصوديوم

Chemical basis for sterilizing system using sodium hypochlorite

## 2.1. تمهيد:

يستعرض هذا الفصل منهجية تعقيم المياه عالمياً إذ نوقشت في هذا الفصل الطرق المختلفة لتعقيم المياه، ومن ثم شرحت آلية عمل تعقيم هيبوكلوريت الصوديوم للماء، بالإضافة للبارامترات الأساسية الواجب توفرها في هيبوكلوريت الصوديوم المُصنع والتي سيتم بناء عليها إنشاء المنظومة الميكانيكية.

## 2.2. طرق تعقيم المياه: (EPA, 2011)

تتلخص طرق تعقيم المياه (من ناحية مبدأ العمل) إلى قسمين وهما:

- "الطريقة الفيزيائية Physical Methods of Sterilization: استخدام الحرارة ك (التسخين والغليان) أو استخدام الأشعة فوق البنفسجية، وهي غير قابلة للاستعمال في دراستنا لفقر جدواها الاقتصادية.

- الطريقة الكيميائية Chemical Methods of Sterilization:

تعتمد الطرق الكيميائية لتعقيم المياه على إضافة الكلور أو ثاني أكسيد الكلور أو الكلورامين أو اليود أو الأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية والتي يتميز كل منها بخصائص تعقيمية وجدوى اقتصادية تميزه عن المعقم الآخر، ولاختيار أفضل نظام تعقيم بديل لغاز الكلور في محطات الضخ عُدنا لدليل وكالة حماية البيئة (EPA, 2011) إذ قورنت إيجابيات وسلبيات المواد المستعملة عالمياً في تطهير المياه كما ذكر في الجدول (1-2) الموضح أدناه:

الجدول (1-2) إيجابيات وسلبيات المواد الكيميائية المستعملة عالمياً في تطهير المياه (EPA, 2011)

| المُعقم                               | إيجابيات                                                                                                                                                                     | سلبيات                                                                                                                           |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| التعقيم بغاز الكلور<br>(Chlorination) | 1. فعال للغاية ضد الفيروسات ومسببات الأمراض البكتيرية والفيروسية المنقولة بالماء وبعض الكائنات الأولية<br>2. له أثر لاحق في تعقيم المياه<br>3. سهل التطبيق والتحكم والمراقبة | 1. تكوين منتج ثانوي للتطهير (على سبيل المثال، THMs)<br>2. غير فعال ضد البوغيات الخفيفة.<br>3. يتطلب نقل وتخزين المواد الكيميائية |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <p>4. تتطلب الغازات الخطرة المضغوطة معالجة خاصة وتدريباً مكثفاً للمشغلين</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>4. بسيط من الناحية التشغيلية وموثوق للغاية</p> <p>5. المطهر الأكثر فعالية من ناحية التكلفة</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                            |
| <p>1. يتحلل ببطء مع مرور الوقت ويتحول إلى كلورات</p> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Cl}-\text{O}^- \end{array}$ <p>ثم بركلورات</p> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}=\text{Cl}-\text{O}^- \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ <p>أثناء التخزين خاصة عند درجات الحرارة الدافئة</p> <p>2. صعب التخزين ولا يمكن تخزينه إلا في حاويات بلاستيكية لأنه أكال لبعض المواد."</p> | <p>1. محلول هيبوكلوريت الصوديوم أقل خطورة من غاز الكلور</p> <p>2. يحتاج تدريباً أقل للتعامل معه من غاز الكلور</p> <p>3. يقضي على الاشنيات والطحالب ومخلفاتها.</p> <p>4. له أثر مديد في تعقيم المياه</p>                                                                                                                                                                                                                                           | <p>التعقيم بهيبوكلوريت الصوديوم ( Sodium Hypochlorite)</p> |
| <p>1. لا يستعمل في معالجة الإمداد العام بمياه الشرب ويقتصر استعماله لتعقيم مياه أحواض السباحة ومياه الصرف الصناعية.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>1. بعض أشكال البروم أسهل وأقل خطورة في نقلها وتخزينها من الكلور.</p> <p>2. الكفاءة التعقيمية للبرومامين (إن الاختلاف الرئيسي بين البروم والبرومامين هو أن البرومامين هو الشكل المختزل من البروم إذ يشكل خمسة روابط مع العناصر المحيطة به</p> $\begin{array}{c} \text{Br} \\ \parallel \\ \text{O}=\text{OH} \end{array}$ <p>بينما يشكل البروم رابطة أحادية مع العناصر المرتبطة به ( Br—OH ) المتشكل في أحواض السباحة أكبر منها للكلورامين.</p> | <p>التعقيم بالبروم (Bromine)</p>                           |

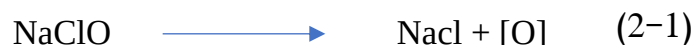
|                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                | <p>3. أقل تهيجا للعيون.</p> <p>4. لا يسبب مشكلات الطعم السيء</p> <p>5. يُفضل استعماله في تعقيم مياه حمامات السباحة.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                            |
| <p>1. للظروف نفسها فإننا نحتاج إلى جرعات من اليود أكبر من الجرعات اللازمة من الكلور لكي نحصل على الأثر التعقيمي نفسه.</p> <p>2. أعلى من الكلور بأضعاف.</p> <p>3. لم يزل أثره الفيزيولوجي عند الاستعمال المديد وخاصة على الأطفال قيد البحث.</p> | <p>1- لا تتأثر كفاءته التعقيمية كثيراً بقيمة ال PH وذلك عدا الحالات التي تكون فيها درجة الحرارة منخفضة جداً.</p> <p>2- إن للنشادر والملوثات النتروجينية العضوية تأثيراً ضعيفاً على كفاءة إبادة اليود للجراثيم بسبب عدم تشكل مركبات بديلة.</p> <p>3- إبادة الجراثيم أقل علاقة بدرجة الحرارة وبزمن التماس منها بالنسبة إلى الكلور.</p> <p>4- إبادة الجراثيم المرضية والأبواغ والكييسات والفيروسات بزمن قصير وبجرعة صغيرة ومن دون شكاية من طعم أو رائحة أو إثارة للعين أو الأذن أو الجلد.</p> | <p><b>التعقيم باليود (Iodine)</b></p>      |
| <p>1. لا يوفر حماية طويلة لأن الأوزون المتبقي لا يدوم في الماء أكثر من 30 دقيقة إذ يتحول الأوزون إلى أكسجين.</p>                                                                                                                               | <p>1. الأوزون عنصر أكسدة قوي ومعقم أساسي فعال.</p> <p>2. استخدامه غير مصحوب بطعم أو رائحة.</p> <p>3. غاز قابل للذوبان في الماء بسهولة، يراعى عند تعقيم المياه بالأوزون زيادة الكمية المضافة قليلاً</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>التعقيم بالأوزون (OZONATION)</b></p> |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                            |                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <p>2. غاز الأوزون غير مستقر ويتفكك بسرعة إلى جزيء أوكسجين عادي بذرتين بدلاً من ثلاث ذرات، وبسبب هذه الحالة لا يمكن تخزينه أو نقله بسهولة وبدلاً من ذلك، تنتج محطات المعالجة الأوزون في موقعها."</p>           | <p>للتخلص من أي مواد تسبب تغييراً في الطعم والرائحة.</p>                                                   |                                                                  |
| <p>1. أثرها التعقيمي آني.<br/>2. تكلفتها عالية.<br/>3. أنابيب الإضاءة الزئبقية المستخدمة في التعقيم يمكن أن يكون لها أثر ضار على المياه المعقمة.<br/>4. لا تؤثر في الطحالب أو سمومها المفترزة في المياه."</p> | <p>1. لا تخلف أي مواد كيميائية متبقية في المياه.<br/>2. فعالة في القضاء الآني على البكتيريا والمكروبات</p> | <p>التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية<br/>(Ultraviolet Radiation)</p> |
| <p>1. لا يفضل استعماله في تعقيم المياه لأنه يرفع قساوة الماء بزيادة شوارد الكالسيوم فيه، مما يؤدي لتدمير شبكة الضخ على المدى البعيد.<br/>2. مضر بصحة الإنسان في حال الاستخدام طويل الأمد.</p>                 | <p>1. رخيص نسبياً ويتوفر تجارياً بشكل مسحوق أبيض فيه (38%) كلور فعال.<br/>2. مزيل جيد للروائح.</p>         | <p>هيبوكلوريت الكالسيوم <math>Ca(OCl)_2</math></p>               |

وبناءً على المقارنة التي أُجريت بين مواد التعقيم، كان أفضل نظام تعقيم متبع في حالات الطوارئ بعد غاز الكلور هو التعقيم بهيبوكلوريت الصوديوم، لذا تطرق البحث لكافة أساليب تحضيره واختارنا أفضل طريقة لتأتم الجوى الاقتصادية والكفاءة المرجوة منه كما هو موضح أدناه، إذ بدأنا بتعريف المادة:

### 2.3. هيبوكلوريت الصوديوم: (EPA, 2011)

صيغته (NaClO)، يستعمل في التعقيم والتبييض وهو ملح لحمض هيبوكلوري (HOCL)، سائل لونه أصفر قليلاً، وزنه الجزيئي (74.45) وهو حساس للضوء فإذا تعرض له يتحلل معطياً الأكسجين الوليد كما في المعادلة (2-1)، ولذلك فهو يخزن في مستودع مظلم وهذا التحلل هو عبارة عن تحول ملح الهيبوكلوريت غير الثابت إلى ملح ثابت تماماً وهو كلور الصوديوم.



#### 2.3.1. تحضير هيبوكلوريت الصوديوم (EPA, 2011) ويتم بطريقتين:

أ- من إمرار غاز الكلور على محلول بارد لماءات الصوديوم كما في المعادلة (2-2):



ب- من تفاعل هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم (الحالة المدروسة) كما تبين المعادلة (2-3):

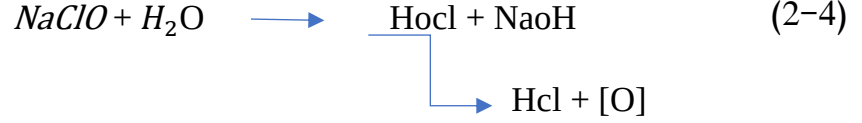


انطلاقاً من هذه المعادلة سيتم الحصول على هيبوكلوريت الصوديوم كمادة بديلة لتعقيم المياه في هذا البحث.

#### 2.3.2. آلية تعقيم هيبوكلوريت الصوديوم للمياه:

عند إضافة هيبوكلوريت الصوديوم إلى الماء يشكل أولاً حمض الهيبوكلوراس ثم يتحلل هذا الحمض ليعطي

الأكسجين الوليد كما توضح المعادلة (2-4):



وعملية تحليل حمض الهيبوكلوراس تتعلق بدرجة pH الوسط، ويعتبر الماء في دمشق وريفها قلويًا كما تبين الدراسات وخصائص المادة إذ يتراوح بين (7-8.8)، وبالتالي فإن هذه القلوية تحفز التفاعل ليجتبه دوماً نحو تحليل حمض الهيبوكلوراس وبالتالي فلا يحدث تفاعل معاكس يذكر.

وأسباب ظهور القلوية المحيطة بالتفاعل هي تشكل الصودا الكاوي مقابل تشكل جزيئة واحدة من حمض كلور الماء الناتج عن تفكك حمض الهيبوكلوراس، ثم إن وجود هيبوكلوريت الصوديوم يرفع القلوية، لأن محلولاً مائياً من الهيبوكلوريت بتركيز (0.01N) يعطي درجة pH قدرها (pH = 9.7) (Snowden-Swan et al, 1998).

ومن أجل تحضير هيبوكلوريت الصوديوم لابد من تحديد البارامترات الأساسية التي ستقيم جودته وفاعليته بناءً

عليها، وبالعودة لمنظمة الصحة العالمية كانت البارامترات التالية هي نقاط الارتكاز الأساسية:

- درجة تركيز الايون الهيدروجيني: فكلما ارتفع تركيز الأس الهيدروجيني في الماء زادت جرعة الكلور (تزداد فاعلية الكلور في تعقيم المياه التي يقل فيها درجة تركيز الأس الهيدروجيني عن 7.2 (Snowden-Swan et al, 1998).
- درجة الحرارة: تزداد كفاءة التعقيم بارتفاع درجة الحرارة.
- مدة التفاعل بين الكلور والماء: تزداد فاعلية الكلور مع زيادة وقت التماس، نظراً لمقاومة البكتيريا المختلفة لتأثير الكلور، وإن أقل مدة لازمة للتعقيم قبل استخدام الماء تبلغ حوالي 30 دقيقة لضمان عقامة المياه.
- عكارة المياه: إذ إن ارتفاع عكارة الماء ووجود المركبات النيتروجينية وكذلك وجود مركبات الحديد والمنغنيز تقلل فاعلية الكلور في قتل البكتيريا.

وتم في ضوءه إجراء ثلاث تجارب في الموقع كما سنوضح في الفصل الخامس، نُفذت التجارب بعد قطف العينات

من ثلاثة مواقع ضخ حيوية في دمشق وهي على التوالي:

- موقع منظومة النبع (الفيجة)

- موقع نبع بردى

- موقع وادي مروان

درسنا وحللنا هذه العينات في جامعة دمشق، كلية العلوم قسم النبات، آخذين بالحُسابان العوامل الفاعلة والمؤثرة في

عملية التعقيم ألا وهي (pH، درجة الحرارة، العكارة، وعدد المستعمرات الجرثومية الموجودة في المياه الخام).

كان المرجع السوري للمواصفات القياسية رقم 2007/45 لمياه الشرب، مرجعنا لمقارنة النتائج النهائية به إذ

يوضح الجدول (2-2) الجوانب الحيوية الجرثومية الممرضة أو غير الممرضة والتي تؤثر على صلاحية المياه

للشرب وتحدد هذه الجوانب بما يلي:

الجدول (2-2) الجوانب الحيوية الجرثومية الممرضة أو غير الممرضة والتي تؤثر على صلاحية المياه للشرب (المرجع السوري للمواصفات القياسية رقم 2007/45 لمياه الشرب)

| تسلسل | المكون                                       | الوحدة           | الحد الأقصى<br>المسموح به | الملاحظات                                                                                                           |
|-------|----------------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | مياه الشرب في الحالات العادية                |                  |                           |                                                                                                                     |
| ١.    | القولونيات الكلية                            | مستعمرة / ١٠٠ مل | صفر                       | عند درجة حرارة ٣٧°س بعد ٢٤،٤٨ ساعة                                                                                  |
| ٢.    | الأيشرشياكولي                                | مستعمرة / ١٠٠ مل | صفر                       | عند درجة حرارة ٤٤°س بعد ٢٤،٤٨ ساعة                                                                                  |
| ٣.    | القولونيات البرازية                          | مستعمرة / ١٠٠ مل | صفر                       | عند درجة حرارة ٣٧°س بعد ٢٤،٤٨ ساعة                                                                                  |
| ٤.    | التعداد الكلي لجراثيم غير الممرضة<br>ال أخرى | مستعمرة / ١٠٠ مل | ٢٠٠ أو ٢٠٠٠               | عند درجة حرارة ٣٧°س بعد ٢٤ ساعة<br>عند درجة حرارة ٢٢°س بعد ٧٢ ساعة                                                  |
| ٥.    | الكولور الحر المتبقي                         | مغ/ل             | ١ - ٠,١                   | في شبكة التوزيع لا يقل عن ٠,١ مغ/ل في نهاية<br>الشبكة في زمن تماس لا يقل ٣٠°س ولا تزيد عن<br>١ مغ/ل في بداية الشبكة |
|       | مياه الشرب في حالات الطوارئ                  |                  |                           |                                                                                                                     |
| ١.    | القولونيات الكلية                            | مستعمرة / ١٠٠ مل | ١٠                        | عند درجة حرارة ٣٧°س بعد ٢٤،٤٨ ساعة                                                                                  |
| ٢.    | الأيشرشياكولي                                | مستعمرة / ١٠٠ مل | صفر                       | عند درجة حرارة ٤٤°س بعد ٢٤،٤٨ ساعة                                                                                  |
| ٣.    | التعداد الكلي لجراثيم أخرى                   | مستعمرة / ١٠٠ مل | -                         | عند درجة حرارة ٣٧°س بعد ٢٤ ساعة                                                                                     |
| ٤.    | المكورات العنقودية الممرضة                   | مستعمرة / ١٠٠ مل | صفر                       |                                                                                                                     |
| ٥.    | الكولور الحر*                                | مغ/ل             | ٢ - ٠,٥                   | ٠,٥ مغ/ل في نهاية الشبكة مع زمن تماس لا يقل<br>عن ٣٠ دقيقة. و ٢ مغ/ل تضاف في بداية الشبكة                           |

كما يوضح الجدول (2-3) الجوانب الكيميائية والفيزيائية لمياه الشرب التي لا يجب تلوث المياه بها (أي تلوث

المياه بالمواد الكيميائية السامة والتي تحول دون استعمالها كماء مشروب)، ولا يسمح بتجاوز الحدود التالية:

الجدول (2-3) الجوانب الكيميائية والفيزيائية لمياه الشرب التي لا يجب تلوث المياه بها  
(المرجع السوري للمواصفات القياسية رقم 2007/45 لمياه الشرب)

| المكون                          | الرمز                        | الوحدة | الحد<br>المسموح به | الحد الأقصى<br>المسموح به          |
|---------------------------------|------------------------------|--------|--------------------|------------------------------------|
| الزرنيخ                         | As                           | مغ/ل   | ٠,٠١               | ٠,٠١                               |
| الكادميوم                       | Cd                           | مغ/ل   | ٠,٠٠٣              | ٠,٠٠٣                              |
| الكروم الكلي                    | Cr                           | مغ/ل   | ٠,٠٥               | ٠,٠٥                               |
| السيانيد                        | CN <sup>-</sup>              | مغ/ل   | ٠,٠٥               | ٠,٠٧                               |
| الرصاص                          | Pb                           | مغ/ل   | ٠,٠١               | ٠,٠١                               |
| الزئبق                          | Hg                           | مغ/ل   | ٠,٠٠١              | ٠,٠٠١                              |
| السيلينيوم                      | Se                           | مغ/ل   | ٠,٠١               | ٠,٠١                               |
| المولبيديوم                     | Mo                           | مغ/ل   | ٠,٠٧               | ٠,٠٧                               |
| الباريوم                        | Ba                           | مغ/ل   | ٠,١                | ٠,٧                                |
| النكل                           | Ni                           | مغ/ل   | ٠,٠٢               | ٠,٠٢                               |
| الفلور                          | F                            | مغ/ل   | ١,٥                | من (٨ - ١٦) س.                     |
| البور                           | B                            | مغ/ل   | ٠,٧                | من (٢٥ - ٣٠) س.                    |
| الامونيا                        | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | مغ/ل   | ٠,٣                | ٠,٥                                |
| النترت                          | NO <sub>2</sub> -*           | مغ/ل   | ٠,٥                | ٠,٥ شرط صلاحيتها للشرب<br>جرثومياً |
| النترات                         | NO <sub>3</sub> -*           | مغ/ل   | ٠,٢                | ٠,٢                                |
| الفوسفات                        | PO <sub>4</sub> -            | مغ/ل   | ٥٠                 | ٥٠**                               |
| الأوكسجين الكيميائي<br>المستهلك | C.O.D                        | مغ/ل   | ٠,٥                | ١                                  |
| الكربون العضوي الكلي            | TOC                          | مغ/ل   | ٢                  | ٣                                  |
| الانتموان                       | Sb                           | مغ/ل   | ٣                  | ٥                                  |
|                                 |                              |        | ٠,٠٠٥              | ٠,٠٢                               |

## 2.4. الخلاصة:

وضحنا في هذا الفصل آلية تعقيم المياه بهيبوكلوريت الصوديوم، واعتماد عملية التحضير التي تعتمد على تفاعل هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم وذلك لتوفر المواد الأولية اللازمة محلياً، بخلاف الطريقة الثانية المعتمدة عالمياً والتي تعتمد على إمرار غاز الكلور على محلول بارد للصودا الكاوية. وأختير هيبوكلوريت الصوديوم كمعقم للمياه من قبل منظمة الصحة العالمية وذلك لأثره الفعال في تعقيم المياه واستقراره نسبياً في عملية التعقيم عند اختلاف قيم pH لمياه التغذية والذي يعتبر أمراً جوهرياً في التعقيم بالإضافة لطيفه الواسع في القضاء على الفيروسات والجراثيم لوجود شاردة الهيبوكلوراس.

## الفصل الثالث

### الدراسة النظرية للمنظومة المقترحة

Theoretical study of the proposed system

### 3.1. تمهيد:

استعرض هذا الفصل منهجية الحساب النظري للمنظومة، بالإضافة لوضع تصميم يناسب الحالة المراد تنفيذها إذ

يتلخص حساب المنظومة في إيجاد:

- غزارة المياه المراد تعقيمها
- الغزارة المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم للحصول على عقامة تامة للمياه
- الجرعة التصميمية المطلوبة.

ويتطلب ذلك حساب البارامترات التالية:

1. الغزارة التصميمية لمضخة الحقن.
2. أبعاد خزان التحضير
3. حجم المغذي الجاف.
4. استطاعة الخلاط وأبعاده.
5. غزارة المضخة وضغطها وأنبوب النقل الخاص بها واستطاعة محركها.
6. حساب أقطار شبكة النقل.
7. أبعاد حوض الترسيب.
8. دراسة تأثير المطرقة المائية.

وسيوضح في الفقرات التالية المنهجية التفصيلية لهذه الحسابات:

- غزارة المياه المراد تعقيمها: لمعرفة غزارة المياه المطلوبة عُدنا لمؤسسة مياه دمشق كما هو موضح بالفصل الرابع.
- الجرعة التصميمية المطلوبة: عُدنا للمواصفات القياسية السورية بما أنَّها المرجع الأساسي في الدراسة وبناء عليه حددناها لتكون 1 PPM.

### 3.2. غزارة هيبوكلوريت الصوديوم المطلوبة للحصول على عقامة تامة للمياه:

(Snowden-Swan *et al*, 1998)

تُحسب غزارة هيبوكلوريت الصوديوم اللازمة لتعقيم المياه من العلاقة الآتية: (Snowden-Swan *et al*, 1998)

$$Q_{Naocl} = \frac{a * B}{1000} \quad (3-1)$$

مع العلم أنَّ:

- $Q_{Naocl}$ : غزارة هيبوكلوريت الصوديوم اللازم إنتاجها خلال ساعة ( $\frac{m^3}{h}$ )
- $a$ : الجرعة التصميمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم لتعقيم المياه الخام ( $\frac{mg}{l}$ )
- $B$ : غزارة المياه الخام المراد تعقيمها ( $\frac{m^3}{h}$ )

### 3.3. الغزارة التصميمية، تصريف وسرعة مضخة الحقن: (Snowden-Swan *et al*, 1998)

في المنظومة المقترحة، من أجل المحافظة على خصائص محلول هيبوكلوريت الصوديوم المُصنَّع لفترة طويلة وتحسين شروط تخزينه، سنحقن مادة رافعة للقلوية وهي هيدروكسيد الصوديوم، يُحسب حجم الكمية المراد إضافتها من هيدروكسيد الصوديوم من العلاقة الآتية:

$$Q_1 = \frac{V_{NaClO} * NaOH \text{ Dosage (PPM needed)}}{C\% * x * 1000} \quad (3-2)$$

مع العلم أنَّ:

- $NaOH \text{ Dosage (PPM needed)}$ : جرعة هيدروكسيد الصوديوم اللازم إضافتها لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم (ppm)
- $Q_1$ : حجم الاستهلاك الساعي ل NaOH (L/h)
- $C\%$ : تركيز NaOH

▪  $\chi$ : الكثافة النوعية لمادة NaOH

▪  $V_{NaClO}$ : حجم هيبوكلوريت الصوديوم في حزان الترسيب (L).

سَتُعَيَّن سرعة المضخة وغازاتها بحيث تحقيق pH بين 13-14 لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم المُحضر مع مراعاة أن تكون غازات المضخة الكلية المُختارة أكبر من الغازات التي نحصل عليها من تطبيق المعادلة وذلك بهدف أن تعمل المضخة ضمن طور الراحة.

