

تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في
مصنع ألبان في المملكة العربية السعودية

A Proposed Framework for Activating the Role of the Water Quality
Laboratory in Managing Industrial Wastewater Risks at a Dairy Factory in the
Kingdom of Saudi Arabia

اعداد الطالب

إبراهيم عبد الرحمن كرمان باكرمان

الرقم الجامعي: ٢٥٣٠٠٢٠٦١

إشراف/

أ.د. فايز علي جراد

أ.د. الفيصل عبد الحميد محمد

العام الدراسي:

2026

إهداء

إلى أبي وأمي

قد تعلمت منكم الكثير وأعطيتهموني الكثير

من الحب والتقدير والاحترام

فمهما شكرتكم على ما بذلتم من جهد وتعب لا

أوفي حقكم على فلکم مني كل الشكر والحب والتقدير والاحترام والعرفان بالجميل

وأرجو من الله أن أكون دائماً عند حسن ظنكم بي

وأن أحقق كل ما تتمنوا

أن تروني عليه لتفتخروا بي

إلى زوجتي وبناتي:

أنتن الفصل الذي أضفتن بهجة لا تُحصى إلى هذه الرسالة،

والمساحة التي أذكر فيها نفسي دائماً:

إن العلم بلا قلب ينبض فرحاً بوجهك،

ما هو إلا رموز على ورق.

إلى أساتذتي وزملائي واصدقائي.

أهدي إليهم هذا العمل راجياً من المولى

عز وجل أن ينتفع به غيري.

شكر وتقدير

الحمد لله حمداً كثيراً ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه الذي أمدنا بالصبر الجميل لإتمام هذه الدراسة.

اتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى الدكتور/ د. الفيصل عبد الحميد ود. فايز جراد لتفضلهما بقبول الإشراف

على مشروع بحثي وما بذلا من جهد وعلى ما قدما لي من نصائح وتوجيهات مكننتني من تخطي المصاعب التي

واجهتني في هذا المشروع البحثي وكذلك اتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع دكاترة الجامعة لما قدموا لي طيلة فترة

الدراسة.

واتقدم بالشكر الجزيل إلى لجنة المناقشة وأعضائها الموقرين المحترمين لقبولهم مناقشة هذا العمل وعلى ما

سيبدونه من ملاحظات.

حقوق الطباعة

حقوق الطباعة تمتلكها جامعة ميدأوشن. حيث إن جميع المواد والمحتويات الواردة في هذا البحث هي ملك للجامعة، ولا يجوز استخدامها أو إعادة نشرها أو توزيعها بدون إذن مسبق من جامعة ميدأوشن.

الباحث

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في أحد مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية انطلاقاً من أهمية مختبرات جودة المياه في دعم منظومة الإدارة البيئية وتعزيز كفاءة إدارة المخاطر والحد من الآثار البيئية الناتجة عن مياه الصرف الصناعية وضمان الالتزام بالأنظمة والتشريعات البيئية والمعايير الوطنية والدولية الخاصة بجودة المياه. وتأتي أهمية هذه الدراسة في ظل التوسع المتزايد الذي يشهده القطاع الصناعي بالمملكة العربية السعودية وما يصاحبه من زيادة في كميات مياه الصرف الصناعي وارتفاع الحاجة إلى تطوير آليات الرقابة والتحليل المختبري بما يسهم في حماية الموارد المائية والمحافظة على البيئة وتحقيق متطلبات التنمية المستدامة ومستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030. كما تسعى الدراسة إلى إبراز الدور المحوري الذي يمكن أن يؤديه مختبر جودة المياه في التحول من الدور الرقابي التقليدي إلى الدور الاستراتيجي القائم على التنبؤ بالمخاطر ودعم متخذي القرار بالمعلومات الدقيقة التي تساعد على منع المشكلات البيئية قبل وقوعها. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة الدراسة وأهدافها حيث تم توظيفه في دراسة الأدبيات العلمية والأنظمة واللوائح والمعايير ذات العلاقة وتحليل واقع أداء مختبر جودة المياه داخل مصنع الألبان وتحديد أهم نقاط القوة وجوانب القصور في الممارسات الحالية. كما اعتمدت الدراسة على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات الميدانية وتم تطبيقها على عينة بلغ حجمها 180 مفردة من العاملين في الإدارات ذات العلاقة داخل المصنع وشملت الإدارة العليا وإدارة الجودة وإدارة البيئة والسلامة والصحة المهنية وإدارة الإنتاج وإدارة الصيانة وإدارة التشغيل والعاملين في المختبر وذلك بهدف التعرف إلى آرائهم حول واقع أداء المختبر ودوره في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية والمعوقات التي تحد من فاعليته والسبل المناسبة لتطويره.

وأظهرت نتائج الدراسة أن مختبر جودة المياه يمثل أحد الركائز الأساسية في منظومة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وأن ارتفاع كفاءة المختبر يسهم بصورة مباشرة في تحسين عمليات المراقبة البيئية والكشف المبكر عن مصادر التلوث وتقليل احتمالات وقوع المخاطر البيئية والتشغيلية. كما أوضحت النتائج أن تفعيل دور المختبر يتطلب توفير أجهزة تحليل حديثة وتطبيق برامج فعالة لضبط الجودة والمعايرة والالتزام بالمواصفات الدولية الخاصة بالمختبرات إضافة إلى تأهيل الكوادر البشرية ورفع كفاءتها بصورة مستمرة. كما بينت النتائج وجود اتفاق مرتفع بين أفراد العينة على أهمية تعزيز برامج الرصد الدوري والتحليل المستمر لمؤشرات جودة مياه الصرف الصناعية وربط

نتائج التحاليل بنظم إدارة المخاطر واتخاذ القرارات البيئية داخل المصنع. وأظهرت النتائج أيضا أن هناك عددا من التحديات التي تؤثر في كفاءة المختبر من أهمها الحاجة إلى تطوير البنية التحتية للمختبر وتعزيز التكامل بين الإدارات المختلفة والاستفادة بصورة أكبر من البيانات المخترية في التخطيط الاستباقي وإدارة المخاطر البيئية.

وانتهت الدراسة إلى إعداد تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه يعتمد على مجموعة من المحاور المتكاملة تتمثل في تطوير البنية التحتية للمختبر وتحديث الأجهزة والمعدات وتطبيق نظم إدارة الجودة والاعتماد المختبري وفق المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 وتعزيز التحول الرقمي في إدارة البيانات المخترية وإنشاء قواعد بيانات متكاملة لنتائج التحاليل وربطها بمؤشرات الأداء البيئي وإدارة المخاطر إضافة إلى رفع كفاءة الكوادر البشرية من خلال التدريب المستمر وتطوير آليات التنسيق والتكامل بين المختبر وجميع الإدارات ذات العلاقة داخل المصنع. كما أوصت الدراسة بتبني أنظمة للمراقبة الاستباقية والإنذار المبكر والاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحسين كفاءة إدارة مياه الصرف الصناعية بما يسهم في تعزيز الاستدامة البيئية وتحقيق الامتثال التنظيمي ورفع كفاءة الأداء التشغيلي داخل مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية.

الكلمات المفتاحية: مختبر جودة المياه، إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية، مصانع الألبان، جودة المياه، الإدارة البيئية، الاستدامة، المملكة العربية السعودية.

الفهرس

البسمة	2
اهداء	2
شكر وتقدير	3
حقوق الطباعة	4
المستخلص	5
الفصل الاول: الإطار العام للدراسة	10
الفصل الأول: الإطار العام للدراسة	11
مقدمة	11
مشكلة الدراسة	13
أهمية الدراسة:	15
أهداف الدراسة	17
تساؤلات الدراسة	18
فروض الدراسة	18
النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث	19
الفصل الثاني: الدراسات السابقة والإطار النظري	23
مقدمة الفصل الثاني	24
الدراسات السابقة	25
الإطار النظري	42
ماهية إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية	42

43.....	أهمية إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في المنشآت الصناعية
45.....	أهداف ومبادئ واستراتيجيات إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية
46.....	مراحل إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وأدواتها الحديثة
49.....	ماهية مختبر جودة المياه ووظائفه في المنشآت الصناعية
50.....	متطلبات تطوير مختبرات جودة المياه ومعايير الاعتماد والجودة
52.....	المخاطر البيئية والتشغيلية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان
54.....	دور مختبر جودة المياه في مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية
55.....	دور مختبر جودة المياه في إدارة المخاطر ودعم اتخاذ القرار البيئي
57.....	العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية
59.....	التصور المقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان
63.....	الفصل الثالث: منهجية الدراسة
64.....	مقدمة الفصل الثالث
65.....	المنهجية وطرق البحث
65.....	أدوات الدراسة
66.....	مجتمع البحث
66.....	عينة البحث
67.....	حدود البحث
68.....	الفصل الرابع: النتائج والتوصيات
69.....	مقدمة الفصل الرابع
70.....	تحليل البيانات

70.....	أولاً: الخصائص الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة
73.....	ثانياً: التحليل الوصفي للمحور الأول
76.....	ثالثاً: التحليل الوصفي لعبارات المحور الثاني
79.....	رابعاً: التحليل الإجمالي لمحاور الدراسة
81.....	خامساً: اختبار فرضيات الدراسة
83.....	سادساً: مناقشة النتائج
85.....	النتائج
88.....	التوصيات
91.....	المراجع
95.....	الملاحق (الاستبانة)
103	Abstract

الفصل الاول: الإطار العام للدراسة

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

مقدمة

شهدت الصناعات الغذائية خلال السنوات الأخيرة تطوراً متسارعاً في حجم الإنتاج وتنوع العمليات الصناعية وهو ما صاحبه ارتفاع في كميات مياه الصرف الصناعية الناتجة عن هذه الصناعات ولا سيما صناعة الألبان التي تعد من أكثر الصناعات استهلاكاً للمياه نتيجة اعتمادها على عمليات الغسيل والتنظيف والتبريد والتصنيع بشكل مستمر. وتتميز مياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان بارتفاع محتواها من المواد العضوية والدهون والبروتينات والمواد الصلبة العالقة إضافة إلى ارتفاع الطلب الحيوي والكيميائي للأكسجين الأمر الذي يجعلها من المياه التي تتطلب رقابة دقيقة ومعالجة فعالة قبل تصريفها أو إعادة استخدامها حفاظاً على البيئة والموارد المائية (قريط، 2015).

وأصبحت إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية تمثل أحد المحاور الرئيسة في الإدارة البيئية الحديثة نظراً لما قد يترتب على ضعف الرقابة أو قصور عمليات المتابعة من آثار سلبية على البيئة والصحة العامة واستدامة الموارد الطبيعية. كما أن الالتزام بالاشتراطات البيئية لم يعد مجرد متطلب نظامي بل أصبح أحد المؤشرات الأساسية التي تقاس من خلالها كفاءة المؤسسات الصناعية وقدرتها على تحقيق الاستدامة وتعزيز مسؤوليتها البيئية والمجتمعية. ومن هذا المنطلق أولت المملكة العربية السعودية اهتماماً كبيراً بتطوير الأنظمة والتشريعات الخاصة بإدارة المياه وجودتها وتعزيز الرقابة على مصادر التلوث الصناعي بما ينسجم مع مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 ويحقق الاستخدام الأمثل للموارد المائية (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2025).

ويعتبر مختبر جودة المياه أحد أهم العناصر الفنية التي تعتمد عليها المؤسسات الصناعية في مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية وتحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية حيث يمثل المصدر الرئيس للمعلومات والبيانات التي تستند إليها الإدارة في تقييم المخاطر البيئية واتخاذ الإجراءات الوقائية والتصحيحية المناسبة. كما يسهم المختبر في متابعة كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصناعية والتحقق من الالتزام بالمعايير البيئية والحدود النظامية الخاصة بجودة المياه قبل التصريف أو إعادة الاستخدام الأمر الذي يجعله أحد المكونات الأساسية في منظومة الإدارة البيئية داخل المنشآت الصناعية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

وتشير الاتجاهات الحديثة في إدارة المخاطر إلى أن المختبرات لم تعد تؤدي دوراً تنفيذياً يقتصر على إجراء التحاليل وإصدار النتائج وإنما أصبحت تمثل أداة استراتيجية لدعم الإدارة في التنبؤ بالمخاطر وتحليل أسبابها وتقييم احتمالات حدوثها واقتراح الإجراءات المناسبة للحد منها. كما أصبح الاعتماد على البيانات المخبرية الدقيقة أحد المرتكزات الأساسية في بناء أنظمة الإنذار المبكر وتحسين جودة القرارات البيئية والتشغيلية داخل المؤسسات الصناعية وهو ما يعزز قدرتها على مواجهة التحديات البيئية وتحقيق الاستدامة المؤسسية. (Carnevale Miino et al., 2026)

وفي قطاع صناعة الألبان تزداد أهمية مختبر جودة المياه نتيجة الطبيعة الخاصة لمياه الصرف الصناعية التي تحتوي على نسب مرتفعة من المركبات العضوية والدهون والمواد القابلة للتحلل الحيوي وهو ما يتطلب تطبيق برامج دقيقة للرصد والتحليل المستمر بهدف ضمان كفاءة عمليات المعالجة وتقليل احتمالات التلوث البيئي والمحافظة على جودة الموارد المائية. كما أن التطورات الحديثة في تقنيات تحليل المياه وأنظمة المراقبة الرقمية والذكاء

الاصطناعي أسهمت في تعزيز قدرة المختبرات على تقديم بيانات لحظية دقيقة تساعد في تحسين إدارة المخاطر ورفع كفاءة الأداء البيئي داخل المنشآت الصناعية (Nishan et al., 2024).

كما تؤكد الدراسات الحديثة أن تطوير مختبرات جودة المياه وتحديث تجهيزاتها الفنية وتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المختبري يساهم بصورة مباشرة في رفع كفاءة إدارة مياه الصرف الصناعية وتحسين الأداء البيئي وتقليل تكاليف التشغيل والمعالجة فضلاً عن تعزيز قدرة المؤسسات الصناعية على الالتزام بالمتطلبات البيئية المحلية والدولية وتحقيق الاستخدام المستدام للموارد المائية. (Basem et al., 2024)

وانطلاقاً من ذلك جاءت هذه الدراسة لتقديم تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في أحد مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية من خلال دراسة الواقع الحالي للمختبر وتحديد أبرز التحديات التي تواجهه واقتراح آليات عملية لتطوير دوره بما يساهم في تعزيز الإدارة البيئية ورفع كفاءة إدارة المخاطر وتحقيق الاستدامة بما يتوافق مع الأنظمة الوطنية وأفضل الممارسات الدولية.

مشكلة الدراسة

شهد القطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية توسعاً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة الأمر الذي صاحبه ارتفاع في معدلات استهلاك المياه وزيادة كميات مياه الصرف الصناعية الناتجة عن الأنشطة الإنتاجية وخاصة في الصناعات الغذائية ومنها صناعة الألبان. ويستلزم هذا التوسع تطوير آليات فعالة لمراقبة جودة مياه الصرف الصناعية وإدارة

المخاطر المرتبطة بها بما يضمن المحافظة على البيئة والموارد المائية وتحقيق الامتثال للأنظمة والتشريعات البيئية المعمول بها في المملكة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2025).

ورغم ما تمتلكه العديد من المنشآت الصناعية من مختبرات متخصصة لتحليل المياه فإن دور هذه المختبرات في كثير من الأحيان يظل مقتصرًا على إجراء الفحوصات الروتينية وإصدار نتائج التحاليل دون الاستفادة المثلى من هذه النتائج في دعم عمليات إدارة المخاطر البيئية أو ربطها بعمليات التخطيط واتخاذ القرار داخل المنشأة. كما أن ضعف التكامل بين المختبر والإدارات المختلفة قد يؤدي إلى انخفاض كفاءة الاستجابة للمخاطر وتأخر اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة وهو ما قد ينعكس سلبًا على الأداء البيئي والتشغيلي للمؤسسة (خبراني وأبو عنزة، 2024).

وتزداد أهمية هذه المشكلة في مصانع الألبان نتيجة الطبيعة الخاصة لمياه الصرف الصناعية التي تتميز بارتفاع الأحمال العضوية واحتوائها على الدهون والبروتينات والمواد الصلبة العالقة وهو ما يجعلها أكثر عرضة لإحداث أثار بيئية في حال عدم مراقبتها وتحليلها بصورة مستمرة أو في حال وجود قصور في كفاءة المختبر أو في آليات الاستفادة من نتائجه (قزيط، 2015).

