



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح – ورقلة

كلية العلوم التطبيقية
قسم الهندسة الميكانيكية

تخصص: الصيانة الصناعية

مذكرة تخرج من متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي في

إختصاص الصيانة الصناعية

إعداد الطلبة

عبد العزيز معمري و محمد عبد الله عزيزي

بعنوان :

دراسة وإنجاز نظام متكامل لمعالجة المياه: من التحلية إلى نوع
المعادن مع وضع مخطط صيانة دورية

نوقشت علنا يوم 15 06 2026 من قبل لجنة المناقشة

زياني لطفي	محاضر أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
بوحمام ناصر	محاضر أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
كمرشو عماد	محاضر أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا

شكر وعرفان

الحمد لله الذي وفقنا إلى إتمام هذا البحث، وأمدنا بالعون والتوفيق

.لإنجازه فنحمده سبحانه وتعالى أولاً وأخيراً

" ونتقدم بوافر الشكر في حق من بذلو معنا جهداً، وأفادونا بخبرتهم وعلمهم الواسع الأستاذ المشرف

عماد كمرشو " والذي زاد إشرافاً علينا في رسالتنا جمالاً وشرفاً، ونسأل الله العظيم

.أن يجزيه عنا كل الخير ويجعل عمله في ميزان حسناته

ونتقدم بجميل الشكر والتقدير إلى جميع أساتذتنا الكرام الذين علمونا الأدب قبل العلم، نسال الله أن

يبارك

.فيهم وفي علمهم وأن يرعاهم ويحفظهم بحفظه

ونتوجه بجزيل الشكر لكل زملائنا الطلبة الذين أزرؤنا وسائدونا في إتمام هذا البحث وفي المسار

الدراسي

ككل ولكل من ساعدنا في إخراج هذا البحث سواء بالإرشاد والنصح أو بالمراجعة ، ونسال الله

للجميع

.الإخلاص والتوفيق والسداد والقبول

وصلى الله على محمد وعلى آله وصحبه وسلم.

الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي وفقني لإتمام هذا العمل المتواضع.
أهدي ثمرة جهدي هذا إلى أعز الناس على قلبي، إلى والديَّ الكريمين، اللذين كانا
سندي وعوني طوال مسيرتي الدراسية، بما قدماه لي من دعم وتضحيات وتشجيع لا
حدود له.

إلى إخوتي وأفراد عائلتي الكريمة، الذين أحاطوني بالمحبة والدعم، وكانوا مصدر قوة
وإلهام في مختلف مراحل حياتي.

إلى أساتذتي الأفاضل الذين أناروا طريقي بالعلم والمعرفة، وساهموا في تكويني
العلمي والأكاديمي.

إلى زملائي وأصدقائي الذين شاركوني هذه الرحلة العلمية، وقدموا لي المساندة
والتشجيع.

وإلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل.

أهديكم هذه المذكرة عربون تقدير وامتنان، راجياً أن يكون هذا العمل خطوة نحو
المزيد من النجاح والعطاء.

والله ولي التوفيق.

محمد عبد الله

الإهداء

إلى من كلّله الله بالهيبة والوقار، إلى من علّمني العطاء دون انتظار، إلى سند العمر
ورمز الكفاح...أبي الغالي.

إلى من نبع الحنان من قلبها، إلى من سهرت الليالي لترسم لي طريق النجاح، إلى
دعواتها التي كانت حصني المنيع...أمي الحبيبة.

إلى نبض قلبي وسندي في الحياة، إخوتي وأخواتي، الذين شاركوني كل لحظات
التعب والفرح.

إلى رفقاء الدرب وزملاء الدراسة، من تقاسمت معهم شغف العلم وصعوبة
الطريق، وكانت مساندتهم دافعاً للاستمرار.

إلى الأساتذة الأفاضل الذين أناروا لنا دروب المعرفة ولم ييخلوا علينا بعلمهم
ونصيحتهم.

إلى كل هؤلاء... أهدي هذا العمل المتواضع ثمرة جهد وسهر، راجياً من المولى أن
يلقى القبول والنجاح.

عبد العزيز

الفهرس

واجهه

شكر وعرفان

الاهداء

مقدمة

4	الفصل الأول: الدراسة النظرية لتقنيات تحلية المياه الجوفية.....
4	مقدمة
4	1.1 الجزء الأول :توصيف المورد المائي (مصادر المياه واهمية معالجتها).....
4	1.1.1 مصادر المياه في الطبيعة
5	2.1.1 دورة المياه في الطبيعة.....
5	3.1.1 المياه الجوفية.....
6	1.3.1.1 تصنيف المياه الجوفية.....
6	2.1 الخصائص المياه الصالحة للشرب.....
6	1.2.1 الخصائص الفيزيائي.....
7	1.1.2.1 اللون والرائحة والذوق.....
7	2.1.2.1 عكارة المياه.....
7	2.2.1 الخصائص الكيميائية الأساسية.....
7	1.2.2.1 الأملاح الذائبة الكلية:(TDS)
7	2.2.2.1 الأكسجين المذاب
7	3.2.2.1 المواد الصلبة العالقة.....
8	4.2.2.1 العسر الكلي (TH)
8	5.2.2.1 الأس الهيدروجيني (pH)

3.2.1	المعايير القياسية الجزائرية والعالمية.....	8
4.2.1	المشاكل التقنية للمياه الخام.....	9
	الجزء الثاني: المبادئ الهيدروليكية للتناضح العكسي.....	9
3.1	تقنيات نزع المعادن : (تقنيات معالجة المياه).....	9
1.3.1	التقنيات الحرارية.....	9
1.1.3.1	مميزات التحلية الحرارية.....	9
2.1.3.1	عيوب التحلية الحرارية.....	10
2.3.1	التقنيات الغشائية.....	10
2.3.1	أنواع التقنيات الغشائية.....	10
4.1	فيزياء الأغشية ونظام RO.....	11
1. 4. 1	التناضح العكسي.....	11
2.4.1	دراسة الأغشية (Membranes).....	11
1. 2.4.1	المادة المصنعة والتركيب الهيكلي.....	11
2. 2.4.1	مسامية الأغشية (Porosity and Pore Size).....	11
5.1	الجزء الثالث :التوصيف الميكانيكي للمحطة تحلية الاسموزية.....	12
5.1	توصيف لمحطات تحلية المياه الاسموزية.....	12
1.5.1	وحدة المعالجة المسبقة (الترشيح Filtration).....	12
1. 1.5.1	مرحلة الفلاتر الرملية (Filtres à sable).....	12
2.1.5.1	مرحلة الفلاتر الخرطوشية (Filtres à cartouche).....	13
2.5.1	وحدة المعالجة الأسموزية (Reverse Osmosis – RO).....	14
3.5.1	مرحلة المعالجة الكيميائية.....	14
1. 3. I	ضبط PH.....	14

14	2.3.I المعالجة بالكلور.....
15	4.5.1. التجميع و التوزيع.....
15	خاتمة
16	الفصل الثاني : تصميم وإنجاز وتحليل النتائج وبرتكول الصيانة
17	مقدمة
17	1.1 الجزء الأول: الدراسة التقنية.....
17	2.1.1 النمذجة الرياضية لعملية التناضح العكسي.....
17	3.1.1 مؤشرات أداء محطة التحلية المنزلية.....
18	4.1.1 تطبيق على محطة 240 لتر/اليوم.....
21	1.2 الجزء الثاني :الهندسة الإنشائية لمحطة تحلية المياه المنزلية
21	1.1.2. توصيف محطة تحلية مياه منزلية
22	2.1.2 الفلاتر الأولية (المراحل الثلاث الأولى)
24	3.1.2 غشاء التناضح العكسي – (RO Membrane)
25	4.1.2 الأجزاء الكهربائية والميكانيكية (التحكم والضغط)
29	5.1.2 الفلاتر النهائية
30	6.1.2 ملخص مبدأ عمل محطة التحلية.....
31	7.1.2 العوامل المؤثرة على الإنتاجية
32	2.2 الجزء الثالث :تحليل النتائج وبروتوكول الصيانة
32	1.2.2 حسابات الكفاءة.....
32	3.2.2 تحليل النتائج.....

33	3.2.2 الجدوى الاقتصادية.....
33	4.2 الجزء الرابع : بروتوكول الصيانة (كيفية معالجة المشاكل والتدخل التقني).....
33	1.4.2. الصيانة الوقائية لمحطة تحلية المياه المنزلية.....
34	2.4.2 أهداف الصيانة الوقائية.....
34	3.4.2 برنامج الصيانة الوقائية.....
35	4.4.2 الأدوات المستخدمة في الصيانة.....
35	5.2 الجزء الخامس : بروتوكول الصيانة التصحيحية وتشخيص الأعطال.....
35	1.5.2 الصيانة التصحيحية(Corrective Maintenance).....
35	2.5.2 أهداف الصيانة التصحيحية.....
36	3.5.2 أنواعها.....
36	4.5.2 خطوات التشخيص التقني (Troubleshooting Steps).....
36	5.5.2 توصيات عملية.....
36	6.5.2_الأدوات_المستخدمة.....
37	7.5.2 دليل الفك والتركيب للتجهيزات(Disassembly & Assembly Guide).....
40	8.5.2 بروتوكول الفك والتركيب الآمن(Safe Disassembly).....
40	9.5.2 كيفية غسل الأغشية يدوياً(Manual Flushing).....
40	10.5.2 اختبار الكفاءة بعد التدخل (Verification).....
42	6.2 دراسة التكلفة.....
45	خاتمة.....
47	الخاتمة العامة.....
49	المراجع والمصادر.....
52	الملاحق.....
56	الملخص.....

فهرس الأشكال

- الشكل (01): دورة المياه الطبيعي..... 5
- الشكل (2): مختلف انواع المياه الجوفية والسطحية..... 6
- الشكل: (03) - ظاهرة التناضح الطبيعي و التناضح العكسي 11
- الشكل: (04) وصف وحدة التناضح العكسي الملفوفة Membrane 12
- الشكل (05) :مقطع طولي لفلتر الرمل 13
- الشكل: (06) - وحدة المعالجة الأسموزية 14
- الشكل(07): مخطط محطة تحلية 15
- الشكل (09): مخطط PID لمحطة نزع المعادن 21
- الشكل (10): فلتر الرواسب (PP - Sediment Filter) 22
- الشكل (11): فلتر الكربون الحبيبي (UDF/GAC) 22
- الشكل (12): فلتر الكربون البلوك (CTO) : 23
- الشكل (13): غشاء التناضح العكسي- (RO Membrane) 24
- الشكل (14): صورة للمضخة: (Pump) 25
- الشكل (15): منحى الأداء لمضخة: (Pump) 25
- الشكل (16): منحى التيار الكهربائي للمضخة: (Pump) 26
- الشكل (17): حساس الضغط المنخفض (LPS) 26
- الشكل (18): حساس الضغط المرتفع (HPS): 27
- الشكل (19): المحول: (Transformer) 27
- الشكل (20): الصورة الموضحة للمانومتر 27
- الشكل (21): صورة توضيحية لفلتر بوست كربون 28
- الشكل (22): صورة توضيحية لفلتر المعادن (Mineral Filter) 28

- الشكل (23): خزان التخزين (*Storage Tank*) 29
- الشكل (24): المخطط الهيدروليكي لمحطة تحلية المياه المنزلية 30
- الشكل (25): المخطط الكهربائي لمحطة نزع المعادن 30

فهرس الجداول

الجدول (1-1): يمثل مصادر المياه في الطبيعة	4
-الجدول (2-1): علاقة TDS بنوعية المياه الصالحة للشرب	7
الجدول (3-1) :/معايير جودة المياه) المعيار الجزائري / منظمة الصحة العالمية (WHO)	8
الجدول (4-1): مقارنة بين التقنيات الغشائية و الحرارية	10
الجدول (1-2): خصائص المياه الخام	17
الجدول (2-2) يبين المعطيات والقيمة المطلوبة.....	20
الجدول (3-2): القياسات الميدانية	31
الجدول (4-2): الخصائص مياه الحنفية قبل وبعد المعالجة	32
الجدول: (5-2) :الصيانة النموذجي	33
جدول (6-2): الصيانة التصحيحية النموذجي	36
الجدول (7-2) :مصفوفة تشخيص الأعطال	37
الجدول (8-2) :مصفوفة تقييم وإدارة المخاطر (Operational Risk Matrix)	39
الجدول (9-2) :الأثر الهندسي والاقتصادي للتحسين في الصيانة	40

فهرس الرموز

(TDS): Total Dissolved Solids

(TH): Total Hardness

(pH): Potential of Hydrogen

ADE.: Algérienne des Eaux

WHO): World Health Organization

CE (us/cm): Electrical Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Mf: Microfiltration

GPD: Gallons Per Day

PID: Proportional-Integral-Derivative

UDF/GAC): Granular Activated Carbon

HPS): High Pressure Switch

(FR): Flow Restrictor

(RCA: Root Cause Analysis

MTBF: Mean Time Between Failures

MTTR: Mean Time To Repair

مقدمة عامة

مقدمة:

تُعتبر المياه عنصراً أساسياً في الحياة اليومية وفي مختلف الأنشطة المنزلية والصناعية، غير أن جودتها لا تتحدد فقط بتوفرها، بل أيضاً بخصائصها الفيزيائية والكيميائية، فالكرة الأرضية تتوفر على كمية هائلة من المياه (72 % من مساحة الأرض) إلا أن المياه العذبة منها فقط 2.5 % ، و تتسبب المياه الغنية بالمعادن في العديد من المشاكل الصحية و التقنية والاقتصادية، حيث تؤدي إلى تكوّن الترسبات الكلسية داخل الأنابيب والخزانات والسخانات والغسالات وآلات تحضير القهوة وغيرها من الأجهزة المنزلية. [1]

وقد ظهرت العديد من تقنيات معالجة المياه كمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي لتوفر مياه صالحة للاستخدام حسب معايير الصحة العالمية إلا أنها و لحد الساعة لا تصل إلى جميع المستهلكين لعدة مشاكل أهمها التوسع العمراني و ارتفاع تكلفة انجاز هذه المحطات و الصيانة.

- فهل يمكن انجاز نموذج لمحطة تحلية مياه منزلية قادرة على إنتاج مياه وفق معايير عالية و بالكمية المطلوبة؟

تهدف هذه المذكرة إلى دراسة محطة منزلية لنزع المعادن، والتعرف على مكوناتها ومبدأ عملها، وتقييم مدى فعاليتها في تحسين جودة المياه والحد من المشاكل الناتجة عن وجود المعادن الذائبة، مع تحليل النتائج المتحصل عليها و وضع برنامج صيانة للاستدامة واقتراح التوصيات المناسبة لتطوير أداء النظام مستقبلاً.

في الفصل الأول تم التطرق إلى الدراسة خصائص المياه الجوفية وتقنيات تحلية المياه وتقنية التناضح العكسي وتوصيف محطات نزع المعادن.

في الفصل الثاني وتم التطرق الى تصميم وانجاز محطة تحلية المياه المنزلية ذات سعة (240 لتر/يوم) وتحليل النتائج واعتماد بروتوكول الصيانة .