نتأكد من أن السرعة والغازات اللذين أُختيرا للمضخة يحققان الجرعة المطلوب إضافتها من هيدروكسيد الصوديوم من العلاقة (3-3):

$$Q_{NaOH} = \chi \% * Str \% * LPH \max \quad (3-3)$$

مع العلم أنَّ:

▪  $Q_{NaOH}$ : غازات مضخة حقن هيدروكسيد الصوديوم المُطبقة (L/h)

▪  $\chi$ : سرعة مضخة حقن هيدروكسيد الصوديوم (pulse/s)

▪  $Str$ : غازات مضخة الحقن الكلية % (L/h)

▪  $LPH \max$ : أقصى غازات مطلوبة لمضخة الحقن (L/h)

### 3.4. حجم خزان التحضير: (Soaded et al, 2019)

يُصمم الخزان ليتسع كمية كافية لعمل نصف يوم ويحسب حجمه من العلاقة الآتية:

$$V_{Pr} = \frac{Q_{Naocl} * 12}{1000} \quad (3-4)$$

مع العلم أنَّ:

▪  $V_{Pr}$ : حجم خزان التحضير ( $m^3$ )

▪  $Q_{Naocl}$  : غزارة هيبوكلوريت الصوديوم اللازم إنتاجها خلال ساعة (L/h).

### 3.5. حجم المغذي الجاف: (Soaded et al, 2019)

يتم اختيار المغذي الجاف بناءً على الكمية المراد تحضيرها على خطوتين:

1- تُحسب كمية المواد الواجب إضافتها من هيبوكلوريت الكالسيوم من العلاقة الآتية:

$$m = \frac{\check{C} * V_{Pr}}{\bar{I} * 100} \quad (3-5)$$

مع العلم أنَّ:

▪ m: كمية المواد الواجب إضافتها من هيبوكلوريت الكالسيوم (Kg)

▪  $\check{C}$ : تركيز المحلول المراد تحضيره من هيبوكلوريت الصوديوم.

▪  $V_{Pr}$ : حجم خزان التحضير (L)

▪  $\bar{I}$ : نسبة تركيز المادة الفعالة من هيبوكلوريت الكالسيوم

2- بنفس الطريقة تُحسب كمية كربونات الصوديوم الواجب إضافتها، وبناءً على الكمية الواجب إضافتها يُختار المغذي.

- استطاعة الخلط وأبعاده: (Atiemo-Obeng et al , 2004) يُحدَّد بناءً على أبعاد خزان التحضير بحيث يحقق خلطاً بطيئاً للمواد لضمان ترسب الجزيئات الكبيرة.

### 3.6. غزارة المضخة وضغطها وأنبوب النقل الخاص بها واستطاعة محركها:

(Hablanian, 2003)

تُحدد غزارة المضخة آخذين بالحسبان أنَّ وظيفتها نقل محلول هيبوكلوريت الصوديوم من خزان التحضير إلى خزان التجميع خلال 15 دقيقة فرضاً.

ويُحسب قطر أنبوب الضخ اللازم للمضخة من خزان التحضير إلى خزان التجميع من العلاقة:

$$Q_{tot} = V \times A = V \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (3-6)$$

مع العلم أنَّ:

▪  $Q_{tot}$  : تدفق هيبوكلوريت الصوديوم من خزان التحضير إلى خزان التجميع (m<sup>3</sup>/sec)

▪  $V$  : سرعة التدفق ضمن الأنبوب (m/s)

▪  $A$  : مساحة مقطع الأنبوب (m<sup>2</sup>)

▪  $D$  : قطر الأنبوب (m)

نختار السرعة ضمن المجال m/s (1÷2)، بحيث لا يحدث ترسب للجزيئات داخل الأنبوب في أثناء النقل ويُحسب

قطر الأنبوب من العلاقة (3-7):

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} \quad (3-7)$$

ثم نعيد حساب السرعة وفق القطر المحسوب من العلاقة الآتية وذلك لتأكد من أنه ضمن المجال m/s (1÷2) :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (3-8)$$

- حساب القطر بالطريقة الاقتصادية لخط النقل: (العظمة، 1981)

يُحسب القطر الاقتصادي لخطوط النقل بين الخزائين من علاقة فيبريت:

$$D = 1.456 * \left( \frac{n * Pr}{f} \right)^{0.154} * Q^{0.46} \quad (3-9)$$

مع العلم أنَّ:

▪  $Q$  : الغزارة (m<sup>3</sup>/sec) .

▪  $Pr$  : سعر الكيلو واط الساعي (S. P/kw.hr) .

- f: سعر الكيلوغرام الواحد من مادة أنبوب البولي إيثيلين (S.P/kg)
- n: عدد ساعات تشغيل المضخة في اليوم وتقدر ب (N/24)
- N: عدد ساعات الضخ.
- الثابت: 1.456 هو معدل الاستهلاك كنسبة 8% على مدى 50 عاماً.

#### - حساب الرفع الإجمالي للمضخة النقل:

يُحسب الرفع الإجمالي للمضخة من معرفة الرفع الستاتيكي (أبو حامد وزملاؤه، 2014) والضيعات الطولية والمكانية في كلا أنبوبي السحب والضخ، من ثم تطبيقها في العلاقة (3-10):

$$H_{tot} = H_{st} + H_z + H_{loss} \quad (3-10)$$

مع العلم أن:

- $H_{st}$ : الرفع الستاتيكي (m)
- $H_z$ : الضيعات الطولية في كلا أنبوبي السحب والضخ (m).
- L: طول الأنبوب (m)
- D: قطر الأنبوب (m)
- V: السرعة الوسطية لجريان الماء ضمن الأنبوب (m/sec)
- $g = 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ : تسارع الجاذبية الأرضية.
- $H_{loss}$ : الضيعات المكانية في أنبوب الضخ (m)

وتحسب الضيعات الطولية من العلاقة (3-11):

$$H_z = \frac{\lambda \cdot L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (3-11)$$

والضيعات المكانية من العلاقة الآتية:

$$H_{loss}=0.1H_z \quad (3-12)$$

1- حساب  $H_{st}$ :

إنَّ الرفع الاجمالي الهندسي بين السطح السائب للماء في خزان التحضير والسطح السائب للماء في خزان التجميع

هو  $H_{st}$  :

$$H_{st} = H_g + H_{dy} \quad (3-13)$$

مع العلم أنَّ:

▪  $H_g$  فرق المنسوب بين الخزائين (m)

▪  $H_{dy}$  فرق المنسوب الديناميكي بين سطح الخزان وسطح الماء الموجود فيه (m)

2- -حساب  $H_z$ :

لحساب المفقودات الطولية في كلا أنبوبي السحب والضخ يجب حساب عدد رينولدز ثم حساب  $\lambda$ :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (3-14)$$

▪  $Re$ : عدد رينولدز.

▪  $V$ : السرعة الوسطية لجريان الماء ضمن الأنبوب (m/sec)

▪  $D$ : قطر الأنبوب (m)

▪  $\nu$ : اللزوجة الحركية ( $m^2/s$ )

ثم نقوم بتطبيق قانون بلازيوس لإيجاد قيمة  $\lambda$  إذ إنَّ الجريان مضطرباً - أملس هيدروليكيّاً كما يأتي:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{\frac{1}{4}}} \quad (3-15)$$

مع العلم أنَّ:

- $\lambda$ : معامل الاحتكاك
- $Re$ : عدد رينولدز.

### 3.7. حساب أقطار شبكة النقل: (العظمة، 1981)

نحسب القطر الاقتصادي من علاقة فيبرت الواردة مسبقاً ذات الرقم (9-3) ونتأكد من أن السرعة مطابقة

للشروط المفروضة من العلاقة (8-3) الواردة سابقاً.

### 3.8. أبعاد حوض الترسيب: (Soaded, 2019)

وهي أحواض مُنشأة من الخرسانة المسلحة المبطنة بمادة خاملة من مواد طلاء مقاومة للكلور، ومن ثم يُركب

السيراميك، ونهايةً تُجمع الحمأة ضمن أكياس متموضعة على محامل على أطراف الحوض.

ويصمم حوض الترسيب بالاعتماد على بارامترين أساسيين:

- التحميل السطحي الهيدروليكي  $q_A$

- ومدة المكث  $T_{Detention}$

هناك علاقة تربط بين هذين البارامترين كما يأتي:

$$q_A = \frac{Q_{sludge}}{A_{tank}} = \frac{V_s}{A_{tank} * T_{Detention}} \quad (3-16)$$

$$q_A = \frac{h}{T_{Detention}} \quad (3-17)$$

مع العلم أنَّ:

$$q_A : \text{التحميل السطحي الهيدروليكي } \left( \frac{m^3}{m^2.h} \right)$$

$$Q_{sludge} : \text{غزارة الحمأة في حوض الترسيب } \left(\frac{m^3}{h}\right)$$

$$T_{Detention} : \text{مدة المكث (h)}$$

$$A_{tank} : \text{مساحة حوض الترسيب } (m^2)$$

$$h : \text{ارتفاع الماء في حوض الترسيب (m)}$$

$$V_s : \text{سرعة الحمأة داخل حوض الترسيب (m/s)}$$

سُتحدد مدة المكث والتحميل السطحي بناءً على الكود الألماني للترسيب ، ومن العلاقات الواردة أعلاه سنحدد أبعاد حوض الترسيب.

### 3.9. دراسة تأثير المطرقة المائية: (زيدان، 2009)

سيتم دراسة المطرقة المائية في البحث لتأكد من وجود حاجة لوضع وسائل حماية للمنظومة عن عملها أو لا، إذ لوحظ في بعض المحطات أثر خطير للمطرقة المائية نجم عنه خروج المنظومة عن الخدمة، وإذا ما أردنا تعريف المطرقة المائية فيمكن تعريفها بأنها تلك الحادثة التي تجري في المجاري المغلقة حيث تتغير خواص التيار فيها بصورة مفاجئة نتيجة إغلاق أو فتح صمام أو تشغيل أو إيقاف آلة مائية أو تغيير سرعة دوران مضخة، مما يؤدي إلى حدوث تباطؤ أو تسارع في حركة السائل بسبب عطالته وهذا بدوره يؤدي إلى نشوء موجات ضغط موجبة أو سالبة تزيد أو تنقص من الضغط السكوني للسائل، ومنشأ هذه الموجات الضغطية هو التحول في القدرة الحركية للسائل إلى قدرة ضغط ساكن نتيجة توقفه المفاجئ وتكون عندها معادلة برنولي عاجزة عن حساب قيم الضغط والسرعة عبر مقاطع المجرى، والسبب الأساسي لتشكيل هذا الظاهرة في المنظومة هو حالات الفتح والغلق المتكررة على طول الخط، بالإضافة للتعامل مع مواد تحمل شوائب عالية الكثافة ضمنها.

وفي حال أكدت الدراسة الحاجة لاستخدام وسائل حماية فسنستخدم الوسيلة الآتية:

### 3.9.1. صمامات تنفيس الضغط:

تستخدم هذه الصمامات للحماية من موجات الضغط العالي عوضاً عن استخدام خزانات حماية أو خزانات ضغط، وذلك لوجود خزانات حماية عند مدخل محطة التحلية، والتي سيُنقل الماء المُحلى منها إلى خزانات التحضير. يحتوي صمام تنفيس الضغط بشكل عام على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض، أو بوساطة بوابة مثقلة بوزن خارجي فإذا زاد ضغط السائل الجاري في الناقل عن حد معين (يعاير الصمام عليه)، يتحرك عن ذلك المكبس أو البوابة فتتكشف الفتحة ويخرج السائل منها ويخف بذلك الضغط، يعود بعد ذلك المكبس أو البوابة إلى وضعها الأصلي بتأثير النابض أو الثقل، وفي حالة المنظومة المقترحة سنستخدم هذا النوع لتحرير الضغط من الشبكة (عند اللزوم).

### 3.9.2. طريقة الدراسة:

تُحسب سرعة انتشار موجة المطرقة المائية (موجة الضغط) في أنبوب من بالعلاقة:

$$\alpha = [(\rho/k) + (\rho \cdot D / (S_e \times E_p))]^{-0.5} \quad (3-18)$$

مع العلم أنَّ:

- $\rho$ : كثافة الماء (Kg/m<sup>3</sup>)
  - $K_c = 2 \times 10^9$ : عامل انضغاطية الماء (Kg/m<sup>2</sup>)
  - $D$ : قطر الأنبوب (m)
  - $S_e$ : ثخانة جدار الأنبوب الوسطية (m)
  - $E_p$ : معامل مرونة البولي إيثيلين (N/m<sup>2</sup>)
- تؤخذ الثخانة الوسطية  $S_e$  من جداول مواصفات البولي إيثيلين.
- $E_p = 2.3 \times 10^{11}$  (N/m<sup>2</sup>) معامل مرونة البولي إيثيلين.

ويعطى تغير الضغط في الأنبوب بالعلاقة:

$$\Delta P = \rho \cdot \alpha \cdot V = \gamma \cdot \alpha \cdot \frac{V}{g} \quad (3-19)$$

مع العلم أنَّ:

- $\alpha$ : سرعة انتشار الموجة (m/s)
- $\rho$ : كثافة الماء ( $\text{Kg/m}^3$ )
- $V$ : السرعة الاقتصادية في الأنبوب (m/s)
- $\gamma = 9810$ : الوزن النوعي للماء ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$ )
- $g$ : تسارع الجاذبية الأرضية ( $\text{m/s}^2$ )

ويكون الإجهاد المطبق على الأنبوب والناجم من تغير الضغط:

$$\sigma = R \cdot \frac{\Delta P}{S_e} \quad (3-20)$$

مع العلم أنَّ:

- $R = D/2$  نصف قطر أنبوب الضخ (m)
- $S_e$ : ثخانة جدار الأنبوب الوسطية (m)

يقارن إجهاد الشد الناتج  $\sigma$  مع إجهاد الشد المسموح به  $[\sigma]$  والذي يساوي بالنسبة للبولي إيثيلين المرن

( $[\sigma] = 8 \times 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)}$ ) فإذا تحققت المتراجحة الآتية:

$$\sigma < [\sigma] = 8 \times 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (3-21)$$

فهذا يعني أن الأنبوب يتحمل قوى الضغط المطبقة عليه وبالتالي لا ينهار.

### 3.10. الخلاصة:

شمل هذا الفصل وضع أسس لتصميم نموذج المنظومة إذ وضحنا العلاقات الضرورية كافة لحساب أجزاء المنظومة، ووضحنا الشروط اللازم توفرها في بيئة المكونات الأساسية للمنظومة، وسنوجد في الفصل الخامس القيم التصميمية المطابقة للحالة المدروسة.

## الفصل الرابع

### الدراسة التطبيقية والتصميمية والهيدروليكية لمحطة التعقيم المقترحة

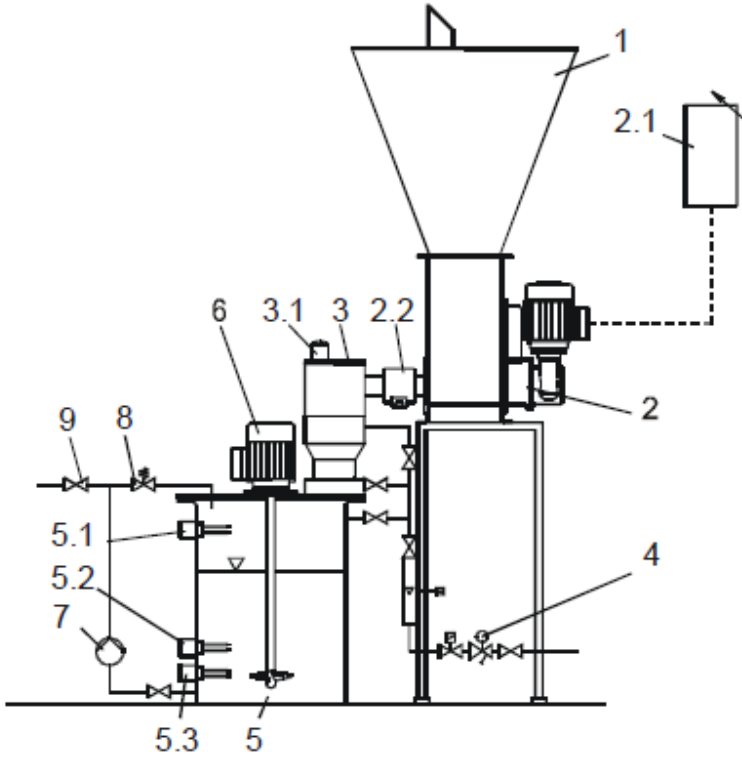
Applied, design and hydraulic study of the proposed disinfection plant

#### 4.1. تمهيد:

يتضمن هذا الفصل البنية التفصيلية لمنظومة تعقيم المياه مع شرح أجزاء المنظومة وآلية عملها، إضافة إلى ذكر البارامترات الحاكمة للمنظومة وشروط إنشاء محطات التعقيم، وشرح أثر المطرقة المائية في المنظومة، وكيفية التخلص منها، إضافة إلى تصميم المحطة بناءً على المعطيات التي تم الحصول عليها من مؤسسة المياه في مدينة دمشق وذلك بالاعتماد على العلاقات الواردة في الفصل الثالث.

#### 4.2. دراسة خصائص ومواصفات مكونات المنظومة:

نبدأ بأهم العناصر الواجب توفرها في مكونات المحطة، كما يبين الشكل (4-1)، إذ يوضح شرح مبسط للمنظومة الميكانيكية وأجزائها الأساسية:



1. فوهة التعبئة

2. المغذي الجاف

1.1. لوحة التحكم

1.2. فوهات التسخين

3. قمع

3.1. مقياس التحكم بالمستوى

4. خط تعبئة المياه

5. خزان التحضير

5.1. حساس المنسوب لأقصى ارتفاع مسموح للسائل

5.2. حساس المنسوب لأدنى ارتفاع مسموح للسائل

5.3. حساس مانع دوران على الناشف

6. الخلاط

7. مضخة النقل

شكل (4-1) توضع المغذي بالنسبة للمنظومة

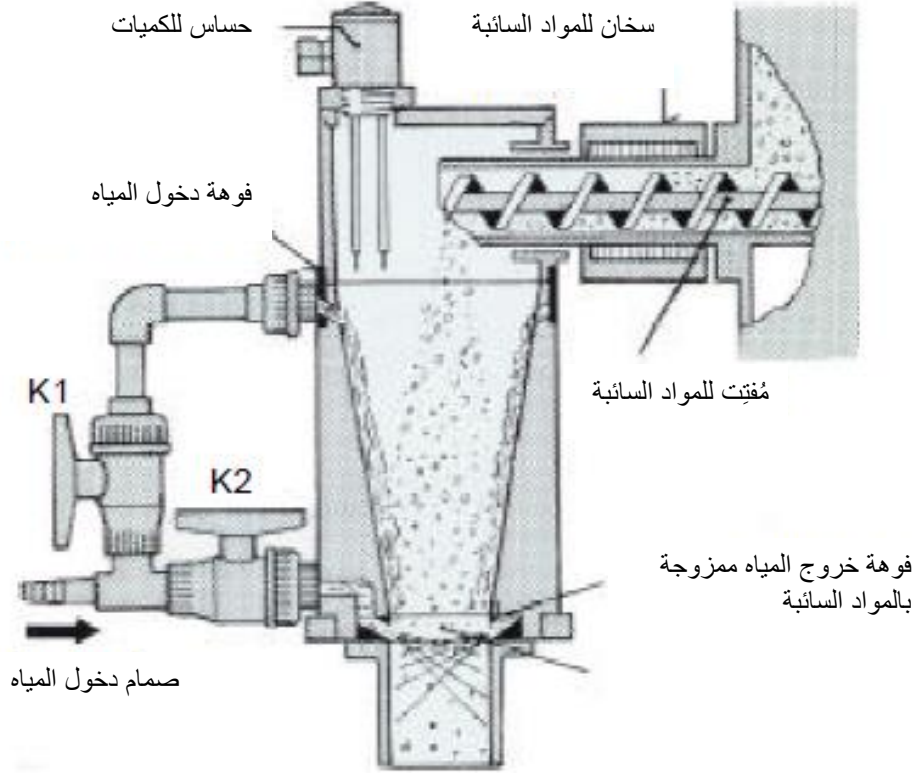
8. سكر التفريغ

9. سكر الإغلاق.

#### 4.2.1. المغذي الجاف (Dry feeders unit): (Soaded et al, 2019)

تستخدم المغذيات الجافة لتوفير قياس دقيق للمواد السائبة المطلوبة، يمكن قياس هذه المواد إذا كانت جزيئات المادة دقيقة مثل الغبار أو في شكل حبيبات أو رقائق أو ألياف قصيرة.

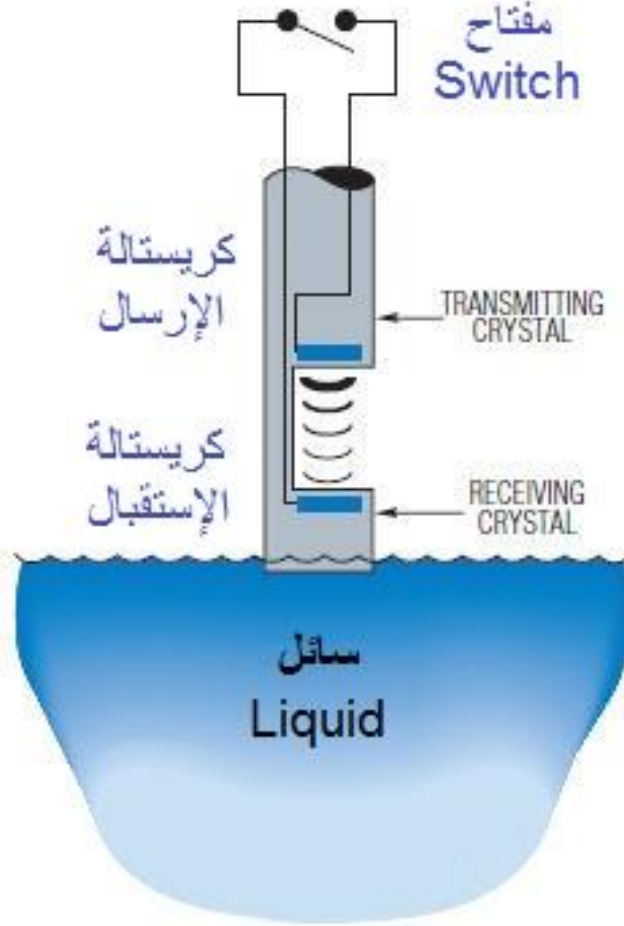
اخترنا المغذي الجاف ليكون من النوع الحجمي كما هو موضح بالشكل (2-4) والذي أستخدم في المنظومة المدروسة، وقد زُوِدَ المغذي بسخانات إذ إنَّ رطوبة الجو تنتقل إلى المواد السائبة فتصبح متكتلة ولزجة، ويصبح القياس الدقيق للكمية مستحيلاً، فتعمل فوهات التسخين على منع دخول كمية أكبر أو أقل من الهواء المحيط الرطب في وحدة التغذية الجافة.