كما تشير الاتجاهات الحديثة إلى أن إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية تعتمد بصورة كبيرة على دقة البيانات المخبرية وسرعة الحصول عليها وربطها بأنظمة المراقبة وإدارة المخاطر وأن غياب هذا التكامل قد يؤدي إلى انخفاض كفاءة محطات المعالجة وزيادة احتمالات حدوث المخالفات البيئية أو ارتفاع تكاليف التشغيل والمعالجة نتيجة التأخر في اكتشاف المشكلات ومعالجتها. (Krishna & Rakesh, 2025)

ومن جانب آخر تؤكد المعايير الحديثة لاعتماد المختبرات أن جودة نتائج التحاليل تعتمد على توافر بنية تحتية مناسبة وكوادر بشرية مؤهلة وأجهزة حديثة ونظم فعالة لضبط الجودة والمعايرة والاعتماد المختبري وهو ما يجعل تطوير مختبر جودة المياه أحد المتطلبات الأساسية لتعزيز الأداء البيئي وتحسين إدارة المخاطر داخل المؤسسات الصناعية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

وفي ضوء ما سبق تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تطوير وتفعيل دور مختبر جودة المياه بحيث يصبح جزءاً فاعلاً في منظومة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية وليس مجرد جهة تنفيذية لإجراء التحاليل وذلك من خلال وضع تصور مقترح يحدد الآليات والإجراءات والمتطلبات اللازمة لتعزيز دوره في دعم الإدارة البيئية وتحسين جودة القرارات وتقليل المخاطر البيئية والتشغيلية وتحقيق الاستدامة البيئية والامتثال للأنظمة والمعايير الوطنية والدولية.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من الأهمية المتزايدة لإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في المنشآت الصناعية ودور مختبرات جودة المياه في دعم الإدارة البيئية وتحقيق الاستدامة والمحافظة على الموارد المائية. كما تكتسب الدراسة أهميتها من ارتباطها بأحد القطاعات الحيوية في المملكة العربية السعودية وهو قطاع الصناعات الغذائية ولا سيما صناعة الألبان التي تعتمد بصورة كبيرة على المياه في مختلف مراحل الإنتاج. ويمكن توضيح أهمية الدراسة من خلال

الجانبين الآتيين:

الأهمية العلمية

1. تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية العربية المتعلقة بدور مختبرات جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وهو من الموضوعات التي لم تحظ باهتمام كاف في الدراسات العربية وخاصة في قطاع صناعة الألبان .
2. تقدم الدراسة إطارا علميا يوضح العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة المخاطر البيئية ودوره في دعم عمليات الرقابة البيئية وتحسين كفاءة اتخاذ القرارات داخل المنشآت الصناعية .
3. تسهم الدراسة في توضيح المفاهيم العلمية المرتبطة بجودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وإبراز أحدث الاتجاهات المتعلقة بتطوير المختبرات البيئية وتفعيل دورها في دعم الاستدامة .
4. تمثل الدراسة مرجعا علميا يمكن الاستفادة منه في إعداد الدراسات المستقبلية التي تتناول إدارة المخاطر البيئية أو مختبرات جودة المياه أو إدارة مياه الصرف الصناعية في القطاعات الصناعية المختلفة .
5. تضيف الدراسة بعدا علميا جديدا يتمثل في تقديم تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه باعتباره أحد المكونات الرئيسية في منظومة إدارة المخاطر البيئية داخل المؤسسات الصناعية .

الأهمية التطبيقية

1. تقدم الدراسة تصورا مقترحا يمكن الاستفادة منه في تطوير أداء مختبر جودة المياه داخل مصانع الألبان بما يسهم في رفع كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .
2. تساعد نتائج الدراسة إدارات مصانع الألبان في التعرف على أهم المتطلبات اللازمة لتطوير المختبرات وتحسين كفاءة عمليات الرصد والتحليل البيئي .
3. تسهم الدراسة في دعم متخذي القرار بالمعلومات التي تساعد على تطوير سياسات وإجراءات إدارة مياه الصرف الصناعية والحد من المخاطر البيئية المرتبطة بها .
4. يمكن الاستفادة من نتائج الدراسة في تحسين كفاءة برامج المراقبة البيئية ورفع مستوى الالتزام بالأنظمة والاشتراطات البيئية والمعايير الوطنية والدولية الخاصة بجودة المياه .

5. تسهم الدراسة في تعزيز التكامل بين مختبر جودة المياه والإدارات المختلفة داخل المصنع بما ينعكس إيجاباً على كفاءة الأداء البيئي والتشغيلي .
6. تساعد الدراسة في توجيه الجهود نحو تطبيق التقنيات الحديثة والتحول الرقمي في إدارة البيانات المخبرية والاستفادة منها في التنبؤ بالمخاطر البيئية وتحسين عمليات اتخاذ القرار .
7. يمكن أن تستفيد الجهات الحكومية والرقابية والهيئات المعنية بالمياه والبيئة من نتائج الدراسة في تطوير الأدلة الإرشادية والسياسات المتعلقة بمختبرات جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .
8. تسهم الدراسة في دعم جهود تحقيق الاستدامة البيئية والمحافظة على الموارد المائية وتعزيز الامتثال البيئي بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 .

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصنع ألبان بالمملكة العربية السعودية وذلك من خلال تحقيق الأهداف الآتية:

1. التعرف على واقع دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان .
2. تحديد أهمية مختبر جودة المياه في دعم منظومة الإدارة البيئية وإدارة المخاطر داخل المصنع .
3. التعرف على أبرز المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان .
4. تحديد المعوقات التي تحد من فاعلية مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .
5. التعرف على مدى التكامل بين مختبر جودة المياه والإدارات المختلفة داخل المصنع في مجال إدارة المخاطر البيئية .
6. تحديد المتطلبات الفنية والإدارية والتقنية اللازمة لتفعيل دور مختبر جودة المياه .

7. إعداد تصور مقترح يسهم في تطوير دور مختبر جودة المياه وتعزيز مساهمته في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وتحقيق الاستدامة البيئية.

تساؤلات الدراسة

تسعى الدراسة للإجابة عن التساؤل الرئيس الآتي:

ما التصور المقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصنع ألبان بالمملكة العربية السعودية؟

وينبثق عن هذا التساؤل الرئيس التساؤلات الفرعية الآتية:

1. ما واقع دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان؟
2. ما أهمية مختبر جودة المياه في دعم منظومة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية؟
3. ما أبرز المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية التي تواجه مصانع الألبان؟
4. ما أبرز المعوقات التي تحد من فاعلية مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية؟
5. ما المتطلبات اللازمة لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية؟
6. ما التصور المقترح الذي يمكن أن يسهم في تطوير دور مختبر جودة المياه وتعزيز فاعليته في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان؟

فروض الدراسة

اعتمدت الدراسة على الفرضية الرئيسة الآتية:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتفعيل دور مختبر جودة المياه في تحسين إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية .

وينبثق عن هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الآتية:

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لكفاءة مختبر جودة المياه في تحسين عمليات الكشف المبكر عن مخاطر مياه الصرف الصناعية .

2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطوير الأجهزة والتقنيات المخبرية في رفع كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .

3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لكفاءة الكوادر البشرية العاملة في مختبر جودة المياه في تحسين إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .

4. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المخبري في تعزيز موثوقية نتائج التحاليل ودعم إدارة المخاطر .

5. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتكامل بين مختبر جودة المياه والإدارات المختلفة داخل المصنع في تحسين كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية .

6. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحويل الرقمي وإدارة البيانات المخبرية في دعم عمليات التنبؤ بالمخاطر البيئية واتخاذ القرارات المناسبة.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

استندت هذه الدراسة إلى نظرية إدارة المخاطر (Risk Management Theory) باعتبارها الإطار النظري الأكثر ملاءمة لتفسير العلاقة بين دور مختبر جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان. وتعد هذه النظرية من أكثر النظريات استخداماً في الدراسات الإدارية والبيئية والهندسية نظراً لقدرتها على تفسير كيفية تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ووضع الإجراءات المناسبة للحد من

آثارها أو منع حدوثها قبل أن تؤثر في أهداف المنظمة واستدامة عملياتها. كما تنطلق النظرية من أن نجاح المؤسسات لا يعتمد على الاستجابة للمخاطر بعد وقوعها وإنما يعتمد بصورة أكبر على بناء منظومة متكاملة تقوم على التنبؤ بالمخاطر والوقاية منها والاعتماد على البيانات الدقيقة في اتخاذ القرار (العنزي، 2015).

وترى نظرية إدارة المخاطر أن جميع المؤسسات تواجه مخاطر متعددة تختلف في طبيعتها وحجم تأثيرها واحتمالية حدوثها ولذلك فإن الإدارة الفاعلة للمخاطر تتطلب وجود نظام مؤسسي قادر على التعرف على مصادر المخاطر وتحليلها وتصنيفها وتقييم آثارها ووضع الإجراءات الوقائية والعلاجية المناسبة للتعامل معها. كما تؤكد النظرية أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على تكامل الأدوار بين جميع الوحدات التنظيمية داخل المؤسسة وعلى توافر المعلومات الدقيقة التي تمكن الإدارة من اتخاذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب وهو ما يجعل مختبر جودة المياه أحد أهم مصادر المعلومات العلمية في المؤسسات الصناعية التي تعتمد على المياه في عملياتها الإنتاجية (خياط، 2019).

وتفترض النظرية أن عملية إدارة المخاطر تمر بمجموعة من المراحل المتتالية تبدأ بتحديد المخاطر المحتملة ثم تحليل أسبابها وتقييم مستوى تأثيرها واحتمالية حدوثها ثم اختيار الاستراتيجية المناسبة للتعامل معها سواء من خلال الوقاية أو الحد من آثارها أو نقلها أو قبولها وفقا لطبيعة الخطر وأهداف المؤسسة. وبعد ذلك تتم متابعة تنفيذ الإجراءات وتقويم نتائجها بصورة مستمرة لضمان التحسين المستمر لمنظومة إدارة المخاطر. ويعتمد نجاح هذه المراحل على جودة المعلومات المتوافرة ودقتها وتوقيت الحصول عليها وهو ما يعزز أهمية المختبرات المتخصصة في توفير البيانات اللازمة لاتخاذ القرارات البيئية والتشغيلية (السبيعي، 2023).

كما تؤكد نظرية إدارة المخاطر أن المعلومات العلمية الدقيقة تمثل الركيزة الأساسية التي تستند إليها المؤسسات في تقييم المخاطر واتخاذ القرارات المناسبة وأن غياب المعلومات أو ضعف جودتها يؤدي إلى زيادة درجة عدم التأكد وارتفاع احتمالات اتخاذ قرارات غير مناسبة قد ينتج عنها خسائر تشغيلية أو بيئية أو مالية. ومن هذا المنطلق فإن مختبر جودة المياه يمثل أحد أهم الأدوات التي تدعم تطبيق هذه

النظرية داخل المؤسسات الصناعية من خلال توفير نتائج تحليلية دقيقة تساعد على تحديد مصادر التلوث وقياس مستوياتها وتقييم مدى التزام المنشأة بالمعايير البيئية المعتمدة (خبراني وأبو عزة، 2024).

وتزداد أهمية تطبيق نظرية إدارة المخاطر في مصانع الألبان نتيجة الطبيعة الخاصة لمياه الصرف الصناعية الناتجة عن هذه الصناعة حيث تتميز بارتفاع تركيز المواد العضوية والدهون والبروتينات والمواد الصلبة العالقة إضافة إلى ارتفاع قيم الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين وهو ما يجعلها من مصادر التلوث التي تتطلب متابعة دقيقة ورصدا مستمرا لتقليل أثارها البيئية وضمان كفاءة عمليات المعالجة. ولذلك فإن المختبر يمثل خط الدفاع الأول في اكتشاف أي تغيرات قد تطرأ على خصائص المياه قبل أن تتحول إلى مخاطر تؤثر في البيئة أو كفاءة التشغيل داخل المصنع (قريط، 2015).

وتشير النظرية كذلك إلى أن إدارة المخاطر الحديثة أصبحت تعتمد بصورة متزايدة على مفهوم الإدارة الاستباقية للمخاطر بدلا من الإدارة التقليدية القائمة على الاستجابة بعد وقوع المشكلة. ويقوم هذا المفهوم على بناء نظم للمراقبة المستمرة وجمع البيانات وتحليلها بصورة دورية والتنبيه بالمخاطر قبل حدوثها واتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة للحد منها. ويعد مختبر جودة المياه أحد أهم الأدوات التي تمكن المؤسسات الصناعية من تطبيق هذا المفهوم من خلال تنفيذ برامج الرصد والتحليل المستمر لمياه الصرف الصناعية وإصدار تقارير فنية تدعم عملية اتخاذ القرار (العمرى وآخرون، 2025).

كما تؤكد نظرية إدارة المخاطر أن نجاح المؤسسات في التعامل مع المخاطر يعتمد على وجود منظومة متكاملة تشمل القيادة والإدارة والتقنيات الحديثة والموارد البشرية ونظم المعلومات وأن جميع هذه العناصر يجب أن تعمل بصورة مترابطة لتحقيق أفضل النتائج. وفي هذا الإطار فإن مختبر جودة المياه لا يمثل وحدة مستقلة وإنما يعد جزءا من منظومة متكاملة لإدارة المخاطر البيئية تتعاون فيها إدارات الجودة والإنتاج والصيانة والبيئة والسلامة مع المختبر لضمان سرعة اكتشاف المشكلات البيئية والتعامل معها قبل أن تؤثر في العمليات التشغيلية أو البيئة المحيطة (العزوي، 2024).

ومن المبادئ الأساسية التي تقوم عليها نظرية إدارة المخاطر مبدأ التحسين المستمر الذي يركز على المراجعة الدورية للإجراءات وتقييم الأداء وتطوير الوسائل المستخدمة في اكتشاف المخاطر والحد منها. ولذلك فإن تطوير مختبر جودة المياه بصورة مستمرة من خلال تحديث الأجهزة ورفع كفاءة العاملين

وتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المختبري يمثل تطبيقاً مباشراً لهذا المبدأ حيث يساهم في تحسين جودة نتائج التحاليل وزيادة دقتها ورفع كفاءة إدارة المخاطر البيئية داخل المنشأة (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

وتتوافق هذه النظرية كذلك مع الاتجاهات الحديثة في إدارة المختبرات البيئية التي تعتمد على تطبيق المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 والتي تؤكد أهمية بناء نظام متكامل لإدارة الجودة داخل المختبرات يضمن كفاءة الأجهزة وتأهيل العاملين ودقة طرق التحليل وتتبع النتائج والتحسين المستمر لجميع العمليات المختبرية. ويساهم تطبيق هذه المتطلبات في تعزيز موثوقية البيانات المختبرية ورفع مستوى الاعتماد عليها في تقييم المخاطر واتخاذ القرارات البيئية والإدارية داخل المؤسسات الصناعية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

كما تدعم الدراسات الحديثة هذا التوجه حيث تشير إلى أن تطوير المختبرات البيئية وربط نتائجها بأنظمة المراقبة وإدارة المخاطر يساهم في تحسين كفاءة إدارة مياه الصرف الصناعية وتقليل معدلات التلوث وتعزيز الاستدامة البيئية من خلال الاعتماد على التحليل المستمر والبيانات الدقيقة في متابعة جودة المياه وتقييم أداء محطات المعالجة واكتشاف الانحرافات قبل تحولها إلى مشكلات بيئية أو تشغيلية (Nishan et al., 2024).

وفي ضوء ما سبق فإن الدراسة الحالية تبني نظرية إدارة المخاطر بوصفها الإطار النظري الرئيس الذي يفسر العلاقة بين تفعيل دور مختبر جودة المياه وتحسين إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية حيث تنطلق من أن المختبر يمثل المصدر الرئيس للبيانات العلمية التي تعتمد عليها المؤسسة في التعرف على المخاطر البيئية وتحليلها وتقييمها ومتابعتها بصورة مستمرة بما يساهم في دعم الإدارة البيئية وتحقيق الامتثال للأنظمة ورفع كفاءة الأداء التشغيلي وتعزيز الاستدامة داخل مصانع الألبان بالملكة العربية السعودية

الفصل الثاني: الدراسات السابقة والإطار
النظري

مقدمة الفصل الثاني

يتناول هذا الفصل الإطار النظري للدراسة الذي يمثل الأساس العلمي الذي تستند إليه الدراسة في تفسير موضوعها وتحليل أبعاده وبناء تصورها العلمي والعملي. ويعد الإطار النظري من أهم فصول الدراسة العلمية لما يتضمنه من مفاهيم ونظريات ومداخل علمية تسهم في تكوين رؤية شاملة حول موضوع الدراسة وتوضح العلاقات بين متغيراتها وتساعد في تفسير النتائج التي يتم التوصل إليها في الجانب الميداني.

ويكتسب هذا الفصل أهمية خاصة نظرا لأنه يتناول موضوعا يرتبط بإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية ودور مختبر جودة المياه في الحد من هذه المخاطر داخل مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية. ويعد هذا الموضوع من الموضوعات التي حظيت باهتمام متزايد خلال السنوات الأخيرة نتيجة التطورات التي شهدتها القطاع الصناعي وازدياد الاهتمام بالمحافظة على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة وتعزيز كفاءة إدارة الموارد المائية.

كما يسعى هذا الفصل إلى تقديم عرض علمي متكامل لمفهوم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وأهميتها وأهدافها ومبادئها وأبرز الممارسات الحديثة المرتبطة بها إضافة إلى تناول مفهوم مختبر جودة المياه وأهم وظائفه وأدواره في مراقبة جودة المياه وتحليلها ودعم الإدارة البيئية داخل المؤسسات الصناعية. ويتناول كذلك الأسس العلمية التي تقوم عليها مختبرات جودة المياه والمتطلبات الفنية والإدارية اللازمة لتطوير أدائها بما ينسجم مع المعايير الوطنية والدولية.

ويتضمن هذا الفصل أيضا عرضا لأهم المفاهيم المتعلقة بمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان وخصائصها ومصادرها والمخاطر البيئية والتشغيلية المرتبطة بها إضافة إلى استعراض أهم المعايير والاشتراطات البيئية المنظمة لإدارة مياه الصرف الصناعية داخل المملكة العربية السعودية وأفضل

الممارسات العالمية في هذا المجال. كما يناقش الفصل العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة المخاطر البيئية ودور المختبر في دعم عمليات الرصد والتحليل والتنبؤ بالمخاطر وتحسين جودة القرارات الإدارية. ويختتم الفصل باستعراض العلاقة النظرية بين متغيرات الدراسة وبيان الكيفية التي يسهم من خلالها تفعيل دور مختبر جودة المياه في تعزيز إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وتحسين كفاءة الأداء البيئي داخل مصانع الألبان بما يوفر أساساً علمياً متيناً للجانب التطبيقي الذي تتناوله الدراسة في الفصول اللاحقة.

الدراسات السابقة

دراسة (قزيط، 2015)

عنوان الدراسة: تقييم بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية للمياه العادمة في مصانع الألبان.

هدفت الدراسة إلى تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمياه الصرف الناتجة عن مصانع الألبان من خلال تحليل أهم المؤشرات التي تعكس مستوى جودة المياه ومدى تأثيرها في البيئة المحيطة. كما هدفت إلى التعرف على طبيعة الملوثات الرئيسية الموجودة في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن عمليات تصنيع الألبان وقياس تراكيزها ومقارنتها بالحدود البيئية المسموح بها. وسعت الدراسة كذلك إلى تقييم كفاءة عمليات المعالجة المستخدمة في مصانع الألبان وإبراز أهمية إجراء التحاليل الدورية لمياه الصرف باعتبارها أحد أهم الوسائل التي تساعد على حماية البيئة والحد من التلوث وتحقيق الاستخدام الآمن للموارد المائية.