الفصل الأول

الدراسة النظرية لتقنيات تحلية المياه

1. مقدمة الفصل:

تُعد المياه الجوفية المورد الأساسي في المناطق الصحراوية ، غير أن ارتفاع نسبة الملوحة والعسر يجعلها غير صالحة للاستخدام المباشر دون معالجة .وتؤدي هذه الخصائص الكيميائية إلى مشاكل تقنية وميكانيكية عديدة في شبكات التوزيع والأجهزة المنزلية . لذلك ظهرت تقنيات التحلية، وعلى رأسها تقنية التناضح العكسي (Reverse Osmosis) ، كحل فعال يعتمد على فصل الأملاح الذائبة باستخدام أغشية شبه منفذة تحت تأثير الضغط.

1.1 الجزء الأول: توصيف المورد المائي (مصادر المياه وأهمية معالجتها)

1.1.1 مصادر المياه في الطبيعة :

يمكن أن نسمي كوكب الأرض بالكوكب الأزرق نظرا لأن سطحه مغطى بنسبة 72% من المياه، كان الماء موجودا لآلاف السنين بنسب غير قابلة للتغيير، فهناك حوالي 1400 مليون km^3 من المياه على هذا الكوكب، هذه الكمية كبيرة جدا، فسيكون من الصعب إستهلاكها حتى لو إرتفع الطلب بشكل كبير.

هذه الكمية الهائلة من الماء ليست آمنة تماما للشرب، فالغالبية منها من مياه البحر وتمثل ما بين 97.2 % إلى 97.5%، بينما تمثل المياه العذبة من 2.5% الى 2.8% [2]

تتوزع المياه على الكرة الأرضية بناء على مصادر وجودها في الطبيعة، والتي يمكن أن تتخذ أشكالا عديدة، منها المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والجداول والبرك وغير ها، كما هو مبين في الجدول (1-1)[4]

الجدول (1-1): يمثل مصادر المياه في الطبيعة [4]

المياه العذبة		المياه المالحة
المياه السطحية	المياه الجوفية	الكتل الجليدية
- البحيرات - مياه الأنهار - المتتفعات - مياه السدود - مياه - الأمطار	- المياه الموجودة في باطن الأرض (في الطبقات الصخرية)	- المناطق القطبية المتجمدة - القمم الجبلية العالية في المناطق الباردة

2.1.1 دورة المياه في الطبيعة:

تتواجد المياه على سطح الأرض في المسطحات المائية، إذ أن معظم المياه الموجودة على سطح الكوكب هي على شكل مياه مالحة متمركزة في المحيطات والبحار، وخاصة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، على الرغم من أن الماء يغطي 80% من سطح الأرض، إلا أن هذه الكمية الكاملة من المياه الموجودة على الكوكب ككل لا يمكن استخدامها بشكل مباشر.

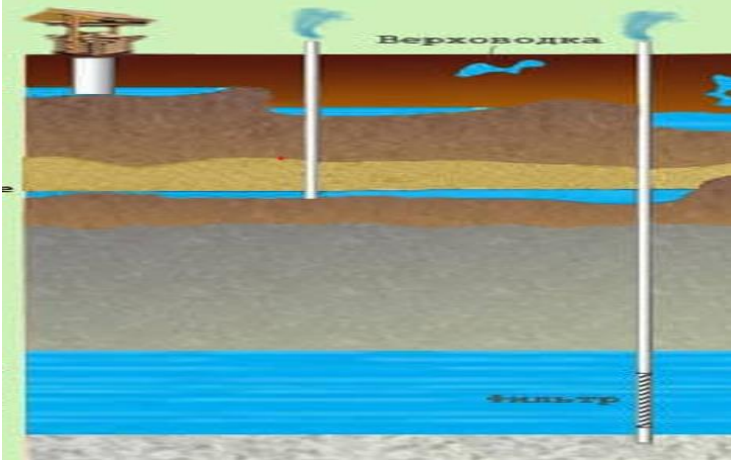


الشكل (01): دورة المياه الطبيعي [4]

3.1.1 المياه الجوفية:

المياه الجوفية هي مورد قيم وموزع على نطاق واسع على سطح الأرض لأنها تعتبر أكبر مصدر للمياه العذبة في العالم حيث يتم تخزين معظمها تحت الأرض على أعماق مختلفة، ويتم تجديدها سنوياً عن طريق هطول الأمطار، مثلها مثل أي مصدر معدني آخر [5]، تتموضع في مسامات الأرض، كذلك بين الصخور الرسوبية، الرمل، الحصى ومكونات التربة الأخرى، لأن هذه المواقع تسمح بنفاذية المياه الصالحة للاستخدام من خلال الترشيح. [6] هناك العديد من العوامل التي تؤثر على كمية المياه في الخزان الجوفي، بما في ذلك كمية الأمطار والنسبة المئوية التي تتسرب منها إلى التربة، تضاريس الموقع، الجيولوجيا، والجغرافيا [7]

تعد المناطق الصحراوية القاحلة في العالم من أكثر المناطق احتياجاً للمياه الجوفية بسبب نقص موارد المياه السطحية، وهي من أكثر القطاعات نشاطاً في مجال الدراسة، وقد بينت الاستكشافات وتم العثور على كميات كبيرة في الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا. إذ تقدر المياه الجوفية بنحو 150000 km^3 ، أو حوالي 1.8% من إجمالي المياه الجوفية على كوكب الأرض [8]



الشكل (2): مختلف انواع المياه الجوفية والسطحية

1.3.1.1 تصنيف المياه الجوفية:

تعتبر المياه الجوفية من أهم مصادر المياه العذبة، التي تعتمد في تصنيفها على مصدرها وكيفية وصولها إلى السطح ويمكن تقسيمها إلى ثلاث أقسام:

- المياه الجوفية العذبة: مصدرها هطول الأمطار، وذوبان الثلوج ومياه المجاري النهرية.
- المياه الجوفية العذبة والقليلة الملوحة: المياه المخزنة في تكوينات رسوبية مسامية [9]
- المياه الجوفية المالحة: المياه التي اخترقت الكتل الأرضية من المسطحات البحرية والمحيطية.

2.1 الخصائص المياه الصالحة للشرب [13] :

تخضع مياه الشرب لمعايير دولية، تحددها منظمة الصحة العالمية (WHO World Health Organization)، يمكن التعرف على بعضها بواسطة الحواس اللون، الرائحة، المذاق، المظهر أما بقية المعايير الأخرى فهي فيزيائية و كيميائية ومكروبيولوجية. تهدف معايير صالحة المياه للشرب لحماية الإنسان من الأمراض والمواد السامة التي تنتشر عن طريقها، مباشرة عند الاستسهال أو على المدى البعيد، ولضمان هذه الصالحة يجب التأكد من حماية مصادر المياه من التلوث، واستخدام مواد مطابقة للمواصفات القياسية في معالجة المياه، وكشف أي خطر يهدد سلامة المياه وصحة الإنسان واتخاذ الإجراءات اللازمة في حينها.

1.2.1 الخصائص الفيزيائية:

تحديد القيم القصى المقبولة لصفات الماء الطبيعية، مثل اللون والطعم والرائحة ودرجة الحرارة وأضرارها ونسبة المادة العالقة والتوصيل الكهربائي والكثافة. ولهذه الخواص أثار بيئية وتختلف باختلاف مصادرها ومكوناتها، على المدى الطويل، قد يكون لها تأثير كبير على صحة الفرد .

1.1.2.1 اللون والرائحة والذوق:

باعتبار مياه الشرب ليس لها طعم أو رائحة أو لون، ولكن تكتسب طعم بسبب ذوبان الغازات وانحلال بعض الأملاح المعدنية (Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻).

2.1.2.1 عكارة المياه:

عكارة المياه (Water Turbidity) هي مقياس لدرجة وضوح أو "صفاء" الماء، وتُعبّر عن مدى وجود مواد عالقة فيه تمنع الضوء من المرور بشكل طبيعي فتجعل الماء يبدو مكدرًا، غائمًا، أو موحلاً بدلاً من أن يكون شفافاً ونقيًا. [1]

2.2.2 الخصائص الكيميائية الأساسية:

1.2.2.1 الأملاح الذائبة الكلية: (TDS)

تعريف: هو مصطلح يعبر عن كمية الأملاح الصلبة الذائبة في المياه، إذ لا تقتصر ملوحة الماء على نوع واحد فقط من الأملاح بل هي نسبة التركيز الكلي للأملاح الذائبة معاً مثل البوتاسيوم، صوديوم والمغنيسيوم كالسيوم كما تقاس نسبة ملوحة مياه الشرب [5]

-الجدول (2-1): علاقة TDS بنوعية المياه الصالحة للشرب [3]

الرقم	قيمة TDS	نوع المياه
01	أقل من 300	مياه شرب ممتازة.
02	300-600	مياه شرب جيدة.
03	600-900	مياه شرب مقبولة
04	900-1200	مياه شرب غير مرغوب فيها
05	-أكثر من 1200	مياه شرب غير مقبولة

2.2.2.1 الأكسجين المذاب:

يقيس الأكسجين المذاب كمية الأكسجين في الماء، إضافة إلى دوره في عملية التنقية الذاتية للوسط المائي ينحل في الماء نتيجة عملية التبادل بين الطور الغازي (الهواء) والطور السائل (الماء)، حيث تقاس كمية الأكسجين المنحل بجهاز خاص يدعى الأكسجين متر، أو باستعمال جهاز متعدد القياسات، وتتراوح قيمة الأكسجين المذاب حسب معايير الصحة بين 5 و 6 ملغ/لتر.

3.2.2.1 المواد الصلبة العالقة :

طبيعة المواد الصلبة العالقة غالباً ما تكون معدنية ومعدلاتها منخفضة نسبياً باستثناء فترات فيضان الأنهار، إذ تتشكل جميع الجسيمات المعدنية أو العضوية في المياه الطبيعية أو الملوثة حيث تنشأ هذه المواد بشكل أساسي من منطقة تجمع المياه تحت تأثير التآكل الطبيعي والمخلفات العضوية والعوالق كما أنها لا تخلو هذه المواد المعلقة، ويسمح بمحتوى أقل من 30 غرام /لتر في المياه السطحية، بينما إذا تجاوزت 70 غرام/لتر فإن الماء يصبح ملوث.

4.2.2.1 العسر الكلي (TH): مرتفع بسبب أيونات Ca^{2+} و Mg^{2+}

تعريف:

تعرف العسرة على أنها مقياس لقابلية الماء على ترسيب الصابون، حيث يتم قياسها بطريقة المعايرة اللونية، يتم اكتشافها بشكل أساسي من خلال أنها تمنع الماء والصابون من تكوين الرغوة بشكل أو بآخر، إذ تنتج من أيونات المعادن الموجبة ثنائية التكافؤ وبعض الأيونات السالبة ذات صلة، تقاس بمجموع التركيزات بدرجات الكالسيوم والمغنيسيوم ويعبر عنها بالعنوان الهيدرومترى،

5.2.2.1 الأس الهيدروجيني (pH) :

هي واحدة من أهم الخصائص الكيميائية للماء، وهي المقياس الذي يحدد ما إذا كان الماء حمضياً، متعادلاً، أو قلويًا (قاعدياً). و يتراوح مقياس درجة الحموضة من 0 إلى 14:

ماء متعادل: (pH = 7) وهو الماء النقي تماماً حيث لا يكون حمضياً ولا قاعدياً.

ماء حمضي: (pH < 7) كلما قلت القيمة عن 7، زادت حموضة الماء (مثل خل التفاح أو الليمون).

ماء قاتوي/قاعدي: (pH > 7) كلما زادت القيمة عن 7، زادت قلوية الماء (مثل ماء البحر أو المنظفات).

لماذا تعتبر درجة الـ pH مهمة في المياه؟

صلاحية الشرب: المعايير العالمية تفرض أن تتراوح درجة pH مياه الشرب بين 6.5 و 8.5. المياه شديدة الحموضة أو القلوية قد تكون ضارة بالصحة وتغير طعم الماء. [13]

3.2.1 المعايير القياسية الجزائرية والعالمية:

الجدول التالي: معايير مياه الشرب حسب المعيار الجزائري وحسب معيار منظمة الصحة العالمية

الجدول (3-1): /معايير جودة المياه) المعيار الجزائري / منظمة الصحة العالمية (WHO [3]

المؤشر	الوحدة	المعيار الجزائري	معيار منظمة الصحة العالمية
الرقم الهيدروجيني (pH)	/	6.5 – 8.5	6.5 – 9.2
درجة الحرارة	°م	25	/
التوصيل الكهربائي	ميكروسيمنس/سم	2800	/
البقايا الجافة عند 180°م	ملغ/لتر	2000	1500
التعكر	ملغ/لتر	2	5
الصلابة الكلية	ملغ/لتر	500	500
الكالسيوم	ملغ/لتر	200	/
المغنزيوم	ملغ/لتر	150	150
الصوديوم	ملغ/لتر	200	/
البوتاسيوم	ملغ/لتر	20	/
الكبريتات	ملغ/لتر	400	250
الكلوريد	ملغ/لتر	500	250
النترات	ملغ/لتر	50	50
النترت	ملغ/لتر	0.1	0.1

0.2	0.2	ملغ/لتر	الألمونيوم
0.5	0.5	ملغ/لتر	الفوسفات
/	0.5	ملغ/لتر	الألمونيوم
/	3	ملغ/لتر	المواد العضوية
/	0.3	ملغ/لتر	المعادن الثقيلة
0.3	0.3	ملغ/لتر	الحديد
0.1	0.5	ملغ/لتر	المنغنيز

4.2.1. المشاكل التقنية للمياه الخام:

1. ترسب كربونات الكالسيوم داخل الأنابيب
2. انسداد السخانات والغلايات
3. انخفاض كفاءة انتقال الحرارة
4. زيادة استهلاك الطاقة

الجزء الثاني: المبادئ الهيدروليكية للتناضح العكسي

3.1 تقنيات نزع المعادن: (تقنيات معالجة المياه)

مقدمة: تقنيات نزع المعادن هي مجموعة من العمليات والتقنيات المستخدمة لإزالة الأملاح و المعادن الذائبة من المياه بهدف تحسين جودتها و جعلها صالحة للشرب أو الاستعمال الصناعي و الطبي، وتنقسم الى قسمين أساسيين وهما: التقنيات الحرارية والتقنيات الغشائية، وهناك تقنيات جديدة لكنها تعتمد على نفس مبدأ عملها إضافة إلى ذلك فإن الجزائر تعتمد في أغلب محطات التحلية المتواجدة بها على تقنية التناضح العكسي (RO).

1.3.1 التقنيات الحرارية:

تعتمد هذه التقنيات على عملية التبخير باستخدام الحرارة ثم التكثيف للحصول على ماء نقي خالي من الأملاح و الشوائب، وتستهلك غالبًا في المحطات الكبيرة لها عدة أنواع منها:

- التقطير الومضي متعدد المراحل (Multi-Stage Flash Distillation(MSF)
- التقطير متعدد التأثير (Multiple Effect Distillation(MED)
- تقنية التضغوط البخاري (Vapor Compression Distillation (VC)

1.1.3.1 مميزات التحلية الحرارية:

- فعالة جدًا مع مياه البحر عالية الملوحة.
- عمر تشغيلي طويل.

2.1.3.1 عيوب التحلية الحرارية:

- استهلاك طاقة كبير.
- تكلفة إنشاء مرتفعة.

2.3.1 التقنيات الغشائية:

هي طرق لمعالجة وتحلية المياه تعتمد على أغشية شبه نافذة تفصل الأملاح والشوائب والملوثات عن الماء تحت تأثير الضغط أو فرق التركيز أو المجال الكهربائي. تسمح هذه الأغشية بمرور الماء وتمنع مرور الجزيئات أو الأيونات غير المرغوبة حسب نوع الغشاء المستخدم. [8]

2.3.1 أنواع التقنيات الغشائية:

✓ Microfiltration (MF): تعتمد على أغشية ذات مسامات كبيرة نسبياً (0.1-10 ميكرومتر)، وتستخدم لإزالة الرمال والعوالق والبكتيريا والمواد الصلبة من الماء.