شكل (2-4) المغذي الجاف في المنظومة

#### 4.2.2. مقياس التراسونيك لتحديد ارتفاع المياه داخل الخزانات: (Hauptmann, 2002)

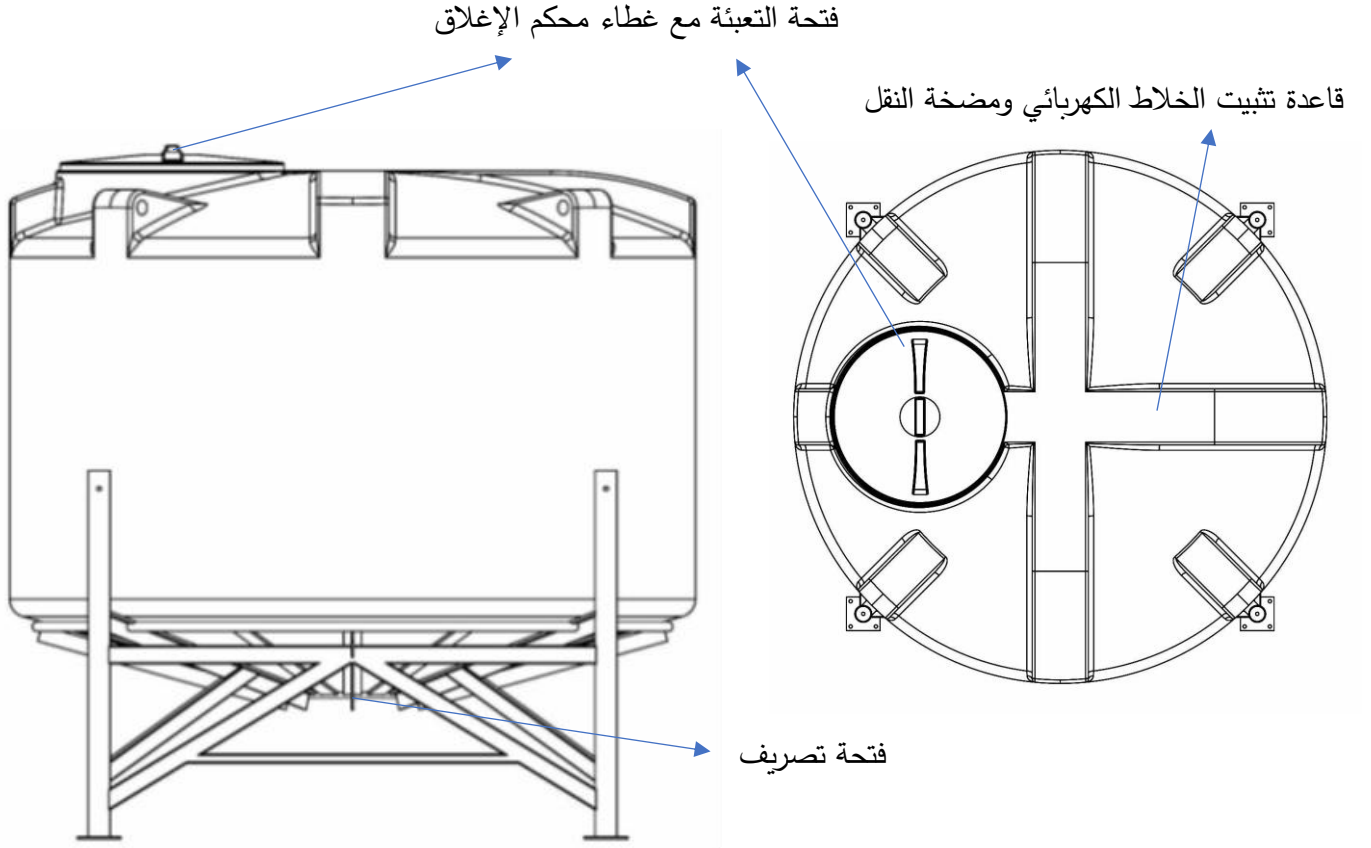
أجهزة الموجات فوق الصوتية التلامسية Ultrasonic Contact تعمل باستخدام قطعتي كريستال أو بمبدأ مرسل - مستقبل، إذ تُرود كريستالة الإرسال Transmit Crystal بنبضة كهربية عالية التردد (ما بين 1 إلى 3 ميجا هرتز) وبالتالي تُحوّل إلى موجات فوق صوتية تمر عبر الفجوة Sensing Gap إلى كريستالة الاستقبال، يُستخدم هذا الحساس بهدف قياس مستوى السائل ضمن الخزان بدون تدخل بشري، بسبب صعوبة القياس بالعين المجردة، ويُركب الحساس ضمن الخزان، وتُرسل رسالة الى لوحة التحكم من أجل معرفة المنسوب كما في الشكل أدناه (3-4):



شكل (3-4) مقياس الالتراسونيك (Hauptmann, L.W, 2002)

### 4.2.3. مواصفات خزان الخلط التحضير والتجميعي:

هو عبارة عن خزان مصنوع من مادة البولي أثيلين أسطواني الشكل مقعر من الأسفل على شكل مخروط، من أجل تسهيل عملية التخلص من الرواسب، مدرج ومزود بفتحة تعبئة مع غطاء محكم الإغلاق، ويحتوي في أعلاه على قاعدة تُثبت الخلط الكهربائي ومضخة النقل عليها، ويوجد في نهايته من الأسفل فتحة تصريف من أجل تفريغه أو التخلص من الرواسب التي سوف تتشكل فيه نتيجة عمليات التحضير كما هو موضح بالشكل (4-4) و الشكل (4-5) حيث يوضح الشكلان التصميم المنفذ على أرض الواقع والذي تم تصنيعه محلياً استناداً على تصميم يعود لشركة أجنبية (انظر الملحق رقم (1)) :



شكل (4-5) مسقط أمامي لخزان الخلط

شكل (4-4) مسقط أفقي لخزان الخلط

#### 4.2.4. خلاط كهربائي: (انظر الملحق رقم (2))

ويتألف الخلاط من الاجزاء الآتية كما هو موضح بالشكل (4-6):

1- محرك ثلاثي الطور متناوب يتصل مع محور الخلاط.

2- اتجاه الدوران.

3- وصلة تثبيت محور الخلاط مع المحرك.

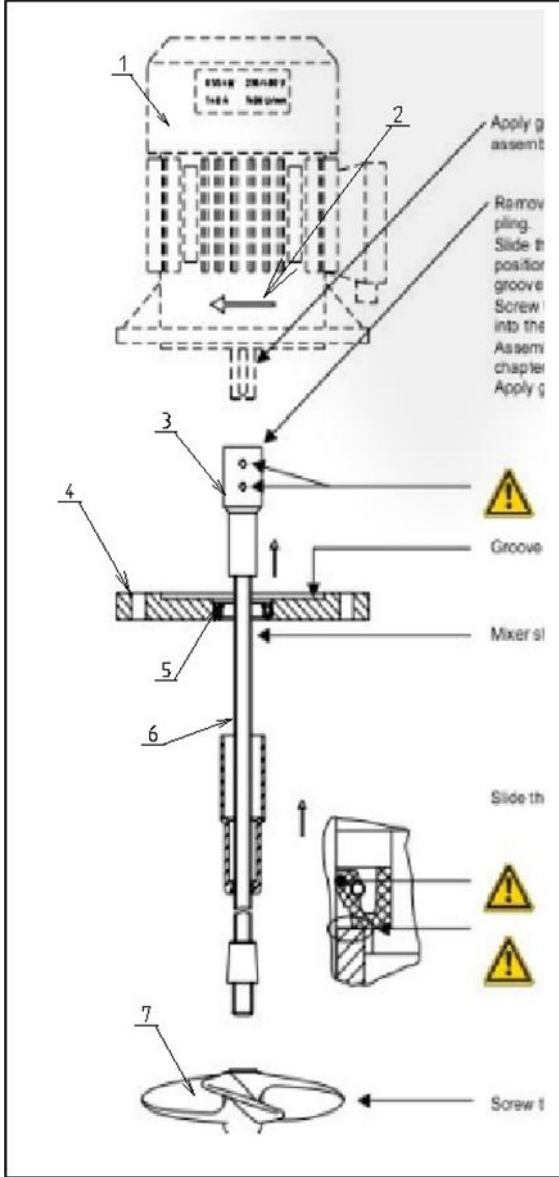
4- فلنشه مصنوعة من مادة البولييميد لتحمل وتثبت الخلاط مع الهيكل المعدني للوحدة، وتفيد بتخميد الاهتزاز وإعطاء قدرة تثبيت أكبر والنقل من مستوى الضجيج.

5- مانعة مرنة مصنوعة من مادة النفلون، من أجل ملء الفراغ بين محور الخلاط وفلنشه التثبيت وذلك لمنع أبخرة المحلول من الوصول إلى جسم المحرك ومحاور الدوران.

6- محور مصنوع من الستانلس ستيل المقاوم للصدأ ومغطى بمادة PVDF (Polyvinylidene fluoride) المقاومة للتآكل والمواد الكيميائية متصل مع المحور المحرك الكهربائي وظيفته نقل الحركة من المحرك إلى مروحة الخلاط.

7- مروحة الخلاط متصلة مع نهاية المحور وظيفتها تحريك السائل

وتشكل تيارات دورانية وهي مصنوعة من مادة PVDF المقاومة للتآكل والمواد الكيميائية ومجهزة بثلاث شفرات مصنوعة من المادة نفسها وملته



شكل (4-6) أجزاء الخلاط الكهربائي الأساسية

نحو اليسار من أجل خلط المواد دائماً باتجاه الاسفل ويوصى دائماً بأن يكون اتجاه دورانها من اليمين إلى اليسار مما يعطي ثباتاً واستقراراً أكبر وأيضاً تبقى دائماً بحالة شد على المحور وبالتالي تبقى متصلة به.

#### 4.2.5. مضخة نقل: (انظر الملحق رقم(3))

اسيتم اختيار وتركيب مضخة نابذة غاطسة متعددة المراحل كما في الشكل (4-7) إذ إنَّ هذا النوع مقاوم للمواد الكيماوية المستعملة، ويتميز هذا النوع بأنه سهل التركيب وتكون مجموعة (المحرك-المضخة) مثبتة على خزان التحضير بعيداً عن الأخطار المحتملة.



شكل (4-7) مضخة غاطسة

#### 4.2.6. شبكة نقل:

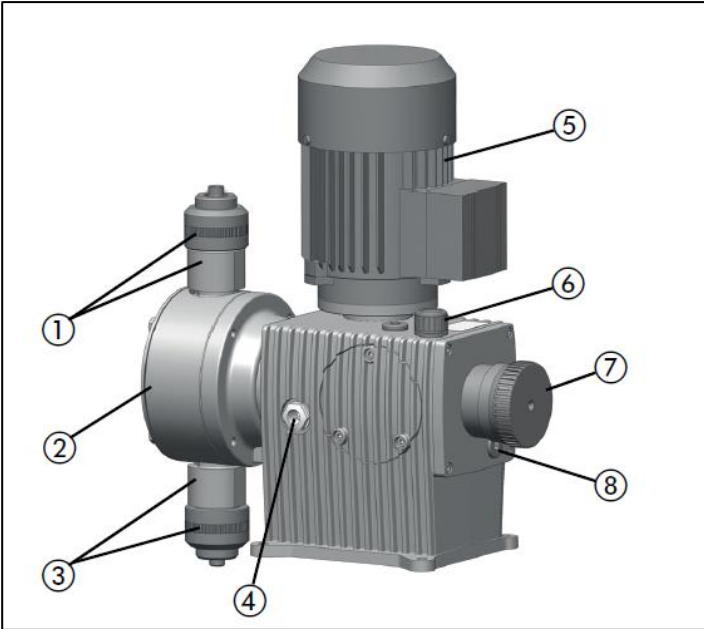
تُصنع الأنابيب عادةً من مواد مختلفة أهمها: الحديد المزيق - الفونت - البلاستيك ولكن لخاصية المواد الكيميائية التي تُقلُّ أُختيرت أنابيب البولي إيثيلين لتمييزها بثباتيتها اتجاه الكيماويات من دون أن يحدث فيها تآكلات وتسربات

عالية، إذ إنَّ البولي إيثيلين حامل كيميائياً بشكل أساسي فإن المنظومة لا تتآكل وتقاوم الكيماويات من التربة، بالإضافة لإحكامها ضد التسرب إذ تقوم وصلات اللحام بخلق منظومة متجانسة، حيث إنَّ اللحام المنصهر قوي كالأنبوب، ولذلك بخلاف نوع الوصلات الحلقية الأخرى أو منظومات الوصل الميكانيكية الأخرى، فإنه ليس هناك أي مخاطر من التسريب الناشئ من اهتراء الوصلة.

#### 4.2.7. مضخات حقن المواد الكيماوية: (انظر الملحق رقم (4))

هي مضخات حقن غشائية نبضيه تقوم بسحب المواد الكيماوية من خزان الكيماويات وتقوم بحقنها على خط التحضير أو الخزان بوساطة حاقن خاص، تقوم المضخة بحقن جرعات ثابتة يمكن التحكم بها بوساطة مفاتيح معايرة وذلك تبعاً لكمية الكيماويات المراد حقنها، كما يمكن ربط مضخات حقن الكيماويات بحساسات لقياس نسبة المواد الكيماوية ومقاييس تدفق ومتحكمات أخرى وذلك لضبط كمية ونسبة حقن المادة الكيماوية.

في المنظومة المقترحة، من أجل المحافظة على خصائص محلول هيبوكلوريت الصوديوم المُصنع لفترة طويلة وتحسين شروط تخزينه، سنحقن مادة رافعة للقلوية في أثناء نقل هيبوكلوريت الصوديوم من خزان التحضير إلى خزان التجميع بجرعات ثابتة ومستمرة، تتألف هذه المضخة من الأجزاء الرئيسية التالية الموضحة بالشكل (4-8):



1. صمام الدفع.
2. رأس مضخة الحقن (حامل الصمامات).
3. صمام السحب.
4. زجاجة رؤية مستوى زيت التشحيم.
5. محرك كهربائي.
6. فتحة تعبئة زيت التشحيم.

شكل (4-8) الأجزاء التفصيلية لمضخة الحقن

7. قرص تعديل حجم الجرعة (مفتاح التحكم بغزارة المضخة).

8. مصرف من أجل التخلص من زيت التشحيم القديم.

#### 4.2.8. حوض الترسيب: (Soaded et al, 2019)

هو وحدة صناعية تفصل السائل عن المواد الصلبة، اعتماداً على مبدأ الترسيب، يحجز حوض الترسيب المواد المعلقة القابلة للترسب (الحمأة)، ويعمل الاتساع العرضي للحوض على إبطاء سرعة الجريان، إلى نحو  $1.5 \text{ Cm/s}$  تبعاً لدرجة تلوث المياه ومدى جفاف الطقس.

يُسمى حوض الترسيب مروقاً أو حوض ترويق إذا زوّد بمكشطة أو آلات متحركة لإزالة المواد الصلبة، ولكن لم تقتض الحاجة في هذا البحث لاستخدام آلات كشط إذ استعيز عنها بأكياس تجفيف، ومن ثم تُنقل هذه الأكياس ومحتواها من كربونات الكالسيوم لاستثمارها في مصانع الأدوية.

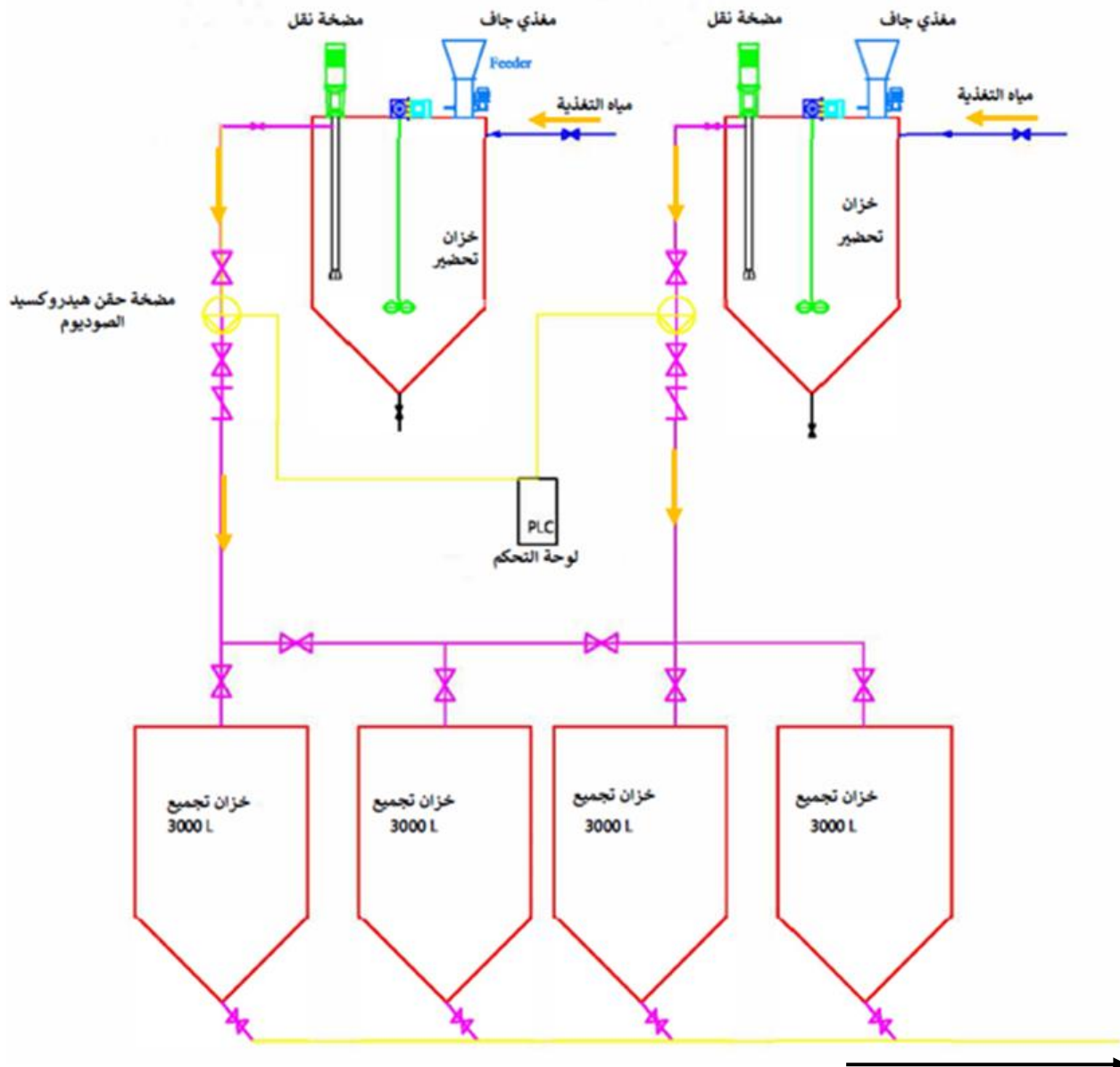
### 4.3. المذكرة الحسابية والحسابات التصميمية:

#### 4.3.1. غزارة المياه المراد تعقيمها:

تم تقدير غزارة المياه المراد تعقيمها في محطات ضخ (وادي مروان - نبع الفيحة - نبع بردى)

ب  $800,000 \text{ m}^3/\text{day}$ ، سنختار أجزاء المنظومة بحيث تُحضر الكمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم عن طريق

خزاني تحضير وكل خزان تحضير سيكون له خزاني ترسيب كما يوضح الشكل رقم (4-9):



الشكل (4-9) مخطط رمزي للمنظومة المقترحة

### 4.3.2. الجرعة التصميمية المطلوبة:

عدنا للمواصفات القياسية السورية واعتمدناها مرجعاً أساسياً في الدراسة وبناءً عليه حُددت الجرعة لتكون

1 PPM ويبين الجدول (4-1) أدناه البارامترات الأساسية لتصميم المنظومة:

الجدول (4-1) البارامترات الأساسية لتصميم المنظومة

| التسلسل | البارامتر                            | القيمة                | الوحدة                |
|---------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.      | غزارة المياه المراد تعقيمها          | 800,000               | (m <sup>3</sup> /day) |
| 2.      | الجرعة التصميمية المطلوبة            | 1                     | (PPM)                 |
| 3.      | كفاءة نظام التعقيم المقترح           | 50%-60% لمضخات الحقن  |                       |
| 4.      | اللزوجة الحركية لهيبوكلوريت الصوديوم | $1.25 \times 10^{-5}$ | (m <sup>2</sup> /s)   |
| 5.      | كثافة هيبوكلوريت الصوديوم            | $1.101 \times 10^3$   | (kg/m <sup>3</sup> )  |

### 4.3.3. الكمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم للحصول على عقامة تامة للمياه لخط تحضير

واحد: (Snowden-Swan et al, 1998)

تُحسب كمية هيبوكلوريت الصوديوم اللازمة لتعقيم المياه من العلاقة (3-1) الواردة في الفصل الثالث:

$$Q_{NaClO} = \frac{a * B}{1000} = \frac{1 * 16666.667}{1000}$$

$$Q_{NaClO} = 16.667 \left( \frac{Kg}{h} \right), \text{ of } 100\% Cl_2$$

$$Q_{NaClO} = \frac{16.667 \left( \frac{Kg}{h} \right) \text{ of } 100\% Cl_2}{0.08 \text{ (8\% NaClO Sodium Hypochlorite)}}$$

$$Q_{NaClO} = 208.33 \left( \frac{Kg}{h} \right), \text{ of Sodium Hypochlorite}$$

$$Q_{NaClO} = 189.2 \text{ [l/h]}$$

#### 4.3.4. الغزارة التصميمية، تصريف وسرعة مضخة الحقن لخط تحضير واحد:

(Snowden-Swan et al, 1998)

ستقوم المضخة بحقن كمية محددة من هيدروكسيد الصوديوم لتحقيق pH يتراوح بين 13-14 لهيبوكلوريت الصوديوم

المنتج وذلك لضمان عدم تفككه في أثناء نقله وتخزينه.

وبالعودة للمواصفات القياسية العالمية لهيبوكلوريت الصوديوم المخصص للنقل كانت قيمة هيدروكسيد الصوديوم

الواجب إضافتها تتراوح 0.01-0.05 mg/l وأختير التركيز 0.05 بناءً على التجربة التي قمنا بها في أثناء التحضير،

وبناء عليه حُدّد أقصى إنتاج للمضخة من العلاقة (2-3):

$$Q_1 = \frac{V_{NaClO} * NaOH \text{ Dosage (PPM needed)}}{C\% * x * 1000}$$

مع العلم أن:

- $V_{NaClO}$ : حجم هيبوكلوريت الصوديوم في خزان الترسيب قدر بـ 3000 L
- $NaOH \text{ Dosage (PPM needed)}$ : جرعة هيدروكسيد الصوديوم اللازم إضافتها لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم (ppm) تقدر بـ 0.05 بناءً على التجربة التي قمنا بها في أثناء التحضير
- C%: تركيز NaOH يقدر بـ 50% تبعاً للتركيز المتوفر بالسوق المحلية.
- $x$ : الكثافة النوعية لمادة NaOH وحددت بـ  $2.130 * 10^3 \text{ kg/m}^3$

$$Q_1 = \frac{3000 * 0.05}{0.5 * 2130 * 1000}$$

ومنه حجم الاستهلاك الساعي لـ NaOH:

$$Q_1 = 1.4 * 10^{-4} \text{ [L/h]}$$

وبذلك أختيرت المضخة لتعمل بغزارة  $2 \text{ L/h}$  وهي أصغر غزارة متوفرة بالسوق المحلية لمضخات الحقن، حُددت سرعة المضخة لتكون  $20 \text{ pulse/s}$ ، على الرغم من أنه يجب أن تكون السرعة أعلى من  $50 \text{ pulse/s}$  ولكن هذه أصغر مضخة متواجدة بالسوق المحلية ولم نستطع تغييرها، وتم تحديد الغزارة بـ  $50 \text{ (L/h)}$  وذلك لضخ الكمية المناسبة لخزاني الترسيب خلال نصف ساعة وبالتعويض بالعلاقة (3-3) :

$$Q_{NaOH} = \xi \% * Str \% * LPH \max$$

$$Q_{NaOH} = 0.2 * 0.5 * 2 = 0.2 \text{ [L/h]}$$

#### 4.3.5. أبعاد خزان التحضير: (Soaded et al, 2019)

صُمم الخزان ليتسع كمية كافية لعمل نصف يوم ويحسب حجمه من العلاقة (3-4) الواردة في الفصل الثالث:

$$V_{Pr} = \frac{Q_{NaClO} * 12}{1000}$$

$$V_{Pr} = \frac{189.2 * 12}{1000} = 2.27 \text{ [m}^3\text{]}$$

ومنه يكون حجم الخزان  $2.27 \text{ m}^3$ .

ثم أختير الخزان بسعة أكبر من الكمية المطلوبة وذلك لأسباب عديدة:

1- سترسب الحمأة في الخزان بناءً على تجربة الترسيب التي قمنا بها، إذ إنَّ كل  $1 \text{ m}^3$  سترسب منه حمأة تشغل

10 % من حجم الخزان.

2- الحاجة لترك فراغ هوائي ضمن الخزان لسهولة عملية الخلط والتعبئة.

3- حجم المواد المضافة (المواد الأولية).

بناءً عليه اخترنا حجم الخزان ليكون  $3 \text{ m}^3$ ، كما سٌجهز خزانين للتحضير و4 خزانات للترسيب سعة كل منهم  $3 \text{ m}^3$ .

ومن ثمَّ حددنا أبعاد الخزان كالاتي:

- القطر:  $1.9 \text{ m}$ .
- ارتفاع الاسطوانة:  $1 \text{ m}$ .
- ارتفاع المخروط:  $0.5 \text{ m}$ .

#### 4.3.6. حجم المغذي الجاف: (Soaded et al, 2019)

أُختير المغذي الجاف بناءً على الكمية المراد تحضيرها كالتالي:

1. نقوم بحساب كمية المواد الواجب إضافتها من هيبوكلوريت الكالسيوم من العلاقة (3-5):

مع العلم أنَّ:

- $m$ : كمية المواد الواجب إضافتها من هيبوكلوريت الكالسيوم (Kg)
  - $\check{C}$ : تركيز المحلول المراد تحضيره من هيبوكلوريت الصوديوم وتم التصميم على أن يكون 8%.
  - $V_{Pr}$ : حجم خزان التحضير (3000 L)
  - $\bar{I}$ : نسبة تركيز المادة الفعالة من هيبوكلوريت الكالسيوم وفقاً لنشرة مواصفات المادة المتوفرة بالسوق المحلية
- حُدثت لتكون: 65%.

$$m = \frac{\check{C} * V_{Pr}}{\bar{I} * 100}$$

$$m = \frac{8 * 3000}{0.65 * 100}$$

$$m = 369.2[\text{Kg}]$$

وبما أن المعادلة النازمة للإنتاج تتمثل كالآتي حيث تم ذكرها في الفصل الثاني عند رقم (2-3):



فكانت الكمية اللازمة من كربونات الصوديوم مساوية لكمية هيبوكلوريت الكالسيوم المحسوبة؛ أي 369.2 Kg

أي يجب أن يكون المغذي قادراً على خلط 738.5 Kg من المواد الجافة، وبالعودة لكتالوجات أفضل الشركات المصنعة

كانت مميزات المغذي كالتالي:

- أقصى تدفق للمواد الجافة: 3000 kg/h.