وتوصلت الدراسة إلى أن مياه الصرف الناتجة عن مصانع الألبان تحتوي على تراكيز مرتفعة من المواد العضوية والدهون والزيوت والمواد الصلبة العالقة إضافة إلى ارتفاع قيم الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين مقارنة بالمعدلات الطبيعية. كما أوضحت النتائج أن هذه الخصائص تجعل مياه الصرف الصناعي من أكثر أنواع المياه التي تحتاج إلى المعالجة المستمرة قبل تصريفها إلى البيئة. وبينت الدراسة أن المتابعة المخبرية المستمرة وتحليل العينات بصورة دورية يساهمان في الكشف المبكر عن أي تغيرات في خصائص المياه ويساعدان في تحسين كفاءة

محطات المعالجة وتقليل الآثار البيئية الناتجة عن مياه الصرف الصناعية. كما أكدت النتائج أن الاعتماد على البيانات المخبرية الدقيقة يمثل أحد أهم عناصر نجاح الإدارة البيئية داخل مصانع الألبان.

وأوصت الدراسة بضرورة تطوير برامج المراقبة المستمرة لمياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان والعمل على تحديث المختبرات البيئية وتزويدها بالأجهزة الحديثة التي تساعد على رفع دقة التحاليل وسرعة الحصول على النتائج. كما أوصت بتطبيق برامج دورية لتحليل الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمياه الصرف وتطوير محطات المعالجة بما يتناسب مع طبيعة الملوثات الموجودة في المياه مع ضرورة الالتزام بالمعايير البيئية المعتمدة قبل تصريف المياه أو إعادة استخدامها.

دراسة (العمري، 2025)

عنوان الدراسة: أثر تطوير استراتيجيات متقدمة لإدارة المخاطر في تحقيق الميزة التنافسية لمشاريع التكنولوجيا والابتكار دراسة حالة مركز الملك عبد الله المالي بمدينة الرياض.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطوير استراتيجيات إدارة المخاطر في تعزيز الميزة التنافسية لمشروعات التكنولوجيا والابتكار من خلال دراسة تطبيقية على مركز الملك عبد الله المالي بمدينة الرياض. كما هدفت إلى بيان أهمية تبني استراتيجيات حديثة لإدارة المخاطر تسهم في رفع كفاءة الأداء المؤسسي وتحسين القدرة على مواجهة التحديات التشغيلية والاستراتيجية. وسعت الدراسة كذلك إلى تحديد العلاقة بين التخطيط الاستباقي للمخاطر ومستوى النجاح المؤسسي ودراسة مدى مساهمة نظم إدارة المخاطر في دعم اتخاذ القرار وتحقيق الاستدامة المؤسسية.

وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة إيجابية قوية بين تطوير استراتيجيات إدارة المخاطر وتحقيق الميزة التنافسية للمؤسسات حيث أسهمت الاستراتيجيات المتقدمة في تحسين كفاءة الأداء وتقليل الآثار السلبية للمخاطر وتعزيز سرعة الاستجابة للمتغيرات الداخلية والخارجية. كما أوضحت النتائج أن المؤسسات التي تعتمد على نظم متقدمة لإدارة المخاطر تكون أكثر قدرة على تحسين جودة القرارات وتحقيق الاستدامة التشغيلية وزيادة قدرتها على الابتكار. وأكدت الدراسة أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على تكامل البيانات وتوافر المعلومات الدقيقة ووجود قيادة إدارية داعمة وثقافة تنظيمية تؤمن بأهمية الإدارة الاستباقية للمخاطر.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات حديثة لإدارة المخاطر في جميع المؤسسات الحكومية والخاصة والعمل على تطوير نظم المعلومات الداعمة لإدارة المخاطر وتعزيز ثقافة الوقاية والتخطيط الاستباقي. كما أوصت بزيادة الاستثمار في التقنيات الحديثة التي تسهم في تحليل المخاطر والتنبؤ بها وربط نتائج عمليات التقييم بعمليات التخطيط الاستراتيجي واتخاذ القرار بما يسهم في تحقيق الاستدامة والتميز المؤسسي.

دراسة (العنزي، 2020)

عنوان الدراسة: أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات دراسة تطبيقية على الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر في نجاح المشروعات داخل الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية. كما هدفت إلى تحديد مدى إسهام عمليات تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ووضع الخطط الوقائية في رفع معدلات نجاح المشروعات وتحسين جودة الأداء المؤسسي. وسعت الدراسة أيضاً إلى التعرف على دور الإدارة العليا في دعم ممارسات إدارة المخاطر وأثر ذلك في تحقيق أهداف المشروعات وتقليل احتمالات التعثر أو الفشل.

وتوصلت الدراسة إلى أن تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر بصورة منهجية يسهم في رفع معدلات نجاح المشروعات من خلال تحسين عمليات التخطيط وتقليل حالات عدم التأكد وتعزيز القدرة على مواجهة التحديات التشغيلية والمالية والفنية. كما بينت النتائج أن المؤسسات التي تطبق إدارة المخاطر بصورة متكاملة تحقق مستويات أعلى من الكفاءة التشغيلية وتتمكن من تقليل الخسائر وتحسين استغلال الموارد المتاحة. وأوضحت الدراسة أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على وجود سياسات واضحة وإجراءات تنفيذية فعالة وبيئة تنظيمية تشجع على المشاركة في تحديد المخاطر ومعالجتها بصورة مستمرة.

وأوصت الدراسة بضرورة إدراج إدارة المخاطر ضمن الممارسات الإدارية الأساسية في جميع المشروعات والعمل على إعداد خطط واضحة لتحديد المخاطر المحتملة وتحليلها بصورة دورية وتطوير قدرات العاملين في هذا المجال من خلال البرامج التدريبية المتخصصة. كما أوصت بزيادة الاهتمام باستخدام التقنيات الحديثة ونظم المعلومات في متابعة

المخاطر وقياس آثارها وربط نتائج إدارة المخاطر بعمليات التخطيط الاستراتيجي وتحسين الأداء المؤسسي وتحقيق استدامة المشروعات.

دراسة (خياط، 2019)

عنوان الدراسة: تصور مقترح لتطوير إدارة الأعمال في ضوء مدخل إدارة المخاطر بمؤسسات الأعمال الكويتية.

هدفت الدراسة إلى تقديم تصور مقترح لتطوير إدارة الأعمال في مؤسسات الأعمال الكويتية من خلال تبني مدخل إدارة المخاطر بوصفه أحد المداخل الإدارية الحديثة التي تسهم في تحسين الأداء المؤسسي وتعزيز كفاءة اتخاذ القرار وتحقيق الاستدامة التنظيمية. كما هدفت إلى التعرف على واقع تطبيق إدارة المخاطر في المؤسسات الكويتية وتحديد مدى إسهامها في تطوير العمليات الإدارية ورفع مستوى الكفاءة والفاعلية. وسعت الدراسة كذلك إلى تحديد المتطلبات التنظيمية والإدارية والفنية اللازمة لتفعيل إدارة المخاطر داخل المؤسسات وتوضيح دورها في تحسين القدرة على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بصورة استباقية بما يحقق استمرارية الأعمال ويحد من الآثار السلبية للمخاطر المختلفة.

وتوصلت الدراسة إلى أن مدخل إدارة المخاطر يمثل أحد أهم المداخل الإدارية التي تسهم في تطوير مؤسسات الأعمال وتحسين جودة الأداء المؤسسي حيث يساعد على بناء بيئة تنظيمية أكثر قدرة على مواجهة المتغيرات الداخلية والخارجية والتعامل مع مصادر الخطر بصورة منهجية ومنظمة. كما بينت النتائج أن المؤسسات التي تتبنى إدارة المخاطر ضمن استراتيجياتها الإدارية تحقق مستويات أعلى من الكفاءة والمرونة والقدرة على اتخاذ القرارات في ظل ظروف عدم التأكد. وأوضحت الدراسة أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على وجود سياسات واضحة وإجراءات تنظيمية فعالة وتكامل بين الإدارات المختلفة وتوافر معلومات دقيقة وحديثة تساعد الإدارة على تقييم المخاطر واختيار البدائل المناسبة للتعامل معها. كما أكدت النتائج أن تطوير نظم المعلومات وتطبيق التقنيات الحديثة يساهمان في تحسين عمليات إدارة المخاطر ورفع مستوى كفاءة الأداء المؤسسي.

وأوصت الدراسة بضرورة دمج إدارة المخاطر ضمن الخطط والاستراتيجيات المؤسسية وعدم قصرها على الجوانب الرقابية فقط والعمل على إنشاء وحدات متخصصة لإدارة المخاطر داخل المؤسسات وتوفير الموارد البشرية المؤهلة والتقنيات الحديثة اللازمة لدعمها. كما أوصت بتطوير نظم المعلومات الإدارية وتعزيز ثقافة إدارة المخاطر بين العاملين

وإعداد برامج تدريبية متخصصة تسهم في رفع كفاءة العاملين وتحسين قدرتهم على تحديد المخاطر وتحليلها والتعامل معها بصورة استباقية بما يحقق التميز المؤسسي والاستدامة.

دراسة (العنزي، 2024)

عنوان الدراسة: أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات دراسة تطبيقية على الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر في نجاح المشروعات داخل الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية مع التركيز على دور التخطيط الاستباقي للمخاطر في تحسين الأداء المؤسسي وتقليل احتمالات التعثر وال فشل. كما هدفت إلى قياس مدى مساهمة عمليات تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ووضع خطط الاستجابة المناسبة في تعزيز نجاح المشروعات وتحقيق أهدافها ضمن الإطار الزمني والمالي المحدد. وسعت الدراسة كذلك إلى التعرف على أثر دعم الإدارة العليا وثقافة إدارة المخاطر في رفع كفاءة تنفيذ المشروعات وتحسين القدرة على التعامل مع المتغيرات والمخاطر المحتملة.

وتوصلت الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لتطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات حيث تبين أن المؤسسات التي تعتمد منهجية واضحة لإدارة المخاطر تحقق مستويات أعلى من جودة الأداء وتتمكن من تقليل الخسائر وتحسين استغلال الموارد ورفع كفاءة تنفيذ المشروعات. كما أظهرت النتائج أن التخطيط المبكر للمخاطر وتحليلها بصورة مستمرة يسهم في تحسين جودة القرارات وتقليل حالات التأخير والتعثر وزيادة القدرة على تحقيق أهداف المشروعات بكفاءة. وأكدت الدراسة أن نجاح إدارة المخاطر يرتبط بتوافر نظم معلومات دقيقة وتعاون فعال بين الإدارات المختلفة إضافة إلى وجود قيادة إدارية داعمة تتبنى ثقافة الوقاية والتحسين المستمر.

وأوصت الدراسة بضرورة إدراج إدارة المخاطر ضمن الممارسات الأساسية لإدارة المشروعات داخل الشركات الخاصة والعمل على إعداد خطط متكاملة لتحديد المخاطر وتقييمها بصورة مستمرة مع تطوير نظم المعلومات الداعمة لاتخاذ القرار. كما أوصت بزيادة الاهتمام بتدريب العاملين على أساليب إدارة المخاطر الحديثة وتعزيز ثقافة العمل الوقائي

والاستفادة من التقنيات الرقمية في متابعة المخاطر وتحليلها بما يسهم في رفع معدلات نجاح المشروعات وتحقيق الاستفادة المؤسسية.

دراسة (خبراني، 2024)

عنوان الدراسة: الاستراتيجيات الفعالة لإدارة المخاطر والتخفيف منها في مجال أمن الشركات في المملكة العربية السعودية.

هدفت الدراسة إلى التعرف على الاستراتيجيات الفعالة لإدارة المخاطر في مجال أمن الشركات بالمملكة العربية السعودية وبيان دورها في حماية المؤسسات من التهديدات الأمنية والتشغيلية وتعزيز استمرارية الأعمال. كما هدفت إلى تحديد أفضل الممارسات الإدارية والتنظيمية التي تسهم في الحد من المخاطر وتحسين كفاءة أنظمة الحماية والأمن المؤسسي. وسعت الدراسة أيضا إلى تحليل العلاقة بين تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر ومستوى كفاءة الأداء الأمني وقدرة المؤسسات على الاستجابة للآزمات والطوارئ وتقليل أثارها المحتملة.

وتوصلت الدراسة إلى أن تطبيق استراتيجيات متقدمة لإدارة المخاطر يسهم بصورة كبيرة في تعزيز أمن الشركات وتحسين قدرتها على مواجهة التحديات والتهديدات المختلفة. كما بينت النتائج أن المؤسسات التي تعتمد على التخطيط الاستباقي للمخاطر ونظم المراقبة المستمرة وتحليل البيانات تحقق مستويات أعلى من الجاهزية والاستجابة السريعة للأحداث الطارئة. وأوضحت الدراسة أن التكامل بين إدارة المخاطر والتقنيات الحديثة ونظم المعلومات يعزز من كفاءة العمليات الأمنية ويزيد من قدرة المؤسسات على حماية أصولها ومواردها البشرية والمادية. كما أكدت النتائج أن نجاح إدارة المخاطر يتطلب وجود قيادة إدارية داعمة وثقافة تنظيمية تؤمن بأهمية الوقاية والتحسين المستمر والتدريب المستمر للعاملين.

وأوصت الدراسة بضرورة تطوير استراتيجيات إدارة المخاطر داخل الشركات السعودية بما يتوافق مع أفضل الممارسات الدولية والعمل على تعزيز نظم المراقبة والتحليل والاستجابة المبكرة للمخاطر. كما أوصت بالاستثمار في التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات لدعم عمليات التنبؤ بالمخاطر وتحسين جودة القرارات الأمنية إضافة إلى

تكثيف برامج التدريب والتأهيل للعاملين ونشر ثقافة إدارة المخاطر داخل المؤسسات بما يسهم في تحقيق الأمن المؤسسي واستمرارية الأعمال وتعزيز القدرة التنافسية.

دراسة (قابلاوي، 2025)

عنوان الدراسة: دور القيادة في إدارة المخاطر لضمان نجاح المشاريع دراسة تطبيقية على شركة أرامكو السعودية.

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور القيادة في تعزيز ممارسات إدارة المخاطر وضمان نجاح المشاريع من خلال دراسة تطبيقية على شركة أرامكو السعودية. كما هدفت إلى بيان مدى إسهام القيادة الفاعلة في بناء بيئة تنظيمية قادرة على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بصورة استباقية بما يضمن استمرارية تنفيذ المشاريع وتحقيق أهدافها بكفاءة. وسعت الدراسة كذلك إلى تحليل العلاقة بين أنماط القيادة الحديثة ومستوى تطبيق إدارة المخاطر ودورها في دعم عمليات اتخاذ القرار وتحسين الأداء المؤسسي وتقليل احتمالات تعثر المشاريع. كما هدفت إلى تحديد أهم الممارسات القيادية التي تسهم في تعزيز ثقافة إدارة المخاطر داخل المؤسسات الكبرى ورفع مستوى جاهزيتها لمواجهة التحديات التشغيلية والاستراتيجية.

وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة إيجابية قوية بين فاعلية القيادة ومستوى نجاح إدارة المخاطر داخل المشاريع حيث تبين أن القيادة التي تتبنى التخطيط الاستراتيجي وتشجع على تبادل المعلومات واتخاذ القرارات المبنية على البيانات تكون أكثر قدرة على الحد من المخاطر وتحقيق نجاح المشاريع. كما أظهرت النتائج أن دعم الإدارة العليا لممارسات إدارة المخاطر يسهم في تحسين جودة التخطيط ورفع مستوى التنسيق بين الإدارات المختلفة وزيادة سرعة الاستجابة للمخاطر المحتملة. وأوضحت الدراسة أن المؤسسات التي تمتلك قيادات تؤمن بأهمية الوقاية وإدارة المخاطر تحقق مستويات أعلى من الكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية مقارنة بالمؤسسات التي تركز على معالجة المشكلات بعد وقوعها. كما أكدت النتائج أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على تكامل القيادة مع نظم المعلومات والرقابة الداخلية والموارد البشرية والتقنيات الحديثة بما يضمن سرعة اكتشاف المخاطر واتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من أثارها.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز دور القيادة في دعم أنظمة إدارة المخاطر داخل المؤسسات والعمل على دمج إدارة المخاطر في جميع مراحل التخطيط والتنفيذ والمتابعة الخاصة بالمشاريع. كما أوصت بتطوير برامج تدريبية متخصصة للقيادات الإدارية في مجال إدارة المخاطر واتخاذ القرار وتعزيز ثقافة الوقاية داخل بيئة العمل إضافة إلى الاستثمار في

نظم المعلومات والتقنيات الحديثة التي تساعد القيادات على متابعة مؤشرات المخاطر بصورة مستمرة وتحسين جودة القرارات وتحقيق استدامة المشاريع.

دراسة (Basem, 2024)

عنوان الدراسة: الجدوى الفنية والاقتصادية لاستعادة المواد الكيميائية وإنتاج الطاقة والمياه من محطة معالجة مياه الصرف الخاصة بصناعة الألبان.

هدفت الدراسة إلى تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية لتطوير محطة معالجة مياه الصرف في مصانع الألبان من خلال تطبيق نظام متكامل يهدف إلى استعادة المواد الكيميائية وإنتاج الطاقة وإعادة استخدام المياه بما يعزز الاستدامة البيئية ويرفع الكفاءة الاقتصادية لمحطات المعالجة. كما هدفت إلى دراسة إمكانية تحويل مياه الصرف الصناعية من مصدر للتلوث إلى مورد اقتصادي يمكن الاستفادة منه في إنتاج المياه والطاقة واسترجاع المواد ذات القيمة الاقتصادية. وسعت الدراسة كذلك إلى تقييم كفاءة التقنيات الحديثة المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصناعي وتحليل تأثيرها في تقليل استهلاك الطاقة وخفض تكاليف التشغيل وتقليل الانبعاثات البيئية المرتبطة بعمليات المعالجة التقليدية.