✓ Ultrafiltration (UF): تستخدم أغشية أدق من MF، قادرة على إزالة الفيروسات والبروتينات والجزيئات العضوية الدقيقة. تستعمل في تنقية مياه الشرب ومعالجة المياه الصناعية.

✓ Nanofiltration (NF): تعمل بأغشية دقيقة جداً تسمح بمرور جزء من الأملاح وتمنع الأملاح الثنائية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم، تستخدم لتقليل عسر الماء وتحسين الجودة مع استهلاك ضغط أقل من RO.

✓ Electrodialysis (ED): تعتمد على أغشية خاصة ومجال كهربائي لنقل الأيونات والأملاح بعيداً عن الماء، تستخدم خصوصاً لمعالجة المياه قليلة ومتوسطة الملوحة مع استهلاك طاقة معتدل.

✓ التناضح العكسي (Reverse Osmosis (RO)): تعتمد على ضغط مرتفع لدفع الماء عبر غشاء شبه نافذ يمنع مرور معظم الأملاح والملوثات. تُعد أشهر تقنية لتحلية مياه البحر والمياه المالحة وإنتاج مياه نقية جداً.

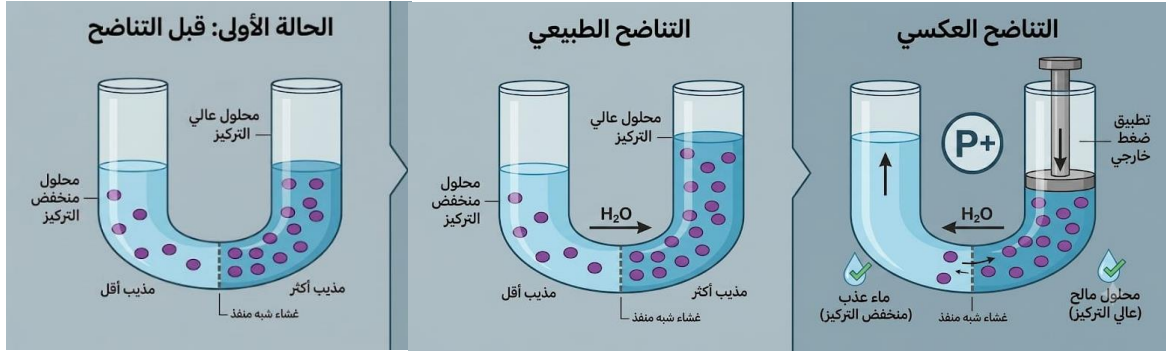
الجدول (4-1): مقارنة بين التقنيات الغشائية و الحرارية

المعيار	التقنيات الغشائية	التقنيات الحرارية
استهلاك الطاقة	منخفض إلى متوسط	مرتفع
تكلفة الإنتاج	أقل نسبياً	أعلى بسبب استهلاك الحرارة والطاقة
جودة المياه المنتجة	عالية جداً خصوصاً في Reverse Osmosis	عالية جداً وقريبة من الماء المقطر
الاستخدام الشائع	التحلية المنزلية والصناعية ومحطات متوسطة وصغيرة	محطات تحلية مياه البحر الكبرى
تكلفة الصيانة	متوسطة (تبديل الأغشية والتنظيف)	مرتفعة نسبياً بسبب المعدات الحرارية

4.1 فيزياء الأغشية ونظام RO

1. 4. 1 1. التناضح العكسي :

التناضح الطبيعي هو انتقال الماء من محلول مخفف إلى محلول مركز عبر غشاء شبه منفذ يسمح بمرور الماء دون الأملاح. التناضح العكسي يتم بتطبيق ضغط خارجي أكبر من الضغط الأسموزي لعكس عملية التناضح الطبيعي. (حوالي 60-80 بار بالنسبة لمياه البحر و 4 إلى 15 بار بالنسبة لمياه الآبار)، بهذه الطريقة يتم إزالة الأملاح من المياه قليلة الملوحة بنسبة تزيد عن 92%.



الشكل: (03.2)- ظاهرة التناضح الطبيعي و التناضح العكسي [14]

آلية الفصل:

✓ جزيئات الماء تمر عبر الغشاء

✓ الأملاح والشوائب تُرفض

2.4.1 دراسة الأغشية (Membranes) :

1. 2.4.1 1. المادة المصنعة والتركيب الهيكلي [18]:

تُصنع معظم أغشية التحلية الحديثة من مادة الفيلم الرقيق المركب (Thin Film Composite - TFC). يتكون الغشاء كيميائياً من ثلاث طبقات أساسية:

أ. طبقة البولي أميد (Polyamide): وهي الطبقة النشطة السطحية (سمكتها حوالي 0.2 μm) والمسؤولة عن عملية فصل الأملاح.

ب. طبقة البولي سلفون (Polysulfone): طبقة وسيطة مسامية تعمل كدعامة للطبقة النشطة.

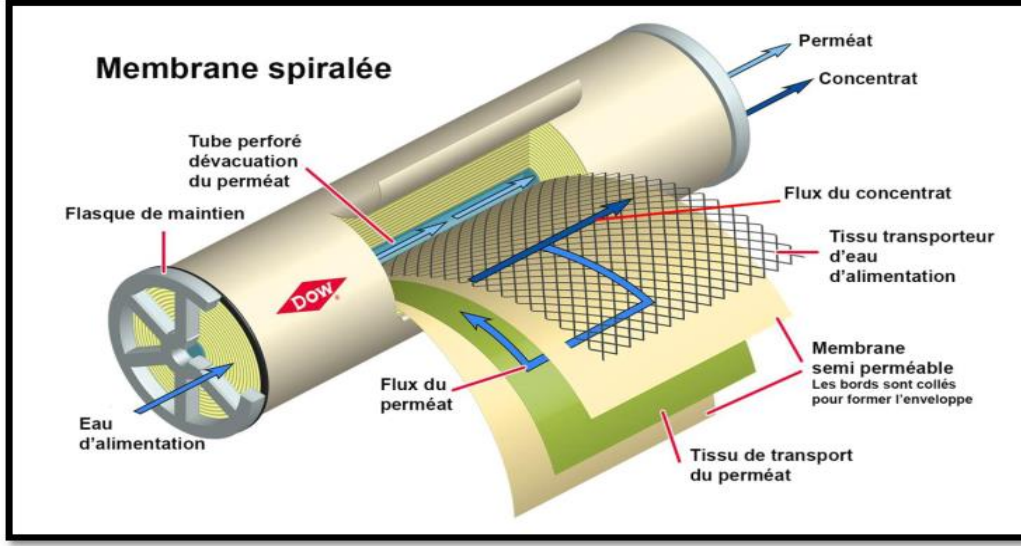
ت. طبقة البوليستر (Polyester): قاعدة قماشية تعطي المتانة الميكانيكية للغشاء لمقاومة الضغوط العالية.

2. 2.4.1 مسامية الأغشية (Porosity and Pore Size)

تتميز أغشية التناضح العكسي بمسامية دقيقة جداً لا يمكن رؤيتها بالمجاهر الضوئية العادية:

أ. حجم المسام: يتراوح قطر المسام في أغشية RO بين 0.0001 و 0.0005 ميكرون (μm).

ب. القدرة التحليلية: بفضل هذه المسامية، يستطيع الغشاء حجز الفيروسات، البكتيريا، والأيونات المنحلة بنسبة رفض (Salt Rejection) تصل إلى 96% - 98%.



الشكل: (04.2) وصف وحدة التناضح العكسي الملفوفة Membrane

5.1 الجزء الثالث: التوصيف الميكانيكي للمحطة تحلية الاسموزية :

5.1 توصيف لمحطات تحلية المياه الاسموزية:

محطة تحلية الاسموزية هي نظام يعتمد على مبدأ التناضح العكسي لإزالة الأملاح والشوائب من المياه المالحة أو الملوثة، لتحويلها إلى مياه صالحة للشرب أو للاستخدام الصناعي. [6]

مكونات المحطة:

1.I وحدة المعالجة المسبقة.

2.I وحدة المعالجة الأسموزية.

3.I وحدة المعالجة الكيميائية.

4.I وحدة التجميع والتوزيع.

1.5.1 وحدة المعالجة المسبقة (الترشيح (Filtration) : تزيل الشوائب الكبيرة والرواسب من المياه الخام و تتم عبر

مرحلتين:

1.5.1 1. مرحلة الفلاتر الرملية (Filtres à sable) :

تلعب دوراً مهماً في إزالة الشوائب الكبيرة والجسيمات الصلبة العالقة، مما يساهم في حماية المراحل التالية من الانسداد أو التلف، ويتكوّن هذا الفلتر من ثلاث طبقات رئيسية تختلف من حيث الحجم والوظيفة، وهي:

أ. طبقة الحصى:

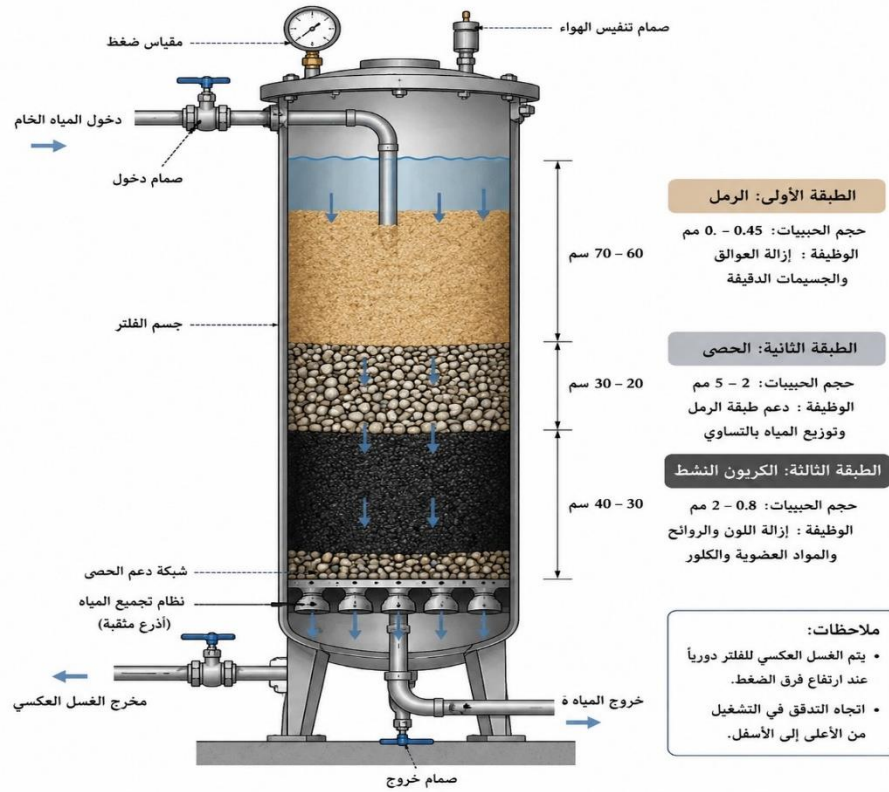
تعمل هذه الطبقة على إزالة الشوائب والجسيمات الصلبة الكبيرة من المياه، كما تساعد على توزيع تدفق المياه داخل الفلتر بشكل منتظم.

ب. طبقة الرمل:

تُستخدم لإزالة الجسيمات الدقيقة والعالقة التي لم تتمكن طبقة الحصى من حجزها، مما يساهم في تحسين نقاء المياه.

ج. طبقة الكربون النشط:

تعمل على امتصاص المواد العضوية والروائح والمواد الكيميائية مثل الكلور، مما يحسّن من طعم ورائحة المياه.



الشكل (05.2): مقطع طولي لفلتر الرمل

2.1.5.1 مرحلة الفلاتر الخرطوشية (Filtres à cartouche):

تُعدّ الفلاتر الخرطوشية المرحلة الثانية في عملية معالجة المياه، حيث يتم خلالها إزالة الجسيمات الدقيقة جداً العالقة في الماء، والتي يقل حجمها عن 5 ميكرون.

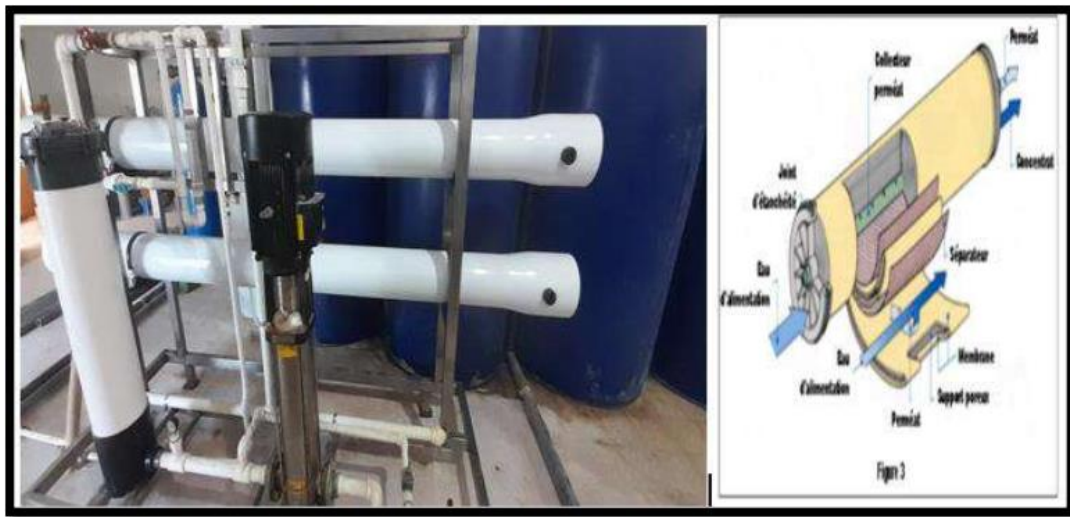
أهمية هذه المرحلة:

- إزالة الشوائب الدقيقة التي لم تُحجز في مرحلة الترشيح الأولي.
- حماية أغشية التناضح العكسي (Osmose inverse) من الانسداد أو التلف.

الدراسة النظرية لتقنيات تحلية المياه الجوفية

- ### 2.5.1 وحدة المعالجة الأسموزية (Reverse Osmosis – RO) :

يتم خلال هذه العملية حقن مادة سائلة تسمى entiscallon دورها منع ترسب الأملاح داخل فلتر Membrane [9].