- أقصى تدفق للمياه: 2500 l/h.

#### 4.3.7. استطاعة الخلط وأبعاده: (Soaded et al, 2019)

حدد استطاعة الخلط بناءً على أبعاد خزان التحضير، بحيث حقق الخلط خلطاً بطيئاً للمواد لضمان ترسب

الجزئيات الكبيرة، وثُبت رأسياً عند ارتفاع 0.95 m من الخزان بناءً على التجربة المنفذة، بحيث تحقق عدم تحريك

للحمأة وترسيب مناسب للجزئيات ضمن الخزان، وثُبت الخلط في وسط خزان التحضير مع ألواح جانبية كما يوضح

الشكل (4-10):



الشكل (4-10) التثبيت الرأسي للخلاط ضمن خزان التحضير

#### مواصفات المحرك :

- مروود المحرك الكهربائي أكبر من 80 %.
- الاستطاعة الكهربائية 0.75 kW
- تغذية ثلاثية الطور 50 HZ
- درجة العازلية F (أي يتحمل حتى درجة حرارة 120 °C)
- سرعة الدوان: 1500 - 1800 r.p.m مع العلم أن الخلاط مزود بعلبة سرعة تخفض سرعة الخلط من 1800 r.p.m إلى 100-150 r.p.m علماً أن السرعة المفضلة للخلط في هكذا نوع من التحضيرات الكيميائية تتراوح بين 100-150 r.p.m .

#### 4.3.8. غزارة المضخة الغاطسة وضغطها وأنبوب النقل الخاص بها واستطاعة محركها:

(Hablanian, 2003)

حُدثت غزارة المضخة آخذين بالحُساب أن وظيفتها نقل محلول هيبوكلوريت الصوديوم من خزان التحضير إلى خزان التجميع خلال 15 دقيقة.

$$Q_{\text{tot}} = 14100 \text{ (L/h)}$$

$$Q_{\text{totI}} = 3.9 \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

وحُسِبَ قطر أنبوب الضخ اللازم للمضخة من خزان التحضير إلى خزان التجميع من العلاقة (3-6):

$$Q = V \times A = V \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

وأُختيرت السرعة ضمن المجال  $m/s$  (1÷2)، بحيث لا يحدث ترسب للجزيئات داخل الأنبوب في أثناء النقل، فكان قطر الأنبوب بالتعويض بالعلاقة (3-7):

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0039}{1.2 \times \pi}} = 0.064 \text{ [m]} = 64 \text{ (mm)}$$

وبالعودة لكتالوجات الشركة المصنعة: أُختير القطر  $75 \text{ (mm)}$  (انظر الملحق رقم (5)).

فكانت السرعة الوسطية في الأنبوب من التعويض بالعلاقة (3-8)

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0.0039}{\pi \times 0.075^2} = 0.88 \left(\frac{m}{s}\right)$$

يوضح الشكل (4-11) أنبوب الضخ للمضخة بعد التركيب في المحطة:



الشكل (4-11) أنبوب الضخ لمضخة النقل

#### 4.3.9. حساب القطر بالطريقة الاقتصادية لخطوط الضخ: (العظمة، 1981)

حُسب القطر الاقتصادي لخطوط النقل بين الخزائين من علاقة فيبريت (9-3):

$$D = 1.456 * \left( \frac{n * Pr}{f} \right)^{0.154} * Q^{0.46}$$

$$D = 1.456 \left( \frac{1 * 120}{5950} \right)^{0.154} \times 0.0039^{0.46}$$

$$D = 0.062 [m] = 62 (mm)$$

وبما أن القطر الأقرب في جداول الشركات المصنعة 63 mm فتم اختياره (انظر الملحق رقم (5)).

- حساب الرفع الاجمالي لمضخة النقل من العلاقة (3-10):

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{st}} + H_z + H_{\text{loss}}$$

3- حساب  $H_{\text{st}}$  :

تم حساب الرفع الستاتيكي من العلاقة (3-13) (أبو حامد وزملاؤه، 2014):

$$H_{\text{st}} = H_g + H_{\text{dy}}$$

$$H_{\text{st}} = 1 + 1 = 2 \text{ m}$$

4- حساب  $H_z$ :

لحساب  $H_z$  وجب حساب عدد رينولدز ثم حساب  $\lambda$ : (أبو حامد وزملاؤه، 2014)

حُسب عدد رينولدز بدايةً من العلاقة (3-14):

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

الأنبوب رقم (1):

$$Re = \frac{0.88 * 0.063}{1.25 * 10^{-5}} = 44352 > 2300$$

وبالتالي نوع الجريان مضطرب.

وبما أنَّ الجريان مضطرب- أُمس هيدروليكيًا كما أوضحت الشركة المصنعة، طُبِّقَ قانون بوازيل (3-15)

لإيجاد قيمة  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{\frac{1}{4}}}$$

$$\lambda = \frac{0.3164}{44352^{\frac{1}{4}}} = 0.0015$$

ثم عوضنا في العلاقة (3-11):

$$H_z = \frac{\lambda \cdot L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_z = \frac{0.0015 \cdot 3.5}{0.063} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9.81} = 0.004 (m)$$

ثم حسبنا الضياعات من العلاقة (3-12):

$$H_{loss} = 0.1 H_z \rightarrow H_{loss} = 0.1 \cdot 0.004 = 0.0004 (m)$$

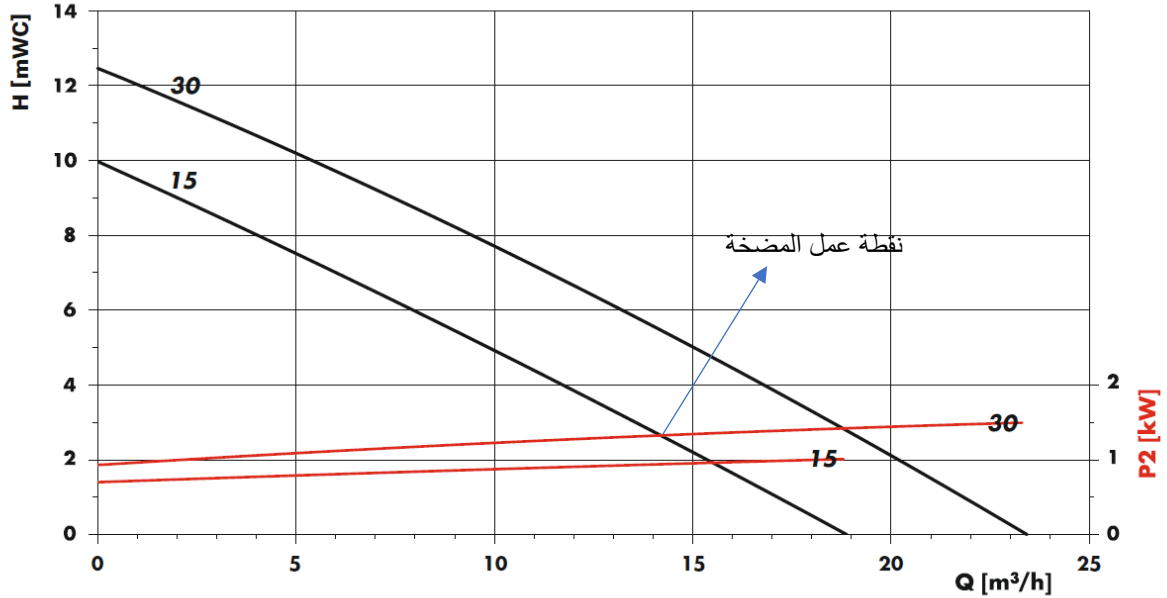
وبالتعويض بالعلاقة (3-10):

$$\Rightarrow H_{tot} = 2 + 0.004 + 0.0004 = 2.0044 (m)$$

وهو الرفع الإجمالي للمضخة الغاطسة في الخزان.

وبالعودة لنشرات أفضل الشركات المصنعة اعتمدنا المضخة ذات المنحني التالي إذ أُختيرَ الضاغط ليكون 2.4 m

و هو أقرب رفع متوفر في المضخات المتواجدة في السوق، والغزارة 14.1 m<sup>3</sup>/h كما يوضح الشكل (4-12):



الشكل (4-12) المنحني المميز للشبكة والمنحني المميز للمضخة ونقطة العمل لمضخة

#### 4.3.10. حساب استطاعة المضخة ومحركها الكهربائي:

من الشكل (4-12) كانت استطاعة المضخة 1.4 kw.

وبذلك أُختيرت استطاعة المحرك لتكون 2.2 kw حسب المتوفر بالسوق المحلية.

#### 4.3.11. حساب أقطار شبكة النقل: (العظمة، 1981)

##### 4.3.11.1. أنبوب التفريغ الخاص بالخران (أستخدم قطر أنبوب التفريغ نفسه للخرانات ال 6):

حسبنا القطر الاقتصادي من علاقة فيبرت بالتعويض بالعلاقة (3-9):

$$D_1 = 1.456 \left( \frac{1 \times 120}{5950} \right)^{0.154} \times 0.004^{0.46}$$

$$D_1 = 0.062 [m] = 62 (mm)$$

وبالعودة لنشرات الشركة المصنعة اعتمد القطر 63 mm.

وتأكدنا من أن السرعة مطابقة للشروط المفروضة من العلاقة (3-8):

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 * 0.004}{\pi * 0.062^2} = 1.3 \left( \frac{m}{s} \right) \quad (3-8)$$

ونلاحظ أنها ضمن الشروط.

##### 4.3.11.2. مجمع التفريغ الخاص بكل خزاني تجميع (استخدمنا قطر التفريغ نفسه للثلاث مجموعات):

يُحسب القطر الاقتصادي من علاقة فيبرت بالتعويض بالعلاقة (3-9):

$$D_2 = 0.075 [m] = 75 (mm)$$

وبالعودة لنشرات الشركة المصنعة أعتمد القطر 75 mm.

تُأكد من أن السرعة مطابقة للشروط المفروضة من العلاقة (3-8):

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 * 0.0058}{\pi * 0.075^2} = 1.3 \left(\frac{m}{s}\right)$$

وجد أن السرعة مقبولة، بعدها وصلنا الأنابيب إلى خزان التجفيف (الترسيب)، الذي سيحسب في الفقرة القادمة.

#### 4.3.12. أبعاد حوض الترسيب: (Soaded et al, 2019)

صُمم حوض الترسيب بالاعتماد على بارامترين أساسيين:

- التحميل السطحي الهيدروليكي  $q_A$

- ومدة المكث  $T_{Detention}$

والعلاقة التي تربط بين هذين البارومتريين كما هو موضح بالعلاقة (3-16) والعلاقة (3-17):

$$q_A = \frac{Q_{sludge}}{A_{tank}} = \frac{V_s}{A_{tank} * T_{Detention}}$$

$$q_A = \frac{h}{T_{Detention}}$$

وبناءً على الكود الألماني للترسيب وبما أن الحوض حوض ترسيب كيميائي، أُختيرت مدة المكث لتكون 0.8 h

$$\text{والتحميل السطحي } 2 \frac{m^3}{m^2.h}$$

ومنه للحصول على مساحة الحوض عوض في العلاقة (3-16) مع العلم أن غزارة الحمأة في حوض الترسيب

$$\text{تساوي } 23.8 \frac{m^3}{h} \text{ بناءً على التجربة التي تمت في محطة التصنيع:}$$

$$2 = \frac{23.8}{A_{tank}}$$

ومنه مساحة الحوض تكون:

$$A_{tank} = 11.9 m^2$$

وبذلك نختار أبعاد الحوض لتكون 3 m \* 4 m وبعمق 1.6 m.

### 4.3.13. دراسة تأثير المطرقة المائية: (زيدان، 2009)

#### 4.3.13.1. تأثير المطرقة المائية في أنبوب الضخ اللازم للمضخة من خزان التحضير إلى خزان التجميع

(قطر الأنبوب 63 mm)، وبالمثل في أنبوب التفريغ الخاص بالخزان، (قطر الأنبوب

:63 mm)

من جداول أنابيب البولي إيثيلين وجد أن:

$$S_e = 7.55 \text{ (mm)}$$

بالتعويض في العلاقة (3-18):

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{997}{2 \times 10^9} + \frac{997 \times 0.063}{0.00755 \times 2.3 \times 10^{11}}}} = 1367.592 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

ومن ثم بالتعويض في العلاقة (3-19) كان تغير الضغط نتيجة المطرقة المائية:

$$\Delta P = \rho \cdot \alpha \cdot V = \gamma \cdot \alpha \cdot \frac{V}{g}$$

$$\Rightarrow \Delta P = 997 \times 1367.592 \times 1.3 = 1772535.991 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)$$

وكان الإجهاد المطبق على الأنبوب والنتاج من تغير الضغط كما هو موضح بالعلاقة (3-20):

$$\sigma = R \cdot \frac{\Delta P}{S_e}$$

$$\Rightarrow \sigma = \left(\frac{0.063}{2 \times 0.00755}\right) \times (1772535.991) = 7395348.837 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)$$

بمقارنة إجهاد الشد الناتج  $\sigma$  مع إجهاد الشد المسموح به  $[\sigma]$  والذي يساوي بالنسبة للبولي إيثيلين المرن

$$\sigma < [\sigma] = 8 \times 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}, [\sigma] = 8 \times 10^6$$

وبالتالي الأنبوب يتحمل قوى الضغط المطبقة عليه وبالتالي لا ينهار.

يوضح الشكل (4-13) أنبوب التفريغ الخاص بخزان الترسيب الذي رُكِّب في المحطة:



الشكل (4-13) أنبوب التفريغ الخاص بخزان في محطة ضاحية قدسيا

**4.3.13.2. تأثير المطرقة المائية في مجمع التفريغ الخاص لكل خزاني تجميع، قطر الانبوب 75 mm:**

من جداول أنابيب البولي إيثيلين وجد أن:

$$S_e = 8.9 \text{ (mm)}$$

بالتعويض في العلاقة (3-18) :

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{997}{2 \times 10^9} + \frac{997 \times 0.075}{0.0089 \times 2.3 \times 10^{11}}}} = 1367.134 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

ومن ثم بالتعويض في العلاقة (3-19) كان تغير الضغط نتيجة المطرقة المائية:

$$\Delta P = \rho \cdot \alpha \cdot V = \gamma \cdot \alpha \cdot \frac{V}{g}$$

$$\Rightarrow \Delta P = 997 \times 1367.134 \times 1.3 = 1771942.377 \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

وكان الإجهاد المطبق على الأنبوب والناجم من تغير الضغط كما هو موضح بالعلاقة (20-3) :

$$\sigma = R. \frac{\Delta P}{S_e}$$

$$\Rightarrow \sigma = \left( \frac{0.075}{2 \times 0.0089} \right) \times (1771942.377) = 7466049.343 \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

بمقارنة إجهاد الشد الناتج  $\sigma$  مع إجهاد الشد المسموح به  $[\sigma]$  والذي يساوي بالنسبة للبولي إيثيلين المرن

$$[\sigma] = 8 \times 10^6$$

$$\sigma < [\sigma] = 8 \times 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

وبالتالي الأنبوب يتحمل قوى الضغط المطبقة عليه وبالتالي لا ينهار.

يبين الشكل (14-4) مجمع خزانات الترسيب الذي رُكِّب في المحطة:



الشكل (14-4) مجمع خزانات الترسيب في محطة ضاحية قدسيا

ويبين الجدول (2-4) أدناه مواصفات أجزاء المنظومة كاملة:

الجدول (2-4) مواصفات أجزاء المنظومة كاملة

| البند                                                                              | المواصفات                                                                        | الواحدة                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| الكمية المطلوبة من هيبوكلوريت الصوديوم للحصول على عقامة تامة للمياه لخط تحضير واحد | 187.689                                                                          | $\left(\frac{l}{h}\right)$                                |
| الغزارة التصميمية لمضخة الحقن لخط تحضير واحد                                       | 2                                                                                | $\left(\frac{l}{h}\right)$                                |
| حجم خزان التحضير                                                                   | 3                                                                                | $(m^3)$                                                   |
| غزارة المغذي الجاف                                                                 | أقصى قيمة للغزارة المواد الجافة:<br>3000<br>أقصى قيمة لغزارة مياه الخلط:<br>2500 | $\left(\frac{kg}{h}\right)$<br>$\left(\frac{l}{h}\right)$ |
| استطاعة الخلاط                                                                     | 0.75                                                                             | [kW]                                                      |
| مواصفات المضخة الغاطسة                                                             | $Q_{tot}= 15$<br>$H= 3$<br>$P= 2.2$                                              | $(m^3/h)$<br>$(m)$<br>$(kw)$                              |
| أبعاد حوض الترسيب                                                                  | عرض: 3<br>طول: 4<br>عمق: 1.6                                                     | $(m)$                                                     |

## 1.6. الخلاصة:

شمل هذا الفصل على توصيف آلية عمل النموذج التصميمي للمنظومة المقترحة، إذ أُختيرت العناصر لتتناسب مع الوظيفة المخصصة لها بالشكل الأمثل، آخذين بالحسبان طبيعة المواد التي سنصنعها، مراحل التصنيع، والشروط الجوية والداخلية التي سيتم ضمنها عملية التحضير، واتخاذ إجراءات احتياطية في أثناء التصميم لضمان عمل المحطة باستمرار في حال تعطل أحد أجزائها، كما حسبنا المنظومة عددياً مع تحديد المواصفات الهندسية والاستثمارية الأساسية للمنظومة بغاية الوصول إلى التصميم النهائي وتنفيذ المنظومة بناءً عليه.

## الفصل الخامس

### دراسة وثوقية عمل المنظومة

Study for the system's reliability work

## 5.1. تمهيد:

نستعرض في هذا الفصل الجانب التجريبي الذي أنجز في هذه الدراسة، إذ أُجريت تجربة لمعايرة هيبوكلوريت الصوديوم المُحضر بدايةً، وتأكداً من أنه مطابق للمواصفات القياسية السورية والعالمية، ومن ثم أُجري تجربة لبيان الأثر التعقيمي للمُعقم المُحضر على ثلاث عينات للماء الخام من ثلاث محطات الضخ وهي على التوالي، محطة ضخ وادي بردى، وادي مروان، نبع الفيحة وأخيراً التجربة الثالثة التي دُرِس فيها تأثير الزمن على بارامترات المياه الخام بعد التعقيم وتمت التجارب الثلاث بالشروط الآتية:

باستخدام المقاييس الآتية:

- مقياس درجة الحرارة: تبلغ دقته  $0.5 \pm C^\circ$
- مقياس الرقم الهيدروجيني pH تبلغ دقته: 0.01 pH
- مقياس العكارة تبلغ دقته:  $2 \pm \%$  من القراءة عندما تكون قيمة عكارة السائل المُختبر 0.02 NTU
- $5 \pm \%$  NTU من القراءة عندما تكون قيمة عكارة السائل المُختبر 1000 NTU

أُستخدم هيبوكلوريت الصوديوم بالمواصفات الآتية الموضحة بالجدول (1-5) في التجربة الثانية والثالثة:

الجدول (1-5) مواصفات هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم في تجربة التعقيم

| رقم العينة | pH    | درجة الحرارة (c°) | عكارة (NTU) |
|------------|-------|-------------------|-------------|
| 1          | 12.63 | 20.31             | 37.6        |

## 5.2. تجربة تحضير هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع:

أُجريت هذه التجربة في الموقع المنفذ في ضاحية قدسيا، حيث تم تحضير عينتين، تم استخدام الكميات الآتية لتحضير كل عينة في خزان تحضير خاص بها:

- استخدمنا 360 kg من هيبوكلوريت الكالسيوم (سعة كل حاوية 45kg) أي استخدمنا 8 حاويات.
- استخدمنا 375 kg من كربونات الصوديوم (سعة كل حاوية منها 25 kg) أي استخدمنا 15 حاويات.

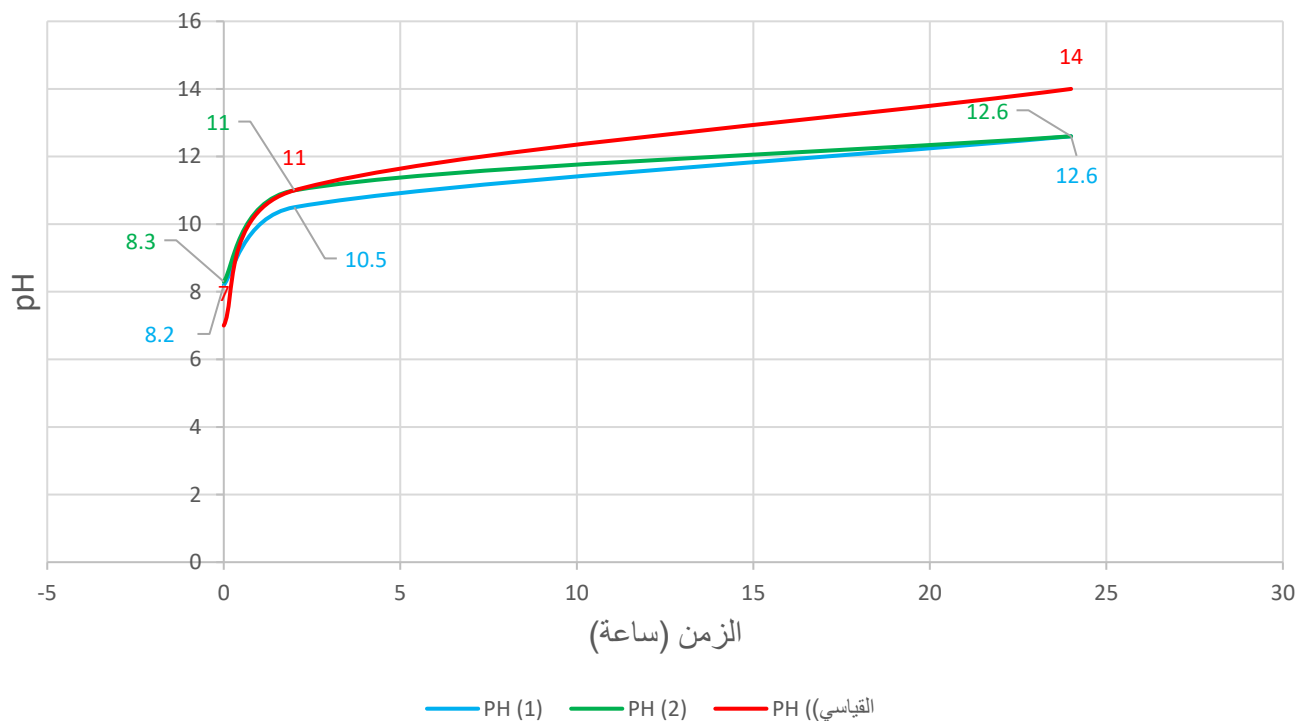
وبما أن الحاويات مختومة، وفي حال استعمال الحاوية لا بدّ من استعمالها كاملة وإلا ستعرض المادة الكيميائية المحتواة فيها للضرر، كنا ملزمين باستخدام هذه الكميات من المادتين، علماً أنّ هذه الكميات قريبة للكميات التي وجب إضافتها وفقاً للدراسة العددية.

ثم تم الخلط البطيء لمدة 7h بعد ذلك رقدنا المنتج أولاً لمدة 12h، ثم نقلناه لخزان التجميع ورقدناه لمدة 24h وأخذت النتائج كما هو موضح بالجدول (5-2) على الشكل التالي:

الجدول (5-2) نتائج تجربة التحضير لعينتين تم تمثيلهما بالعينة الأولى والعينة الثانية:

| اسم العينة     | حالة العينة                                        | pH   | درجة الحرارة (c°) | عكارة (NTU) |
|----------------|----------------------------------------------------|------|-------------------|-------------|
| العينة الأولى  | قبل البدء                                          | 8.2  | 20.6              | 0.22        |
| العينة الأولى  | بعد 2 ساعة من الخلط (أثناء التحضير)                | 10.4 | 26.3              | <4000       |
| العينة الأولى  | بعد النقل لخزان التجميع وترسيب العينة لمدة 24 ساعة | 12.6 | 21                | 10.52       |
| العينة الثانية | قبل البدء                                          | 8.3  | 19.9              | 0.22        |
| العينة الثانية | بعد 2 ساعة من الخلط (أثناء التحضير)                | 10.9 | 28.5              | <4000       |
| العينة الثانية | بعد النقل لخزان التجميع وترسيب العينة لمدة 24 ساعة | 12.6 | 21.2              | 12.6        |

رُسمت منحنيات تمثل سلوك المحلول في أثناء عملية التحضير تبعاً لكل بارامتر من القيم في الجدول السابق، إذ يوضح الشكل (5-1) سلوك الرقم الهيدروجيني للمياه في أثناء عملية التحضير، فقد لوحظ ارتفاع قيمة pH بشكل حاد في أثناء التحضير، وذلك نتيجة تفاعل هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم اللذين ينحلان بالماء معطين وسطاً قلوياً بينما كان ارتفاع pH خطي في أثناء عملية الترقيد وذلك نتيجة استقرار تفاعل الجزيئات.