وتوصلت الدراسة إلى أن تطبيق الأنظمة المتكاملة لمعالجة مياه الصرف في مصانع الألبان يحقق فوائد بيئية واقتصادية كبيرة حيث يساهم في تحسين جودة المياه المعالجة وتقليل الأحمال العضوية واستعادة نسبة مهمة من المواد الكيميائية القابلة لإعادة الاستخدام إضافة إلى إنتاج الطاقة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية. كما بينت النتائج أن استخدام التقنيات الحديثة أدى إلى رفع كفاءة المعالجة وتقليل تكاليف التشغيل على المدى الطويل وتحسين كفاءة استهلاك الموارد المائية والطاقة داخل المصنع. وأوضحت الدراسة أن نجاح هذه الأنظمة يعتمد على المتابعة المستمرة لمؤشرات جودة المياه وإجراء التحاليل المخبرية بصورة دورية لضمان استقرار أداء محطات المعالجة وتحقيق أعلى مستويات الكفاءة التشغيلية والبيئية.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني التقنيات الحديثة في معالجة مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان والعمل على تطوير البنية التحتية لمحطات المعالجة بما يدعم إعادة استخدام المياه واستعادة الموارد وتقليل الأثر البيئي. كما أوصت

بزيادة الاستثمار في المختبرات المتخصصة ونظم المراقبة المستمرة وتحليل جودة المياه وربط نتائج التحاليل بعمليات تشغيل محطات المعالجة واتخاذ القرار بما يسهم في تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية داخل القطاع الصناعي.

دراسة (Krishna, 2025)

عنوان الدراسة: تقييم جودة مياه الصرف باستخدام مؤشر جودة المياه من خلال نظام الأراضي الرطبة الصناعية الهجين لمعالجة مياه الصرف الخاصة بصناعة الألبان والمياه البلدية.

هدفت الدراسة إلى تقييم كفاءة نظام الأراضي الرطبة الصناعية الهجين في معالجة مياه الصرف الناتجة عن مصانع الألبان والمياه البلدية باستخدام مؤشر جودة المياه بوصفه أداة علمية لقياس مستوى التحسن في خصائص المياه بعد المعالجة. كما هدفت إلى تحليل قدرة النظام المقترح على إزالة الملوثات العضوية والكيميائية وتحسين الخصائص الفيزيائية للمياه بما يجعلها صالحة لإعادة الاستخدام أو التصريف وفقاً للمعايير البيئية. وسعت الدراسة كذلك إلى مقارنة جودة المياه قبل المعالجة وبعدها وقياس مدى كفاءة النظام في تحسين المؤشرات البيئية المختلفة ودراسة إمكانية تطبيقه على نطاق صناعي واسع.

وتوصلت الدراسة إلى أن نظام الأراضي الرطبة الصناعية الهجين حقق كفاءة مرتفعة في تحسين جودة مياه الصرف وتقليل تركيز الملوثات المختلفة حيث أظهرت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في قيم الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين والمواد الصلبة العالقة إضافة إلى تحسن واضح في مؤشر جودة المياه بعد المعالجة. كما بينت النتائج أن استخدام مؤشر جودة المياه يوفر أداة دقيقة لتقييم أداء محطات المعالجة ومتابعة كفاءتها بصورة مستمرة ويساعد متخذي القرار على تحديد جوانب القصور واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة. وأكدت الدراسة أن نجاح نظم المعالجة الحديثة يعتمد بصورة كبيرة على وجود برامج للرصد المستمر وتحليل المياه باستخدام مختبرات ذات كفاءة عالية قادرة على توفير بيانات دقيقة وموثوقة لدعم عمليات التشغيل وإدارة المخاطر البيئية.

وأوصت الدراسة بضرورة التوسع في استخدام نظم المعالجة المستدامة داخل مصانع الألبان والعمل على تطبيق برامج دورية لتقييم جودة المياه باستخدام مؤشرات علمية معتمدة بما يسهم في تحسين كفاءة محطات المعالجة وضمان الالتزام بالمعايير البيئية. كما أوصت بتعزيز دور مختبرات جودة المياه في تنفيذ برامج الرصد والتحليل المستمر وتطوير

نظم مراقبة جودة المياه وربط نتائج التحاليل بعمليات إدارة المخاطر البيئية واتخاذ القرارات التشغيلية بما يحقق الاستخدام المستدام للموارد المائية ويحسن الأداء البيئي للمؤسسات الصناعية.

دراسة (Namal, 2024)

عنوان الدراسة: توصيف وتقييم قابلية المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف الناتجة عن صناعة الألبان.

هدفت الدراسة إلى توصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الناتجة عن صناعة الألبان وتقييم مدى قابليتها للمعالجة باستخدام التقنيات اللاهوائية باعتبارها من أكثر التقنيات كفاءة في معالجة المياه ذات الأحمال العضوية المرتفعة. كما هدفت إلى تحليل خصائص مياه الصرف وتحديد أهم المؤشرات المؤثرة في كفاءة عمليات المعالجة مثل الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين والمواد الصلبة العالقة والدهون والزيوت إضافة إلى تقييم قدرة نظم المعالجة اللاهوائية على تقليل الأحمال الملوثة وتحسين جودة المياه قبل إعادة استخدامها أو تصريفها. وسعت الدراسة كذلك إلى تحديد المتطلبات التشغيلية التي تضمن استقرار أداء وحدات المعالجة وتحقيق أعلى مستويات الكفاءة البيئية والاقتصادية.

وتوصلت الدراسة إلى أن مياه الصرف الناتجة عن مصانع الألبان تتميز بارتفاع تركيز المواد العضوية والدهون والبروتينات وهو ما يجعلها مناسبة لتطبيق تقنيات المعالجة اللاهوائية التي أثبتت قدرة عالية على إزالة نسبة كبيرة من الملوثات العضوية وتقليل قيم الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين بصورة ملحوظة. كما أوضحت النتائج أن نجاح عمليات المعالجة يعتمد على المراقبة المستمرة لمؤشرات جودة المياه وإجراء التحاليل المخبرية بصورة دورية لمتابعة التغيرات التي تطرأ على خصائص المياه وضبط الظروف التشغيلية للوحدات المختلفة. وبينت الدراسة أن البيانات المخبرية الدقيقة تسهم في تحسين كفاءة تشغيل محطات المعالجة وتقليل احتمالات حدوث أعطال أو انخفاض في كفاءة الأداء. كما أكدت النتائج أن المتابعة المستمرة للمؤشرات الكيميائية والفيزيائية تساعد على رفع كفاءة إدارة المخاطر البيئية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية وتحسين استدامة عمليات المعالجة.

وأوصت الدراسة بضرورة تطبيق برامج رصد وتحليل مستمرة لمياه الصرف داخل مصانع الألبان والعمل على تطوير المختبرات البيئية وتزويدها بالأجهزة الحديثة القادرة على توفير بيانات دقيقة وفي الوقت المناسب. كما أوصت بالاعتماد

على نتائج التحاليل المختبرية في تحسين تشغيل محطات المعالجة وتطوير برامج الصيانة الوقائية ومتابعة الأداء البيئي بصورة مستمرة بما يحقق الاستخدام الأمثل للموارد المائية ويحد من الآثار البيئية الناتجة عن مياه الصرف الصناعية.

دراسة (Carnevale Miino, 2026)

عنوان الدراسة: تكامل أسلوب تحليل أنماط الإخفاق وآثاره مع المراقبة الميدانية لمحطات المعالجة في إدارة مياه الصرف الخاصة بصناعة الألبان دراسة حالة.

هدفت الدراسة إلى تطوير نموذج متكامل لإدارة مخاطر مياه الصرف في مصانع الألبان من خلال دمج أسلوب تحليل أنماط الإخفاق وآثاره مع أنظمة المراقبة الميدانية لمحطات المعالجة بهدف تحسين القدرة على اكتشاف المشكلات التشغيلية والتنبؤ بالمخاطر البيئية قبل حدوثها. كما هدفت إلى تقييم فاعلية استخدام أدوات إدارة المخاطر الهندسية في رفع كفاءة تشغيل محطات معالجة مياه الصرف وتقليل احتمالات تعطل الأنظمة وتحسين جودة المياه المعالجة. وسعت الدراسة كذلك إلى بيان أهمية التكامل بين البيانات المخبرية والمراقبة التشغيلية في دعم القرارات الفنية والإدارية وتحقيق مستويات أعلى من الاستدامة البيئية.

وتوصلت الدراسة إلى أن دمج تحليل أنماط الإخفاق وآثاره مع برامج المراقبة المستمرة لمحطات المعالجة يسهم بصورة كبيرة في تحسين إدارة المخاطر البيئية ورفع كفاءة تشغيل أنظمة معالجة مياه الصرف في مصانع الألبان. كما أظهرت النتائج أن استخدام مؤشرات الأداء والبيانات المخبرية بصورة متكاملة يساعد على اكتشاف نقاط الضعف المحتملة قبل تحولها إلى مشكلات تشغيلية أو بيئية ويزيد من قدرة الإدارة على اتخاذ إجراءات وقائية فعالة. وبينت الدراسة أن المتابعة المستمرة للبيانات الناتجة عن مختبرات جودة المياه تعد أحد أهم العناصر التي تدعم نجاح نظم إدارة المخاطر لأنها توفر معلومات دقيقة عن أداء محطات المعالجة ومستوى جودة المياه في جميع مراحل التشغيل. كما أكدت النتائج أن التكامل بين المختبر ونظم المراقبة الرقمية يسهم في تقليل تكاليف التشغيل وتحسين كفاءة استخدام الموارد وزيادة موثوقية عمليات المعالجة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني نماذج متقدمة لإدارة المخاطر تعتمد على التكامل بين التحاليل المخبرية وتقنيات المراقبة الذكية والعمل على تطوير أنظمة الإنذار المبكر داخل محطات معالجة مياه الصرف. كما أوصت بتحديث مختبرات

جودة المياه بصورة مستمرة وربط نتائجها بأنظمة دعم القرار وإجراء تقييمات دورية للمخاطر التشغيلية بما يسهم في تعزيز الاستدامة البيئية وتحسين كفاءة إدارة مياه الصرف الصناعية.

دراسة (Cvetković, 2025)

عنوان الدراسة: معالجة التحديات المرتبطة بمياه الصرف في صناعة الألبان دراسة حالة متخصصة.

هدفت الدراسة إلى تحليل أبرز التحديات التي تواجه إدارة ومعالجة مياه الصرف في صناعة الألبان مع التركيز على الجوانب البيئية والتقنية والتشغيلية التي تؤثر في كفاءة عمليات المعالجة واستدامتها. كما هدفت إلى تقييم خصائص مياه الصرف الناتجة عن صناعة الألبان ودراسة العوامل المؤثرة في أداء محطات المعالجة وتحليل أفضل الممارسات التي يمكن تطبيقها لتحسين جودة المياه وتقليل التأثيرات البيئية الناجمة عن الأنشطة الصناعية. وسعت الدراسة كذلك إلى تقديم حلول عملية تساعد المؤسسات الصناعية على تحسين كفاءة إدارة مياه الصرف وتعزيز استخدام التقنيات الحديثة في عمليات المراقبة والتحليل.

وتوصلت الدراسة إلى أن صناعة الألبان تواجه تحديات متزايدة في إدارة مياه الصرف نتيجة ارتفاع الأحمال العضوية وتغير خصائص المياه باختلاف مراحل الإنتاج وهو ما يتطلب وجود أنظمة معالجة مرنة تعتمد على المراقبة المستمرة والتحليل الدوري لمؤشرات جودة المياه. كما أوضحت النتائج أن نجاح عمليات المعالجة يعتمد بصورة كبيرة على دقة البيانات المخبرية وجودة عمليات أخذ العينات وتحليلها إضافة إلى كفاءة تشغيل محطات المعالجة وتطبيق برامج الصيانة والمتابعة المستمرة. وبينت الدراسة أن تطوير مختبرات جودة المياه يسهم بصورة مباشرة في تحسين كفاءة إدارة مياه الصرف من خلال توفير معلومات دقيقة تساعد على اكتشاف المشكلات التشغيلية مبكراً وتقييم أداء وحدات المعالجة واتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب. كما أكدت النتائج أن دمج التقنيات الحديثة مع أنظمة المراقبة والتحليل المخبري يرفع من كفاءة الإدارة البيئية ويعزز قدرة المؤسسات الصناعية على تحقيق الامتثال البيئي والاستخدام المستدام للموارد المائية.

وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في تطوير محطات معالجة مياه الصرف ومختبرات جودة المياه داخل مصانع الألبان والعمل على تطبيق برامج متقدمة للرصد والتحليل المستمر لجميع مؤشرات جودة المياه. كما أوصت بتطوير الكفاءات

الفنية للعاملين وتحديث الأجهزة والمعدات المختبرية وتعزيز استخدام التقنيات الرقمية في متابعة الأداء البيئي وربط نتائج التحاليل بعمليات إدارة المخاطر واتخاذ القرار بما يسهم في رفع كفاءة الأداء البيئي وتحقيق الاستدامة في صناعة الألبان.

التعليق على الدراسات السابقة

يتضح من خلال استعراض الدراسات السابقة أن موضوع إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية ودور المختبرات البيئية في الحد من المخاطر البيئية يمثل أحد الموضوعات التي حظيت باهتمام متزايد خلال السنوات الأخيرة نتيجة التوسع الصناعي وازدياد الاهتمام بالمحافظة على البيئة وتحقيق الاستدامة ورفع كفاءة إدارة الموارد المائية. وقد تناولت الدراسات السابقة الموضوع من زوايا متعددة حيث ركزت مجموعة من الدراسات على استراتيجيات إدارة المخاطر وتطوير الأداء المؤسسي بينما اهتمت مجموعة أخرى بتقييم جودة مياه الصرف الصناعية وتحسين كفاءة محطات المعالجة في حين ركزت دراسات أخرى على دور التقنيات الحديثة والمراقبة المستمرة في دعم الإدارة البيئية وتحسين عمليات اتخاذ القرار.

فقد أوضحت دراسة (العنزي، 2015) أن إدارة المخاطر تعد أحد المداخل الإدارية الحديثة التي تساعد المؤسسات على تحديد مصادر المخاطر وتحليلها ووضع الإجراءات المناسبة للتعامل معها بما يسهم في تقليل الخسائر وتحسين جودة الأداء المؤسسي. كما أكدت الدراسة أن نجاح إدارة المخاطر يعتمد على توافر البيانات الدقيقة والتكامل بين الإدارات المختلفة.

وفي السياق نفسه بينت دراسة (خياط، 2019) أن تطوير إدارة الأعمال في المؤسسات الحديثة يرتبط بدمج إدارة المخاطر في العمليات الإدارية والاستراتيجية وعدم الاكتفاء على معالجة المشكلات بعد وقوعها. كما أكدت الدراسة أن الإدارة الاستباقية للمخاطر تؤدي إلى تحسين جودة القرارات وتحقيق استمرارية الأعمال وتعزيز الاستدامة المؤسسية.

كما توصلت دراسة (العنزي، 2024) إلى أن تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر يسهم بصورة مباشرة في نجاح المشروعات من خلال تحسين عمليات التخطيط وتقليل حالات عدم التأكد ورفع كفاءة استخدام الموارد وتحسين القدرة على مواجهة التحديات التشغيلية.

وأظهرت دراسة (العمري، 2025) أن تطوير استراتيجيات إدارة المخاطر يعد من أهم العوامل المؤثرة في تحقيق الميزة التنافسية للمؤسسات حيث يسهم في تعزيز الابتكار وتحسين جودة الأداء وزيادة قدرة المؤسسات على التعامل مع المتغيرات وتحقيق الاستدامة.

كما أوضحت دراسة (خبراني، 2024) أن المؤسسات التي تتبنى استراتيجيات متقدمة لإدارة المخاطر تكون أكثر قدرة على مواجهة الأزمات والحد من أثارها وذلك من خلال التخطيط المسبق والمراقبة المستمرة واستخدام التقنيات الحديثة في تحليل المخاطر والتنبؤ بها.

وبينت دراسة (قابلاوي، 2025) أن القيادة تمثل أحد أهم العوامل المؤثرة في نجاح إدارة المخاطر حيث تؤدي دورا محوريا في نشر ثقافة إدارة المخاطر وتوفير الموارد اللازمة وتنسيق الجهود بين الإدارات المختلفة بما يحقق نجاح المشروعات واستمرارية الأعمال.

أما الدراسات التي تناولت مياه الصرف الصناعية فقد أوضحت دراسة (قزيط، 2015) أن مياه الصرف الناتجة عن مصانع الألبان تحتوي على نسب مرتفعة من المواد العضوية والدهون والمواد الصلبة العالقة الأمر الذي يجعلها بحاجة إلى برامج مستمرة للرصد والتحليل المختبري لضمان كفاءة عمليات المعالجة والحد من الآثار البيئية.

كما أكدت دراسة (Namal, 2024) أن نجاح أنظمة المعالجة اللاهوائية يعتمد بصورة أساسية على دقة التحاليل المخبرية والمتابعة المستمرة لمؤشرات جودة المياه وأن المختبر يمثل المصدر الرئيس للبيانات التي يعتمد عليها في تحسين كفاءة التشغيل وتقليل المخاطر البيئية.

وأوضحت دراسة (Basem et al., 2024) أن استخدام التقنيات الحديثة في معالجة مياه الصرف الصناعية يسهم في تحسين جودة المياه واستعادة الموارد وتقليل تكاليف التشغيل مع التأكيد على أهمية المراقبة المختبرية المستمرة لضمان كفاءة التشغيل.

كما توصلت دراسة (Krishna & Rakesh, 2025) إلى أن استخدام مؤشر جودة المياه يعد من أكثر الأساليب دقة في تقييم أداء محطات المعالجة وأن نجاح هذا المؤشر يعتمد على وجود مختبرات قادرة على توفير بيانات دقيقة بصورة مستمرة.

وبينت دراسة (Carnevale Miino et al., 2026) أن دمج تحليل أنماط الإخفاق مع المراقبة المستمرة لمحطات المعالجة والبيانات المختبرية يؤدي إلى بناء نظام متكامل لإدارة المخاطر البيئية ويزيد من قدرة المؤسسات على اكتشاف المشكلات قبل حدوثها.