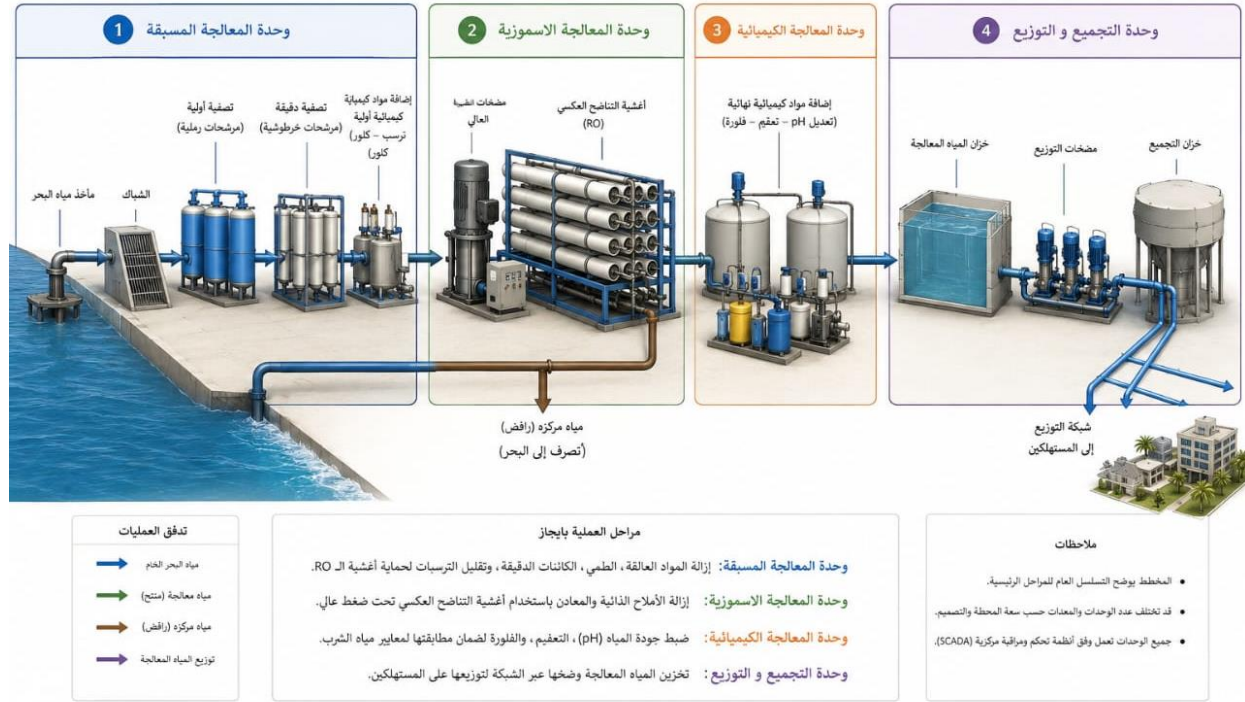


3.5.1. مرحلة المعالجة الكيميائية:

14

4.5.1. التجميع و التوزيع:

بعد الانتهاء من المعالجة الكيميائية يتم ضخ المياه إلى خزانات ضخمة بمعايير هندسية دقيقة من أجل التخزين قبل التوزيع، تعمل هذه الخزانات كمنظم بين معدل الإنتاج الثابت من محطة التحلية و معدل الاستهلاك المتغير للمدن، ثم يتم توزيعها في الشبكة حسب السلم الزمني المدروس.



الشكل (07.2): مخطط محطة تحلية

خاتمة

تم في هذا الفصل التعرف على مختلف خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية كما تم توضيح بعض انواع تقنيات تحلية المياه والتركيز على تقنية التناضح العكسي وتوصيف محطات نزع المعادن وكيفية ومراحل المعالجة وتم إبراز أهم المشاكل والخسائر التي تسببها المياه كما تم التطرق إلى المعايير العالمية والجزائرية للمياه .

الفصل الثاني:

تصميم وانجاز محطة تحلية المياه المنزلية (240 لتر/يوم)
وبروتوكول الصيانة

مقدمة:

يهدف هذا الفصل إلى إنجاز دراسة التقنية لمحطة تحلية المياه المنزلية بسعة 240 لتر/ اليوم ، بإختيار المكونات المناسبة وتصميم نظام قادر على إنتاج مياه صالحة للشرب بجودة جيدة وبكمية تلبي احتياجات المستخدم، مع ضمان سهولة التشغيل والصيانة.

1.1 الجزء الأول: الدراسة التقنية:

يهدف هذا الجزء إلى تحديد نوع الغشاء المناسب حسب نوعية الماء الخام و الدراسات الرياضية لفيزياء الأغشية.

الجدول (1-2): خصائص المياه الخام :

الخصائص	TDS (mg/l)	CE (us/cm)	T°	PH
القيمة	1743	3540	27.6	7.51

2.1.1 النمذجة الرياضية لعملية التناضح العكسي:

تعتمد عملية RO على انتقال الكتلة خلال غشاء شبه منفذ وفق فرق الضغط الفعّال. يُعطى تدفق الماء عبر الغشاء (J_w) بالعلاقة

$$J_w = A (\Delta P - \Delta \pi) \quad [9]$$

حيث:

J_w : تدفق الماء ($L/m^2 \cdot h$)

A : معامل نفاذية الماء للغشاء

ΔP : فرق الضغط الهيدروليكي (bar)

$\Delta \pi$: فرق الضغط الأسموزي

تحليل:

- عندما: $\Delta P \leq \Delta \pi$ لا يحدث إنتاج فعلي
- عند زيادة حتى يصبح $\Delta P \leq \Delta \pi$ ترفع الإنتاجية حتى حد تشبع (يعتمد على خصائص الغشاء)

3.1.1 مؤشرات أداء محطة التحلية المنزلية:

أ. نسبة استرجاع المياه (Recovery Rate) :

تُعبّر عن نسبة المياه المنتجة مقارنة بالمياه الداخلة [5] :

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \times 100 \quad [16]$$

حيث:

- Y: نسبة الاستخلاص (%)
- Qp: تدفق المياه المنتجة (L/S)
- Qf: تدفق مياه التغذية (L/S)

ب. نسبة رفض الأملاح (Salt Rejection) :

تُستخدم لقياس كفاءة إزالة الأملاح [5] :

$$R_s = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100 \quad [5]$$

حيث: 1

- Rs: نسبة رفض الأملاح (%)
- Cp: تركيز الأملاح في الماء المنتج (mg/l)
- Cf: تركيز الأملاح في الماء الخام (mg/l)

4.1.1 تطبيق على محطة 240 لتر/اليوم:

للوصول إلى إنتاجية 240 لتر/اليوم لمحطة نزع المعادن (RO)، نحتاج إلى حساب معدل التدفق المطلوب بالساعة والدقيقة والثانية، مع الأخذ بعين الاعتبار مردود الغشاء (Recovery Rate).

1.4.1.1 حساب التدفق المطلوب لإنتاج 240 لتر/اليوم:

$$Q_p = 240/24 = 10 \text{ L/h}$$

◀ إذن يجب أن تنتج المحطة: 10 L/h ← 0.167 L/min ← 2.78 ML/s

2.4.1.1 حساب تدفق الماء الخام الداخل:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \times 100 \quad [5]$$

$$Q_f = \frac{Q_p}{Y} \times 100 \quad \text{إذن:}$$

$$Y = 1/3 \quad \text{باعتبار}$$

$$Q_f = 10/0.33 = 30 \text{ L/h}$$

إذن يجب أن توفر المضخة:

30 L/h ماء خام.

3.4.1.1 حساب الماء المرفوض:

$$[16] \quad Q_c = Q_f - Q_p = 30 - 10 = 20 \text{ L/h}$$

أي أن النظام يطرح 20 L/h: إلى الصرف.

4.4.1.1 نسبة الماء المرفوض إلى المنتج:

$$Q_c / Q_p = 20 / 10 = 2$$

أي أن:

لكل 1 لتر ماء نقي يتم إنتاج 2 لتر ماء مرفوض.

5.4.1.1 تركيز الأملاح في الماء المنتج Cp:

نفترض أن ملوحة الماء الخام $C_f = 2000 \text{ ppm}$ و معامل النفاذية $R_s = 95\%$

إذن:

$$[18] \quad C_p = C_f(1 - R_s / 100)$$

$$C_p = 2000(1 - 95 / 100)$$

$$C_p = 100 \text{ ppm}$$

6.4.1.1 حساب تدفق الأملاح الداخلة Mf:

تدفق الأملاح يساوي:

$$[16] \quad M_f = Q_f \times C_f = 30 \times 2000 = 60000 \text{ mg/h}$$

أي:

$$M_f = 60000 \text{ mg/h} \quad \text{أو} \quad 60 \text{ g/h}$$

7.4.1.1 تدفق الأملاح في الماء المنتج:

$$M_p = Q_p \times C_p = 10 \times 100 = 1000 \text{ mg/h}$$

[16]

أي:

$$1000 \text{ mg/h} \quad \text{أو} \quad 1 \text{ g/h}$$

8.4.1.1 تدفق الأملاح في الماء المرفوض:

باستخدام توازن الكتلة:

$$M_c = M_f - M_p = 60000 - 1000 = 59000 \text{ mg/h}$$

[19]

أي:

$$59000 \text{ mg/h} \quad \text{أو} \quad 59 \text{ g/h}$$

9.4.1.1 حساب تركيز الأملاح في الماء المرفوض:

$$C_c = \frac{M_c}{Q_c} = 59000/20 = 2950 \text{ ppm}$$

إذن تركيز الأملاح في ماء الرفض: حوالي 2950 ppm

10.4.1.1 اختيار الغشاء المناسب [9.2]:

تحويل السعة إلى: GPD

$$1(\text{GPD}) \approx 3.785 \text{ L}$$

$$\text{GPD} = 240 / 3.785 \approx 63.4 \text{ GPD}$$

لذلك يكون الغشاء المناسب هو: 75 GPD

الجدول (2-2) يبين المعطيات والقيمة المطلوبة [9.2]:

المعطى	القيمة
الإنتاج المطلوب	240 لتر/يوم
الإنتاج بالساعة	10 لتر/ساعة
نسبة الاسترجاع	$33.3\% = 3/1$
تدفق التغذية	30 لتر/ساعة
الماء المرفوض	20 لتر/ساعة
نسبة الرفض إلى المنتج	1/2
الغشاء المقترح	75 GPD

باعتبار نسبة استرجاع قدرها 3/1 ، ولتحقيق إنتاجية 240 لتر/اليوم، يكون تدفق الماء المنتج 10 لتر/ساعة. ومن العلاقة تم حساب تدفق التغذية بـ30 لتر/ساعة، بينما قدر تدفق الماء المرفوض بـ20 لتر/ساعة. وبذلك تكون كمية الماء الخام اليومية 720 لترًا، منها 240 لترًا ماءً منزوع المعادن و480 لترًا ماءً مرفوض.

1.2 الجزء الثاني: الهندسة الإنشائية لمحطة تحلية المياه المنزلية

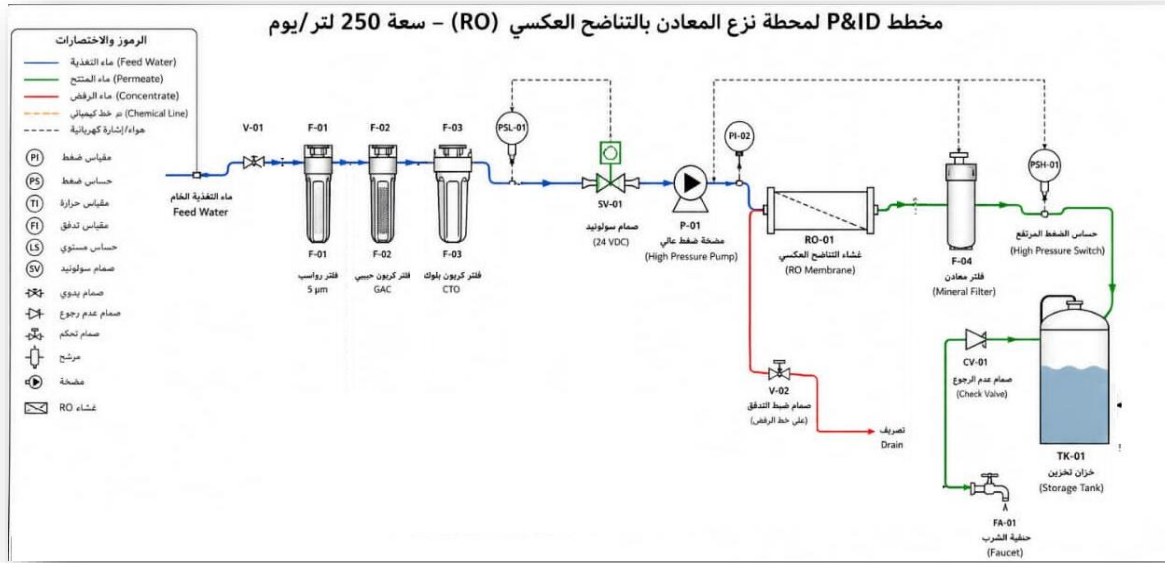
1.1.2. توصيف محطة تحلية مياه منزلية :

محطة تحلية المياه المنزلية هي نظام يُستخدم لمعالجة وتنقية المياه داخل المنازل عبر إزالة الأملاح والشوائب والملوثات للحصول على مياه صالحة للشرب والاستعمال اليومي.

تعتمد غالبًا على تقنية Reverse Osmosis باستعمال فلاتر وأغشية خاصة لتنقية المياه وتحسين جودتها. وتتراوح كمية الإنتاج عادة بين 100 إلى 400 لتر يوميًا حسب نوع الغشاء (GPD 75 أو GPD 100) وظروف التشغيل.



الشكل (08.2): صورة نموذج لمحطة تحلية مياه منزلية



الشكل (09.2): مخطط PID لمحطة نزع المعادن

2.1.2 الفلاتر الأولية (المراحل الثلاث الأولى)

هذه الفلاتر تعمل على تنقية المياه من الشوائب الكبيرة والمواد الكيميائية.

1.2.1.2 فلتر الرواسب (PP - Sediment Filter)

المادة المصنعة: ألياف البولي بروبيلين (Polypropylene) المضغوطة بدقة ترشيح تصل إلى 5 ميكرون.

الدور: إزالة الشوائب الكبيرة العالقة في الماء مثل الرمل، الصدأ، الأتربة، والعوالق .



الشكل (2. 10): فلتر الرواسب (PP - Sediment Filter)

2.2.1.2 فلتر الكربون الحبيبي (UDF/GAC)

المادة المصنعة: كربون نشط مستخرج عادة من قشور جوز الهند (Coconut Shell) على شكل حبيبات.



الشكل (2.11): فلتر الكربون الحبيبي (UDF/GAC)

الدور: إزالة الكلور، الروائح الكريهة، الطعم غير المستحب، والمواد العضوية من الماء. حيث تلتصق الجزيئات الكيميائية بسطح الكربون المسامي.

3.2.1.2 فلتر الكربون البلوك (CTO - Carbon Block): (CTO)

1. **المادة المصنعة:** مسحوق كربون نشط مضغوط في قالب صلب مع طبقة تغليف خارجية.

2. **الدور التقني:** ترشيح مزدوج (فيزيائي + كيميائي). يعمل كفلتر كربوني وفي نفس الوقت كفلتر رواسب دقيق (غالباً 1 ميكرون) يعمل على إزالة بقايا الكلور والمواد العضوية الدقيقة جداً لحماية غشاء التناضح العكسي من التلف.



الشكل (12.2): فلتر الكربون البلوك (CTO)

3.1.2 غشاء التناضح العكسي – (RO Membrane)

1.3.1.2 غشاء 75 GPD :

تُستخدم أغشية Reverse Osmosis من نوع 75 GPD في أجهزة تحلية المياه المنزلية وشبه المنزلية لإزالة الأملاح والشوائب والمعادن الثقيلة والبكتيريا من الماء. يرمز المصطلح GPD إلى "جالون في اليوم" (Gallon Per Day)، ويشير الرقم إلى كمية الماء النقي التي يستطيع إنتاجها خلال 24 ساعة

استخدام غشاء 75GPD

- مناسب للمنازل الصغيرة والمتوسطة.
- يُستخدم في أجهزة RO ذات الاستهلاك اليومي العادي.
- يعطي جودة تنقية عالية مع تدفق ماء معتدل.
- مناسب لإنتاج حوالي 250-300 لتر يومياً.