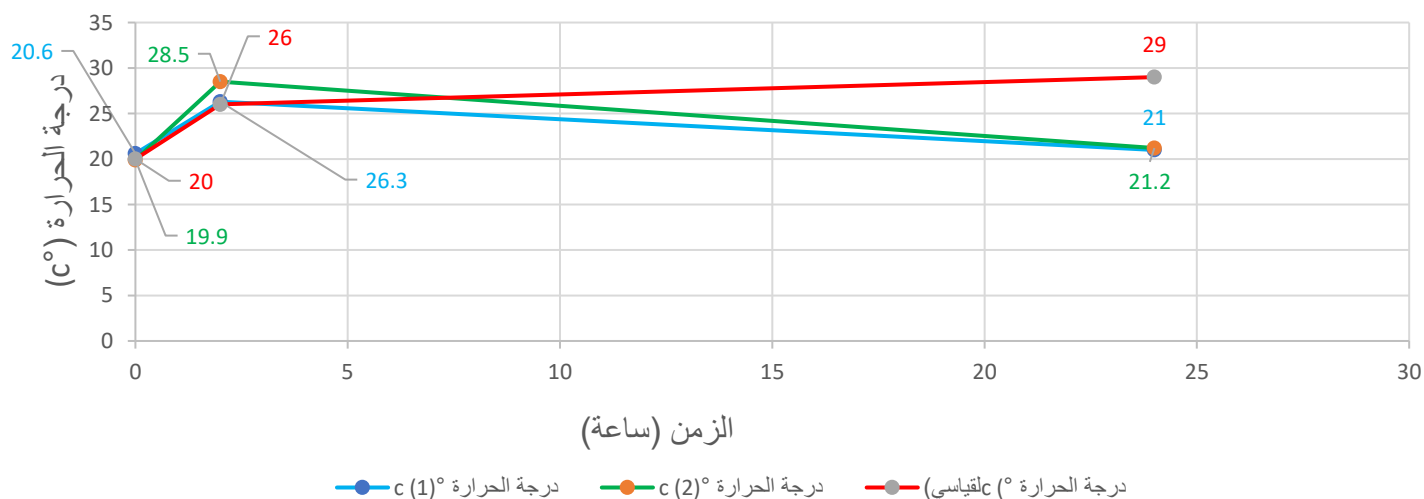


الشكل (5-1) تغير الرقم الهيدروجيني مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم في أثناء التحضير

بينما لوحظ عند دراسة العينات ارتفاع بسيط في درجة الحرارة، وذلك نتيجة تفاعل هيبوكلوريت الكالسيوم الذي ينحل

ناشراً للحرارة في أثناء عملية الخلط، تلاه انخفاض خطي لدرجة الحرارة وذلك نتيجة تأثير الوسط المحيط في أثناء

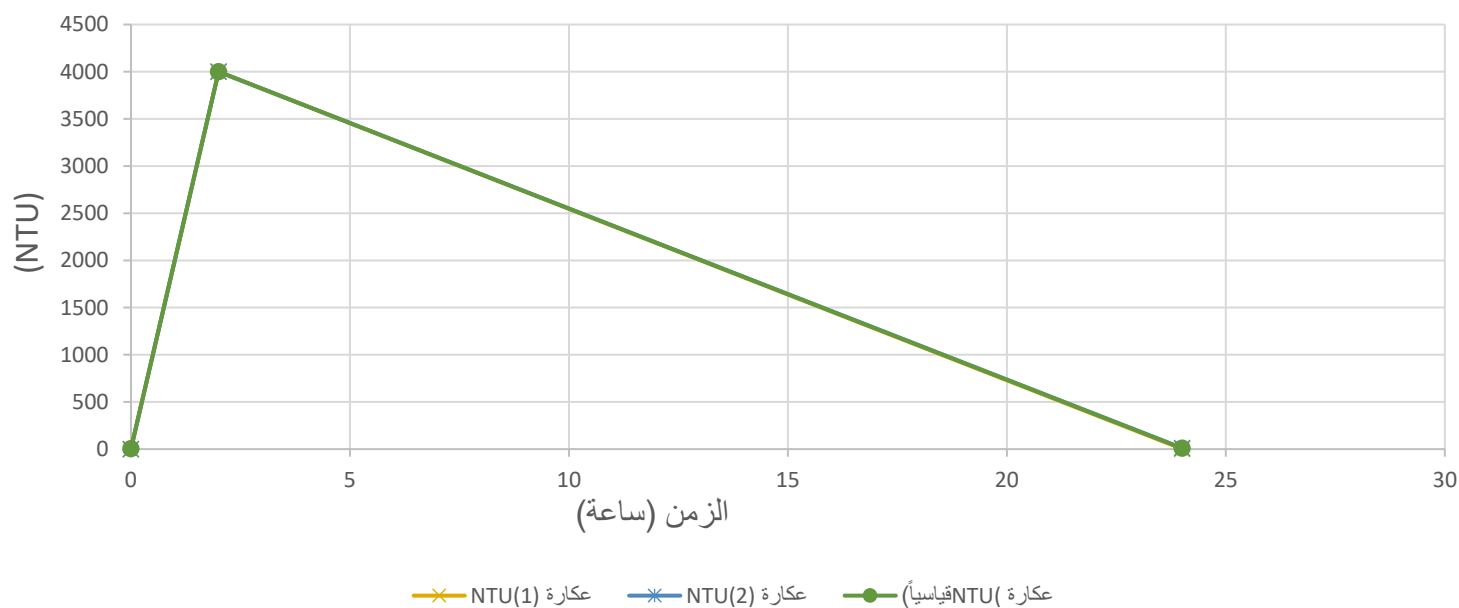
عملية الترسيب، كما هو مبين في الشكل (5-2):



الشكل (5-2) تغير درجة الحرارة مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم أثناء التحضير

وعند دراسة قيم العكارة في أثناء عملية التحضير لوحظ ارتفاع حاد وذلك نتيجة التفاعل وإضافة مواد صلبة إلى وسط مائي إذ لم يستطع مقياس العكارة قراءة القيمة لوجودها خارج مجال قياسه ومن ثم عند الترسيب انخفضت العكارة لقيم قريبة من القيمة القياسية، كما نلاحظ انطباق الخطوط الثلاث لتظهر كأنها خط واحد كما يوضح الشكل

(5-3):



الشكل (5-3) تغير العكارة مع الزمن لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم أثناء التحضير

### 5.3. تجربة تعقيم المياه في محطة ضخ وادي مروان ومحطة ضخ نبع بردى ومحطة

#### ضخ منظومة النبع:

تُحدد فاعلية المنظومة الميكانيكية المُصممة من خلال تقييم نتائج المعقم المُنتج، وتحديد أثره في القضاء على المستعمرات الجرثومية في المياه المراد تعقيمها، وذلك من خلال تحليل المياه المُعقمة بعد التعقيم والتأكد من أنها صالحة للشرب مقارنةً مع المواصفات القياسية السورية، بالإضافة لمقارنة مواصفات المياه قبل التعقيم وبعده، وملاحظة الأثر الذي يتركه هيبوكلوريت الصوديوم المنتج في المياه، كذلك بيان مقارنة الكفاءة الاقتصادية للمنظومة مقارنة بالنظم الأخرى.

تم في هذه التجربة أخذ ثلاث عينات من ثلاثة مواقع ضخ حيوية في دمشق متمثلة بـ:

- محطة ضخ وادي مروان.
- محطة ضخ نبع بردى.
- محطة ضخ منظومة النبع (الفيجة).

وتم اجراء التجربة على هذه العينات في مخبر كلية العلوم بجامعة دمشق - قسم النبات، إذ تم تخفيف هيبوكلوريت الصوديوم المُحضر في الموقع لاستعماله في تعقيم العينات:

حيث وضع 2 ml من هيبوكلوريت الصوديوم المُحضر تركيز 7.5% مع 300 ml من الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة، ومن ثم تم تعقيم العينات سالفة الذكر بإضافة 2ml من المحلول المخفف لكل 300 ml من كل عينة وبذلك كان تركيز هيبوكلوريت الصوديوم المضاف 1 PPM.

وتتوضح نتائج التجربة كالتالي كما هو موضح بالجدول (3-5):

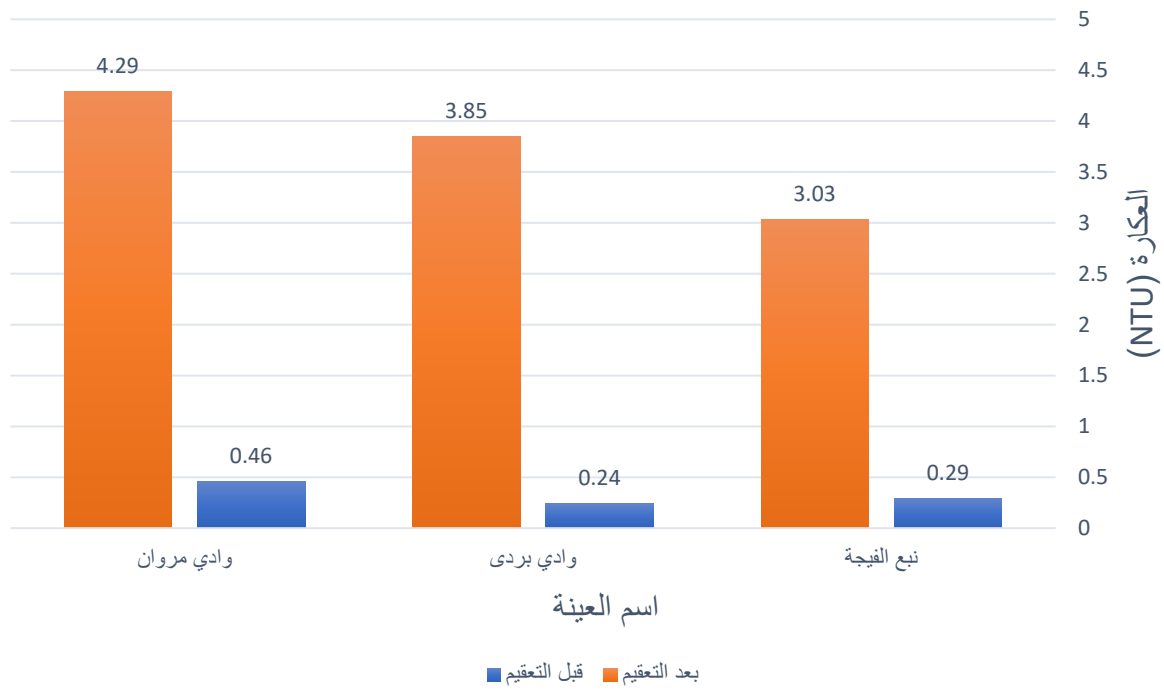
الجدول (3-5) نتائج العينات الثلاث قبل وبعد التعقيم لهيبوكلوريت الصوديوم

| الحالة            | نوع الفيحة           | وادي بردى           | وادي مروان           |
|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| قيم العكارة (NTU) |                      |                     |                      |
| قبل التعقيم       | 0.29                 | 0.24                | 0.46                 |
| بعد التعقيم       | 3.03                 | 3.85                | 4.29                 |
| قيم pH            |                      |                     |                      |
| قبل التعقيم       | 8.76                 | 8.86                | 8.69                 |
| بعد التعقيم       | 8.98                 | 8.9                 | 8.96                 |
| درجة الحرارة (C°) |                      |                     |                      |
| قبل التعقيم       | 12.7                 | 10.5                | 15.2                 |
| بعد التعقيم       | 12.9                 | 12                  | 15.6                 |
| تعداد البكتريا    |                      |                     |                      |
| قبل التعقيم       | تعداد عام: 300       | تعداد عام: 200      | تعداد عام: 150       |
|                   | عصيات كولي فورم: 200 | عصيات كولي فورم: 50 | عصيات كولي فورم: 125 |
| بعد التعقيم       | 0                    | 0                   | 0                    |

نلاحظ أن قيمة العكارة قد ارتفعت عند إضافة هيبوكلوريت الصوديوم كما يظهر الشكل (4-5) ويُفسر ذلك

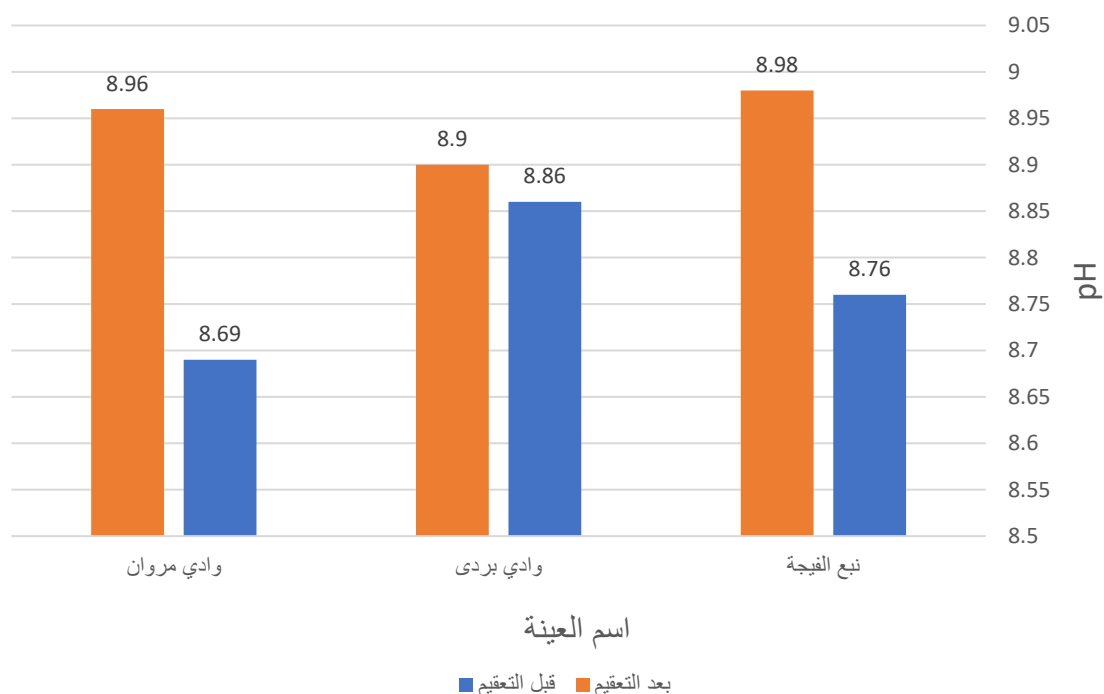
بتفاعل هيبوكلوريت الصوديوم مع الماء وإنتاج حمض الهيبوكلوراس وبالرغم من ذلك الارتفاع في قيمة العكارة إلا أنها

لا زالت ضمن مجال قيم المواصفات القياسية السورية.



الشكل (4-5) مقارنة قيم العكارة قبل وبعد التعقيم

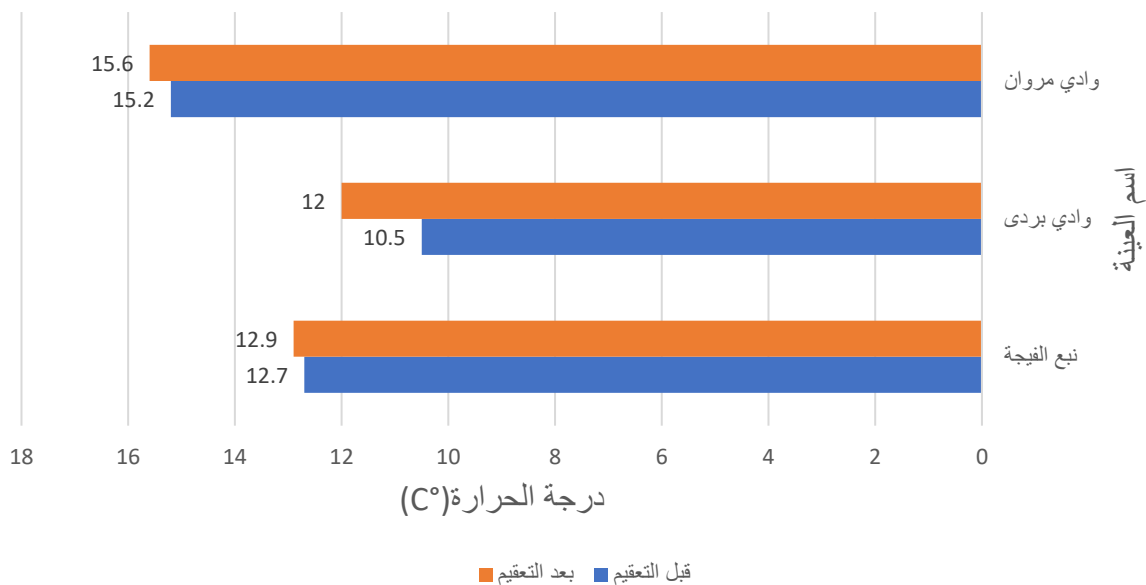
كما نلاحظ ارتفاع دالة الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة هيبوكلوريت الصوديوم إلى الماء المعقم في العينات الثلاث كما يظهر الشكل (5-5)، إذ إنَّ وجود محلول مائي من الهيبوكلوريت بتركيز (0.01N) يعطي قيمة pH (9.7) كما يعزى سبب القلوية بعد التفاعل نتيجة تشكل هيدروكسيد الصوديوم مقابل جزيئة واحدة من حمض كلور الماء الناتج عن تفكك حمض الهيبوكلوراس.



الشكل(5-5) مقارنة قيم ال PH قبل وبعد التعقيم

نلاحظ في الشكل (5-6) ارتفاعاً طفيفاً في درجة الحرارة يكاد لا يذكر ويعود سبب ذلك لضالة كمية المادة

المُعقمة المضافة مقارنة بكمية الماء المُعقم:



الشكل (5-6) مقارنة قيم درجة الحرارة قبل وبعد التعقيم

#### 5.4. تجربة دراسة تأثير المُعقم في البارامترات الأساسية للماء المُعقم خلال فترة زمنية

مقدراها 30minute:

درسنا في هذه التجربة تأثير المُعقم في البارامترات الأساسية للماء المُعقم خلال فترة زمنية مقدراها

30minute وهي الفترة اللازمة للقضاء على الأحياء الدقيقة باستخدام الشروط نفسها التي طُبقت في التجربة السابقة

وكانت النتائج كما يوضح الجدول (4-5):

الجدول (4-5) تأثير المُعقم على عكارة الماء المُعقم خلال فترة زمنية مقدراها 30minute

| وادي مروان | وادي بردى | نبح الفيحة |                |
|------------|-----------|------------|----------------|
| 0.46       | 0.24      | 0.29       | عند الدقيقة 0  |
| 2.01       | 1.41      | 2.24       | عند الدقيقة 5  |
| 1.64       | 1.05      | 1.68       | عند الدقيقة 10 |
| 1.38       | 0.95      | 1.55       | عند الدقيقة 15 |
| 1.53       | 0.99      | 1.37       | عند الدقيقة 20 |
| 1.57       | 0.96      | 1.44       | عند الدقيقة 25 |
| 1.11       | 0.86      | 0.99       | عند الدقيقة 30 |

نلاحظ من الجدول السابق أن العكارة انخفضت بازدياد الزمن إذ بلغت قيمتها بعد خمس دقائق من إضافة

هيبوكلوريت الصوديوم 2.24 NTU لعينة نبح الفيحة و 1.14 NTU لعينة وادي بردى و 2.01 NTU لعينة وادي

مروان ثم انخفضت تدريجياً بازدياد الزمن لتبلغ 0.99 - 0.86 - 1.11 NTU على التوالي عند بلوغ زمن ثلاثين دقيقة

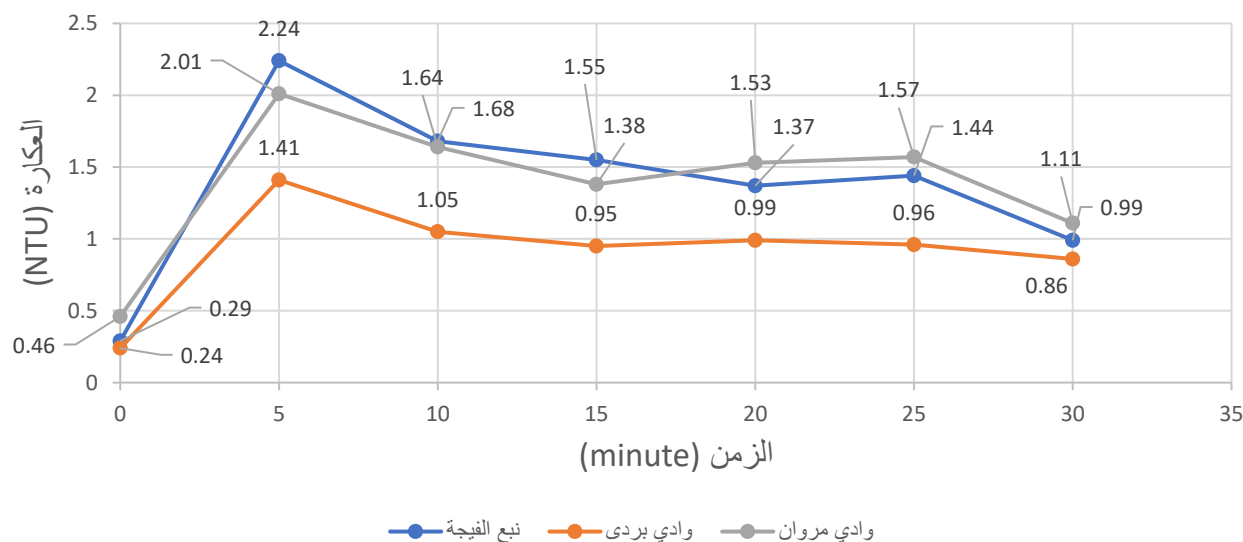
(الشكل 4-6)، ويفسر ذلك بانخفاض عدد الجراثيم بالإضافة للعكارة الأساسية الموجودة في المياه المعقمة، عند إضافة

هيبوكلوريت الصوديوم، التي تنتشط مع ازدياد الزمن (Zeng et al, 2020) بالإضافة لعملية الخلط بحد ذاتها التي أدت

إلى حركة الجزيئات، وحدثت فقاعات هواء التي تعطي أثر يشبه العكارة.