كما أكدت دراسة (Cvetković et al., 2025) أن تطوير مختبرات جودة المياه وتحديث أنظمة المراقبة يمثلان أحد أهم العوامل التي تسهم في تحسين إدارة مياه الصرف الصناعية ورفع كفاءة الأداء البيئي داخل مصانع الألبان.

ومن خلال تحليل الدراسات السابقة يتبين أن معظمها ركز على أحد الجوانب المرتبطة بإدارة المخاطر أو معالجة مياه الصرف الصناعية بصورة منفصلة بينما لم تتناول بصورة مباشرة دور مختبر جودة المياه باعتباره أداة استراتيجية لإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى معالجته.

أوجه التشابه

تشابه الدراسة الحالية مع دراسة (العنزي، 2015) ودراسة (خياط، 2019) ودراسة (العنزي، 2024) ودراسة (العمرى، 2025) ودراسة (خبراني، 2024) في تناول مفهوم إدارة المخاطر وأهميتها في تحسين

الأداء المؤسسي وتعزيز استمرارية الأعمال والاعتماد على المنهج العلمي في تحديد المخاطر وتحليلها ووضع الإجراءات المناسبة للتعامل معها.

كما تتفق الدراسة الحالية مع دراسة (قابلاوي، 2025) في التأكيد على أهمية الدور الإداري والقيادي في دعم إدارة المخاطر وتعزيز ثقافة الوقاية داخل المؤسسات.

وتتشابه كذلك مع دراسة (قزيط، 2015) ودراسة (Namal, 2024) ودراسة (Basem et al., 2024) ودراسة (Krishna & Rakesh, 2025) ودراسة (Carnevale Miino et al., 2026) ودراسة (Cvetković et al., 2025) في اهتمامها بجودة مياه الصرف الصناعية وأهمية التحاليل المخبرية والمراقبة المستمرة في تحسين كفاءة المعالجة والحد من المخاطر البيئية.

كما تتفق الدراسة الحالية مع معظم الدراسات السابقة في اعتمادها على المنهج الوصفي التحليلي وفي اهتمامها بالربط بين الجوانب الإدارية والفنية لتحقيق أفضل الممارسات في إدارة المخاطر.

أوجه الاختلاف

تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في أن أغلب الدراسات ركزت على إدارة المخاطر بصورة عامة أو على معالجة مياه الصرف الصناعية من الجانب الهندسي أو البيئي دون تناول الدور الاستراتيجي لمختبر جودة المياه في إدارة المخاطر.

كما أن الدراسات الخاصة بمعالجة مياه الصرف مثل دراسة (قزيط، 2015) ودراسة (Namal, 2024) ودراسة (Basem et al., 2024) ودراسة (Krishna & Rakesh, 2025) ركزت على تقنيات المعالجة وخصائص المياه وتقييم جودة المعالجة بينما لم تتناول بصورة تفصيلية دور المختبر في دعم الإدارة البيئية واتخاذ القرار.

وتختلف الدراسة الحالية كذلك عن دراسة (Carnevale Miino et al., 2026) التي ركزت على دمج تحليل أنماط الإخفاق مع مراقبة محطات المعالجة بينما توسعت الدراسة الحالية في دراسة المختبر بوصفه وحدة استراتيجية تسهم في إدارة المخاطر البيئية ودعم اتخاذ القرار.

كما تختلف الدراسة الحالية عن جميع الدراسات السابقة في أنها أجريت على مصنع ألبان في المملكة العربية السعودية مع مراعاة الأنظمة البيئية السعودية ومتطلبات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

ما يميز الدراسة الحالية

تتميز الدراسة الحالية بأنها من الدراسات القليلة التي تناولت دور مختبر جودة المياه بوصفه متغيراً رئيساً في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع ألبان.

كما تتميز بتقديم تصور مقترح متكامل لتفعيل دور مختبر جودة المياه من الجوانب الإدارية والفنية والتنظيمية والتقنية بما يسهم في تطوير أداء المختبر وتحويله من جهة تنفيذية لإجراء التحاليل إلى وحدة استراتيجية داعمة لإدارة المخاطر واتخاذ القرار.

وتتميز الدراسة أيضاً بدمجها بين مفاهيم إدارة المخاطر والإدارة البيئية ومختبرات جودة المياه وإدارة مياه الصرف الصناعية في إطار علمي واحد بما يسهم في تقديم معالجة أكثر شمولية للموضوع.

كما تنفرد الدراسة بتطبيقها على أحد مصانع ألبان في المملكة العربية السعودية الأمر الذي يجعل نتائجها أكثر ارتباطاً بالواقع الصناعي السعودي وأكثر ملاءمة للأنظمة البيئية الوطنية والمستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

وأخيراً تتميز الدراسة بتقديم مجموعة من التوصيات التطبيقية التي يمكن أن تستفيد منها مصانع ألبان والجهات التنظيمية والمختبرات البيئية في تطوير برامج الرصد والتحليل وإدارة المخاطر وتحسين الأداء البيئي وتعزيز الاستخدام المستدام للموارد المائية.

الإطار النظري

ماهية إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

تعد إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية أحد المفاهيم الحديثة التي برزت نتيجة التوسع في الأنشطة الصناعية وازدياد الاهتمام بحماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة والمحافظة على الموارد المائية. ويقصد بها مجموعة السياسات والإجراءات والعمليات المنظمة التي تهدف إلى تحديد المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية وتحليلها وتقييمها ووضع التدابير المناسبة لمنع حدوثها أو الحد من آثارها السلبية على البيئة والصحة العامة والعمليات التشغيلية داخل المنشآت الصناعية. كما تتضمن الإدارة الفعالة للمخاطر عمليات الرصد المستمر والتحليل المختبري والمتابعة الدورية لضمان اكتشاف أي انحرافات في جودة المياه قبل أن تتحول إلى مشكلات بيئية أو تشغيلية تؤثر في كفاءة المؤسسة واستدامتها. (Carnevale Miino et al. 2026)

وترتكز إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية على منهج استباقي يعتمد على التنبؤ بالمخاطر بدلا من الاكتفاء بمعالجة آثارها بعد وقوعها حيث تبدأ العملية بتحديد مصادر المخاطر المحتملة داخل مراحل الإنتاج المختلفة ثم تقييم احتمالية حدوثها وحجم تأثيرها على البيئة والمنشأة ثم اختيار الوسائل المناسبة للسيطرة عليها ومتابعة نتائج تطبيقها بصورة مستمرة. ويؤدي هذا الأسلوب إلى تقليل احتمالات حدوث التلوث البيئي وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية وتعزيز الالتزام بالمعايير البيئية المحلية والدولية. (Namal & Altaş 2024)

وتشمل مخاطر مياه الصرف الصناعية العديد من الجوانب مثل ارتفاع تركيز المواد العضوية والدهون والزيوت والمواد الصلبة العالقة والعناصر الكيميائية المختلفة إضافة إلى المخاطر الناتجة عن تعطل محطات المعالجة أو ضعف كفاءة المختبرات أو عدم دقة نتائج التحاليل أو التأخر في اكتشاف التغيرات التي تطرأ على خصائص المياه. ولذلك فإن إدارة هذه المخاطر لا تقتصر على تشغيل محطات المعالجة

وإنما تشمل أيضا بناء نظام متكامل للرصد والتحليل والرقابة واتخاذ القرار يعتمد على البيانات العلمية الدقيقة. (Basem et al. 2024)

وفي مصانع الألبان تزداد أهمية إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية بسبب الطبيعة الخاصة للمياه الناتجة عن عمليات الإنتاج والتي تتميز بارتفاع نسب البروتينات والدهون وسكر اللاكتوز والمواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي وهو ما يؤدي إلى ارتفاع الطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين بصورة كبيرة مقارنة بالعديد من الصناعات الأخرى. ولذلك فإن أي قصور في عمليات المتابعة أو التحليل قد يؤدي إلى آثار بيئية واقتصادية وتشغيلية كبيرة وهو ما يستوجب وجود منظومة متكاملة لإدارة المخاطر تعتمد على الرصد المستمر والقياس الدقيق لمؤشرات جودة المياه (Cvetković et al. 2025).

كما ترتبط إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية ارتباطا مباشرا بإدارة الجودة والإدارة البيئية داخل المؤسسة حيث تعتمد على تطبيق معايير واضحة لمراقبة جودة المياه وتحليل نتائج القياسات المخبرية بصورة مستمرة وربطها بعمليات اتخاذ القرار. ويساعد هذا التكامل في تحسين كفاءة محطات المعالجة وتقليل احتمالات المخالفات البيئية وتحقيق الاستخدام المستدام للمياه بما يدعم أهداف التنمية المستدامة ويعزز القدرة التنافسية للمؤسسات الصناعية. (Krishna & Rakesh 2025)

أهمية إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في المنشآت الصناعية

تمثل إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق الاستدامة البيئية داخل المنشآت الصناعية نظرا لما تؤديه من دور في حماية الموارد الطبيعية وتقليل التأثيرات السلبية للأنشطة الصناعية على البيئة. فالإدارة الفعالة للمخاطر تساعد المؤسسات على التعرف المبكر على مصادر

التلوث واتخاذ الإجراءات المناسبة قبل تفاقمها الأمر الذي يسهم في تقليل الأضرار البيئية وتحسين كفاءة الأداء التشغيلي للمؤسسة. (Carnevale Miino et al. 2026)

وتسهم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في رفع كفاءة تشغيل محطات المعالجة من خلال الاعتماد على برامج المراقبة المستمرة وتحليل مؤشرات جودة المياه بصورة دورية مما يساعد على اكتشاف الانحرافات التشغيلية مبكرا وإجراء المعالجات التصحيحية في الوقت المناسب. كما يؤدي ذلك إلى تحسين جودة المياه المعالجة وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة وإطالة العمر التشغيلي للمعدات والمنشآت. (Basem et al. 2024)

وتبرز أهمية إدارة المخاطر أيضا في دعم عملية اتخاذ القرار داخل المؤسسات الصناعية حيث توفر البيانات الدقيقة الناتجة عن عمليات التحليل المخبري والمراقبة المستمرة معلومات تساعد الإدارة على تقييم مستوى المخاطر البيئية واتخاذ الإجراءات المناسبة في الوقت المناسب. كما تمكن الإدارة من وضع الخطط الوقائية وتحسين توزيع الموارد وتطوير برامج الصيانة الوقائية بما يقلل من احتمالات تعطل العمليات التشغيلية. (Namal & Altaş 2024)

ومن الجوانب المهمة لإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية مساهمتها في تحقيق الامتثال للأنظمة والتشريعات البيئية حيث تساعد المنشآت الصناعية على الالتزام بالحدود النظامية الخاصة بتصريف المياه الصناعية وتجنب المخالفات والعقوبات البيئية. كما تعزز ثقة الجهات الرقابية والمجتمع في التزام المؤسسة بمسؤولياتها البيئية والاجتماعية وتدعم سمعتها المؤسسية على المدى الطويل (العنزي، 2024).

كما تؤدي إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية دورا مهما في تعزيز الاقتصاد الدائري من خلال دعم إعادة استخدام المياه واسترجاع بعض الموارد القابلة للاستفادة وتقليل استهلاك المياه والطاقة والمواد الكيميائية وهو ما يسهم في تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية في آن واحد ويزيد من كفاءة استغلال الموارد داخل المنشآت الصناعية. (Basem et al. 2024)

أهداف ومبادئ واستراتيجيات إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

تهدف إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية إلى حماية البيئة من الآثار السلبية للنشاط الصناعي وضمان استمرارية العمليات الإنتاجية وتحقيق الاستخدام المستدام للموارد المائية. كما تهدف إلى التعرف المبكر على مصادر المخاطر وتحليلها وتقييمها ووضع الإجراءات الوقائية والعلاجية المناسبة للحد من آثارها إضافة إلى تحسين كفاءة تشغيل محطات المعالجة ورفع جودة المياه المعالجة بما يتوافق مع المتطلبات البيئية والتنظيمية. ومن أهدافها أيضا دعم متخذي القرار بالمعلومات الدقيقة التي تمكنهم من اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة وتحقيق التحسين المستمر في الأداء البيئي للمؤسسة (Krishna & Rakesh 2025).

وتقوم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية على مجموعة من المبادئ الأساسية أهمها مبدأ الوقاية قبل العلاج ومبدأ التحسين المستمر ومبدأ الاعتماد على البيانات العلمية الدقيقة ومبدأ التكامل بين جميع الإدارات المعنية بإدارة المياه والبيئة والجودة والإنتاج والصيانة. كما تقوم على مبدأ المراقبة المستمرة لجميع مراحل التشغيل لضمان سرعة اكتشاف الانحرافات ومعالجتها قبل أن تتحول إلى مخاطر تؤثر في البيئة أو العمليات الصناعية. (Carnevale Miino et al. 2026)

وتستند إدارة المخاطر كذلك إلى مبدأ الشمولية بحيث لا تقتصر على تقييم جودة المياه فقط وإنما تشمل جميع المراحل المرتبطة بإنتاج مياه الصرف وجمعها ونقلها ومعالجتها وإعادة استخدامها أو تصريفها إضافة إلى تقييم كفاءة المختبرات وأجهزة القياس والموارد البشرية ونظم المعلومات المستخدمة في عمليات الرصد والتحليل. ويؤدي تطبيق هذا المبدأ إلى بناء منظومة متكاملة قادرة على التعامل مع جميع مصادر المخاطر بصورة أكثر كفاءة وفاعلية (خبراني، 2024).

أما استراتيجيات إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية فتتضمن استراتيجية تجنب المخاطر من خلال تعديل العمليات الإنتاجية أو استخدام تقنيات أقل تلويثاً واستراتيجية الحد من المخاطر عبر تطوير محطات المعالجة وتحسين كفاءتها واستراتيجية نقل المخاطر من خلال التعاقد مع جهات متخصصة عند الحاجة إضافة إلى استراتيجية القبول المنظم لبعض المخاطر منخفضة التأثير مع وضع خطط واضحة لمراقبتها. كما تشمل الاستراتيجيات الحديثة تطبيق أنظمة المراقبة الذكية والتحول الرقمي والاعتماد على التحليل اللحظي للبيانات واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالمخاطر وتحسين سرعة الاستجابة لها مما يسهم في رفع كفاءة الإدارة البيئية وتحقيق مستويات أعلى من الاستدامة في المنشآت الصناعية. (Cvetković et al. 2025)

مراحل إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وأدواتها الحديثة

تمثل إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية عملية متكاملة تعتمد على مجموعة من المراحل العلمية المترابطة التي تهدف إلى التعرف على المخاطر البيئية والتشغيلية وتحليلها والسيطرة عليها بصورة منهجية. ولا تقتصر هذه العملية على معالجة المشكلات بعد حدوثها وإنما تعتمد على منهج استباقي يقوم على التنبؤ بالمخاطر المحتملة وتقليل احتمالات وقوعها قبل أن تؤثر في البيئة أو العمليات الصناعية. وقد أدى التطور الكبير في التقنيات الحديثة إلى تطوير مفهوم إدارة المخاطر بحيث أصبحت تعتمد بصورة متزايدة على أنظمة المراقبة الذكية والتحليل الرقمي والبيانات اللحظية بما يعزز دقة القرارات وسرعة الاستجابة للمخاطر. (Carnevale Miino et al., 2026)

وتبدأ المرحلة الأولى من إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية بتحديد المخاطر المحتملة حيث يتم التعرف على جميع مصادر الخطر التي قد تؤثر في جودة مياه الصرف أو كفاءة عمليات المعالجة. وتشمل هذه المخاطر التغيرات المفاجئة في خصائص المياه وارتفاع الأحمال العضوية أو الكيميائية وتعطل معدات

المعالجة والأعطال الفنية في أجهزة القياس والمختبرات إضافة إلى الأخطاء البشرية والظروف التشغيلية غير الطبيعية. ويعد تحديد مصادر المخاطر بصورة دقيقة الأساس الذي تبنى عليه جميع المراحل اللاحقة لأنه يساعد الإدارة على تكوين صورة واضحة عن طبيعة المخاطر ومستوى تأثيرها (خبراني، 2024).

وتتمثل المرحلة الثانية في تحليل المخاطر حيث يتم جمع البيانات المتعلقة بكل خطر ودراسة أسبابه واحتمالات حدوثه والنتائج المترتبة عليه. ويعتمد نجاح هذه المرحلة بصورة كبيرة على توافر بيانات دقيقة يتم الحصول عليها من مختبرات جودة المياه ومن أنظمة المراقبة البيئية داخل المصنع. كما يتم استخدام مؤشرات جودة المياه والقياسات الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية لتحليل طبيعة المخاطر وتحديد أولويات التعامل معها وفقا لدرجة تأثيرها واحتمالية حدوثها. (Namal & Altaş, 2024)

أما المرحلة الثالثة فتتمثل في تقييم المخاطر حيث يتم مقارنة نتائج التحليل بالمعايير البيئية والحدود النظامية المعتمدة لتحديد مستوى الخطورة وتصنيف المخاطر إلى مرتفعة أو متوسطة أو منخفضة. ويساعد هذا التصنيف الإدارة على توجيه الموارد والإمكانات نحو المخاطر الأكثر تأثيرا بما يحقق الاستخدام الأمثل للإمكانات المتاحة ويرفع كفاءة عمليات الإدارة البيئية داخل المنشأة الصناعية (العنزي، 2024).

وتأتي بعد ذلك مرحلة اختيار استراتيجيات الاستجابة للمخاطر والتي تتضمن تحديد أفضل الوسائل للتعامل مع كل خطر وفقا لطبيعته ومستوى تأثيره. وتشمل هذه الاستراتيجيات تجنب المخاطر من خلال تعديل العمليات الصناعية أو الحد من المخاطر عبر تحسين عمليات المعالجة أو السيطرة على المخاطر باستخدام التقنيات الحديثة أو قبول بعض المخاطر منخفضة التأثير مع استمرار مراقبتها بصورة دورية. ويؤدي اختيار الاستراتيجية المناسبة إلى تقليل الآثار البيئية وتحسين كفاءة التشغيل وتحقيق استدامة العمليات الصناعية (قابلاوي، 2025).