الدور: يقوم بإزالة الأملاح الذائبة، المعادن الثقيلة، البكتيريا، والفيروسات بنسبة تصل إلى 99%. يتم فصل الماء إلى "مياه نقية" تذهب للخزان، و"مياه مرفوضة" تذهب للصرف



الشكل (3.2): غشاء التناضح العكسي- (RO Membrane)

4.1.2 الأجزاء الكهربائية والميكانيكية (التحكم والضغط)

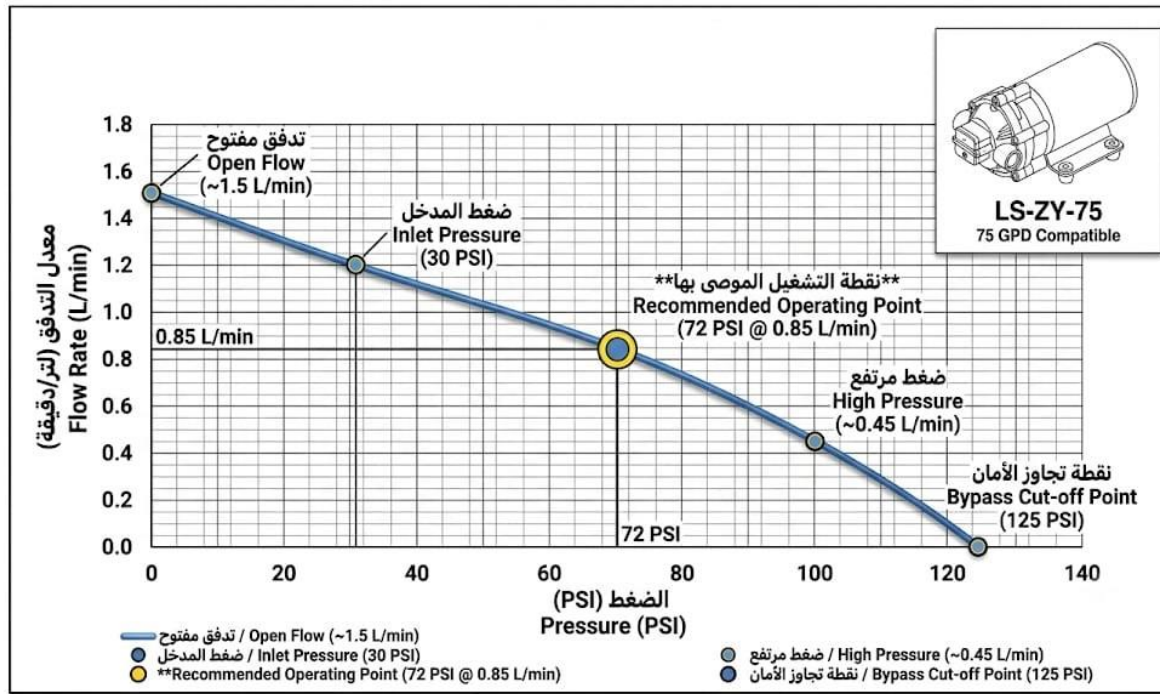
تُصنف مضخات التعزيز المستخدمة في أنظمة التحلية المنزلية كمضخات إزاحة إيجابية (Positive Displacement Pumps)، وتحديداً من نوع "المضخات ذات الحجاب الحاجز". (Diaphragm Pumps) "تكمُن وظيفتها الأساسية في توفير "الضغط التفاضلي" اللازم لعبور جزيئات الماء عبر غشاء التناضح العكسي، متغلباً بذلك على الضغط الأسموزي للمحلول .

المواصفات:

- ✓ الجهد 24V :
- ✓ الضغط: حتى 72 psi
- ✓ التدفق 1-2 L/min
- ✓ الاستطاعة (القدرة): حوالي 25 إلى 30 واط.
- ✓ التيار التشغيلي: يتراوح بين 0.7 إلى 1.2 أمبير.
- ✓ أقصى ضغط: (Bypass Pressure) يمكن أن تصل إلى 120 - 140 PSI.



الشكل (14.2): صورة للمضخة: (Pump)



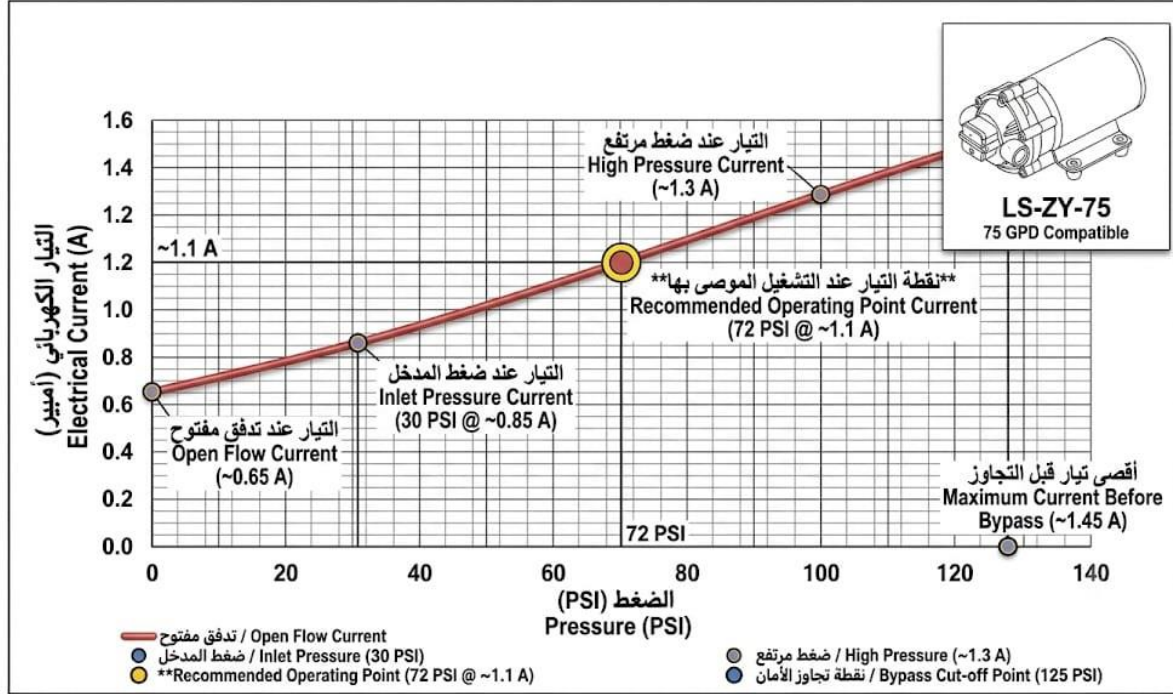
الشكل (15,2): منحنى الأداء لمضخة: (Pump)

1.4.1.2. تحليل منحنيات الأداء (Pressure vs. Flow Rate) :

تخضع المضخة لمنحنى أداء فني (P-Q Curve) يحدد العلاقة بين الضغط المتولد (P) ومعدل التدفق (Q) بحيث كلما زاد الضغط انخفض معدل التدفق.

نقطة التشغيل المثلى:

لضمان إنتاجية مستقرة (مثل 240 لتر/يوم)، يجب أن تعمل المضخة في نطاق ضغط يتراوح بين 60 إلى 80 PSI.



الشكل (16.2): منحى التيار الكهربائي للمضخة: (Pump)

2.4.1.2 حساس الضغط المنخفض (LPS): يفصل المضخة في حال انقطاع مياه البلدية لحماية المحرك من التشغيل الجاف.



الشكل (17.2): حساس الضغط المنخفض (LPS)

3.4.1.2 حساس الضغط المرتفع (HPS): يفصل الجهاز تلقائياً عند امتلاء خزان التخزين.



الشكل (18.2): حساس الضغط المرتفع (HPS)

4.4.1.2 المحول: (Transformer) يحول الكهرباء من 220 فولت إلى 24 فولت لتشغيل المضخة والحساسات.



الشكل (19.2): المحول: (Transformer)

5.4.1.2 - المانومتر: مراقبة "الضغط التفاضلي" وقياس ضغط التغذية الداخل للغشاء.



الشكل (20.2): الصورة الموضحة للمانومتر [15]

5.1.2 الفلاتر النهائية :

1.5.1.2 البوست كربون (Post Carbon) يزيل أي طعم أو رائحة قد تظهر نتيجة تخزين الماء في الخزان.



الشكل (21.2): صورة توضيحية فلتر بوست كربون

2.5.1.2 فلتر المعادن (Mineral Filter): (المرحلة 8 في المخطط) يضيف معادن مفيدة للجسم مثل الكالسيوم والمغنيسيوم لتحسين جودة وطعم المياه.



الشكل (22.2): صورة توضيحية فلتر المعادن (Mineral Filter)

3.5.1.2. خزان التخزين (Storage Tank)

الدور: بما أن عملية التحلية عبر الغشاء بطيئة، يتم تخزين الماء النقي في هذا الخزان تحت ضغط هواء داخلي لضمان تدفق قوي للماء عند فتح الحنفية.



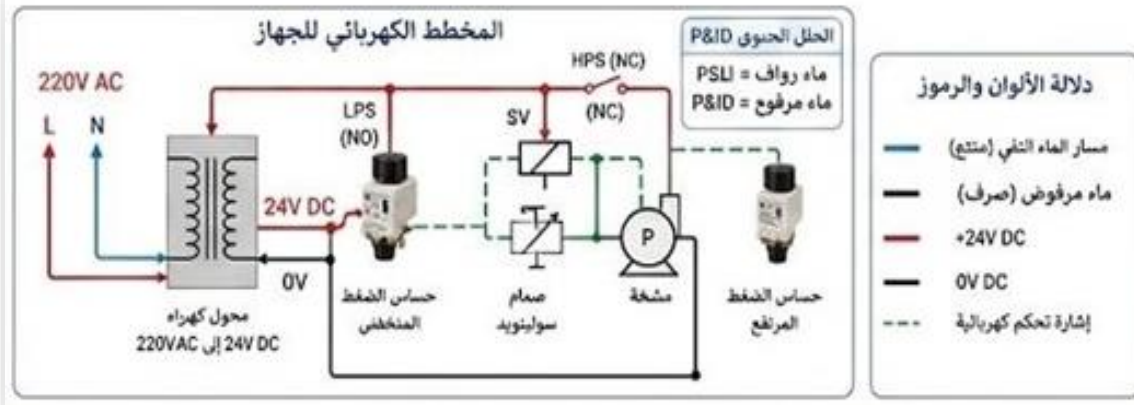
الشكل (23.2): خزان التخزين (Storage Tank)

6.1.2 ملخص مبدأ عمل محطة التحلية:

1. يتم ضخ المياه الخام إلى وحدة المعالجة المسبقة لإزالة الشوائب و الأتربة.
2. يتم رفع ضغط المياه إلى مستوى عال باستخدام مضخة الضغط العالي.
3. يتم تمرير المياه الضغط العالي عبر الأغشية النصف نفاذة، حيث يتم فصل الأملاح والشوائب عن الماء بمبدأ التناضح العكسي.
4. يتم معالجة المياه المحلاة الناتجة كيميائياً و تجميعها من أجل توزيعها للاستهلاك
5. يتم تصريف المياه المرفوضة (المالحة) .



الشكل (24.2): المخطط الهيدروليكي لمحطة تحلية المياه المنزلية



الشكل (25.2): المخطط الكهربائي لمحطة نزع المعادن

7.1.2 العوامل المؤثرة على الإنتاجية [20.2]:

1. **الضغط:** زيادة الضغط تؤدي إلى زيادة التدفق عبر الغشاء.

2. **درجة الحرارة:** كلما ارتفعت الحرارة، تقل لزوجة الماء وتزيد الإنتاجية.

3.الملوحة :ارتفاع TDS يقلل من معدل الإنتاج.

2.2 الجزء الثالث :تحليل النتائج وبروتوكول الصيانة :

الجدول (2-3): القياسات الميدانية

DATE	Qualité d'eaux	Pristion (psi)	PH	T °	C.E (us/cm)	TDS (mg/l)	SALIMIT (g/l)
03/05/2026	broute	72	7.51	27.6	3540	1743	1.76
04/05/2026	osmose	72	6.63	27	91.4	41.4	0.04
05/05/2026	osmose	72	5.75	25	69.4	32.8	0.03
06/05/2026	osmose	72	5.62	25	65.3	30.6	0.03
07/05/2026	osmose	72	5.92	25	64.6	30	0.03
10/05/2026	osmose	72	5.84	25	62.6	30	0.03
11/05/2026	osmose	72	5.99	25	68.6	31.2	0.03
12/05/2026	osmose	72	5.47	25	66.9	31.1	0.03

1.2.2 حسابات الكفاءة:

نسبة رفض الأملاح %96 = $\text{Rejection} = ((3000 - 100) / 3000) \times 100$:

نسبة الاسترجاع = $\text{Recovery} = \text{الماء المنتج} / \text{الماء الداخل} \times (100)$

3.2.2 تحليل النتائج:

TDS قبل المعالجة: 2000 mg/L

TDS بعد المعالجة: أقل من 50 mg/L

الجدول (4-2): الخصائص مياه الحنفية قبل وبعد المعالجة

الخصائص / المؤشر الفيزيائي والكيميائي	مياه الحنفية	(المواصفات القياسية)	متوسط النتائج	الأثر الناتج والحاجة إلى المعالجة (نزع المعادن)
الناقلية الكهربائية (Conductivity)	3540	2800	91.4	ارتفاع الناقلية مياه الحنفية يدل على تشبع المياه بالأيونات والأملاح الذائبة، نتائج المعالجة جيدة حسب المقاييس المطلوبة.
إجمالي الأملاح الذائبة (TDS)	1743	أقل من 900	41.4	ارتفاع الملوحة يؤثر سلباً على طعم المياه ويسبب ترسبات كلسية داخل الأنابيب والأجهزة المنزلية، نتائج المعالجة جيدة حسب المقاييس المطلوبة.
الدرجة الهيدروجينية (pH)	7.51	6.5 إلى 8.5	6.63	نتائج المعالجة جيدة حسب المقاييس المطلوبة.

3.2.2 الجدوى الاقتصادية:

- ر. تكلفة التشغيل منخفضة
- ز. صيانة بسيطة
- س. بديل اقتصادي للمياه المعبأة

4.2 الجزء الرابع : بروتوكول الصيانة (كيفية معالجة المشاكل والتدخل التقني) [21]

1.4.2 الصيانة الوقائية لمحطة تحلية المياه المنزلية:

تعتبر محطات تحلية المياه المنزلية القائمة على تقنية التناضح العكسي (RO) أنظمة هيدروليكية وكيميائية دقيقة. نظراً لتعامل المنظومة مع مياه تحتوي على أملاح ذائبة، عوالق، ومواد كيميائية مثل الكلور، فإن كفاءة المكونات (الفلاتر والأغشية والمضخات) تتدهور تدريجياً بمرور الوقت. بناءً على ذلك، لا تعد الصيانة مجرد إجراء تصحيحي عند حدوث الأعطال، بل هي عملية دورية مستمرة تضمن بقاء جودة المياه المنتجة ضمن المعايير الصحية وحماية المكونات الميكانيكية والكهربائية الثمينة من التلف المبكر.

2.4.2 أهداف الصيانة الوقائية:

- ضمان جودة مياه الشرب: الحفاظ على استقرار نسبة الأملاح الذائبة (TDS) والتأكد من خلو المياه من البكتيريا، الكلور، والروائح.