يظهر الشكل (5-7) سلوك عكارة المياه في أثناء التعقيم إذ نلاحظ انخفاضاً في قيم العكارة بعد مرور

30 دقيقة:



الشكل (5-7) تغير قيم العكارة بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة

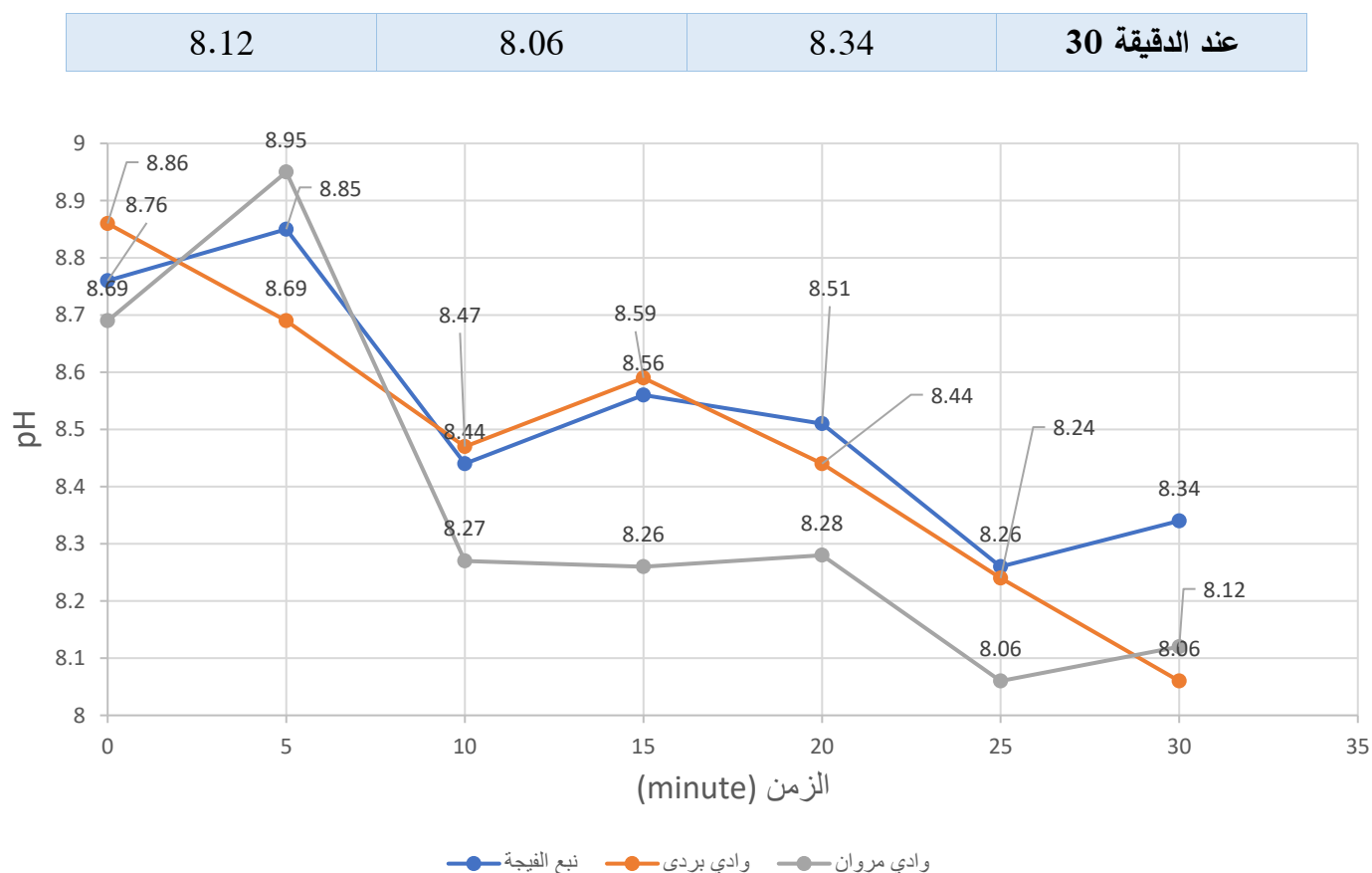
أما عن قيمة pH فكانت القيم تتراوح بين الازدياد والنقصان الطفيف كما يوضح الجدول (5-5) حتى استقرت

عند قيمة 8.34، 8.06، 8.12 على التوالي لتحقيق أفضل قيم حسب المواصفات القياسية السورية (الشكل 5-8)،

وذلك بسبب سلوك حمض الهيبوكلوراس في زمن التفاعل.

الجدول (5-5) نتائج تغير قيم ال pH خلال 30 دقيقة من بدء التعقيم

| وادي مروان | وادي بردى | نبع الفيجة |                |
|------------|-----------|------------|----------------|
| 8.69       | 8.86      | 8.76       | عند الدقيقة 0  |
| 8.95       | 8.69      | 8.85       | عند الدقيقة 5  |
| 8.27       | 8.47      | 8.44       | عند الدقيقة 10 |
| 8.26       | 8.59      | 8.56       | عند الدقيقة 15 |
| 8.28       | 8.44      | 8.51       | عند الدقيقة 20 |
| 8.06       | 8.24      | 8.26       | عند الدقيقة 25 |

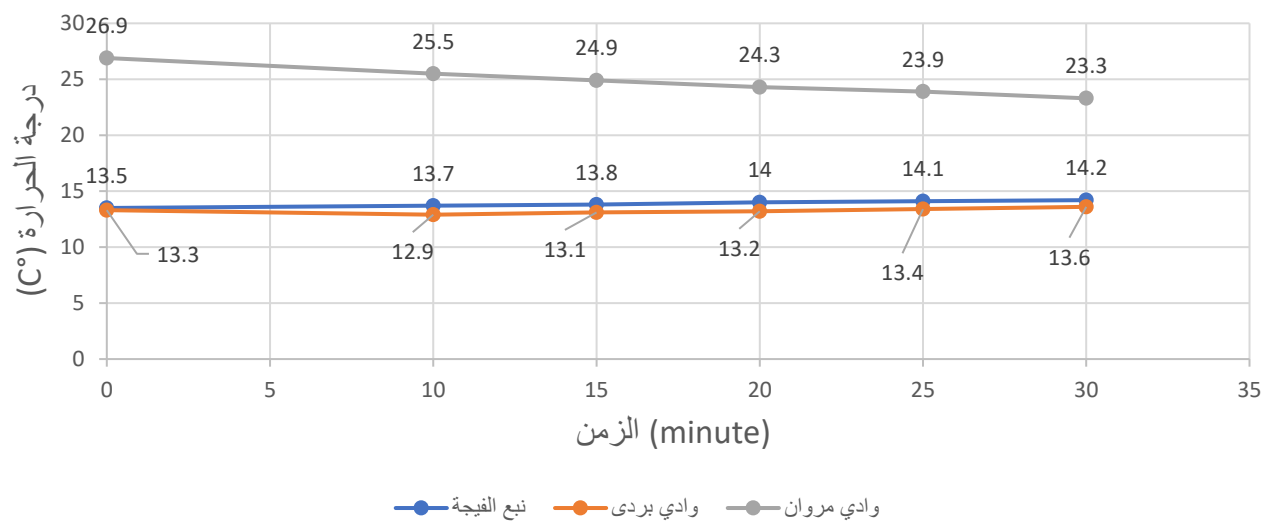


الشكل (5-8) تغير قيم الرقم الهيدروجيني بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة

الجدول (5-6) سلوك درجة الحرارة في أثناء التعقيم

| عند الدقيقة 0 | نبع الفيجة | وادي بردى | وادي مروان |
|---------------|------------|-----------|------------|
| 12.7          | 10.5       | 15.2      |            |
| 13.5          | 13.3       | 26.9      |            |
| 13.7          | 12.9       | 25.5      |            |
| 13.8          | 13.1       | 24.9      |            |
| 14            | 13.2       | 24.3      |            |
| 14.1          | 13.4       | 23.9      |            |
| 14.2          | 13.6       | 23.3      |            |

نلاحظ في الشكل (5-9) أن سلوك الحرارة يكون خطياً في أثناء التعقيم:



الشكل (5-9) تغير قيم درجة الحرارة بعد تعقيم العينة خلال 30 دقيقة

## 5.5. الخاتمة:

بعد إجراء التجارب الثلاث والحصول على نتائج سيتم مقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع المواصفات القياسية

السورية والعالمية وسنتأكد من أنها مُحققة أو لا، وسيتم ذلك في الفصل السابع.

## الفصل السادس

### الجدوى الاقتصادية للمنظومة المدروسة

The economic feasibility of the studied System

## 6.1. الجدوى الاقتصادية لمنظومة ضاحية قدسيا:

لدراسة الجدوى الاقتصادية يجب تحديد ما يأتي:

1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة.

2. المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة.

3. تكلفة إنشاء المحطة.

4. الكلفة الاستثمارية للمحطة.

- نبدأ بتحديد المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة:

### 6.1.1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة:

ويتم ذلك بمعرفة قيمة كلفة الطاقة الكهربائية المستهلكة لكل محرك كهربائي في المنظومة سنوياً من العلاقة:

$$a_2 = N_1 \cdot h \cdot Pr \cdot n_1 \text{ [s.p]}. \quad (6-1)$$

•  $a_2$ : قيمة كلفة الطاقة الكهربائية المستهلكة لكل محرك كهربائي في المنظومة سنوياً (s.p).

•  $N_1$ : استطاعة محرك المضخات (الحقن والنقل)، الخلاطات والمغذي الجاف KW.

• hour: عدد ساعات عمل المحطة في العام الواحد [h].

• Pr: سعر الكيلو واط الساعي [s.p/kw.h].

•  $n_1$ : عدد المحركات المركبة في المحطة.

نعوض في العلاقة (6-1) مع العلم أنَّ:

• استطاعة مضخة الحقن 0.55 Kw

• استطاعة مضخة النقل 2.2 kW

• استطاعة الخلاط 0.75 kW

• استطاعة المغذي الجاف 0.5 kW

$$a_2 = N_1 \cdot h \cdot Pr \cdot n_1 \quad (6-1)$$

$$a_2 = [(0.55 \cdot 2 \cdot 0.5) + (2.2 \cdot 2 \cdot 0.5) + (0.75 \cdot 2 \cdot 14) + (0.5 \cdot 2 \cdot 8)] \cdot 365 \cdot 120$$

$$a_2 = 1,390,650 \text{ (s.p)}$$

## 6.1.2. المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة:

يوضح الجدول (6-1) المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة في المنظومة المدروسة:

الجدول (6-1) المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة

| المادة                           | الاستهلاك اليومي<br>(kg/day) | السعر التقديري للطن<br>العياري (ليرة سورية) | السعر التقديري للمواد<br>خلال السنة (ليرة سورية) |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| هيبوكلوريت الصوديوم<br>تركيز 70% | 740                          | 5,850,000                                   | 1,580,085,000                                    |
| كربونات الصوديوم                 | 740                          | 1,740,000                                   | 469,974,000                                      |
| هيدروكسيد الصوديوم               | 5                            | 2,250,000                                   | 4,106,250                                        |
| المجموع الكلي: [s.p]             |                              |                                             | 2,054,165,250                                    |

## 6.1.3. تكلفة إنشاء المنظومة:

يوضح الجدول (6-2) تكلفة إنشاء المنظومة المدروسة:

الجدول (6-2) تكلفة المحطة

| التسلسل | المادة               | العدد | تكلفة القطعة بالليرة السورية | التكلفة الكلية بالليرة السورية |
|---------|----------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|
| 1       | مضخة حقن             | 2     | 1,029,000                    | 2,058,000                      |
| 2       | خزان تحضير وتجميع    | 6     | 6,000,000                    | 36,000,000                     |
| 3       | خلاط                 | 2     | 8,850,000                    | 17,700,000                     |
| 4       | المغذي الجاف         | 2     | 19,950,000                   | 39,900,000                     |
| 5       | حساس الالتراسونيك    | 4     | 3,600,000                    | 14,400,000                     |
| 6       | صمامات وأنابيب النقل | مقطوع | 15,000,000                   | 15,000,000                     |
| 7       | أعمال مدنية          | مقطوع | 75,000,000                   | 75,000,000                     |
| 8       | مضخة نقل             | 2     | 16,00,000                    | 32,000,000                     |
| 9       | صمام تنفيس           | 4     | 3,600,000                    | 14,400,000                     |
| 10      | حزان الترسيب         | 1     | 8,400,000                    | 8,400,000                      |
| 11      | مقياس الكلور الحر    | 2     | 4,500,000                    | 9,000,000                      |
| 12      | مقياس عكارة          | 2     | 11,700,000                   | 23,400,000                     |
| 13      | مقياس PH             | 1     | 2,700,000                    | 2,700,000                      |
| 14      | مقياس TDS            | 1     | 2,700,000                    | 2,700,000                      |
| 15      | لوحة تحكم            | 1     | 11,400,000                   | 11,400,000                     |

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| 304,058,000 | المجموع الكلي: [s.p] |
|-------------|----------------------|

#### 6.1.4. الكلفة الاستثمارية للمحطة:

من أجل تشغيل المنظومة في حال عدم توفر الكهرباء نحتاج إلى مولدة كهربائية ذات استطاعة KVA

100 KW=80 وبما أن:

- عدد ساعات التشغيل في المنظومة 14 ساعة يومياً بناءً على الحاجة الكهربائية المطلوبة يومياً.
- الاستهلاك الطاقى اليومي في المحطة 32 KW.
- قيمة استهلاك الوقود عند حمل 50% للمولدة = 11.41 (L/H)

وبالتالي نحتاج يومياً إلى كمية مازوت:

$$m_{fuel} = n_{operation} * g_{generator} \quad (6-2)$$

مع العلم أن:

$m_{fuel}$ : كمية المازوت المستهلك يومياً.

$n_{operation}$ : عدد ساعات التشغيل

$g_{generator}$ : استهلاك محرك المولدة في الساعة من المازوت.

وبالتعويض:

$$m_{fuel} = 14 * 11.41 = 159.74 \text{ (Liter)}$$

وبالتالي لتشغيل المولدة لمدة 260 يوماً سنوياً معتبرين أن الكهرباء متوفرة في الأيام المتبقية، يتم استهلاك الكمية

التالية من الوقود:

$$m_{fuel \text{ per year}} = 159.74 * 260 = 41,532.4 \text{ (Liter)}$$

وبما أن سعر لتر المازوت (S.P) 3000

فتكون قيمة المازوت المستهلك سنوياً:

$$m_{fuel\ price} = m_{fuel\ per\ year} * fuel\ price \quad (6-3)$$

$$m_{fuel\ price} = 41,532.4 * 3000 = 124,597,200 \text{ (S. P)}$$

وبالتالي تكون الكلفة الاستثمارية للمنظومة كما هو موضح بالجدول (6-3) أدناه:

الجدول (6-3) تكون الكلفة الاستثمارية لمنظومة ضاحية قدسيا

| التسلسل        | المادة                           | التكلفة بالليرة السورية |
|----------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1              | المازوت المستهلك سنوياً          | 124,597,200             |
| 2              | الصيانة والإصلاح للمنظومة سنوياً | 60,000,000              |
| المجموع [S. P] |                                  | 184,597,200             |

وبالتالي يمكن تكون الكلفة الإجمالية للمنظومة كما هو موضح بالجدول (6-4):

الجدول (6-4) الكلفة الإجمالية لمنظومة ضاحية قدسيا

| البند                                                        | الكلفة        |
|--------------------------------------------------------------|---------------|
| المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة | 1,390,650     |
| المتوسط السنوي لكمية المواد الخام المستهلكة                  | 2,054,165,250 |
| كلفة المحطة التأسيسية                                        | 304,058,000   |
| الكلفة الاستثمارية                                           | 184,597,200   |
| المجموع [S. P]                                               | 2,544,211,100 |

## 6.2. الجدوى الاقتصادية لمنظومة تعقيم المياه بواسطة الأوزون:

لدراسة الجدوى الاقتصادية يجب تحديد ما يأتي:

1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة

2. تكلفة إنشاء المحطة.

3. الكلفة الاستثمارية للمحطة.

### 6.2.1. المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة:

بالتعويض في العلاقة (6-1) إذ إنَّ:

استطاعة الجهاز المنتج للأوزون: 15 Kw.

عدد الأجهزة المولدة للأوزون المستخدمة: 30 جهاز. (انظر الملحق رقم (6))

$$a_2 = 15 \times 24 \times 365 \times 120 \times 30 = 473,040,000 \text{ (s.p)}$$

### 6.2.2. تكلفة إنشاء المحطة:

يوضح الجدول (6-5) تكلفة إنشاء المحطة:

الجدول (6-5) تكلفة إنشاء محطة التعقيم بالأوزون

| التسلسل              | المادة              | العدد | تكلفة القطعة بالليرة السورية | التكلفة الكلية بالليرة السورية |
|----------------------|---------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|
| 1                    | جهاز تعقيم بالأوزون | 30    | 60,000,000                   | 1,800,000,000                  |
| المجموع الكلي: (s.p) |                     |       |                              | 1,800,000,000                  |

### 6.2.3. الكلفة الاستثمارية:

من أجل تشغيل أجهزة التعقيم باستخدام الأوزون في حال عدم توفر الكهرباء نحتاج إلى مولدة كهربائية ذات

استطاعة 1012 KVA وبما أنَّ:

- عدد ساعات التشغيل في المحطة 24 ساعة يومياً
- الاستهلاك الطاقى الساعى في المحطة (KW) 450.

- قيمة استهلاك الوقود عند حمل 50% للمولدة (L/H) 113.9

وبالتالي للحصول على كمية المازوت اللازمة يومياً نعوض في العلاقة (2-6):

$$m_{fuel} = n_{operation} * g_{generator} \quad (6-2)$$

$$m_{fuel} = 24 * 113.9 = 2733.6 \text{ (Liter)}$$

وبالتالي لتشغيل المولدة لمدة 260 يوماً سنوياً:

$$m_{fuel \text{ per year}} = 2733.6 * 260 = 710736 \text{ (Liter)}$$

وبما أن سعر لتر المازوت (S.P) 3000

فتكون قيمة المازوت المستهلك سنوياً:

$$m_{fuel \text{ price}} = m_{fuel \text{ per year}} * fuel \text{ price} \quad (6-3)$$

$$m_{fuel \text{ price}} = 710736 * 3000 = 2,132,208,000 \text{ (S. P)}$$

وبين الجدول (6-6) التكلفة الاستثمارية لمحطة توليد الأوزون:

الجدول (6-6) التكلفة الاستثمارية لمحطة توليد الأوزون

| التسلسل        | المادة                           | التكلفة بالليرة السورية |
|----------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1              | المازوت المستهلك سنوياً          | 2,132,208,000           |
| 2              | الصيانة والإصلاح للمنظومة سنوياً | 15,000,000              |
| المجموع [S. P] |                                  | 2,147,208,000           |

وبالمختصر تكون الكلفة الكلية لمحطة توليد الأوزون كما هو موضح بالجدول (7-6):

الجدول (6-7) الكلفة الكلية لمحطة توليد الأوزون

| البند                                                        | الكلفة        |
|--------------------------------------------------------------|---------------|
| المتوسط السنوي لكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة | 473,040,000   |
| كلفة المحطة التأسيسية                                        | 1,800,000,000 |
| الكلفة الاستثمارية                                           | 2,147,208,000 |
| المجموع [S. P]                                               | 4,420,248,000 |

وبالتالي فإن إنشاء منظومة لتصنيع هيبوكلوريت الصوديوم تحقق الوفرة الآتي:

$$saving = cost_{o_3} - cost_{NaOCl} \quad (6-4)$$

$$saving = 4,420,248,000 - 2,544,211,100 = 1,876,036,900 (S.P)$$

## الفصل السابع

### النتائج والمناقشة والتوصيات

Results, discussion, and recommendations

## 7.1. مناقشة النتائج:

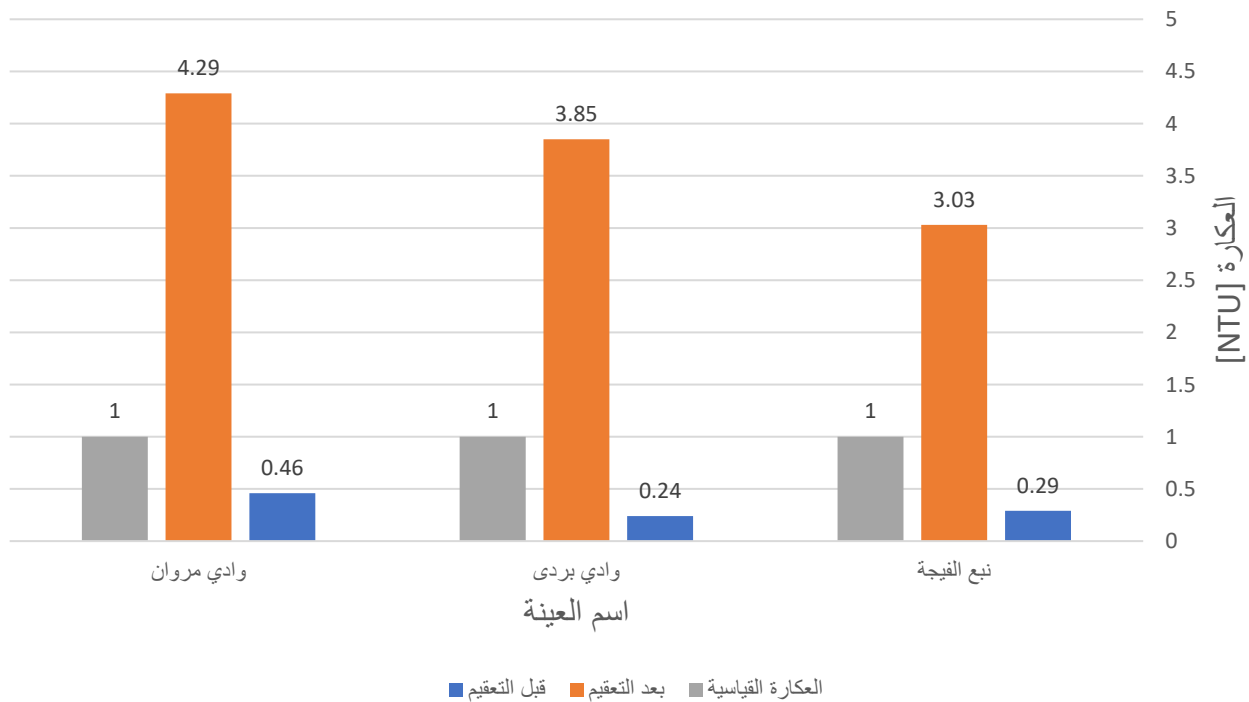
بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها من التجربة الثانية التي أجريت في الفصل الخامس مع القيم والمواصفات

القياسية السورية للمياه المسموح بها وكانت النتائج كالاتي:

### 7.1.1. العكارة:

يوضح الشكل (7-1) أن قيمة العكارة بعد التعقيم أعلى من القيمة المثالية عالمياً للعكارة ولكنها ضمن المجال

المسموح به وبالتالي هي صالحة للشرب وفق المواصفات القياسية السورية.

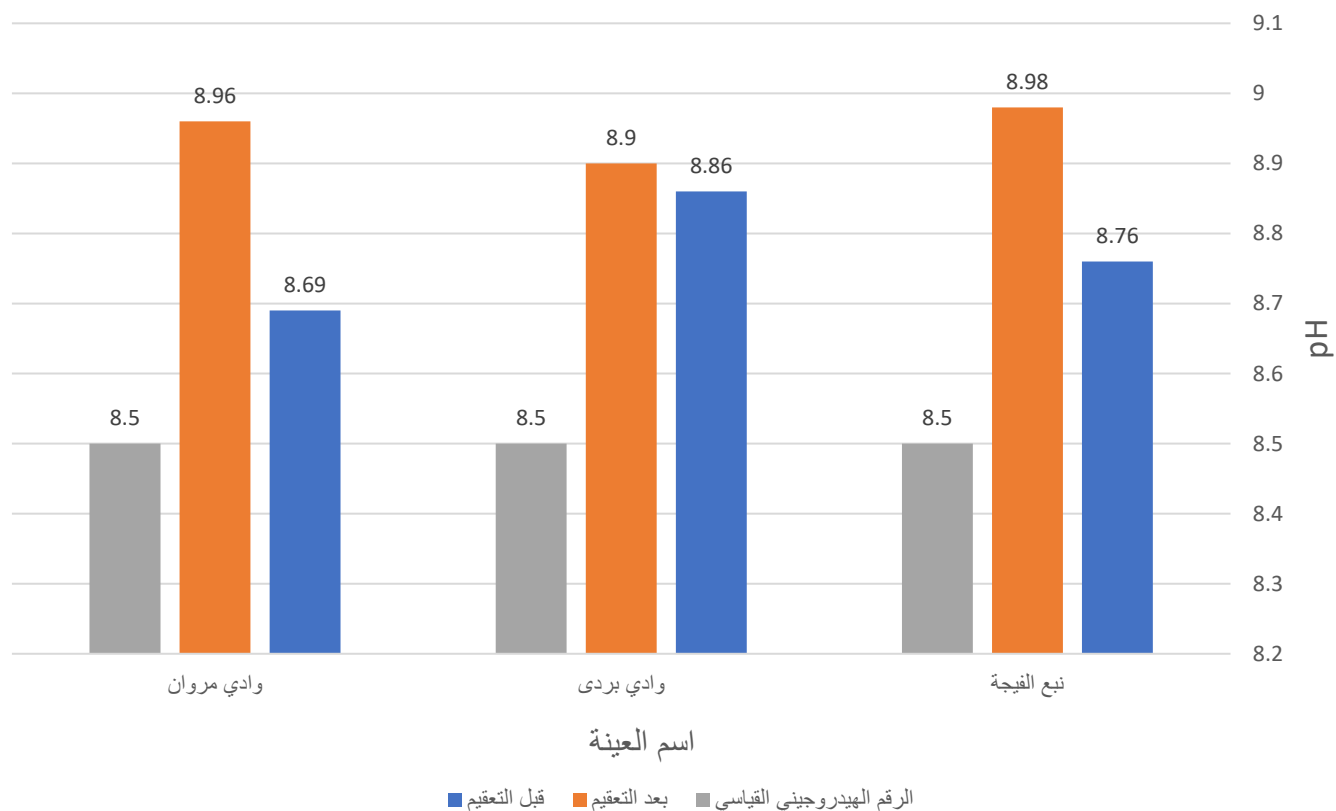


الشكل (7-1) مقارنة نتائج عكارة العينات مع المواصفات القياسية السورية

### 7.1.2. الرقم الهيدروجيني:

يوضح الشكل (7-2) أن قيم الرقم الهيدروجيني قريبة من القيمة القياسية العالمية وتقع ضمن أفضل مجال وفق

المواصفات القياسية السورية والذي يتراوح من 6.5 إلى 9:



الشكل (7-2) مقارنة نتائج PH العينات مع المواصفات القياسية السورية

### 7.1.3. درجة الحرارة:

لم تُظهر التجارب ارتفاعاً ملحوظاً في درجة الحرارة فهي ضمن المجال المسموح به.