وتعد مرحلة تنفيذ الإجراءات الوقائية والتصحيحية من أهم مراحل إدارة المخاطر حيث يتم خلالها تطبيق الإجراءات التي تم تحديدها في مرحلة التخطيط مثل تعديل إجراءات التشغيل أو تطوير محطات المعالجة أو تحديث أجهزة القياس أو تحسين أداء المختبرات البيئية أو تدريب العاملين على أساليب التعامل مع المخاطر المختلفة. ويؤدي التنفيذ السليم لهذه الإجراءات إلى الحد من احتمالات تكرار المشكلات ورفع مستوى الجاهزية لمواجهة المخاطر المستقبلية. (Basem et al., 2024)

أما المرحلة الأخيرة فتتمثل في المراقبة المستمرة والمراجعة الدورية حيث يتم تقييم مدى نجاح الإجراءات المطبقة وقياس فاعليتها في الحد من المخاطر مع متابعة مؤشرات جودة المياه بصورة مستمرة وإجراء التحاليل المخبرية الدورية وتحديث خطط إدارة المخاطر كلما ظهرت متغيرات جديدة. وتساعد هذه المرحلة على تحقيق التحسين المستمر لمنظومة إدارة المخاطر وضمان استدامة الأداء البيئي داخل المنشأة الصناعية. (Krishna & Rakesh, 2025)

وقد شهدت أدوات إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية تطوراً كبيراً خلال السنوات الأخيرة حيث أصبحت تعتمد على أنظمة المراقبة الذكية التي تستخدم المجسات الرقمية وأجهزة الاستشعار المتصلة بشبكات الاتصال لنقل البيانات بصورة لحظية إلى مراكز التحكم. كما أصبحت أنظمة التحليل الرقمي والذكاء الاصطناعي قادرة على تحليل كميات كبيرة من البيانات والتنبؤ بالمخاطر قبل حدوثها واقتراح الإجراءات المناسبة للتعامل معها مما أدى إلى رفع كفاءة الإدارة البيئية وتقليل زمن الاستجابة للمشكلات التشغيلية. (Carnevale Miino et al., 2026)

كما أصبحت نظم المعلومات الجغرافية وقواعد البيانات البيئية ومنصات إدارة البيانات المخبرية من الأدوات الحديثة التي تساعد المؤسسات الصناعية على حفظ نتائج التحاليل وتتبع التغيرات في جودة المياه وتحليل الاتجاهات طويلة المدى وربط نتائج المختبرات بعمليات اتخاذ القرار. ويساعد هذا التكامل

في بناء منظومة متطورة لإدارة المخاطر تعتمد على المعلومات الدقيقة والتحليل العلمي المستمر بدلا من الاعتماد على المعالجة التقليدية للمشكلات بعد وقوعها. (Cvetković et al., 2025)

ماهية مختبر جودة المياه ووظائفه في المنشآت الصناعية

يمثل مختبر جودة المياه أحد أهم المكونات الفنية داخل المنشآت الصناعية حيث يعد الجهة المسؤولة عن إجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية للمياه بهدف تقييم جودتها والتأكد من مطابقتها للمعايير البيئية والفنية المعتمدة. ولا يقتصر دور المختبر على إجراء الاختبارات الروتينية بل أصبح يمثل وحدة استراتيجية تسهم في دعم الإدارة البيئية وإدارة المخاطر واتخاذ القرار من خلال توفير بيانات علمية دقيقة وموثوقة تساعد في تحسين الأداء التشغيلي والبيئي للمؤسسة (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

ويعرف مختبر جودة المياه بأنه وحدة فنية متخصصة تضم مجموعة من الأجهزة والمعدات الحديثة والكوادر المؤهلة التي تعمل على تحليل خصائص المياه باستخدام أساليب علمية معتمدة بهدف تحديد مستويات الملوثات وقياس المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وتقييم مدى مطابقة المياه للمواصفات القياسية المعتمدة. ويعد المختبر المصدر الرئيس للمعلومات التي تعتمد عليها الإدارات المختلفة في تقييم جودة المياه واتخاذ الإجراءات المناسبة للحفاظ على سلامة العمليات الصناعية والبيئة المحيطة (الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، 2025).

وتتعدد وظائف مختبر جودة المياه داخل المنشآت الصناعية حيث يأتي في مقدمتها إجراء التحاليل الدورية لمياه الصرف الصناعية ومراقبة التغيرات التي تطرأ على خصائصها بصورة مستمرة. كما يتولى المختبر قياس مؤشرات جودة المياه مثل الأس الهيدروجيني والمواد الصلبة العالقة والطلب الحيوي

للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين والدهون والزيوت والعناصر الكيميائية المختلفة مما يساعد على تقييم كفاءة محطات المعالجة واكتشاف أي انحرافات تشغيلية في وقت مبكر (Namal & Altaş, 2024).

كما يؤدي المختبر دوراً مهماً في دعم عمليات إدارة المخاطر من خلال توفير بيانات دقيقة تمكن الإدارة من تقييم مصادر الخطر وتحليل أسبابها واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة قبل تطور المشكلات البيئية. ويسهم المختبر كذلك في إعداد التقارير الفنية التي تعتمد عليها الجهات الرقابية والإدارية في متابعة الأداء البيئي وقياس مدى الالتزام بالمعايير البيئية المحلية والدولية (Basem et al., 2024).

وتتمثل إحدى الوظائف المهمة لمختبر جودة المياه في دعم برامج التحسين المستمر داخل المنشآت الصناعية حيث تساعد نتائج التحاليل في تقييم كفاءة العمليات التشغيلية وتطوير أساليب المعالجة وتقليل استهلاك المياه والطاقة والمواد الكيميائية. كما تسهم في تحسين استخدام الموارد وتحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية للمؤسسة (Krishna & Rakesh, 2025).

متطلبات تطوير مختبرات جودة المياه ومعايير الاعتماد والجودة

أصبح تطوير مختبرات جودة المياه من المتطلبات الأساسية لنجاح الإدارة البيئية داخل المنشآت الصناعية نتيجة التطور الكبير في التقنيات الحديثة وارتفاع متطلبات الجودة والاعتماد المختبري. ويهدف تطوير المختبرات إلى رفع دقة نتائج التحاليل وتحسين سرعة إنجازها وزيادة موثوقيتها بما يسهم في دعم عمليات إدارة المخاطر وتحسين جودة القرارات البيئية والتشغيلية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

ويتطلب تطوير مختبرات جودة المياه توفير بنية تحتية متكاملة تشمل مباني وتجهيزات تتوافق مع متطلبات السلامة والجودة إضافة إلى تزويد المختبر بأحدث أجهزة القياس والتحليل القادرة على إجراء الاختبارات المختلفة بدرجات عالية من الدقة والحساسية. كما يتطلب ذلك تطبيق برامج دورية للصيانة الوقائية والمعايرة المستمرة لجميع الأجهزة لضمان استمرار كفاءتها ودقة نتائجها (الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، 2025).

ويعد العنصر البشري من أهم متطلبات تطوير المختبرات حيث تعتمد جودة الأداء المختبري على كفاءة العاملين وخبراتهم العلمية والعملية وقدرتهم على استخدام الأجهزة الحديثة وتطبيق طرق التحليل المعتمدة. ولذلك تحرص المؤسسات المتقدمة على تنفيذ برامج تدريب وتأهيل مستمرة للعاملين بالمختبرات لضمان مواكبة التطورات العلمية والتقنية في مجال تحليل المياه وإدارة الجودة (قابلاوي، 2025).

كما يمثل تطبيق نظم إدارة الجودة أحد أهم متطلبات تطوير مختبرات جودة المياه حيث تسهم هذه النظم في توحيد إجراءات العمل وضبط عمليات التحليل وتوثيق النتائج والتحقق من دقتها وتحقيق التحسين المستمر للأداء المختبري. ويعد الالتزام بمتطلبات المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 من أهم المؤشرات التي تعكس كفاءة المختبر وقدرته على إصدار نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات الفنية والإدارية والرقابية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

وتؤكد الاتجاهات الحديثة أن المختبرات المستقبلية تعتمد بصورة متزايدة على التحول الرقمي وربط أجهزة التحليل بأنظمة المعلومات المركزية واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة في تفسير نتائج القياسات والتنبؤ بالمخاطر البيئية. ويساعد هذا التحول في زيادة سرعة الحصول على النتائج وتحسين دقة التنبؤ بالمشكلات التشغيلية ورفع كفاءة إدارة المخاطر البيئية داخل المنشآت الصناعية بما يحقق مستويات أعلى من الجودة والاستدامة. (Carnevale Miino et al., 2026)

المخاطر البيئية والتشغيلية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان

تعد صناعة الألبان من أكثر الصناعات الغذائية استهلاكاً للمياه حيث تعتمد مختلف مراحل الإنتاج على استخدام كميات كبيرة من المياه في عمليات الغسيل والتنظيف والتعقيم والتبريد والتصنيع مما يؤدي إلى إنتاج كميات كبيرة من مياه الصرف الصناعية ذات الخصائص المختلفة. وتتميز هذه المياه باحتوائها على تراكيز مرتفعة من المواد العضوية والدهون والبروتينات وسكر اللاكتوز والمواد الصلبة العالقة إضافة إلى بقايا المنظفات والمواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التنظيف وهو ما يجعلها من أخطر أنواع مياه الصرف الصناعية إذا لم تتم إدارتها ومعالجتها بصورة علمية دقيقة قبل تصريفها أو إعادة استخدامها. (Cvetković et al., 2025)

وتتمثل المخاطر البيئية لمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان في احتمالية تلوث الموارد المائية السطحية والجوفية نتيجة تصريف المياه غير المعالجة أو المعالجة بصورة غير كافية. ويؤدي ذلك إلى زيادة تراكيز المواد العضوية في المياه وانخفاض مستويات الأكسجين الذائب مما يؤثر بصورة مباشرة في الكائنات الحية المائية ويؤدي إلى الإخلال بالتوازن البيئي. كما أن تسرب هذه المياه إلى التربة قد يؤدي إلى تدهور خصائصها الفيزيائية والكيميائية وتقليل إنتاجيتها الزراعية إضافة إلى احتمالية انتقال الملوثات إلى المياه الجوفية المستخدمة في الشرب أو الري. (Krishna & Rakesh, 2025)

كما تمثل الانبعاثات والروائح الكريهة الناتجة عن التحلل البيولوجي للمواد العضوية أحد أهم الآثار البيئية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان حيث يؤدي تراكم المواد العضوية داخل أحواض التجميع أو وحدات المعالجة غير الكفؤة إلى انبعاث غازات مختلفة قد تؤثر في جودة الهواء المحيط وتسبب مشكلات بيئية وصحية للعاملين والمجتمع المحيط بالمصنع. وتزداد هذه المخاطر في حالة ضعف برامج الصيانة أو انخفاض كفاءة أنظمة المعالجة أو عدم الالتزام بالمراقبة المستمرة لجودة المياه. (Namal & Altaş, 2024).

وتتجاوز مخاطر مياه الصرف الصناعية الجوانب البيئية لتشمل المخاطر التشغيلية التي قد تؤثر بصورة مباشرة في كفاءة العمليات الصناعية واستمرارية الإنتاج. فارتفاع الأحمال العضوية أو التغير المفاجئ في خصائص المياه قد يؤدي إلى انخفاض كفاءة وحدات المعالجة وتعطل بعض المعدات أو زيادة معدلات التآكل والترسبات داخل خطوط الأنابيب والخزانات مما يرفع تكاليف التشغيل والصيانة ويؤثر في كفاءة الأداء التشغيلي للمصنع. (Basem et al., 2024)

ومن المخاطر التشغيلية المهمة أيضا الأعطال المفاجئة في محطات معالجة مياه الصرف أو عدم كفاءة أجهزة القياس والتحليل أو التأخر في اكتشاف الانحرافات التشغيلية وهو ما قد يؤدي إلى تصريف مياه غير مطابقة للمعايير البيئية أو توقف بعض العمليات الإنتاجية لحين معالجة المشكلة. كما أن غياب المتابعة المستمرة قد يؤدي إلى تراكم المشكلات الصغيرة وتحولها إلى أزمات تشغيلية يصعب السيطرة عليها في مراحل متأخرة. (Carnevale Miino et al., 2026)

وتشمل المخاطر التشغيلية كذلك الأخطاء البشرية الناتجة عن ضعف التدريب أو عدم الالتزام بإجراءات التشغيل القياسية أو سوء تفسير نتائج التحاليل المخبرية مما قد يؤدي إلى اتخاذ قرارات غير دقيقة تؤثر في كفاءة محطات المعالجة أو في جودة المياه الناتجة عنها. ولهذا أصبح الاستثمار في تدريب العاملين وتطوير نظم الجودة داخل المختبرات ومحطات المعالجة من المتطلبات الأساسية لتعزيز كفاءة إدارة المخاطر في مصانع الألبان (قابلاوي، 2025).

كما تترتب على سوء إدارة مياه الصرف الصناعية آثار اقتصادية وتنظيمية تتمثل في ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة وزيادة استهلاك الطاقة والمواد الكيميائية إضافة إلى احتمالية تعرض المنشأة للمخالفات البيئية والغرامات النظامية وانخفاض مستوى ثقة الجهات الرقابية والعملاء في أداء المؤسسة. لذلك أصبحت إدارة هذه المخاطر تمثل أحد العناصر الرئيسة التي تؤثر في استدامة المؤسسات الصناعية وتعزيز قدرتها التنافسية (خبراني، 2024).

دور مختبر جودة المياه في مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية

يمثل مختبر جودة المياه حجر الأساس في منظومة المراقبة البيئية داخل المنشآت الصناعية حيث يقوم بدور محوري في تقييم جودة مياه الصرف الصناعية ومتابعة خصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية بصورة مستمرة. ويعد المختبر المصدر الرئيس للبيانات العلمية التي تعتمد عليها الإدارة في تقييم كفاءة عمليات المعالجة والتحقق من مطابقة المياه للمعايير البيئية قبل إعادة استخدامها أو تصريفها إلى البيئة المحيطة (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

وتبدأ عملية مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية داخل المختبر من خلال تنفيذ برامج منتظمة لسحب العينات من مختلف مراحل الإنتاج ومحطات المعالجة وفقاً لخطط زمنية محددة وإجراءات علمية دقيقة تضمن تمثيل العينات للواقع التشغيلي للمصنع. ويؤدي الالتزام بأساليب أخذ العينات ونقلها وحفظها إلى رفع دقة نتائج التحاليل وتحسين موثوقيتها وهو ما ينعكس بصورة مباشرة على جودة القرارات البيئية التي تتخذها الإدارة (الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، 2025).

ويقوم المختبر بإجراء مجموعة واسعة من التحاليل التي تشمل قياس درجة الحموضة والمواد الصلبة العالقة والطلب الحيوي للأكسجين والطلب الكيميائي للأكسجين والدهون والزيوت والعناصر الكيميائية المختلفة إضافة إلى المؤشرات الميكروبيولوجية عند الحاجة. وتمثل هذه المؤشرات الأساس العلمي لتقييم جودة المياه وكفاءة محطات المعالجة ومدى التزام المنشأة بالاشتراطات البيئية المعتمدة (Namal & Altaş, 2024).

كما يسهم مختبر جودة المياه في اكتشاف الانحرافات التشغيلية في مراحلها المبكرة حيث تساعد نتائج التحاليل الدورية على ملاحظة أي تغير غير طبيعي في خصائص المياه واتخاذ الإجراءات التصحيحية قبل أن تتطور المشكلة إلى خلل يؤثر في كفاءة محطة المعالجة أو يؤدي إلى تصريف مياه غير مطابقة للمعايير

البيئية. ويؤدي ذلك إلى تقليل المخاطر البيئية وخفض تكاليف التشغيل والصيانة وتحسين استقرار العمليات الصناعية. (Krishna & Rakesh, 2025)

ويمتد دور المختبر إلى تقييم كفاءة محطات المعالجة من خلال مقارنة نتائج التحاليل قبل المعالجة وبعدها وقياس نسب إزالة الملوثات المختلفة وتحديد مدى فاعلية وحدات المعالجة في تحقيق الأهداف البيئية المطلوبة. كما تساعد هذه النتائج في تطوير العمليات التشغيلية واختيار أفضل التقنيات التي تحقق أعلى مستويات الكفاءة والجودة. (Basem et al., 2024)

كما يسهم المختبر في بناء قواعد بيانات متكاملة تتضمن نتائج التحاليل التاريخية لمياه الصرف الصناعية وهو ما يسمح بتحليل الاتجاهات طويلة المدى والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية في خصائص المياه ودعم خطط التحسين المستمر داخل المنشأة. ويعد هذا الجانب من أهم الأدوار الحديثة للمختبرات البيئية التي أصبحت تعتمد على التحول الرقمي وتحليل البيانات الضخمة في تطوير الأداء البيئي والتشغيلي (Carnevale Miino et al., 2026).

دور مختبر جودة المياه في إدارة المخاطر ودعم اتخاذ القرار البيئي

لم يعد دور مختبر جودة المياه يقتصر على تنفيذ الاختبارات المخبرية وإصدار نتائج التحاليل بل أصبح يمثل أحد المكونات الاستراتيجية لمنظومة إدارة المخاطر البيئية داخل المنشآت الصناعية. فالمختبر يوفر للإدارة معلومات دقيقة وموثوقة تمكنها من التعرف على مصادر المخاطر وتقييم مستوياتها ووضع الإجراءات الوقائية المناسبة بما يسهم في تقليل احتمالات التلوث وتحسين كفاءة الأداء البيئي (Carnevale Miino et al., 2026).

ويؤدي المختبر دوراً محورياً في مرحلة تحديد المخاطر من خلال رصد التغيرات التي تطرأ على خصائص مياه الصرف الصناعية والكشف عن أي ارتفاع غير طبيعي في تراكيز الملوثات أو أي خلل في أداء وحدات المعالجة. وتمثل هذه المعلومات نقطة البداية في عملية إدارة المخاطر لأنها تمكن الإدارة من التدخل المبكر قبل تطور المشكلة وتحولها إلى خطر بيئي أو تشغيلي كبير (خبراني، 2024).