إطالة العمر الافتراضي للمكونات الغالية: حماية غشاء التناضح العكسي (Membrane) ومضخة الرفع (Booster Pump) من الانسداد أو التآكل الميكانيكي.

- الحد من هدر المياه: الحفاظ على النسبة المثالية بين الماء النقي والماء المرفوض (المصرف)، وتجنب استمرار الصرف الناتج عن تلف الصمامات.
- الجدوى الاقتصادية: تقليل تكاليف الإصلاحات الطارئة وشراء قطع غيار رئيسية عبر استبدال المستهلكات الرخيصة في وقتها المحدد.

3.4.2 برنامج الصيانة الوقائية:

الجدول: (2-5): الصيانة النموذجي

الهدف التقني	الإجراء المتخذ	العنصر المستهدف	لفترة
منع الأضرار الهيكلية الناتجة عن المياه	إجراء فحص بصري باستعمال العين ومندبل جاف للكشف عن أي تسرب مجهري.	التوصيلات والأنابيب	يومياً / أسبوعياً
مراقبة جودة الفصل الأسموزي	قياس نسبة الأملاح باستخدام جهاز TDS Meter ومقارنتها بمياه الصنبور.	مخرج الحنفية النهائي	شهرياً
حماية الممبرين والمضخة من الكلور والعوالق	استبدال شمعات PP و UDF و CTO مع غسل الأوعية وتزييت الحلقات المطاطية (O-rings).	الفلتر الأولية (المراحل 1، 2، 3)	كل 3 – 6 أشهر
إزالة طعم التخزين وضمان ضغط التدفق	استبدال فلتر البوست كربون وفلتر المعادن، وفحص ضغط هواء الخزان ليكون بين 6 – 8 PSI.	الفلتر النهائية وخزان التخزين	كل 12 شهراً
الحفاظ على أعلى نقاوة للمياه	استبدال الممبرين، وفحص صمام تحديد الصرف (Flow Restrictor) واستبداله عند الحاجة لضمان التوازن.	غشاء التناضح العكسي (RO)	كل 12 – 24 شهراً

4.4.2. الأدوات المستخدمة في الصيانة [19]:

لإتمام عمليات الصيانة الوقائية بشكل علمي ودقيق، يجب توفر الحقيبة التقنية التالية:

جهاز قياس الأملاح (TDS\ Meter): لقياس كمية المواد الصلبة الذائبة في الماء ومعرفة كفاءة الفلتر.

- **مفتاح فتح أو عية الفلاتر (Housing\ Wrench):** قطعة بلاستيكية مخصصة لفك وربط أو عية الفلاتر دون كسرها.

- **مقياس ضغط الهواء المنخفض (Pressure\ Gauge):** لقياس ضغط الهواء الداخلي في خزان التخزين بدقة.

- **منفاخ هواء يدوي أو كهربائي صغير:** لإعادة شحن وسادة الهواء داخل الخزان.

- **مادة تعقيم (كلور مخفف أو محلول هيدروجين بيروكسيد):** لتعقيم المنظومة سنوياً.

شريط تفلون (Teflon\ Tape) ومزلق سيليكون: لمنع التسريبات عند السن اللولبي وحماية الحلقات المطاطية.

5.4.2 توصيات عملية :

غسيل الكربون الجديد (Carbon Flushing): عند تركيب فلاتر الكربون الجديدة (المرحلة الثانية والثالثة)، يجب فصل الأنبوب الذاهب إلى الممبرين وتشغيل الماء لمدة دقيقتين حتى يخرج مسحوق الكربون الأسود الناعم تماماً إلى الصرف. دخول هذا الغبار إلى الممبرين يسبب انسداداً فورياً ومستداماً لمسامه الميكرونية.

تبديل صمام تقييد الصرف (FR): يُوصى تقنياً باستبدال صمام تقييد الصرف (Flow\ Restrictor) بالتزامن مع استبدال الممبرين الجديد، لأن انسداد هذا الصمام الصغير بالصخور الكلسية يؤدي إلى تراكم الأملاح فوق الممبرين وتلفه خلال أسابيع قليلة.

مراعاة جودة الحلقات المطاطية: عند استبدال الفلاتر، يجب التأكد من وضع الحلقات المطاطية (O-Rings) في مكانها الصحيح ودهنها بقليل من مزلق السيليكون؛ الربط العنيف بدون مرونة للمطاط يتسبب في تشققه وحدوث تسريبات مفاجئة تحت ضغط المضخة العالي.

5.2 الجزء الخامس : بروتوكول الصيانة التصحيحية وتشخيص الأعطال

1.5.2 الصيانة التصحيحية (Corrective Maintenance)

تعريفها:

الصيانة التصحيحية (أو الصيانة العلاجية/الإصلاحية) هي مجموعة من الإجراءات والعمليات التقنية التي يتم تنفيذها بعد حدوث عطل مفاجئ أو رصد انخفاض غير مقبول في أداء محطة التحرير المنزلية. الهدف الأساسي منها هو تشخيص العطل، تحديد سببه الجذري، ثم إصلاح أو استبدال المكون المتضرر لإعادة النظام إلى حالته التشغيلية المثالية والمعتمدة.

2.5.2 أهداف الصيانة التصحيحية:

- إعادة النظام للخدمة فوراً: تقليل زمن توقف المحطة عن إنتاج مياه الشرب النظيفة. (Minimizing Downtime)
- حصر الضرر المترتب: منع العطل المفاجئ في عنصر معين (مثل الحساسات) من الانتقال وتدمير عناصر أخرى أعلى ثمناً (مثل المضخة أو الغشاء).

- تحليل الأسباب الجذرية: (RCA) فهم سبب الفشل (هل هو انتهاء العمر الافتراضي، أم سوء تصنيع، أم تغير مفاجئ في خصائص مياه الشبكة؟) لتفاديه مستقبلاً.
- تحديث خطة الصيانة الوقائية: استغلال بيانات الأعطال المتكررة لتعديل فترات الصيانة الوقائية الدورية.

3.5.2. أنواعها:

- تنقسم الصيانة التصحيحية في الأنظمة الهيدروليكية والإلكترونية لمحطات التحلية إلى نوعين:
- صيانة تصحيحية طارئة: (Immediate / Emergency) تُنفذ فوراً عند توقف النظام بالكامل عن العمل، أو عند حدوث تسريب مائي كبير يهدد سلامة المنزل والأجزاء الكهربائية.
 - صيانة تصحيحية مبرمجة: (Deferred / Scheduled) تُنفذ عند رصد تراجع في الأداء) مثل انخفاض طفيف في تدفق المياه، أو ارتفاع تدريجي في نسبة الأملاح (TDS)، حيث يتم جدولة الإصلاح وتوفير قطع الغيار دون الحاجة لإيقاف اضطراري فوري للمحطة.

4.5.2 خطوات التشخيص التقني (Troubleshooting Steps):

يسير الفني أو المهندس وفق بروتوكول منظم لتحديد العطل بدقة دون العشوائية في تغيير القطع:

- رصد العطل البصري/الحسي
- عزل النظام كيميائياً وكهربائياً
- تتبع التدفق والضغط
- تحديد القطعة التالفة
- الإصلاح/الاستبدال

5.5.2 توصيات عملية:

1. عزل الكهرباء التام: لا تقم أبداً بفك أي تمديدات هيدروليكية أو استبدال حساسات والكهرباء موصلة، لتجنب حدوث ماس كهربائي في حال تطاير قطرات الماء.
2. تفريغ الضغط المخزن: قبل فتح أي وعاء فلتر أو ممبرين، افتح حنفية الشرب لتفريغ الضغط المحصور داخل الأنابيب لكي لا تتطاير التوصيلات بقوة عند فكها.
3. استخدام قطع غيار مطابقة: تأكد من أن قيمة التدفق لصمام تقييد الصرف (FR) تتطابق مع سعة الممبرين المستبدل (مثلاً ممبرين 75 GPD يحتاج صمام صرف 450 FR).

6.5.2 الأدوات المستخدمة:

جهاز المالتيميتر: (Multimeter) لفحص سلامة الدائرة الكهربائية والمحول وحساسات الضغط.

ساعة قياس الضغط الهيدروليكي (PSI): 150-0 \ تقطع وتركب في خطوط الأنابيب لقياس ضغط خرج المضخة وضغوط الفلاتر.

جهاز قياس الأملاح (TDS\ Meter) لمعرفة كفاءة عزل الغشاء بدقة.

كماشة قطع الأنابيب البلاستيكية (Tubing Cutter) لقص الأنابيب بزاوية 90° مستوى تماماً لمنع التسريب عند تركيب التوصيلات السريعة (Quick\ Connects).

جدول (6-2): الصيانة التصحيحية النموذجي

العطل الملاحظ	العنصر المسبب المحتمل	الإجراء التصحيحي المتخذ	الهدف من الإجراء
المحطة لا تعمل نهائياً وصوت المضخة غائب	المحول الكهربائي (Transformer) أو حساس الضغط المنخفض (LPS)	فحص خرج المحول باستعمال المالتيميتر؛ إذا كانت القراءة 0V يتم استبدال المحول. وإذا كان سليماً يتم عمل جسر (Jumper) لحساس الضغط المنخفض واختباره، ثم استبداله عند التأكد من تلفه.	إعادة التغذية الكهربائية للأنظمة
المضخة تعمل باستمرار دون توقف والماء لا ينقطع عن الصرف	حساس الضغط المرتفع (HPS) أو الصمام الرباعي (Auto Shut-off)	غلق محبس الخزان؛ إذا لم تتوقف المضخة مباشرة يتم استبدال حساس الضغط المرتفع. وإذا توقفت المضخة مع استمرار تدفق ماء الصرف يتم استبدال الصمام الرباعي الميكانيكي.	منع هدر المياه وحماية المضخة من الاحتراق
انخفاض شديد في تدفق مياه الشرب مع بقاء قراءة الأملاح سليمة	خزان التخزين (Storage Tank)	قياس ضغط هواء الخزان وهو فارغ؛ إذا خرج ماء من صمام الهواء فهذا يدل على تلف الحاجز المطاطي الداخلي (الديامغرام)، وعندها يجب استبدال الخزان بالكامل.	استعادة ضغط الدفع الهيدروليكي للمستخدم
ارتفاع مفاجئ في نسبة أملاح الماء المنتج (TDS)	غشاء التناضح العكسي (RO Membrane)	فحص نسبة الفصل؛ إذا كانت أقل من 90% يتم فحص الهيكل الداخلي للمنظومة واستبدال كبسولة الممبرين فوراً مع شطف الأنابيب.	استعادة جودة المياه وفصل الأملاح

7.5.2 دليل الفك والتجميع للتجهيزات (Disassembly & Assembly Guide)

عند الاضطرار لفك واستبدال أي جزء تالف، يجب اتباع الدليل الهندسي التالي لضمان عدم إلحاق الضرر بالتوصيلات

السريعة: (Quick\ Connect\ Fittings)

أولاً: خطوات الفك الآمن (Disassembly)

عزل الطاقة: افصل قابس الكهرباء وأغلق محبس تغذية المياه الرئيسي.

إزالة مشبك الأمان (Locking Clip) إذا كانت التوصيلات تحتوي على مشابك أمان زرقاء صغيرة، قم بسحبها للخارج أولاً.

تحرير الأنبوب: (Collet Depress) اضغط على الحلقة البلاستيكية البارزة (Collet) للداخل باتجاه جسم التوصيلة، وفي نفس الوقت قم بسحب الأنبوب البلاستيكي (Tubing) للخارج برفق.

ثانياً: خطوات التركيب المحكم (Assembly)

تجهيز الأنبوب: تأكد من أن نهاية الأنبوب البلاستيكي مقطوعة بشكل مستقيم تماماً (90 degrees) وخالية من الخدوش. **الإدخال:** ادفع الأنبوب بقوة داخل التوصيلة السريعة حتى يشق طريقه عبر الحلقة المطاطية الداخلية (O-ring) ويستقر في النهاية (ستشعر بقفزة صغيرة عند تجاوزه الحلقة).

الاختبار والتأمين: اسحب الأنبوب للخارج برفق للتأكد من إطباق سنون التثبيت الداخلية عليه، ثم أعد تركيب مشبك الأمان الأزرق لمنع تحرك الحلقة.

الجدول (7-2): مصفوفة تشخيص الأعطال [10.2]

نوع الصيانة	إجراء الصيانة المقترح (Maintenance Action)	السبب الميكانيكي/التقني المحتمل (Mechanical / Technical Cause)	المشكلة / (Anomalie Symptom)
وقائية / تصحيحية	1. استبدال الفلاتر الأولية فوراً.	1. انسداد الفلاتر الأولية بسبب الشوائب.	انخفاض تدفق المياه المنتجة (أقل من المعدل الطبيعي للمحطة)
	2. تنفيذ غسيل كيميائي للأغشية (CIP) أو استبدالها عند انتهاء عمرها التشغيلي.	2. انسداد أو تدهور أغشية التناضح العكسي/نزع المعادن.	
	3. فحص المضخة وضبط صمام الضغط أو استبدال الأجزاء المتآكلة.	3. انخفاض ضغط المضخة نتيجة تآكل أجزائها الداخلية.	
وقائية مبرمجة / تصحيحية	1. تجديد الراتنج باستعمال المحلول الملحي أو الحمضي.	1. تشبع راتنج التبادل الأيوني (Resin).	انخفاض جودة المياه (ارتفاع نسبة الأملاح الذائبة TDS أو الناقلية)
	2. استبدال الأغشية التالفة.	2. تمزق أو تلف الأغشية (Membranes).	
	3. صيانة الصمام أو إعادة برمجته لضمان كفاءة دورة الغسيل.	3. خلل في صمام التوجيه أو صمام الغسيل العكسي.	
تصحيحية اضطرارية	1. تفكيك رأس المضخة وتنظيفه من العوالق.	1. انسداد ميكانيكي في المضخة (Blocked Impeller).	المحطة لا تشتغل تماماً
	2. فحص حساس الضغط واستبداله عند الضرورة.	2. تلف حساس الضغط العالي أو المنخفض.	

	3. انقطاع التغذية الكهربائية للمكونات الميكانيكية.	3. فحص التوصيلات الكهربائية للمحرك والمحولات.
وجود تسربات مياه أسفل المحطة	1. جفاف أو تشقق الحلقات المطاطية المانعة للتسرب (O-Rings).	1. استبدال الحلقات المطاطية ونشحيما بسيليكون مخصص.
	2. ارتخاء وصلات الأنابيب بسبب الاهتزازات.	2. إعادة شد الوصلات بحذر مع استعمال شريط التفلون.
	3. تصدع أغلفة الفلاتر (Filter Housings).	3. استبدال غلاف الفلتر المتصدع فوراً لتجنب الانفجار تحت الضغط.
ضوضاء واهتزازات غير طبيعية أثناء التشغيل	1. حدوث ظاهرة التكيف (Cavitation) بسبب نقص مياه الدخول.	1. فحص ضغط مياه التغذية والتأكد من سلامة خط الدخول.
	2. تآكل محامل المحرك (Bearings).	2. استبدال محامل المضخة (Roulements).
	3. ضعف تثبيت المحطة على القاعدة.	3. إعادة تثبيت البراغي وقواعد امتصاص الاهتزازات (Anti-vibration Pads).
استمرار تصريف مياه الفاقد (Drain) دون توقف	1. تلف الصمام الكهربائي لقطع المياه (Solenoid Valve).	1. تنظيف الصمام الكهربائي من الترسبات أو استبداله.
	2. خلل في صمام منع الارتجاع (Check Valve).	2. استبدال صمام منع الارتجاع لضمان توقف التدفق عند امتلاء الخزان.