## 7.2. المناقشة والنتائج:

1. تزداد قيمة عكارة المياه عند تعقيمها مباشرة ولكنها لا تلبث أن تنخفض بعد مرور الزمن اللازم للتعقيم لتبقى ضمن المجال المسموح به وفق المواصفات القياسية السورية.
2. تزداد قيمة الرقم الهيدروجيني عند تعقيم المياه زيادة طفيفة مما يبقاها ضمن المجال المثالي لمياه الشرب.
3. ترتفع درجة حرارة المياه المعقمة ارتفاعاً بسيطاً يكاد لا يذكر وليس له تأثير في طبيعة التفاعل أو أجزاء المنظومة أو أجزاء محطات الضخ.
4. هيبوكلوريت الصوديوم المنتج لا يؤثر في طبيعة المياه المعقمة وتبقى صالحة للشرب تبعاً للمواصفات القياسية السورية بالإضافة لأثره الفعال في القضاء على المستعمرات الجرثومية والذي يتوافق مع الدراسة المرجعية الثالثة والرابعة من ناحية القضاء على الأحياء الدقيقة باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم ولكن اختلفت الدراسة الثالثة عن دراستنا بالتركيز على استخدام مساعدات لهيبوكلوريت الصوديوم بالإضافة لاستخدام تراكيز مختلفة لهيبوكلوريت الصوديوم لتعقيم العينات سواءً مع المساعدات أو من دونها واختلفت الدراسة الرابعة من ناحية التركيز على القضاء على جرثومة B.Cereus على وجه التحديد ودرست المستعمرات الجرثومية بشكل عام ولوحظ فيها أن هيبوكلوريت الصوديوم ليس له فاعلية في القضاء على جرثومة B.Cereus (العصيات الشمعية)، ويعود السبب في عدم قدرة هيبوكلوريت الصوديوم في القضاء على جرثومة B.Cereus لثخانة الجدار الخلوي الخاص بها.
5. أستخدمت جرعة 0.8 PPM من هيبوكلوريت الصوديوم تركيز 8 %، بناءً على التجارب التي جرت في الموقع والتي كانت كافية للقضاء التام على المستعمرات الجرثومية استناداً لنسبة الكلور الحر المتبقي والتي كانت 0.5 PPM والتي تعتبر نقطة مهمة بسبب الوفرة الاقتصادي الذي تحقق نتيجة تخفيض نسبة هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم في التعقيم والذي بلغ  $331 \text{ m}^3$  من هيبوكلوريت الصوديوم سنوياً عند تعقيم  $800,000 \text{ m}^3/\text{day}$  من الماء الخام.

6. أُسْتُغْنِي عن الحاجة لاستيراد معقمات المياه من الدول الأخرى وتحقيق الاكتفاء الذاتي.
7. توفير قدر عالٍ من السلامة للعاملين في مجال تحضير هيبوكلوريت الصوديوم إذ أنَّ عملية التحضير لا تتطلب أكثر من ضبط للكميات المضافة والتي تضاف بشكل آلي وتحضر آلياً.
8. يمكن تلخيص مقارنة خصائص منظومة هيبوكلوريت الصوديوم مع تصنيع الكلور عن طريق الديلزة الكهربائية الواردة في الدراسة الخامسة في الجدول (7-1):
- الجدول (7-1) مقارنة خصائص منظومة هيبوكلوريت الصوديوم مع منظومة تصنيع الكلور عن طريق الديلزة الكهربائية

| منظومة تحضير هيبوكلوريت الصوديوم                                                                        | تصنيع الكلور باستخدام الديلزة الكهربائية                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| لا يوجد أي ظروف مناخية أو مكانية يجب التقيد بها.                                                        | الحاجة لتركيبها في المناطق الساحلية وذلك لاستخدام مياه البحر بغية تحقيق الفائدة الاقتصادية منها، وفي حال تركيبها في المناطق الداخلية يجب تأمين شروط مناخية خاصة بالنظام من رطوبة ودرجة حرارة |
| يمكن تدريب العاملين محلياً، ولا يوجد أي خطر على حياة العاملين طالما التزموا بتعليمات التدريب الذي تلقوه | الحاجة لليد الخبيرة في تشغيلها ومراقبتها بشكل مستمر وإلا سيحدث انفجار في خزان تجمع الكلور في حال اختلال الضغوط.                                                                              |
| يكفي 14 ساعة كهرباء يومياً                                                                              | الحاجة إلى مصدر توليد طاقة كهربائية مستمرة من دون انقطاع.                                                                                                                                    |

## المقترحات والتوصيات:

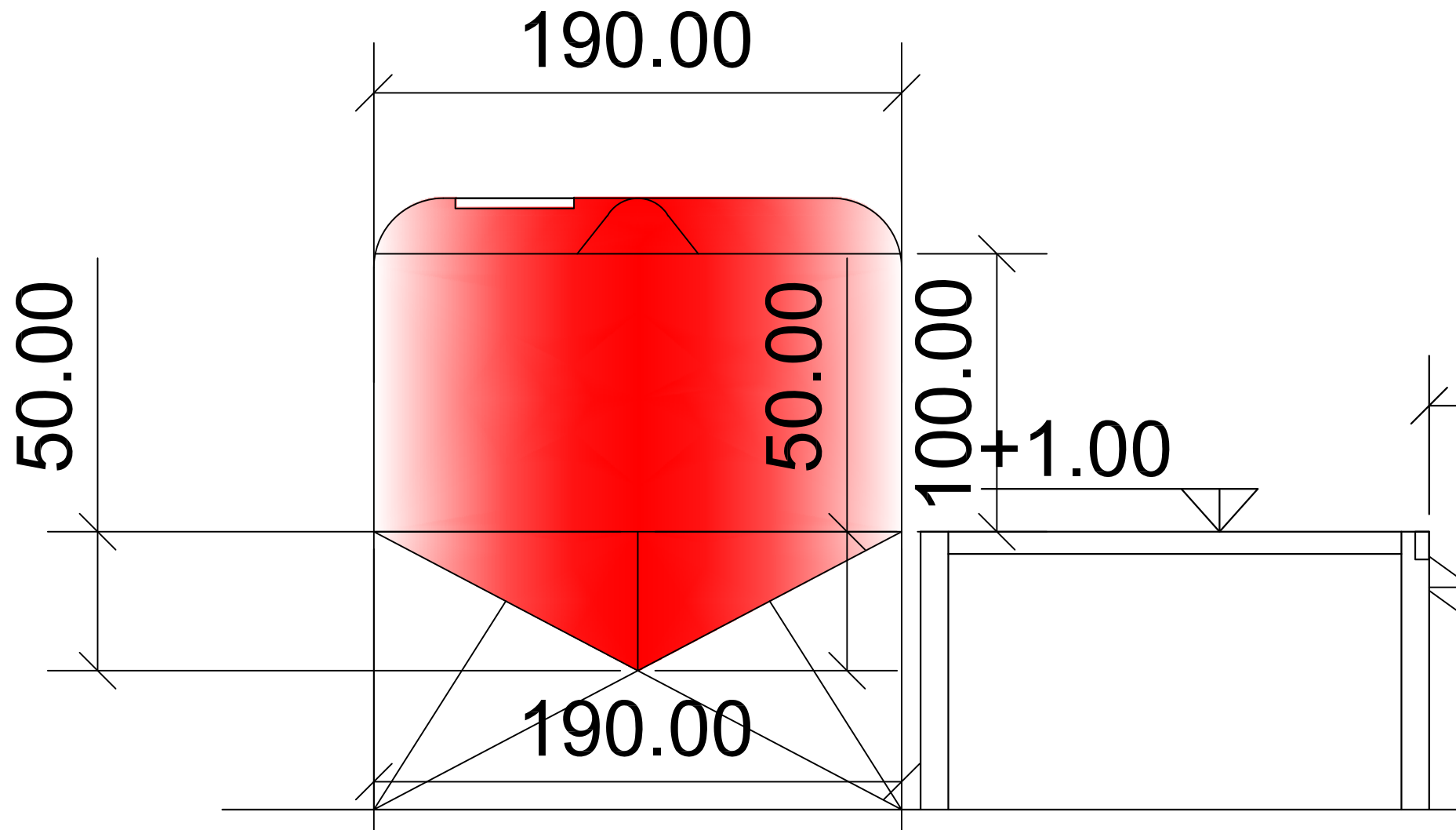
- تعميم المنظومة المدروسة في المحافظات السورية كافة.
- الاستفادة من مبدأ التحضير لهيبوكلوريت الصوديوم وتصميم وحدات تعقيم ذات طاقة إنتاجية منخفضة وقابلة للنقل لاستخدامها في محطات الضخ الفرعية أو في القرى.
- تطوير المنظومة لتصبح آلية كلياً والاستغناء عن اليد العاملة البشرية.
- إجراء دراسة بيئية لإمكانية الاستفادة من كربونات الصوديوم المنتجة واستثمارها في القطاعي الدوائي.
- دراسة إمكانية استخدام معقمات مساعدة للقضاء على جرثومة B.Cereus .

## المراجع:

1. Atiemo-Obeng, Victor. Penney, A. & Armenante, Piero. (2004). **Solid-liquid mixing. Handbook of Industrial Mixing**. p: 543-584.
2. Boulos, Noel S. (2008). **Production of Inorganic and Organic Bleaching Ingredients. Handbook of Detergents**. Part F: Production 142. P:421.
3. Casson, Leonard W, & Bess, James W. (2006). **On-site sodium hypochlorite generation. Proceedings of the Water Environment Federation**. P: 6335-6352.
4. CHWhit company. (June 1991) **Chlorination Syatem Design guide Appendix A**.
5. EPA. (2011). **Water Treatment Manual**. Wexford. Ireland. P. 200
6. Ersel, M. (2015). **Water and sanitation standards in humanitarian action**. Turkish Journal of Emergency Medicine. No:15. P: 27-33.
7. Guo, Liping. Sun, Yongcai. Zhu, Yinglian. Wang, Baowei. Xu, Lin. Huang, Ming. & Sun, Jingxin. (2020). **The antibacterial mechanism of ultrasound in combination with sodium hypochlorite in the control of Escherichia coli**. Food Research International. No: 129.p: 6.
8. Hablanian, MH. (2003). **Major advances in transfer pumps**. Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, No: 21(5), S15-S18.
9. Hauptmann, Peter. Hoppe, Niels. & Püttmer, Alf. (2002). **Application of ultrasonic sensors in the process industry**. Measurement Science and Technology. No: 8 .P:10.
10. Hom, Leonard W. (1972). **Kinetics of chlorine disinfection in an ecosystem**. Journal of the Sanitary Engineering Division. No:98(1). P: 183-194.
11. Morris, J. Carrell. (1966). **The acid ionization constant of HOCl from 5 to 35**. The Journal of Physical Chemistry. No: 70(12) P: 3798-3805.
12. Rico-Ramirez, Vicente. Gomez-De la Cruz, Francisco. Iglesias-Silva, Gustavo. & Hernandez-Castro, Salvador. (2007). **Optimal location of booster disinfection stations in a water distribution system: A two-stage stochastic approach**. In Computer Aided Chemical Engineering .Vol: 24. P: 231-236.

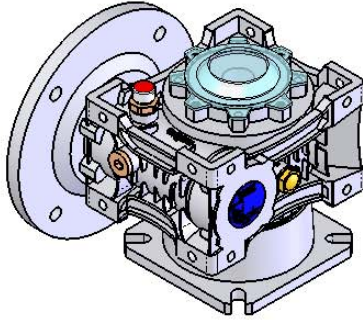
13. Snowden-Swan, Leslie. Piatt, John. & Lesperance, Ann. (1998). **Disinfection Technologies for Potable Water and Wastewater Treatment: Alternatives to Chlorine Gas. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)**. Prepared for: US Army Forces Command Air Quality Division, United State.
14. Soaded, Awatif & Hussein, Basim. (2018-2019). **Sanitary and environmental Engineering**. No 1. Water supply Engineering.P: 118.
15. WHO chronicle, Edition, F. (2011). **Guidelines for drinking-water quality**. ‘ No: 38(4). P: 668.
16. Zeng, Fanzhe. Cao, Song. Jin, Wenbiao. Zhou, Xu. Ding, Wanqing. Tu, Renjie. Tu, Renjie..... & Ding, F. (2020). **Inactivation of chlorine-resistant bacterial spores in drinking water using UV irradiation, UV/Hydrogen peroxide and UV/Peroxymonosulfate: Efficiency and mechanism.**Journal of Cleaner Production.No: 243.P: 18666.
17. Zhu, Zebing. Wu, Chenguang. Zhong, Dan. Yuan, Yixing. Shan, Lili & Zhang, Jie. (2014). **Effects of pipe materials on chlorine-resistant biofilm formation under long-term high chlorine level**. Applied biochemistry and biotechnology. No: 6. P: 1564-1578.
18. أبو حامد، فريد. خلوف، علي. قداح، عاصم. الأحمد، حكمت. (2014). **آلات الجريان**. دمشق: سوريا. مطبعة جامعة دمشق. ص: 520
19. عقل، أنطونيوس. (1983) **ميكانيك السوائل التكنيكي الجزء (1)** دمشق: سوريا. مطبعة جامعة دمشق.
20. زيدان، غسان. (2009) **الآلات والدارات الهيدروليكية**. حمص: سوريا. مطبعة جامعة البعث. ص: 383.
21. العظيمة، معن. (1981) **الآلات المائية**. دمشق سوريا. مطبعة جامعة دمشق.

الملحق 1 :مواصفات خزان الخلط التحضيرى والتجميعي

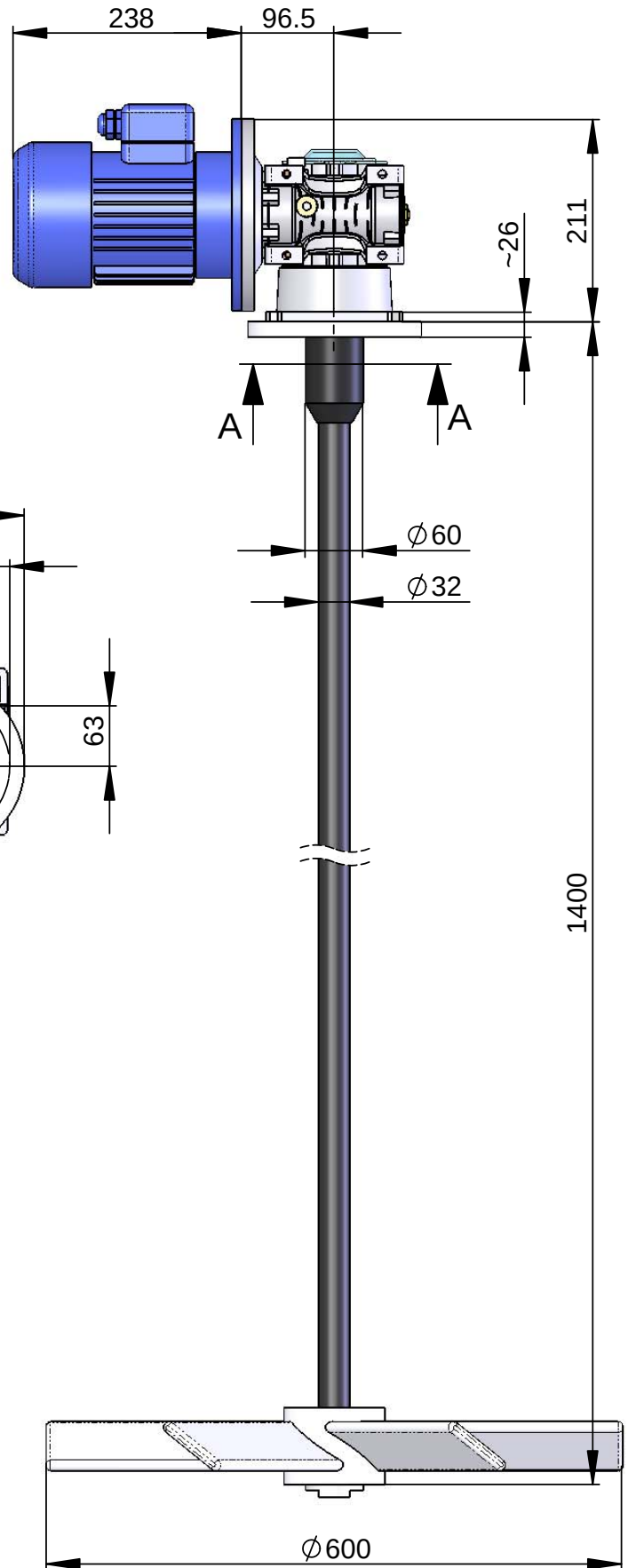
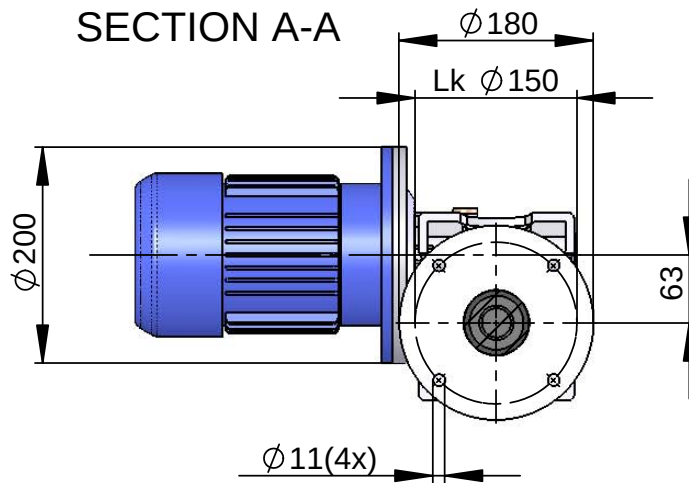


## الملحق 2: مواصفات الخلاط الكهربائي

view gear



SECTION A-A



POS 60

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| designation              | PAGERIS-Motor 0.75/4 IE2 BG80      |
| rated output             | 0.75 kW                            |
| power supply             | 3-phase, 50Hz    60Hz              |
| rated voltage            | Δ 230V, Y380-400V    Y460-480V     |
| degree of protection     | IP 55 (PTC-sensor) / Isol.-class F |
| current at rated voltage | Δ~3.70 A, Y~2.20 A    Y~2.20 A     |
| rated speed              | 1500 rpm    1800 rpm               |
| Gear ratio               | i= 20                              |
| Transmission speed       | 70 rpm                             |
| torque                   | ~80 Nm                             |

Visum: ZB Datum: 01.06.17

Gewicht: ~ 26.85 kg

Auftrags./ Offert- Nr.:

C. EHRENSPERGER AG

www.ehrensperger-ag.ch

ESM 0.75 / 70

1289009-60

# FLUX Centrifugal Immersion Pump F 620 S in stainless steel

Size 15 and 30

ملحق 3: مواصفات مضخة النقل

## Typical Applications

Transferring low flammability liquids up to a viscosity of 2500 mPas (cP) from containers or tanks, either open topped or closed.  
Suitable for stationary or portable applications.

## Construction features

Centrifugal pump in stainless steel consisting of an inner tube and outer tube.

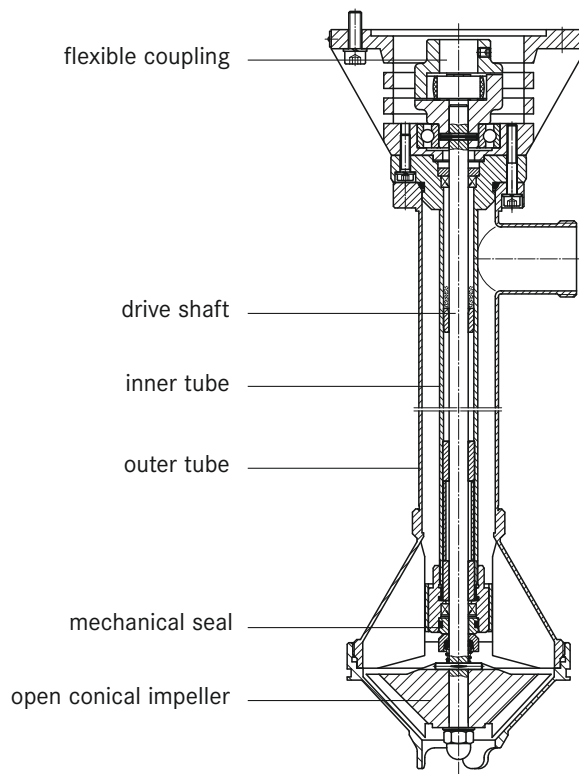
The centrifugal impeller in the pump housing is driven by the motor via the drive shaft. The drive shaft is supported by intermediate bearings within the inner tube, a mechanical seal separates the liquid from the bearings and upper shaft. This construction provides the ultimate in stability, and ensures the maximum integrity of the mechanical seal. With an open conical impeller.

Three-phase motors in differing kW-ratings are available as a matched power unit. Connection to the pump is made via a flexible coupling.



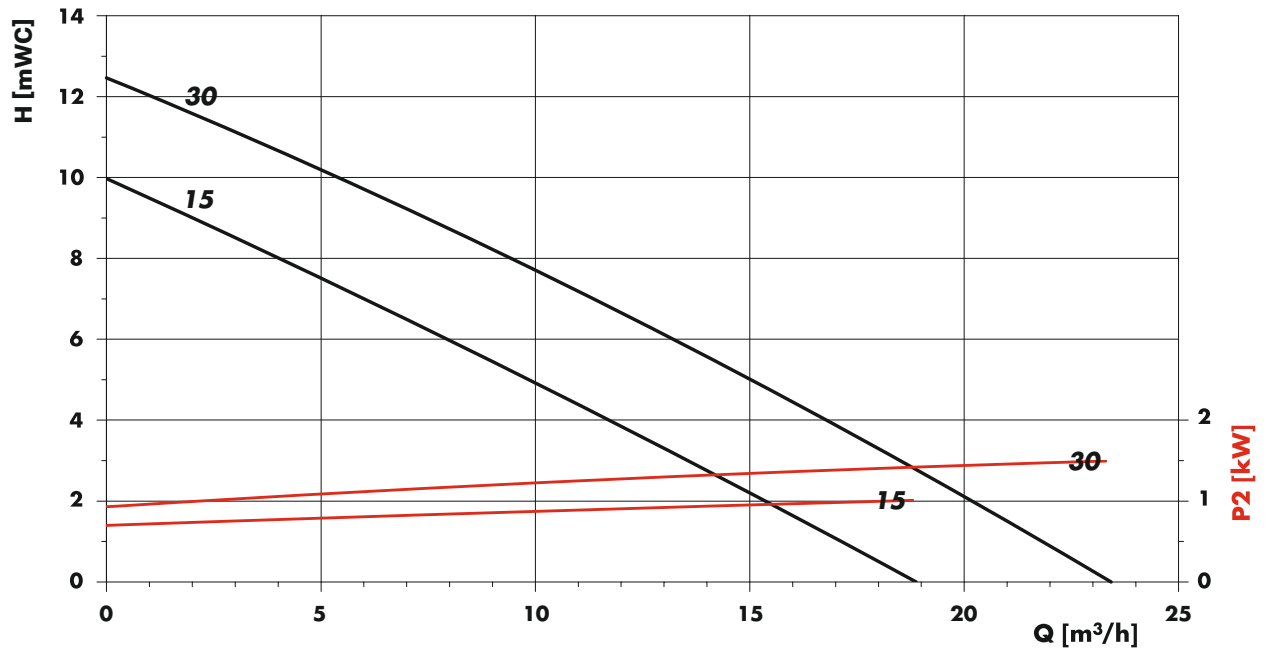
F 620 S-30  
with suction  
strainer

## Construction features in detail



#### Technical data

#### Performance chart FLUX F 620 S-15 and F 620 S-30



Measured values  $\pm 10\%$  determined with water (20 °C). Nominal speed  $n = 2850$  rpm

In determining the absorbed kW of the motor, multiply the absorbed kW shown in the above diagram with the specific gravity of the liquid to be pumped.