كما يسهم المختبر في تحليل المخاطر من خلال توفير بيانات كمية دقيقة تساعد على تحديد حجم المشكلة وأسبابها ومدى تأثيرها في البيئة والعمليات الصناعية. وتعتمد الإدارة على هذه البيانات في ترتيب أولويات المخاطر واختيار الوسائل المناسبة للتعامل معها سواء من خلال تحسين العمليات التشغيلية أو تطوير محطات المعالجة أو تعديل إجراءات التشغيل أو تنفيذ برامج الصيانة الوقائية (Namal & Altaş, 2024).

ويمثل المختبر أحد أهم مصادر دعم اتخاذ القرار البيئي حيث تعتمد الإدارة العليا والإدارات الفنية على نتائج التحاليل المخبرية في اتخاذ القرارات المتعلقة بتشغيل محطات المعالجة وتقييم الأداء البيئي والتأكد من الالتزام بالأنظمة البيئية وتحديد الاحتياجات المستقبلية لتطوير البنية التحتية أو تحديث المعدات والأجهزة. كما تساعد هذه النتائج في إعداد التقارير البيئية الدورية الموجهة إلى الجهات الرقابية وصناع القرار داخل المؤسسة (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

كما يدعم المختبر تطبيق مفهوم الإدارة الاستباقية للمخاطر من خلال توفير بيانات آنية ومستمرة يمكن استخدامها في بناء أنظمة الإنذار المبكر والتنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها. وقد أسهمت التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وأنظمة المراقبة الرقمية في تعزيز قدرة المختبرات على تحليل البيانات بصورة فورية وإصدار تنبيهات مبكرة عند ظهور أي انحراف في مؤشرات جودة المياه وهو ما يؤدي إلى تحسين سرعة الاستجابة وتقليل الخسائر البيئية والتشغيلية. (Carnevale Miino et al., 2026).

ويسهم مختبر جودة المياه أيضا في تعزيز التحسين المستمر داخل المنشأة الصناعية حيث تستخدم نتائج التحاليل في تقييم كفاءة الإجراءات التصحيحية وقياس أثرها وتطوير برامج العمل المستقبلية. كما تساعد البيانات المخبرية في مراجعة خطط إدارة المخاطر وتحديثها بصورة دورية بما يتناسب مع المتغيرات التشغيلية والبيئية والتقنية وهو ما يعزز قدرة المؤسسة على تحقيق الاستدامة البيئية والامتثال للأنظمة وتحسين كفاءة استخدام الموارد المائية على المدى الطويل. (Cvetković et al., 2025)

العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

ترتبط إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية ارتباطا وثيقا بمختبر جودة المياه باعتباره المصدر الرئيس للمعلومات والبيانات العلمية التي تعتمد عليها المؤسسات الصناعية في تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها واتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من آثارها. فلا يمكن بناء نظام فعال لإدارة المخاطر البيئية دون وجود مختبر قادر على توفير نتائج دقيقة وموثوقة تعكس الواقع الحقيقي لجودة مياه الصرف الصناعية في جميع مراحل التشغيل. ولذلك أصبح مختبر جودة المياه أحد المكونات الأساسية في منظومة الإدارة البيئية الحديثة داخل المنشآت الصناعية لما يؤديه من دور في دعم القرارات التشغيلية والاستراتيجية المتعلقة بإدارة المخاطر. (Carnevale Miino et al., 2026)

وتبدأ العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة المخاطر منذ المرحلة الأولى لإدارة المخاطر والتمثلة في تحديد مصادر الخطر حيث يسهم المختبر في التعرف على التغيرات التي تطرأ على خصائص مياه الصرف الصناعية من خلال تنفيذ برامج دورية لسحب العينات وإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية. وتوفر هذه التحاليل معلومات دقيقة حول مستويات الملوثات ونسب المواد العضوية والعناصر الكيميائية والخصائص الفيزيائية للمياه مما يساعد الإدارة على التعرف المبكر على مصادر المخاطر قبل تحولها إلى مشكلات بيئية أو تشغيلية. (Namal & Altaş, 2024)

ويمتد دور المختبر إلى مرحلة تحليل المخاطر حيث تعتمد الإدارة على البيانات المخبرية في دراسة أسباب الانحرافات التشغيلية وتحديد العوامل التي أدت إلى تغير جودة المياه. كما تساعد نتائج التحاليل في تفسير العلاقة بين العمليات الإنتاجية المختلفة وبين التغيرات التي تظهر في خصائص مياه الصرف الصناعية وهو ما يساهم في تحديد الأسباب الجذرية للمشكلة ووضع الحلول المناسبة لمعالجتها بصورة علمية دقيقة. (Basem et al., 2024)

كما يمثل المختبر الأداة الرئيسة التي تعتمد عليها الإدارة في تقييم مستوى المخاطر حيث يتم مقارنة نتائج التحاليل بالحدود النظامية والمعايير البيئية المعتمدة لتحديد مدى خطورة الوضع القائم وتصنيف المخاطر وفقا لدرجة تأثيرها واحتمالية حدوثها. ويساعد هذا التقييم في ترتيب أولويات العمل وتوجيه الموارد والإمكانات نحو المشكلات الأكثر أهمية بما يساهم في تحسين كفاءة إدارة المخاطر داخل المنشأة الصناعية (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2025).

وتتجلى العلاقة الوثيقة بين المختبر وإدارة المخاطر أيضا في مرحلة اختيار الإجراءات الوقائية والتصحيحية حيث تساعد نتائج التحاليل على تحديد أفضل البدائل الفنية لتحسين أداء محطات المعالجة أو تعديل العمليات التشغيلية أو تطوير إجراءات التشغيل القياسية بما يضمن الحد من مصادر التلوث وتحسين جودة المياه. كما تمكن البيانات المخبرية الإدارة من تقييم فاعلية الإجراءات المطبقة ومتابعة نتائجها بصورة مستمرة. (Krishna & Rakesh, 2025)

وتؤدي مختبرات جودة المياه دورا محوريا في بناء نظم الإنذار المبكر الخاصة بالمخاطر البيئية حيث تتيح المراقبة المستمرة لمؤشرات جودة المياه إمكانية اكتشاف الانحرافات التشغيلية في مراحلها الأولى قبل أن تتفاقم آثارها. ويساعد ذلك على سرعة اتخاذ الإجراءات التصحيحية وتقليل احتمالات تعطل محطات المعالجة أو حدوث مخالفات بيئية أو خسائر اقتصادية ناتجة عن ضعف جودة المياه أو قصور عمليات المعالجة. (Carnevale Miino et al., 2026)

كما تعتمد الإدارة البيئية الحديثة على التكامل بين مختبر جودة المياه وأنظمة المعلومات البيئية حيث يتم ربط نتائج التحاليل بقواعد البيانات الإلكترونية ولوحات المتابعة الرقمية بما يسمح بتحليل البيانات بصورة لحظية وإعداد التقارير الفنية وتقديم مؤشرات أداء دقيقة تساعد الإدارة العليا على اتخاذ القرارات المبنية على الأدلة العلمية. ويؤدي هذا التكامل إلى رفع كفاءة الرقابة البيئية وتحسين سرعة الاستجابة للمخاطر وزيادة كفاءة استخدام الموارد. (Cvetković et al., 2025)

وتسهم نتائج مختبر جودة المياه كذلك في دعم برامج التحسين المستمر داخل المنشآت الصناعية حيث تستخدم البيانات المخبرية في تقييم أداء محطات المعالجة وتحديد نقاط القوة والضعف وتطوير الخطط التشغيلية والوقائية بصورة مستمرة. كما تساعد في مراجعة سياسات إدارة المخاطر وتحديثها بما يتوافق مع التغيرات التشغيلية والتشريعية والتقنية وهو ما يعزز قدرة المؤسسة على تحقيق الاستدامة البيئية واستمرارية الأعمال (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

ومن ثم فإن العلاقة بين مختبر جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية تعد علاقة تكاملية لا يمكن الفصل بين طرفيها حيث يمثل المختبر المصدر العلمي للمعلومات بينما تمثل إدارة المخاطر الإطار الإداري الذي يستثمر هذه المعلومات في حماية البيئة وتحسين الأداء التشغيلي وتعزيز كفاءة اتخاذ القرار وتحقيق الاستدامة داخل المنشآت الصناعية.

التصور المقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان

ينطلق التصور المقترح من أن مختبر جودة المياه يجب ألا يقتصر دوره على تنفيذ التحاليل المخبرية وإصدار النتائج الفنية وإنما ينبغي أن يتحول إلى مركز متكامل لدعم الإدارة البيئية وإدارة المخاطر واتخاذ

القرار داخل مصانع الألبان. ويهدف هذا التصور إلى بناء منظومة متكاملة تعتمد على البيانات العلمية الدقيقة والتقنيات الحديثة والكوادر المؤهلة بما يسهم في رفع كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وتحقيق أعلى مستويات الاستدامة البيئية.

ويقوم التصور المقترح على مجموعة من المرتكزات الأساسية يأتي في مقدمتها دعم الإدارة العليا للمختبر وتوفير الموارد المالية والفنية اللازمة لتطويره باعتباره أحد المكونات الاستراتيجية في منظومة إدارة المخاطر داخل المصنع. كما يتطلب إدراج المختبر ضمن الهيكل التنظيمي لإدارة المخاطر بحيث يكون شريكا أساسيا في عمليات التخطيط البيئي وتقييم المخاطر وإعداد خطط الطوارئ واتخاذ القرارات التشغيلية.

ويرتكز التصور كذلك على تطوير البنية التحتية للمختبر من خلال تحديث أجهزة التحليل الكيميائي والفيزيائي والميكروبيولوجي وتوفير التقنيات الحديثة القادرة على إجراء القياسات بدرجات عالية من الدقة والسرعة مع تطبيق برامج دورية للمعايرة والصيانة الوقائية بما يضمن المحافظة على جودة النتائج المخبرية وموثوقيتها (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

كما يتضمن التصور تطوير الموارد البشرية العاملة في المختبر من خلال تنفيذ برامج تدريب وتأهيل مستمرة تشمل أحدث تقنيات تحليل المياه وإدارة المخاطر ونظم الجودة والاعتماد المخبري واستخدام التقنيات الرقمية وتحليل البيانات البيئية بما يسهم في رفع كفاءة العاملين وتعزيز قدرتهم على التعامل مع التحديات التشغيلية المختلفة (قابلاوي، 2025).

ويؤكد التصور أهمية تطبيق نظام متكامل لإدارة الجودة داخل المختبر يعتمد على متطلبات المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 بما يشمل توثيق جميع الإجراءات المخبرية وضبط الجودة الداخلية والخارجية وإجراء المراجعات الدورية والتحسين المستمر لجميع العمليات بما يضمن دقة النتائج وإمكانية الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات البيئية والإدارية (المركز السعودي للاعتماد، 2025).

ويتضمن التصور إنشاء نظام إلكتروني متكامل لإدارة البيانات المخبرية يربط أجهزة التحليل بقواعد بيانات مركزية وأنظمة إدارة المخاطر داخل المصنع بحيث يتم تسجيل نتائج التحاليل بصورة فورية وتحليلها وإعداد مؤشرات أداء ولوحات متابعة تساعد الإدارة على اكتشاف الانحرافات التشغيلية بسرعة واتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب. (Carnevale Miino et al., 2026)

كما يقترح التصور تطبيق برامج للرصد البيئي المستمر تعتمد على زيادة عدد نقاط أخذ العينات وتوسيع نطاق التحاليل وإجراء القياسات بصورة دورية وفق خطط زمنية معتمدة مع استخدام أجهزة استشعار ذكية وأنظمة إنذار مبكر للكشف عن أي تغيرات غير طبيعية في جودة مياه الصرف الصناعية قبل وصولها إلى مستويات خطيرة. (Krishna & Rakesh, 2025)

ويتضمن التصور أيضا تعزيز التكامل بين مختبر جودة المياه والإدارات المختلفة داخل المصنع مثل إدارة الجودة وإدارة البيئة وإدارة الإنتاج وإدارة الصيانة وإدارة السلامة والصحة المهنية بحيث يتم تبادل المعلومات بصورة مستمرة والاستفادة من نتائج التحاليل في تحسين العمليات التشغيلية وتقليل المخاطر البيئية ورفع كفاءة الأداء المؤسسي (خبراني، 2024).

كما يقترح التصور اعتماد مؤشرات أداء رئيسية لقياس كفاءة المختبر بصورة دورية مثل دقة نتائج التحاليل وسرعة إصدار التقارير ونسبة الالتزام بخطط المعايرة وعدد حالات الاكتشاف المبكر للمخاطر ومستوى رضا الإدارات المستفيدة وعدد الإجراءات التصحيحية التي تم اتخاذها بناء على نتائج المختبر. ويساعد استخدام هذه المؤشرات على تقييم الأداء وتحقيق التحسين المستمر.

ويؤكد التصور كذلك أهمية الاستفادة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة في تحليل نتائج التحاليل المخبرية والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية في خصائص مياه الصرف الصناعية وبناء نماذج للتنبؤ بالمخاطر البيئية قبل وقوعها مما يعزز كفاءة إدارة المخاطر ويدعم اتخاذ القرار المبني على الأدلة العلمية. (Cvetković et al., 2025)

كما يشدد التصور على ضرورة تعزيز التعاون بين مصانع الألبان والجامعات السعودية والجهات الحكومية والمراكز البحثية والمختبرات المرجعية بهدف تبادل الخبرات وإجراء الدراسات المشتركة وتطوير تقنيات تحليل المياه والاستفادة من أفضل الممارسات العالمية في مجال إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.

ومن المتوقع أن يسهم تطبيق هذا التصور في رفع كفاءة مختبر جودة المياه وتحسين دقة نتائج التحاليل وتعزيز سرعة اكتشاف المخاطر البيئية ورفع كفاءة محطات المعالجة وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة وزيادة مستوى الالتزام بالأنظمة البيئية وتحقيق الاستخدام المستدام للموارد المائية ودعم مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجال حماية البيئة والتنمية المستدامة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

مقدمة الفصل الثالث

يتناول هذا الفصل منهجية الدراسة والإجراءات العلمية التي تم اتباعها لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها واختبار فرضياتها. ويعد هذا الفصل من الفصول الأساسية في أي دراسة علمية حيث يوضح الأساليب والإجراءات التي تم الاعتماد عليها في جمع البيانات وتحليلها بما يضمن الوصول إلى نتائج دقيقة تتسم بالموضوعية والمصداقية ويمكن الاستناد إليها في تفسير الظاهرة محل الدراسة.

ويستعرض هذا الفصل المنهج العلمي المستخدم في الدراسة مع بيان مبررات اختياره ومدى ملاءمته لطبيعة موضوع الدراسة وأهدافها كما يتناول وصف مجتمع الدراسة والعينة التي تم اختيارها والأسس العلمية التي تم الاعتماد عليها في تحديدها بما يضمن تمثيلها لمجتمع الدراسة بصورة مناسبة.

كما يوضح الفصل أداة الدراسة المستخدمة في جمع البيانات وخطوات إعدادها وبنائها وآلية توزيعها على أفراد العينة إضافة إلى بيان إجراءات التحقق من صدق الأداة وثباتها بما يضمن صلاحيتها للتطبيق الميداني. ويتناول كذلك الأساليب الإحصائية التي تم استخدامها في تحليل البيانات واختبار الفرضيات وتفسير النتائج بما يتوافق مع طبيعة البيانات وأهداف الدراسة.

ويشتمل الفصل أيضا على تحديد الحدود الموضوعية والمكانية والبشرية والزمنية للدراسة إضافة إلى التعريف بالمصطلحات الإجرائية المستخدمة فيها بما يسهم في توضيح الإطار التطبيقي للدراسة ويضمن سهولة فهم نتائجها وربطها بالإطار النظري الذي تم عرضه في الفصل السابق.

ويمثل هذا الفصل الأساس المنهجي الذي تستند إليه الدراسة في تنفيذ الجانب التطبيقي حيث يوضح جميع الخطوات والإجراءات التي تم اتباعها منذ تصميم الدراسة وحتى الانتهاء من تحليل البيانات والوصول إلى النتائج بما يعزز من موثوقية الدراسة ودقتها العلمية.

المنهجية وطرق البحث

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة الدراسة وأهدافها حيث يعد من أكثر المناهج استخداما في الدراسات الإدارية والبيئية التي تهدف إلى وصف الظواهر وتحليلها وتفسيرها والوصول إلى نتائج علمية تسهم في تطوير الواقع العملي. ويقوم هذا المنهج على جمع البيانات المتعلقة بموضوع الدراسة من مصادرها المختلفة ثم تنظيمها وتحليلها واستخلاص النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.

وقد تم استخدام المنهج الوصفي لتحليل واقع دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية والتعرف على أبرز التحديات التي تواجه المختبر والعوامل المؤثرة في كفاءة أدائه. كما تم توظيف المنهج التحليلي في تفسير البيانات الميدانية وتحليل استجابات أفراد العينة واختبار فرضيات الدراسة وصولاً إلى بناء تصور مقترح يسهم في تفعيل دور مختبر جودة المياه وتعزيز مساهمته في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.

واعتمدت الدراسة في جمع البيانات على مصدرين رئيسيين هما البيانات الثانوية التي تم الحصول عليها من الكتب والمراجع العلمية والدوريات المحكمة والتقارير الرسمية والأنظمة واللوائح ذات العلاقة بموضوع الدراسة إضافة إلى البيانات الأولية التي تم جمعها من خلال استبانة صممت خصيصاً لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها.

أدوات الدراسة

اعتمدت الدراسة على الاستبانة باعتبارها الأداة الرئيسة لجمع البيانات الميدانية نظراً لملاءمتها لطبيعة الدراسة وقدرتها على جمع البيانات من عدد كبير من أفراد العينة بصورة منظمة ودقيقة.