2.2 بروتوكول التدخل:

1. فصل الكهرباء
2. غلق مصدر المياه
3. تفريغ الضغط
4. فك المكونات
5. تنظيف أو استبدال

6. إعادة التركيب

8.5.2. بروتوكول الفك والتركيب الآمن (Safe Disassembly) :

قبل البدء بأي عملية صيانة، يجب اتباع قاعدة "عزل الطاقة:"

العزل المائي: إغلاق صمام دخول الماء الرئيسي. (Feed Valve)

العزل الكهربائي: فصل القابس الكهربائي للمحطة. (Transformer)

تفريغ الضغط: فتح صنبور الماء المحلي وتفريغ خزان الضغط تماماً. هذه الخطوة حاسمة لمنع "انفجار" الوصلات السريعة عند فكها.

فك الوصلات: استخدام مفتاح الفلاتر المخصص (Wrench) لفك أوعية الفلاتر (Housings) باتجاه عكس عقارب الساعة. **التركيب:** عند إعادة التركيب، يجب التأكد من نظافة الحلقات المطاطية (O-rings) ووضع كمية بسيطة من السيليكون الغذائي لضمان الإحكام ومنع الالتواء.

9.5.2. كيفية غسل الأغشية يدوياً (Manual Flushing) :

غسل الغشاء (Membrane Flushing) هو عملية إمرار تيار مائي سريع بضغط عالٍ على سطح الغشاء لإزاحة الأملاح المترسبة (Scaling) والأوساخ العالقة التي لم تخترق المسام.

أ. الطريقة اليدوية عبر صمام الغسيل (Flush Valve) :

في معظم الأنظمة، يتم تركيب صمام تجاوز (Bypass) موازٍ لمحدد التدفق (Flow Restrictor)

فتح الصمام: أثناء عمل المضخة، يتم فتح صمام الغسيل يدوياً.

التأثير الهيدروليكي: هذا يقلل الضغط العكسي ويسمح للماء بالمرور بسرعة هائلة فوق الغشاء والذهاب مباشرة إلى الصرف. **المدة:** يُترك الصمام مفتوحاً لمدة 3 إلى 5 دقائق.

الإغلاق: عند إغلاق الصمام، يعود الضغط للارتفاع ليجبر الماء على العبور عبر مسام الغشاء لإنتاج ماء نقي.

ب. الغسيل الكيميائي اليدوي (CIP - Clean In Place)

إذا كان الانسداد كيميائياً (ترسبات كلسية)، يتم التدخل كالتالي:

المحلول الحمضي: استخدام حمض الستريك (ملح الليمون) المخفف لإزالة القشور الكلسية.

المحلول القاعدي: استخدام محاليل قاعدية خفيفة لإزالة المواد العضوية.

النقع: يتم نقع الغشاء داخل مبيته بالمحلول لمدة ساعة، ثم إجراء عملية "Flushing" بالماء النقي لمدة 15 دقيقة قبل إعادة الاستخدام.

10.5.2. اختبار الكفاءة بعد التدخل (Verification)

بعد الانتهاء من الغسيل أو الصيانة، يجب تسجيل القيم التالية في مذكرتك كأدوات قياس للنجاح:

قراءة TDS: يجب أن تنخفض ملوحة الماء المنتج بنسبة لا تقل عن 90% مقارنة بماء التغذية.

زمن الامتلاء: قياس الوقت المستغرق لملء لتر واحد (للتأكد من استعادة تدفق الغشاء).
اختبار التسريب: ترك المحطة تحت الضغط لمدة 10 دقائق ومراقبة الوصلات البلاستيكية.

الجدول (8-2): مصفوفة تقييم وإدارة المخاطر (Operational Risk Matrix)

فئة الخطر	الإجراء الوقائي / التصحيحي	السبب المحتمل
صدمة كهربائية	عزل الدائرة بـ (IP65) وتركيب قاطع (GFCI)	تسرب مائي أو رطوبة عالية
انفجار ميكانيكي	تركيب صمام أمان (Relief Valve) ومعايرة الضغط	انسداد الصرف أو تعطل الحساس
تلف المضخة	تركيب حساس ضغط منخفض (Low Pressure Switch)	التشغيل الجاف (انقطاع المياه)
تدهور جودة المنتج	فحص TDS يومي، تعقيم دوري، وتغيير الفلاتر	نمو بكتيري أو تآكل الأغشية

الجدول (9-2): الأثر الهندسي والاقتصادي للتحسين في الصيانة

وجه المقارنة / المؤشر	حالة المحطة	إقتراحات التحسين	الأثر الهندسي والاقتصادي للتحسين
نوع الصيانة السائد	تعتمد على الصيانة التصحيحية بشكل أكبر	تعتمد على الصيانة الوقائية بشكل أكبر (مبرمجة وفق خطة زمنية دقيقة).	حماية المكونات الحساسة للمحطة من الأعطال المفاجئة وإطالة عمرها التشغيلي.
أسلوب الغسيل العكسي (Backwash)	تشغيل يدوي يعتمد على تدخل المستخدم، ما يؤدي غالباً إلى الإهمال أو التأخر.	غسيل عكسي مؤتمت بالكامل اعتماداً على الزمن أو فرق الضغط.	تقليل تراكم الترسبات والشوائب وحماية الأغشية والراتنجات، مع الحفاظ على استقرار التدفق.
مؤشر MTBF (متوسط الزمن بين الأعطال)	منخفض نتيجة التوقفات والانسدادات المتكررة بسبب ضعف المراقبة.	مرتفع بفضل الصيانة الوقائية وأنظمة الحماية المدمجة.	رفع اعتمادية المحطة (Reliability) وتحسين استقرار التشغيل لفترات طويلة.
مؤشر MTTR (متوسط زمن الإصلاح)	مرتفع بسبب صعوبة تحديد سبب العطل وتأخر التشخيص.	منخفض جداً نتيجة التشخيص السريع عبر	تقليل زمن التوقف وتسهيل عمليات الصيانة وتقليل تكاليف الإصلاح.

	نظام الإنذار ومصفوفة الأعطال.		
جاهزية المحطة (Availability)	منخفضة ومتذبذبة بسبب الأعطال المتكررة وانسداد الفلاتر أو تعطل المضخة.	عالية ومستقرة مع ضمان توفير سعة إنتاج تصل إلى 250 لتر/اليوم.	ضمان استمرارية توفير المياه المعالجة دون انقطاع للمستخدم المنزلي.
التحكم الحراري لمياه الدخّل	غير متوفر، ما قد يسبب تلف الأغشية نتيجة ارتفاع درجة حرارة المياه.	متوفر عبر خزان الركون والمحرار الرقمي لتنظيم حرارة المياه الداخلة.	حماية المكونات الداخلية وتحسين كفاءة الفصل الكيميائي للأغشية.
مراقبة جودة المياه الناتجة	مراقبة يدوية وغير دقيقة، ولا تُكتشف رداءة المياه إلا بعد ظهور المشكلة.	مراقبة مستمرة وآلية بواسطة حساسات TDS والناقلية الكهربائية مع نظام إنذار.	ضمان جودة المياه المنتجة وحماية الأجهزة المنزلية من الأملاح والترسبات.
الكفاءة البيئية والاستدامة	التخلص من المياه المرفوضة مباشرة في شبكة الصرف الصحي.	إعادة استخدام المياه المرفوضة في أغراض منزلية ثانوية.	تقليل استهلاك المياه وخفض الهدر البيئي وتحسين الاستدامة التشغيلية.

6.2. دراسة التكلفة:

✓ تكلفة الإنجاز الأولية

المكون	التكلفة (دج)
هيكل وقاعدة التثبيت	3000
3 فلاتر أولية (Sediment + GAC + CTO)	2500
غشاء RO 75 GPD	5500
مضخة ضغط V24	5000
محول كهربائي V24	2000
صمامات ضغط وتحكم	3000

6000	خزان 12 لتر
2500	حنفية وتوصيلات
1500	أنابيب ووصلات
3000	تجميع واختبار
34,000 دج	المجموع

مع هامش للمصاريف غير المباشرة تكون التكلفة النهائية المقدرة: 40,000 إلى 50,000 دج

✓ استهلاك الطاقة الكهربائية

لدينا قدرة المضخة حوالي 25 واط. إذا اشتغلت 24 ساعة يومياً:

$$E = P \times t \quad \text{حيث (E : الاستطاعة ، P : قدرة المضخة ، t : الزمن)}$$

$$E = 25 \times 24 = 600 \text{ Wh/j}$$

أي

$$0,6 \text{ Kwh/j}$$

إذا كان سعر الكهرباء : DA / Kwh (0 5)

$$\text{تكلفة الطاقة} \approx 90 \text{ دج/شهر} = 1080 \text{ دج/السنة}$$

✓ استهلاك المياه الخام

المحطة تنتج 240 لتر/يوم أي أنها تستهلك 720 لتر/يوم ، الاستهلاك السنوي يكون :

$$262800 = 720 \times 365 \quad \text{لتر/ السنة} = 262,8 \text{ متر مكعب/ السنة.}$$

✓ تكلفة الصيانة الدورية السنوية

القطعة	دورية التغيير	التكلفة (دج)	المجموع
فلتر الرواسب	6 أشهر	2×500	1000
فلتر GAC	6 أشهر	2×700	1400
فلتر CTO	6 أشهر	2×700	1400
بوست كربون	سنة	1000	1000
غشاء RO	كل سنتين	$2 \div 5,500$	2750
الإجمالي السنوي			7,550 دج

✓ الصيانة التصحيحية

العنصر	العمر	تكلفة الاستبدال
المضخة	3 سنوات	5000
المحول	4 سنوات	2000
صمام الضغط العالي	4 سنوات	1500
صمام الإيقاف الأوتوماتيكي	4 سنوات	1000

المتوسط السنوي: تكلفة الصيانة التصحيحية $\approx 3,000$ دج/سنة

✓ تكلفة فني الصيانة

- زيارة صيانة دورية: 1,500 إلى 2,500 دج.
- تغيير فلتر: 2,000 دج.
- إصلاح أعطال: 2,000 إلى 5,000 دج.

إذا اعتمدنا زيارتين سنوياً: $2 \times 2000 = 4000$ دج

✓ التكلفة السنوية الإجمالية للتشغيل

البند	التكلفة السنوية
كهرباء	1080 دج
صيانة دورية	7,550 دج
صيانة تصحيحية	3,000 دج
فني الصيانة	4,000 دج
المجموع	15,630 دج/سنة

أي حوالي: 1300 دج/شهر

النتيجة

- تكلفة الإنجاز: 40,000 إلى 50,000 دج.
- الإنتاج: 240 لتر/يوم.
- تكلفة التشغيل والصيانة: حوالي 15,000 دج/سنة.
- تكلفة اللتر المنتج (بدون احتساب ثمن الماء الخام):

تكلفة 01 لتر من المياه المحلاة:

$$\frac{15630}{240 \times 365} = \frac{\text{السنوية التكلفة مجموع}}{365 \times \text{اليومي الانتاج}}$$

تكلفة 01 لتر من المياه المحلاة = 0,178 دج/لتر

أي أقل من 0.2 دج للتر الواحد.

خاتمة

تم في هذا الفصل تصميم وانجاز محطة تحلية المياه المنزلية ذات سعة (240 لتر/يوم) وتوضيح مراحل كيفية اختيار القطع ومراحل المعالجة وتم مقارنة المياه الخام بالمحلاة وعرض تحليل النتائج واعتماد بروتوكول الصيانة كما تم انجاز التكلفة و الجدوى الاقتصادية للمشروع .

خاتمة عامة

الخاتمة:

من خلال هذه الدراسة تم الوصول إلى انجاز محطة تحلية المياه المنزلية بسعة 240 لتر في اليوم تعتمد على معالجة المياه بمبدأ التناضح العكسي لانتاج مياه متوافقة مع معايير الصحة العالمية وتحسن جودة المياه من خلال خفض تركيز المعادن والأملاح الذائبة إلى % 95 وتقليل العسرة مما ينعكس إيجاباً على صحة المستهلك وعلى الأجهزة المنزلية. كما أظهرت النتائج أن كفاءة المحطة تعتمد بشكل كبير على حسن التشغيل والصيانة الدورية لمختلف مكوناتها. و تكلفة انتاج منخفضة جداً إذ أن سعر انتاج واحد لتر من الماء أقل من 0,2 دج، وعليه فإن اعتماد هذه التقنية تعد خياراً مناسباً لتوفير مياه ذات جودة أفضل و تكلفة أقل في المنازل، خاصة في المناطق التي تعاني من ارتفاع نسبة المعادن في المياه.

التوصيات:

- إجراء صيانة دورية للمرشحات والأغشية واستبدالها وفق تعليمات الشركة المصنعة .
- مراقبة جودة المياه المنتجة بانتظام من خلال التحاليل الفيزيائية والكيميائية .
- تنظيف وتعقيم مكونات المحطة بشكل دوري لتجنب التلوث البكتيري .
- اختيار نظام المعالجة المناسب وفق خصائص المياه الخام .
- ترشيد استهلاك المياه الناتجة عن عمليات الغسل والتنظيف الخاصة بالمحطة .
- توعية المستخدمين بأهمية الصيانة والمتابعة للحفاظ على كفاءة النظام .