## Product Information Solenoid-Diaphragm Dosing Pump MAGDOS LT

### Reliable dosing of chemicals

Solenoid-diaphragm dosing pumps play an important role in the reliable and accurate dosing of liquids in the process cycles. They are appropriate for low-pressure applications and small dosing quantities.

Dosing pumps are used in many branches of industry that work with liquid chemicals - not excluding toxic and aggressive media.

### The classic

Here is what you can count on in future: The solenoid-diaphragm dosing pumps MAGDOS LT work economically, reliably and flexibly.

A microprocessor-controlled electronic unit guarantees optimum energy consumption and flexible pressure adjustment. Double ball valves ensure highest accuracy even at smallest flow rates. MAGDOS LT pumps are fitted with a powerful stroke solenoid, the flow rate per stroke can be adjusted without steps. MAGDOS LT pumps have a distinct design and are absolutely easy to maintain.

MAGDOS LT solenoid-diaphragm dosing pumps are especially suitable for water treatment and the process industry. The hermetically sealed pumps can be used universally due to the reliable PVC material and a PTFE diaphragm.

Changing requirements is not a challenge, the MAGDOS LT pumps allow an adjusting ratio of 1 : 20, thus enabling you to carry out your process corrections with a turn of the wrist.

### Modular construction

Due to their functional principle, solenoid-diaphragm dosing pumps are particularly suited for proportional control subject to impulses. They work without delay time and/or leakages and react to each control impulse with a precisely defined dosing quantity.

Its modular subdivision in the control unit, drive and dosing head makes it possible with the combination of different options to have a custom-made solution depending on the type of application.

### In short

- Capacity range 0.2 to 17 l/hr, at up to 16 bar [0.05 to 4.49 gph @ 232 to 87 psig]
- Suitable for toxic and aggressive media
- Usable at ambient temperatures of up to 45 °C
- Stroke length adjustable 0...100%
- Internal operation with 25, 50 and 100% or control by pulse
- Connection for level control
- Double-ball valves for highest accuracy
- Energy adjustment
- Convenient single-button operation
- All types are available for german standard DVGW-DIN 19635
- 115 V AC and 230 V AC 50/60 Hz models CSA proofed available
- 24 V DC model available



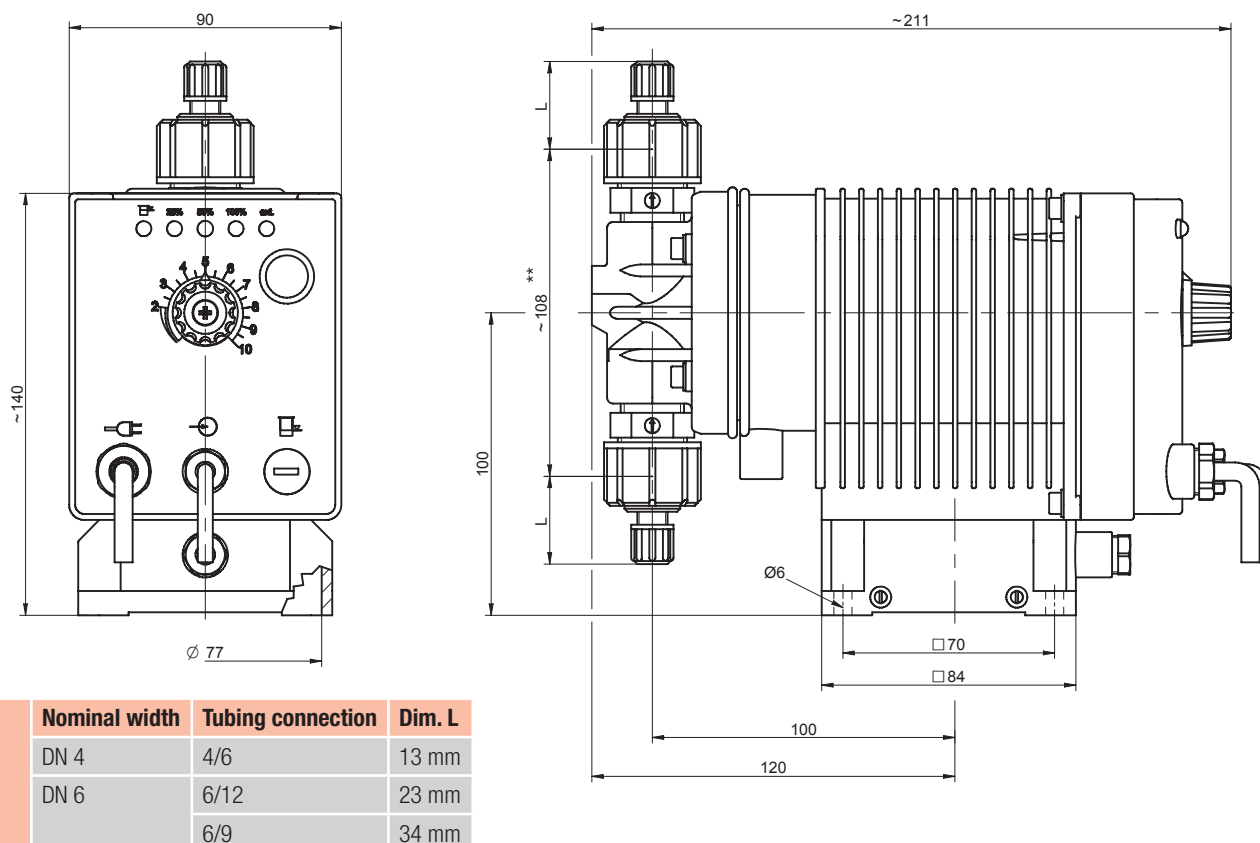
### Model variants

| MAGDOS | Material | Connections                    | Order no. |
|--------|----------|--------------------------------|-----------|
| LT 02  | PVC      | Terminal connection 4/6 - 4/6  | 10208001  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 4/6  | 10208007  |
| LT 06  | PVC      | Terminal connection 4/6 - 4/6  | 10208002  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 4/6  | 10208008  |
| LT 1   | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208003  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208009  |
| LT 3   | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208004  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208010  |
| LT 4   | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208005  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208011  |
| LT 6   | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208006  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208012  |
| LT 10  | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208081  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208083  |
| LT 17  | PVC      | Terminal connection 4/6 - 6/12 | 10208082  |
|        | PP       | Terminal connection 4/6 - 6/9  | 10208084  |

## Technical data

| MAGDOS LT                                                    | 02                                                        | 06        | 1        | 3        | 4        | 6                     | 10        | 17        |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|
| Max. pressure                                                | 12 bar                                                    | 16 bar    | 16 bar   | 16 bar   | 12 bar   | 10 bar                | 8 bar     | 3 bar     |
| Flow rate at max. pressure                                   | 0.14 l/hr                                                 | 0.48 l/hr | 0.9 l/hr | 1.6 l/hr | 3.3 l/hr | 5.2 l/hr              | 7.9 l/hr  | 13.5 l/hr |
| Medium pressure                                              | 6 bar                                                     | 8 bar     | 8 bar    | 8 bar    | 6 bar    | 6 bar                 | 6 bar     | 2 bar     |
| Flow rate at medium pressure                                 | 0.28 l/hr                                                 | 0.7 l/hr  | 1.4 l/hr | 2.8 l/hr | 3.7 l/hr | 5.5 l/hr              | 10.1 l/hr | 17 l/hr   |
| Max. stroke frequency                                        | 80 min <sup>-1</sup>                                      |           |          |          |          | 120 min <sup>-1</sup> |           |           |
| Suction lift [m H <sub>2</sub> O] for non-effervescent media | 3 mWs                                                     |           |          |          |          |                       | 2 mWs     | 1.2 mWs   |
| Power supply                                                 | 115 V AC or 230 V AC, ± 10 %, 50/60 Hz<br>24 V DC, ± 10 % |           |          |          |          |                       |           |           |
| Power consumption                                            | 30 W                                                      |           |          |          |          |                       |           |           |
| Max. power consumption during dosing stroke                  | 230 V AC: 2.9 A<br>115 V AC: 4.3 A<br>24 V DC: 17 A slow  |           |          |          |          |                       |           |           |
| Protection class                                             | IP 65                                                     |           |          |          |          |                       |           |           |
| Input pulse duration                                         | 10 ms                                                     |           |          |          |          |                       |           |           |
| Voltage at level connection / pulse input                    | 5 V DC, for potential-free switching outputs              |           |          |          |          |                       |           |           |
| Max. ambient temperature                                     | 45 °C (with PVC parts 40 °C)                              |           |          |          |          |                       |           |           |
| Max. process fluid temperature                               | 50 °C (with PVC parts 35 °C)                              |           |          |          |          |                       |           |           |
| Weight                                                       | ca. 2.7 kg                                                |           |          |          |          |                       |           |           |

## Dimensional figure



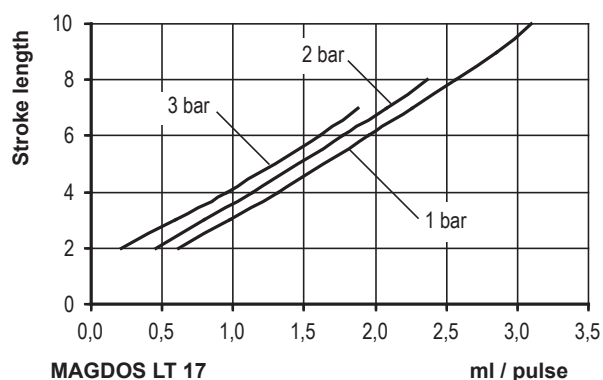
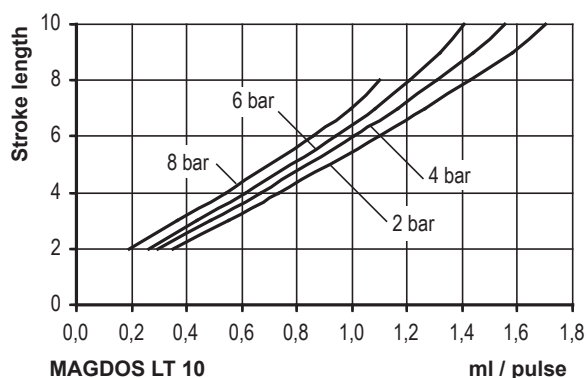
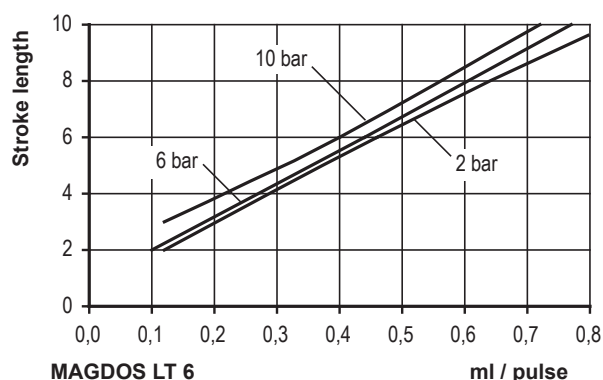
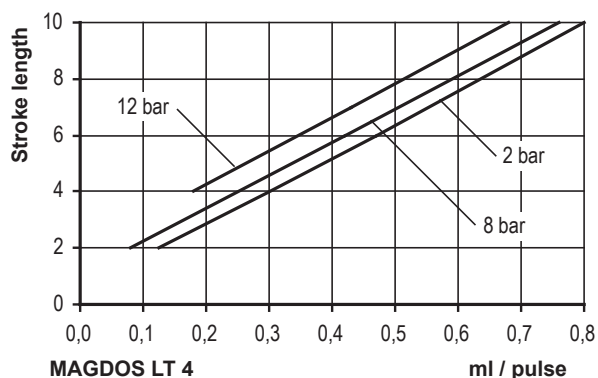
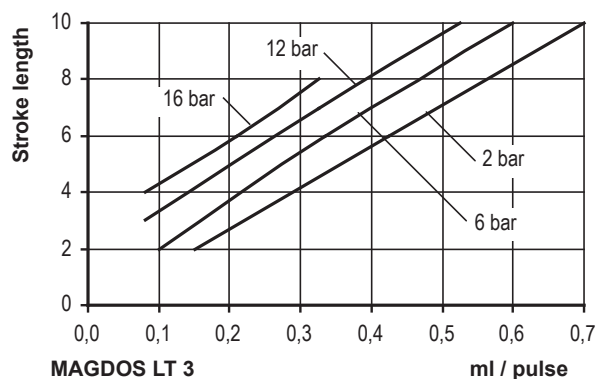
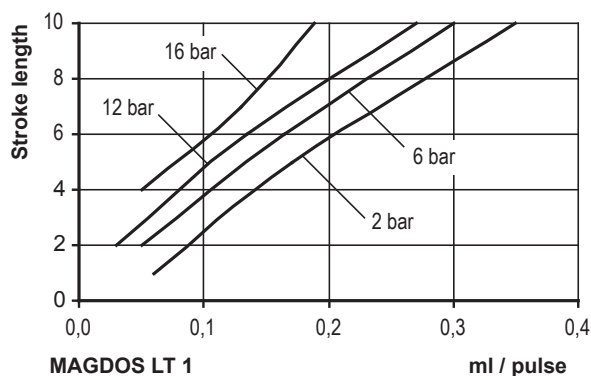
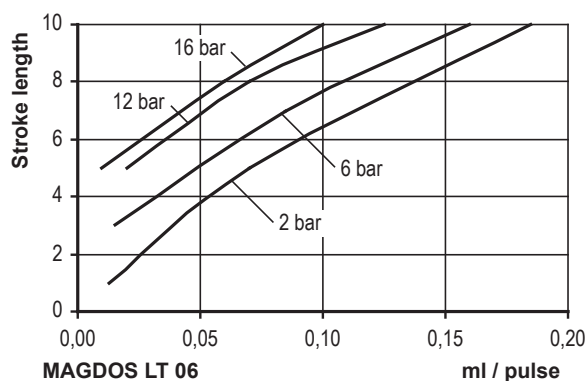
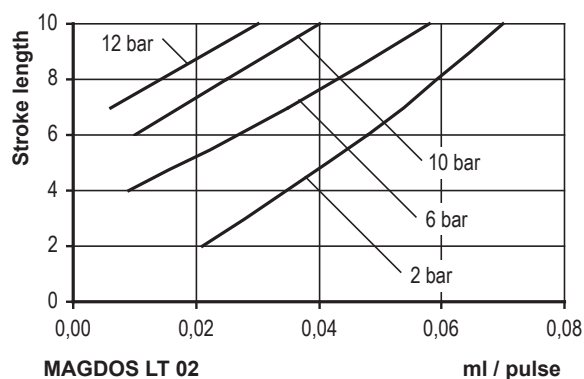
\*) at LT 10 and LT 17 on suction side only

\*\*) at LT 10 and LT 17: 118 mm

MAGDOS LT 02...10 - all measurements are given in mm

## Performance curves

The performance curves refer to water at 20 °C (68 °F). The performance of the dosing pump depends on the viscosity of the process fluid and hydraulic installation conditions. Dosing pumps must therefore be gauged in litres during application.



## الملحق 5: مواصفات أنابيب البولي إيثيلين

### Polyethylene pipes wall thickness

|       | SDR 9 | SDR 11 | SDR 13.6 | SDR 17 | SDR 26 | SDR33 |
|-------|-------|--------|----------|--------|--------|-------|
| PN    |       |        |          |        |        |       |
| PE100 | 20    | 16     | 12.5     | 10     | 6      | 5     |

| WALL THICKNESS (mm) سماكة الجدار |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nom.                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                  | e min | e max | e min | e max | e min | e max | e min | e max | e min | e max | e min | e max |
| 16                               | 2.0   | 2.3   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 20                               | 2.3   | 2.7   | 2.0   | 2.3   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 25                               | 3.0   | 3.4   | 2.3   | 2.7   | 2.0   | 2.3   | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 32                               | 3.6   | 4.1   | 3.0   | 3.4   | 2.4   | 2.8   | 2.0   | 2.3   | 2.0   | 2.3   | -     | -     |
| 40                               | 4.5   | 5.1   | 3.7   | 4.2   | 3.0   | 3.5   | 2.4   | 2.8   | 2.3   | 2.7   | 2.0   | 2.3   |
| 50                               | 5.6   | 6.3   | 4.6   | 5.2   | 3.7   | 4.2   | 3.0   | 3.4   | 2.9   | 3.3   | 2.4   | 2.8   |
| 63                               | 7.1   | 8.0   | 5.8   | 6.5   | 4.7   | 5.3   | 3.8   | 4.3   | 3.6   | 4.1   | 3.0   | 3.4   |
| 75                               | 8.4   | 9.4   | 6.8   | 7.6   | 5.6   | 6.3   | 4.5   | 5.1   | 4.3   | 4.9   | 3.6   | 4.1   |

## Designation of Polyethylene Pipe Materials

## تصميم واختيار مادة انبوب البولي ايثيلين

| DESIGNATION | اختيار المادة | MRS<br>(MPa) | DESIGN STRESS<br>Water Systems | (MPa) | اجهاد التصميم<br>منظومات مائية |
|-------------|---------------|--------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|
| PE100       |               | 10           |                                | 8     |                                |

The relationship of equations 2 and 3 becomes of paramount importance if one needs to calculate the thickness of a particular diameter of pipe while knowing the designation of the raw material and the nominal pressure of the system.

تصبح العلاقة بين المعادلة 2 والمعادلة 3 ذات اهمية عظمى اذا اردنا ان نحسب السماكة لقطر معين لانبوب وذلك عند معرفتنا اختيار المادة الاولية وضغط المنظومة.

## PACIFIC OZONE™ MG SERIES OZONE GENERATORS



### POWERFUL, SCALABLE, AND AIR-COOLED

The advanced air-cooled, Multi-chassis design of MG Series ozone generators delivers powerful, and precision-controllable Ozone production in large industrial ozone systems. The MG Series offers product from 140g/h (5lbs/day) to 1.1kg/hr (75lbs/day). The MG Ozone Generators package the Pacific Ozone™ Air-Cooled Floating Plate Technology ozone reactor cells with advanced Powertron electronics in rugged industrial enclosures.

### EASY TO INSTALL AND OPERATE

The MG series ozone generator is designed for seamless and easy installations in industrial applications. Factory tested and ready to use, the MG Series requires only a single point power connection and feed gas to produce high concentration ozone from the air-cooled enclosure. Power is supplied by standard 240V 50/60Hz line voltage. Standard MG Series control features offer everything a process scheme requires for automatic operation and integration with ozone ambient detectors and other process system protection and safety configurations. The seamless operation and integration will provide you assurance in your process, even in demanding environments.

### MODULAR DESIGN

Modular redundancy is the key to the MG Series revolutionary chassis-based design, providing unsurpassed reliability. The innovative design produces a solid foundation for a flexible and robust air-cooled ozone production system. The MG Series is engineered to meet the most demanding industrial ozone process requirements with an easy-to-use system control interface. The automated start, stop and purge sequencing joined with the Pacific Ozone™ system's precision ozone turn-down control provide the ultimate simple and safe operation for seamless integration in virtually all industrial applications.

### UNIVERSAL CONTROL

The MG Ozone Generator's HMI touch screen, backed by the pre-programmed PLC, gives the user control over power, flow, and output of the self-contained Floating Plate Technology ozone reactor cells powered by the advanced Powertron power supplies. All of this is fully integrated and housed in a stainless-steel enclosure, which provides critical ozone production security. MG Series Ozone Generators deliver production rates to 1.1kg/hr with programmable operating modes in 70g/h increments while maintaining full resolution control and automatically adjusting feed gas flow rates for full efficiency and ozone production optimization. This is done by the unique operational features of being able to bring on each chassis, based on demand, automatically adjusting the chassis at full flow.

### FEATURES

- Corrosion Resistant Stainless Steel Enclosures
- Air-Cooled FPT Titanium Reactor Cells
- No Cooling Water is Required
- Precision Linear Ozone Control by Powertron
- Remote Production Control
- Full Safety Features, Over-temp, Flow Loss, Fault Protection
- Set and Forget Back Pressure Control
- Redundant Chassis Design
- 10" HMI Touch Screen
- Ambient Ozone Detector with Electrical Safety Interlock
- Ethernet/IP Network Capable

### BENEFITS

- Energy Efficient – Low Operating Costs
- Industrial Design with Simplified and Robust User Interface
- Simple Installation and Integration
- Ability to Save on Duty-Stand-By Costs
- Reduce Risk of Shutdown Periods

### MARKETS

- Aquaculture
- Food & Beverage
- Pharmaceuticals



The robust multi-chassis design is seamlessly integrated into a clean engineered design and controlled by an innovative and fully integrated HMI/PLC.

The advanced HMI design provides fully integrated safety features that give peace of mind while providing optimal performance. The MG series generators will provide optimal disinfection with minimal effort, providing a solution for today and tomorrow.

## THE POWERTRON DIFFERENCE

Powertron is our latest innovative technology aimed at helping you maximize your operational efficiency. Now integrated into our complete product lineup, this novel power supply design provides a new method to control power for precision O<sub>3</sub> output that uses less energy. With 100% linear turndown capability, this advanced technology provides a stabler and quieter performance with its enhanced, robust design. The design offers revolutionary and precise control of the power in the cell to produce the corona, so energy does not become wasted heat. The design allows for unique monitoring of electrical parameters to deliver the most efficient energy usage with unsurpassed reliability, improving performance and reducing maintenance needs.

## SIMPLE. PROVEN. OZONE TECHNOLOGY.

### TECHNICAL SPECIFICATIONS\*

| Ozone Production (g/h) | Chassis | Normal Flow (SCFH) | Reactor Cell Operating Pressure (psi) | Power Requirements | Power Consumption** (kW) | Dimensions (WxDxH) |
|------------------------|---------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| 140                    | 2X      | 80                 | 6-9                                   | 1Ø, 240V, 50/60Hz  | 2.5                      | 36 x 35 x 81       |
| 280                    | 4X      | 160                | 6-9                                   | 1Ø, 240V, 50/60Hz  | 3.75                     | 36 x 35 x 81       |
| 560                    | 8X      | 320                | 6-9                                   | 1Ø, 240V, 50/60Hz  | 7.5                      | 36 x 35 x 81       |
| 1120                   | 16X     | 600                | 6-9                                   | 1Ø, 240V, 50/60Hz  | 7.5 x 2                  | (36 x 35 x 81) x 2 |

\*Nominal, under standard conditions.

\*\*Power consumption includes air-cooling.



558 Clark Road, Tewksbury, MA 01876 USA

+1 (707) 747-9600 [evoqua.com](http://evoqua.com)

Pacific Ozone is a trademark of Evoqua Water Technologies LLC, its subsidiaries or affiliates in some countries. All other trademarks are those of their respective owners.

All information presented herein is believed reliable and in accordance with accepted engineering practices. Evoqua makes no warranties as to the completeness of this information. Users are responsible for evaluating individual product suitability for specific applications. Evoqua assumes no liability whatsoever for any special, indirect or consequential damages arising from the sale, resale or misuse of its products.

## Abstract

Sterilized water has a key role in maintaining the health and safety of the population, and as a result of the unjust ban and preventing the import of chlorine, this research was conducted with the aim of finding a productive sterilization system for the water sterilizer as an alternative to sterilization with chlorine gas so that it achieves sterilization of water according to the Syrian standard specifications, taking into account the economic feasibility of the system The alternative and the possibility of the availability of operating materials, and the complete elimination of all types of bacteria present in the water while using manufactured sodium hypochlorite; The results showed that an economic savings was achieved in the quantities of chlorine used in sterilization. The savings amounted to 1.7 tons of sodium hypochlorite per 800,000 m<sup>3</sup> of treated water per day, in addition to eliminating the need to import water sterilizers from other countries and achieving self-sufficiency, these results were accompanied by the retention of drinking water, With the physical and chemical properties corresponding to the Syrian standard specifications.

### Key Words:

Water disinfection, Sodium Hypochlorite, Pumping Stations, On-Site Chlorine Manufacturing.

Syrian Arab Republic

Damascus university

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering

Department of Fluid mechanics



# **Title:**

## **The Optimal Selection for Sodium Hypochlorite Injection System in Drinking Water Pumping Stations**

**A thesis submitted in partial fulfillment of the  
requirements for the degree of Master in Fluid mechanics  
Engineering**

**By:**

**Eng. Hiba Mohamed Zyad Shakhashiro**

**Supervisor:**

**Prof. Dr. Ali Kalouf , Faculty of Mechanical and Electrical  
Engineering Department of Fluid mechanics**

**2022-2021 A.C.**