المراجع والمصادر

قائمة المصادر والمراجع

- [1] الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH) دراسة هيدروجيولوجية وبيزومترية لحوض ورقلة: تأثير استغلال طبقات المياه الجوفية التابعة للمركب النهائي (Complexe Terminal) تقرير تقني رسمي، وزارة الموارد المائية، الجزائر العاصمة (2018).
- [2] مخبر هندسة الطرائق. التوجيهات التقنية لمتابعة ومعاينة عمليات المعالجة الأولية في محطات تحلية المياه قليلة الملوحة بالمناطق الصحراوية. تقرير علمي، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة. (UKMO) (2023).
- [3] الجزائرية للمياه (ADE) التقرير المخبري والتحليل الفيزيوكيميائية لبقايا الجفاف والناقلية الكهربائية لمياه الشرب والآبار الجوفية، تقرير مخبري رسمي، مديرية التوزيع - وحدة ولاية ورقلة
- [4] أمال يانون، تحليل تكلفة تحلية مياه البحر دراسة مقارنة بين الجزائر والمملكة العربية السعودية، أطروحة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، جامعة سطيف 1-2016.
- [5] انس بزيو و عبد الجواد ادريسي تصميم محطة ازالة المعادن منطقة حاسي مسعود مذكرة تخرج ماستر قسم الهندسة المدنية و الري جامعة ورقلة. 2024. 2025.
- [6] حفصي مصطفى الحبيب، الدراسة الفيزيوكيميائية للمياه الصالحة للشرب بمدينة قمار، ولاية واد سوف، 2009-2010.
- [7] المجلة الجزائرية لعلوم وتكنولوجيا المياه. تقييم كفاءة الأداء التشغيلي ونسب الرفض الملحي الحقيقية لمحطات التناضح العكسي اللامركزية في الجنوب الجزائري"، ورقة بحثية دورية محكمة، المجلد 12، العدد 2.
- [8] الشركة المصنعة لأغشية التناضح العكسي Reverse Osmosis Membranes Technical (Dow FilmTec). and Design Engineering Manual: 75 GPD Elements، دليل هندسي وتصميمي تشغيلي، وثيقة فنية رقم 45-D01-EN، الولايات المتحدة الأمريكية، 2020.
- [9] الأكاديمية والمعهد الهندسي للأنظمة اللامركزية Standard Preventive and Corrective Maintenance. Manual for Reverse Osmosis Systems and Automation Controls، دليل صيانة هندسي تطبيقي لمصفوفات الأعطال وحساسات الضغط العالي والمنخفض (HPS/LPS)، واشنطن العاصمة، 2018.
- [10] حنان عمروسي، تحلية مياه البحر بديل استراتيجي لسد الفجوة المائية في المنطقة العربية - دراسة حالة الجزائر -مجلة الباحث الاقتصادي (المجلد 08) العدد 02 (30/12/2020).
- [11] منظمة الصحة العالمية "Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition" (WHO)، دليل إرشادي ومعايير قياسية عالمية لمنظمة الصحة العالمية، جنيف، سويسرا، 2022. متاح على الرابط الإلكتروني : <https://www.who.int/publications/i/item/> تاريخ الاطلاع: الخميس 30 ماي 2026، الساعة 10:30 صباحاً.
- [12] امركز إنماء المملكة للتدريب وتطوير تشغيل وصيانة محطات تنقية المياه، وزارة المياه والكهرباء
- [13] زبيدة محسن، التسيير المتكامل للمياه كأداة لمتنمية المحمية المستدامة، أطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم الاقتصادية، كلية العموم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2013 -
- [14] نزل امل. دراسة محطات التنقية بمدينة ورقلة (حالة محطات غربوز، زيانة، بامنديل) أطروحة المشروع النهائي الدراسات للحصول على درجة الماستر في الري بجامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017
- [15] الأكاديمية الألمانية لعلوم الأغشية وتكنولوجيا التحلية. آلية الفصل والانتقال العكسي عبر الغشاء شبه المنفذ بالتناضح

قائمة المصادر والمراجع

- العكسي، "رسم فني وفيزيائي توضيحي، منشورات معهد هندسة العمليات والتحلية، برلين، ألمانيا، 2020.
- [16] عبد اللطيف قدادرة وحسين عمامرة مذكرة تصفية وتحلية المياه بطريقة التناضح العكسي. شهادة ليسانس اكاديمي. جامعة الواد كلية العلوم والتكنولوجيا . 2014
- [17] بلعالم عبد اللطيف. نزع أيونات الفلوريد من مياه الصالحة للشرب في منطقة ورقلة باستعمال الجير وكبريتات الألمنيوم. مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة الماستر في الري. جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017.
- [18] Kharis, M., & Belhamra, A. Optimisation de l'étage de prétraitement dans les stations de déminéralisation des eaux saumâtres du Sud algérien. Journal des Sciences de l'Eau et de l'Environnement (JSEE), Université de Biskra, . (2018) Vol. 5
- [19] Djedidi, S. Étude de l'impact du colmatage sur les performances des membranes d'osmose inverse : Cas des eaux de l'Albien. Thèse de Doctorat en Génie des Procédés, Université Kasdi Merbah - Ouargla. (2021).
- [20] GattoucheKhemis et AmoumeneMehemed. Suivi qualitatif de la station de traitement des eaux par osmose inverse ifri s5 w.ouargla.univesité ourgla.2021/2022).
- [21] BOUCHAREB A. Etude théorique et expérimentale de dessalement par osmose inverse de l'eau saumâtre. Thèse de Doctorat, Université de Bouira -Akli Mohand Oulhadj-, Algérie, 2019.

الملاحق

START-UP OUARGLA

N° : 50

11/05/2026

Désignation	Qté	Prix u.
F POMPE 400 PSI REGENT REGENT	1,00	11 000,00
F ADAPTATEUR 5.0 A 400 GPD VERT	1,00	5 200,00
F CACHE FILTER 75 BLANC REGENT	4,00	1 900,00
F CACHE MEMBRANE 400 REGENT	1,00	2 600,00
F SUPPORT FILTRE MINI 400 GPD	1,00	3 500,00
F COUDE 8-10 VOLTAGE CACHE FILTRE 400	10,00	150,00
F COLI MEMBRANE 400 GPD	2,00	150,00
F MEMBRANE 400 GL REGENT	1,00	9 500,00
F TUYAUX FILTRE N8	7,00	90,00
F TUYAUX FILTRE N8	4,00	150,00
F CLAPIE ENTI RETOUR	1,00	250,00
F CLE CACHE FILTRE DEMI COUVRE 75 FORAT	1,00	250,00
F JEUX RECHANCHE 4P FILTRE 75 GPD	1,00	1 600,00
F COLI T33	2,00	100,00
F T33 TURK COCONUT MALE BLANC	1,00	850,00
F TES EGAL 6	1,00	150,00
F COUDE 6-MALE TIJ 75 GPD	1,00	150,00
F MAMLONG 8-6	1,00	150,00
F COUDE 6-6	1,00	150,00
F COUDE 8-12 POMP 400 GPD	2,00	150,00

Nbr d'articles : : 20

TOTAL :

46 480,00

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérie
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Code de l'échantillon : 1178
Nature de l'échantillon : EAU POTABLE
Lieu de prélèvement : EAU BRUTE STATION IFRI-EL GARA
Commune : OGX

Bulletin D'analyses

Date et Heure de prélèvement : 08/04/2026
Prélèvement effectué par : CENTRE DE PRODUCTION
Date d'analyse : 08/04/2026
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Couleur	mg/plaine	00	20	Calcium Ca ⁺²	mg/l	200.4	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	03	Magnésium Mg ⁺²	mg/l	121.52	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3	1000	500
Chlore résiduel libre	mg/l	BRUTE	>0.1	Sodium Na ⁺	mg/l	350	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Potassium K ⁺	mg/l	25	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	7.96	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl ⁻	mg/l	756.49	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	3560	2800	Sulfate SO ₄ ⁻²	mg/l	600	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	13	50
Turbidité	NTU	2.29	5	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	152.5	-
Oxygène dissous	mg/l	7.92	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	125	-
TDS	mg/l	1780					
Résidu sec 105 C°	mg/l	2734	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.094	0.5	Fer	mg/l	0.10	0.3
Nitrite NO ₂	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	<0.005	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.I)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.I)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	20	Cyanures (CN)	µg/l	/	50
Entérocoques	n/100ml	00	20	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	

Zone : Ouargla
Unité : Ouargla

Ministre des ressources en eau
Algérien des eaux
Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux

Bulletin D'analyses

Code de l'échantillon : 1179

Nature de l'échantillon : EAU POTABLE

Lieu de prélèvement : EAU OSMOSEE STATION IFRI-EL GARA

Commune : OUARGLA

Date et Heure de prélèvement : 08/04/2026

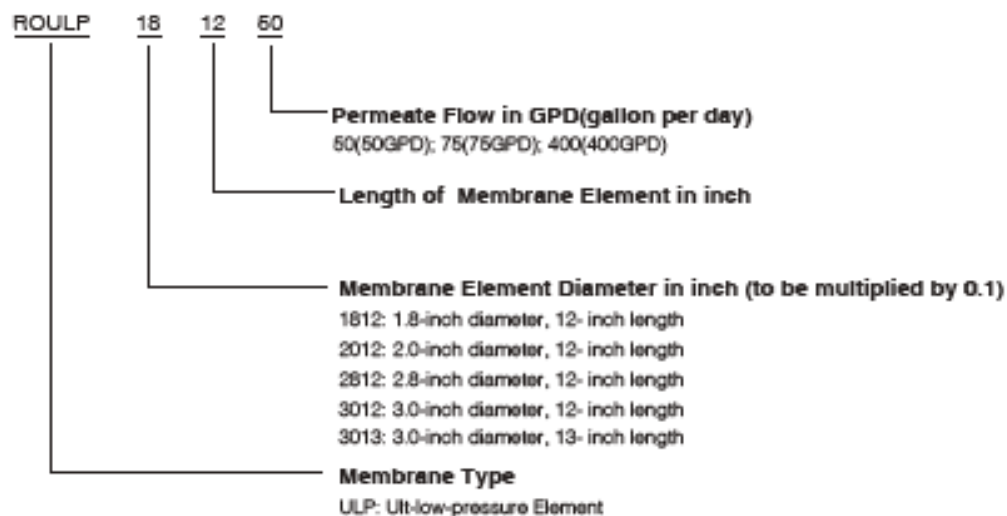
Prélèvement effectué par : CENTR DE PRODUCTION

Date d'analyse : 08/04/2026

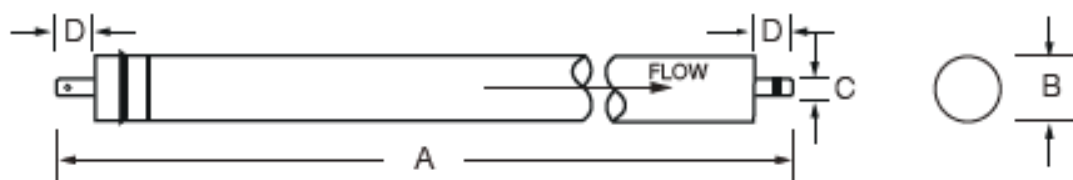
Analyse effectuée par : Laboratoire Central

Paramètre Organique	Unité	Résultat	N.A (E.T)	Minéralisation Global	Unité	Résultat	N.A (E.T)
Couleur	mg/plaine	00	15	Calcium Ca^{+2}	mg/l	48.09	200
Odeur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Magnésium Mg^{+2}	mg/l	21.87	150
Saveur à 25 C°	Taux dilution	Néant	04	Dureté Totale (TH)	CaCO3 mg/l	210	500
Chlore résiduel libre	mg/l	/	>0.1	Sodium Na^{+}	mg/l	82	200
Paramètre Physique-Chimique	Unité	Résultat	N.A (E.T)	Potassium K^{+}	mg/l	5	12
Concentration en ions hydrogène	Unité PH	8.22	≥6.5 et ≤9	Chlorures Cl^{-}	mg/l	179.95	500
Conductivité à 25C°	µs/cm	713	2800	Sulfate SO_4^{-2}	mg/l	90	400
Température	C°	/	25	Nitrate NO_3^{-}	mg/l	/	50
Turbidité	NTU	2.12	5	Bicarbonate HCO_3^{-}	mg/l	15.25	-
Oxygène dissous	mg/l	7.92	-	Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l CaCO3	12.5	-
TDS	mg/l	357					
Résidu sec 105 C°	mg/l	/	-				
Paramètres de Pollution	Unité	Résultat	N.A (E.T)	Paramètre Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.T)
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0.043	0.5	Fer	mg/l	0.15	0.3
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005	0.2	Manganèse	mg/l	/	0.05
Phosphore (p)	mg/l	0.003	5	Aluminium	mg/l	/	0.2
Oxydabilité	mg/l		5				
Paramètre bactériologiques	Unité	Résultat	N.A (E.T)	Paramètre Ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.T)
Coliformes totaux	/	00	/	Fluorures(F)	mg/l	/	1.5
Escherichia-coli	n/100ml	00	00	Cyanures (CN)	µg/l	/	70
Entérocoques	n/100ml	00	00	Bromes (Br)	mg/l	/	
Bactéries Sulfito-réductrices	n/20ml	/	00	Sulfure d'hydrogénée (H2S)	mg/l	/	

Nomenclature :



Dimensions :



Model	A inch (mm)	B inch (mm)	C inch (mm)	D inch (mm)
ROULP-1812-24	11.7 (298)	1.8 (44.5)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-1812-86	11.7 (298)	1.8 (44.5)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-1812-50	11.7 (298)	1.8 (44.5)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-1812-75	11.7 (298)	1.8 (44.5)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-2012-100	11.7 (298)	2.0 (48.2)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-2012-160	11.7 (298)	2.0 (48.2)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-2812-200	11.7 (298)	2.8 (71.1)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-3012-300	11.7 (298)	3.0 (76.2)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-3012-400	11.7 (298)	3.0 (76.2)	0.67 (17)	0.82 (21)
ROULP-3012-600	11.7 (298)	3.0 (76.2)	0.67 (17)	0.82 (21)

الملخص:

يواجه قطاع الموارد المائية في الجزائر والعالم تحديات بالغة التعقيد لتلبية الاحتياجات المتزايدة وضمان جودة مياه الشرب. وتعد تحلية المياه والجوفية خياراً حيوياً للمناطق الشحيحة مائياً كالجنوب الجزائري. وتتناول هذه الدراسة تصميم وإنجاز محطة تحلية مياه منزلية تعتمد على تقنية التناضح العكسي (RO) بطاقة إنتاجية تبلغ 240 لتراً يومياً لتوفير مياه صالحة للشرب ذات جودة عالية. تم اختيار هذه التقنية لما تتميز به من قدرة كبيرة على إزالة الأملاح الذائبة والشوائب والملوثات الدقيقة. تشمل المحطة مراحل المعالجة المسبقة من ترشيح الرواسب والكربون النشط، تليها وحدة الغشاء شبه المنفذ للتناضح العكسي، ثم مرحلة التخزين والتوزيع. تم إجراء الحسابات اللازمة لتحديد معدل التدفق واستهلاك المياه والطاقة واختيار المكونات المناسبة. أظهرت الدراسة أن المحطة قادرة على خفض ملوحة المياه بنسبة تتجاوز 95% وتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المنتجة. كما تطرقت الدراسة إلى جانب الصيانة بنوعها الوقائية والتصحيحية باعتبارها عاملاً أساسياً لضمان إستمرارية الأداء. وتم تقدير تكاليف التشغيل والصيانة الدورية لضمان استمرارية الأداء. وتتميز المحطة بسهولة التركيب والتشغيل، وانخفاض استهلاك الطاقة، وصغر الحجم المناسب للاستعمال المنزلي. وتؤكد الدراسة أن محطة تحلية المياه المنزلية بالتناضح العكسي تمثل حلاً فعالاً واقتصادياً في المناطق التي تعاني من ارتفاع الملوحة.

الكلمات المفتاحية:

Reverse Osmosis (RO) : التناضح العكسي

Abstract

The water resources sector in Algeria, as well as worldwide, faces highly complex challenges in meeting growing demands and ensuring the quality of drinking water. Water desalination, particularly groundwater desalination, represents a vital solution for water-scarce regions such as southern Algeria. This study focuses on the design and implementation of a household water desalination unit based on Reverse Osmosis (RO) technology, with a production capacity of 240 liters per day, aimed at providing high-quality potable water. Reverse Osmosis technology was selected due to its high efficiency in removing dissolved salts, suspended impurities, and trace contaminants. The system consists of several treatment stages, including pre-treatment through sediment and activated carbon filtration, followed by the reverse osmosis membrane unit, and finally water storage and distribution. Necessary calculations were performed to determine flow rates, water and energy consumption, and to select appropriate system components. The results demonstrated that the proposed desalination unit is capable of reducing water salinity by more than 95% while significantly improving the physical and chemical characteristics of the treated water. The study also addressed maintenance aspects, including both preventive and corrective maintenance, as essential factors for ensuring continuous and reliable system performance. Furthermore, operational and routine maintenance costs were estimated to evaluate the sustainability of the system. The proposed unit is characterized by ease of installation and operation, low energy consumption, and a compact design suitable for domestic applications. The study concludes that household reverse osmosis desalination systems represent an effective and cost-efficient solution for regions suffering from high water salinity.

Keywords: Reverse Osmosis (RO), Water Desalination, Drinking Water Quality, Household Water Treatment, Groundwater Salinity.