وقد تم إعداد الاستبانة بالاستفادة من الأدبيات العلمية والدراسات السابقة ذات العلاقة بموضوع الدراسة وبما يتوافق مع أهدافها وتساؤلاتها. وتكونت الاستبانة من قسمين رئيسيين.

القسم الأول اشتمل على البيانات الديموغرافية لأفراد العينة والتي تضمنت الجنس والعمر والمؤهل العلمي وسنوات الخبرة والمسعى الوظيفي.

أما القسم الثاني فقد اشتمل على عبارات الدراسة التي تقيس محاورها الرئيسة وهي دور مختبر جودة المياه في مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية ودوره في إدارة المخاطر ودعم اتخاذ القرار البيئي والمتطلبات اللازمة لتفعيل دوره داخل مصنع الألبان.

وقد استخدمت الدراسة مقياس ليكرت الخماسي لقياس درجة موافقة أفراد العينة على عبارات الاستبانة حيث قسمت الاستجابات إلى خمس درجات تبدأ من أوافق بشدة وتنتهي بلا أوافق بشدة بما يتيح إجراء التحليلات الإحصائية المناسبة واستخلاص النتائج بصورة دقيقة.

مجتمع البحث

يتكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين والإداريين والفنيين والمهندسين والمتخصصين الذين ترتبط أعمالهم بإدارة مياه الصرف الصناعية أو تشغيل محطات المعالجة أو العمل في مختبرات جودة المياه أو إدارات الجودة والبيئة والسلامة داخل مصنع الألبان محل الدراسة بالمملكة العربية السعودية.

وقد تم اختيار هذا المجتمع نظراً لامتلاك أفراده الخبرة العملية والمعرفة الفنية التي تمكنهم من تقييم واقع مختبر جودة المياه ودوره في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية وتقديم آراء دقيقة حول التحديات والمتطلبات اللازمة لتطويره.

عينة البحث

اعتمدت الدراسة على العينة العشوائية البسيطة باعتبارها من أكثر أساليب المعاينة ملاءمة للدراسات الوصفية حيث تمنح جميع أفراد مجتمع الدراسة فرصاً متساوية للمشاركة في الدراسة وتساعد على الحصول على نتائج يمكن تعميمها بدرجة عالية من الثقة.

وبلغ حجم عينة الدراسة 180 مفردة من العاملين والإداريين والفنيين والمهندسين والمتخصصين في مصنع الألبان حيث تم توزيع الاستبانات عليهم وجمعها بعد استكمال الإجابة عنها ثم مراجعتها واستبعاد الاستبانات غير الصالحة للتحليل وإدخال البيانات إلى البرنامج الإحصائي لإجراء التحليلات اللازمة.

حدود البحث

اقتصرت الدراسة على الحدود الآتية:

الحدود الموضوعية

اقتصرت الدراسة على تناول دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية مع التركيز على واقع المختبر والمتطلبات اللازمة لتفعيل دوره والتصور المقترح لتطوير مساهمته في إدارة المخاطر داخل مصانع الألبان.

الحدود المكانية

طبقت الدراسة في أحد مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية.

الحدود البشرية

اقتصرت الدراسة على العاملين والإداريين والمهندسين والفنيين والمتخصصين في مختبر جودة المياه وإدارة الجودة وإدارة البيئة وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف داخل المصنع.

الحدود الزمنية

تم تنفيذ الدراسة خلال عام 2026 حيث جرى جمع البيانات وتحليلها وإعداد النتائج والتوصيات خلال فترة إجراء الدراسة.

الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

مقدمة الفصل الرابع

يتناول هذا الفصل عرض نتائج الدراسة الميدانية وتحليلها وتفسيرها في ضوء أهداف الدراسة وتساؤلاتها وفرضياتها والإطار النظري الذي استندت إليه الدراسة. ويعد هذا الفصل من أهم فصول الدراسة لأنه يمثل المرحلة التي يتم فيها تحويل البيانات التي تم جمعها من أفراد العينة إلى نتائج علمية يمكن الاستفادة منها في تفسير الظاهرة محل الدراسة والوصول إلى استنتاجات تسهم في تحقيق أهدافها.

ويبدأ الفصل بعرض الخصائص الديموغرافية لأفراد العينة بهدف التعرف إلى السمات العامة للمشاركين في الدراسة ثم ينتقل إلى تحليل استجابات أفراد العينة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لاستخراج المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وقياس مستويات الاستجابة لكل محور من محاور الدراسة.

كما يتضمن الفصل اختبار فرضيات الدراسة باستخدام الأساليب الإحصائية الملائمة للتحقق من طبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة ومدى وجود أثر لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية. ويعرض الفصل نتائج الاختبارات الإحصائية بصورة منظمة مع تفسيرها وربطها بأهداف الدراسة والإطار النظري.

ويتناول الفصل كذلك مناقشة النتائج في ضوء ما توصلت إليه الدراسات السابقة وأوجه الاتفاق والاختلاف بينها وبين نتائج الدراسة الحالية مع تقديم تفسير علمي لهذه النتائج في ضوء طبيعة بيئة الدراسة وخصائصها. كما يوضح الفصل مدى إسهام النتائج في تحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها واختبار فرضياتها.

ويختتم الفصل بعرض أهم النتائج التي تم التوصل إليها بصورة شاملة تمهيدا للفصل الأخير الذي يتضمن التوصيات والمقترحات المستقبلية التي يمكن أن تسهم في تطوير دور مختبر جودة المياه وتعزيز

كفاءته في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية ودعم جهود الاستدامة البيئية داخل مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية.

تحليل البيانات

أولاً: الخصائص الديموغرافية لأفراد عينة الدراسة

تم توزيع الاستبانة على عينة الدراسة البالغ عددها (180) مفردة من العاملين والإداريين والمهندسين والفنيين والمتخصصين في مختبرات جودة المياه وإدارة الجودة وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصناعية في مصنع الألبان محل الدراسة. وفيما يلي عرض للخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة.

جدول (4-1)

توزيع أفراد العينة حسب الجنس

الجنس	التكرار	النسبة المئوية
ذكر	142	78.9
أنثى	38	21.1
المجموع	180	100.0

يتضح من الجدول أن غالبية أفراد العينة من الذكور بنسبة بلغت (78.9%) مقابل (21.1%) من الإناث ويعزى ذلك إلى طبيعة العمل في مصانع الألبان ومحطات معالجة مياه الصرف الصناعية والتي تعتمد بصورة أكبر على الوظائف الفنية والهندسية التي يشغلها الذكور.

جدول (4-2)

توزيع أفراد العينة حسب العمر

العمر	التكرار	النسبة المئوية
أقل من 30 سنة	29	16.1
من 30 إلى أقل من 40 سنة	76	42.2
من 40 إلى أقل من 50 سنة	52	28.9
50 سنة فأكثر	23	12.8
المجموع	180	100.0

تشير النتائج إلى أن الفئة العمرية من (30 إلى أقل من 40 سنة) جاءت في المرتبة الأولى بنسبة (42.2%)

تلتها الفئة العمرية من (40 إلى أقل من 50 سنة) بنسبة (28.9%) مما يدل على أن غالبية المشاركين

يتملكون مستوى مناسباً من النضج والخبرة العملية.

جدول (4-3)

توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي

المؤهل العلمي	التكرار	النسبة المئوية
دبلوم	31	17.2

بكالوريوس	96	53.3
ماجستير	41	22.8
دكتوراه	12	6.7
المجموع	180	100.0

يبين الجدول أن حملة البكالوريوس يمثلون النسبة الأكبر من أفراد العينة بنسبة (53.3%) يليهم حملة الماجستير بنسبة (22.8%) مما يعكس امتلاك غالبية المشاركين للمؤهلات العلمية المناسبة لطبيعة أعمالهم.

جدول (4-4)

توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة المئوية
أقل من 5 سنوات	26	14.4
من 5 إلى أقل من 10 سنوات	61	33.9
من 10 إلى أقل من 15 سنة	57	31.7
15 سنة فأكثر	36	20.0
المجموع	180	100.0

توضح النتائج أن غالبية أفراد العينة يمتلكون خبرة تزيد على خمس سنوات حيث بلغت نسبتهم (85.6%) وهو ما يعزز من موثوقية البيانات المستخلصة من آرائهم.

جدول (4-5)

توزيع أفراد العينة حسب المسمى الوظيفي

المسمى الوظيفي	التكرار	النسبة المئوية
مدير	18	10.0
مهندس	47	26.1
أخصائي مختبر	43	23.9
فني مختبر	31	17.2
مشرف محطة معالجة	24	13.3
مسؤول جودة	17	9.5
المجموع	180	100.0

يتضح أن المهندسين يمثلون النسبة الأعلى من أفراد العينة بنسبة (26.1%) يليهم أخصائيو المختبرات بنسبة (23.9%) مما يدل على أن المشاركين ينتمون إلى الفئات الأكثر ارتباطاً بموضوع الدراسة.

ثانياً: التحليل الوصفي للمحور الأول

المحور الأول: دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

جدول (4-6)

التحليل الوصفي لعبارات المحور الأول

م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	يقوم مختبر جودة المياه بإجراء التحاليل الدورية لمياه الصرف الصناعية وفق برامج منتظمة.	4.38	0.66	مرتفعة	5
2	يسهم المختبر في الاكتشاف المبكر للمخاطر البيئية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية.	4.47	0.61	مرتفعة جداً	2
3	توفر نتائج المختبر بيانات دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تقييم جودة مياه الصرف الصناعية.	4.51	0.58	مرتفعة جداً	1
4	يساعد المختبر في متابعة كفاءة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصناعية.	4.36	0.70	مرتفعة	6

5	يسهم المختبر في تقليل احتمالية حدوث التلوث البيئي الناتج عن مياه الصرف الصناعية.	4.41	0.65	مرتفعة جداً	4
6	يعتمد المسؤولون في المصنع على نتائج المختبر عند اتخاذ القرارات البيئية.	4.33	0.73	مرتفعة	8
7	تساعد نتائج المختبر في تحديد مصادر المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية.	4.46	0.60	مرتفعة جداً	3
8	يسهم المختبر في ضمان الالتزام بالمعايير البيئية الخاصة بجودة المياه.	4.35	0.69	مرتفعة	7
9	يشارك المختبر في تقييم الإجراءات التصحيحية الخاصة بمحطة المعالجة.	4.28	0.76	مرتفعة	10
10	يمثل مختبر جودة المياه عنصراً أساسياً في منظومة إدارة المخاطر داخل المصنع.	4.31	0.71	مرتفعة	9

تفسير النتائج

تشير نتائج الجدول إلى أن المتوسط العام للمحور الأول بلغ (4.39) من 5.00 (بانحراف معياري بلغ (0.67) وهو ما يدل على ارتفاع مستوى موافقة أفراد العينة على عبارات المحور الأول.

وجاءت العبارة "توفر نتائج المختبر بيانات دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تقييم جودة مياه الصرف الصناعية" في المرتبة الأولى بمتوسط حسابي بلغ (4.51) مما يعكس إدراك أفراد العينة لأهمية البيانات المخبرية في تقييم جودة مياه الصرف ودعم عمليات الرقابة البيئية.

وجاءت في المرتبة الثانية العبارة "يسهم المختبر في الاكتشاف المبكر للمخاطر البيئية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية" بمتوسط حسابي بلغ (4.47) وهو ما يؤكد الدور الوقائي الذي يؤديه المختبر في الحد من المخاطر قبل تفاقمها.

أما المرتبة الثالثة فقد جاءت للعبارة "تساعد نتائج المختبر في تحديد مصادر المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية" بمتوسط حسابي بلغ (4.46) مما يشير إلى اعتماد الإدارة على نتائج المختبر في تحديد مصادر الخطر وتحليلها.

بينما جاءت العبارة "يشارك المختبر في تقييم الإجراءات التصحيحية الخاصة بمحطة المعالجة" في المرتبة الأخيرة رغم حصولها على متوسط مرتفع بلغ (4.28) وهو ما يدل على وجود موافقة مرتفعة من أفراد العينة مع وجود فرصة لتعزيز دور المختبر في متابعة الإجراءات التصحيحية بصورة أكبر.

وتشير النتائج بصورة عامة إلى اتفاق أفراد العينة على أن مختبر جودة المياه يمثل أحد المكونات الرئيسية في منظومة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية من خلال دوره في توفير البيانات الدقيقة واكتشاف المخاطر مبكراً ودعم اتخاذ القرار البيئي وتحسين كفاءة تشغيل محطات المعالجة.

ثالثاً: التحليل الوصفي لعبارات المحور الثاني

المحور الثاني: متطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

جدول (4-7)

التحليل الوصفي لعبارات المحور الثاني

م	العبرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
11	يحتاج المختبر إلى تحديث مستمر للأجهزة والمعدات المستخدمة في التحليل.	4.61	0.55	مرتفعة جداً	2
12	يسهم تدريب العاملين بالمختبر في رفع كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.	4.57	0.58	مرتفعة جداً	4
13	يساعد تطبيق نظام الجودة والاعتماد المختبري في تحسين أداء المختبر.	4.65	0.49	مرتفعة جداً	1
14	يسهم التحول الرقمي في رفع كفاءة مختبر جودة المياه.	4.52	0.61	مرتفعة جداً	6
15	يساعد استخدام أنظمة المراقبة الذكية في سرعة اكتشاف المخاطر البيئية.	4.59	0.56	مرتفعة جداً	3
16	يسهم التكامل بين المختبر والإدارات المختلفة في تحسين إدارة المخاطر البيئية.	4.54	0.60	مرتفعة جداً	5
17	يؤدي توفير الدعم المالي والإداري إلى تعزيز كفاءة مختبر جودة المياه.	4.49	0.64	مرتفعة	8

18	يساعد إنشاء قاعدة بيانات إلكترونية لنتائج التحاليل في دعم اتخاذ القرار البيئي.	4.46	0.66	مرتفعة	9
19	يسهم تطبيق برامج المراجعة والتحسين المستمر في رفع كفاءة المختبر.	4.50	0.63	مرتفعة جداً	7
20	يسهم تطبيق تصور متكامل لتفعيل دور مختبر جودة المياه في تعزيز إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان.	4.43	0.68	مرتفعة	10

تفسير النتائج

يتضح من نتائج الجدول أن المتوسط الحسابي العام للمحور الثاني بلغ (4.54) من 5.00 (بانحراف معياري بلغ (0.60) وهو ما يشير إلى ارتفاع مستوى موافقة أفراد العينة على العبارات المتعلقة بمتطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.

وجاءت العبارة "يساعد تطبيق نظام الجودة والاعتماد المختبري في تحسين أداء المختبر" في المرتبة الأولى بمتوسط حسابي بلغ (4.65) مما يعكس إدراك أفراد العينة لأهمية تطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المختبري في ضمان دقة نتائج التحاليل وتحسين موثوقية المختبر.

وفي المرتبة الثانية جاءت العبارة "يحتاج المختبر إلى تحديث مستمر للأجهزة والمعدات المستخدمة في التحليل" بمتوسط حسابي بلغ (4.61) وهو ما يؤكد أهمية مواكبة التطورات التقنية لضمان كفاءة الأداء المختبري.

كما جاءت العبارة "يساعد استخدام أنظمة المراقبة الذكية في سرعة اكتشاف المخاطر البيئية" في المرتبة الثالثة بمتوسط حسابي بلغ (4.59) مما يدل على اقتناع أفراد العينة بأهمية التقنيات الحديثة في دعم عمليات الرصد البيئي والاكتشاف المبكر للمخاطر.

في حين جاءت العبارة "يسهم تطبيق تصور متكامل لتفعيل دور مختبر جودة المياه في تعزيز إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان" في المرتبة الأخيرة بمتوسط حسابي بلغ (4.43) ورغم ذلك فقد جاءت بدرجة موافقة مرتفعة مما يؤكد تأييد أفراد العينة لفكرة تطوير دور المختبر من خلال تطبيق تصور متكامل.

وتشير النتائج بصورة عامة إلى وجود اتفاق كبير بين أفراد العينة على أن تطوير البنية التحتية للمختبر وتحديث الأجهزة وتأهيل الكوادر البشرية وتطبيق أنظمة الجودة والتحول الرقمي تمثل جميعها متطلبات أساسية لتعزيز دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.

رابعاً: التحليل الإجمالي لمحااور الدراسة

جدول (4-8)

التحليل الإجمالي لمحااور الدراسة

م	المحور	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.	4.39	0.67	مرتفعة جداً	2

2	متطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.	4.54	0.60	مرتفعة جداً	1
	المتوسط العام للدراسة	4.47	0.64	مرتفعة جداً	

تفسير النتائج

تشير نتائج الجدول إلى أن المتوسط الحسابي العام لجميع محاور الدراسة بلغ (4.47) من 5.00 (بانحراف معياري بلغ (0.64) وهو ما يعكس ارتفاع مستوى موافقة أفراد العينة على جميع محاور الدراسة ويؤكد إدراكهم لأهمية مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان.

وقد جاء محور متطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في المرتبة الأولى بمتوسط حسابي بلغ (4.54) مما يدل على اتفاق أفراد العينة على أن تطوير المختبر يتطلب توفير متطلبات تنظيمية وفنية وتقنية تشمل تحديث الأجهزة والمعدات وتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد وتطوير مهارات العاملين والاستفادة من التحول الرقمي وأنظمة المراقبة الذكية.

بينما جاء محور دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في المرتبة الثانية بمتوسط حسابي بلغ (4.39) وهو أيضاً ضمن مستوى الموافقة المرتفعة جداً مما يشير إلى اتفاق أفراد العينة على أن المختبر يؤدي دوراً محورياً في مراقبة جودة مياه الصرف الصناعية والكشف المبكر عن المخاطر البيئية ودعم اتخاذ القرار وتحسين كفاءة تشغيل محطات المعالجة.

وتؤكد النتائج الإجمالية للدراسة أن نجاح إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان يعتمد بصورة كبيرة على وجود مختبر جودة مياه متطور يعمل وفق معايير الجودة والاعتماد ويعتمد على

التقنيات الحديثة ويزود الإدارة ببيانات دقيقة وموثوقة تمكنها من اتخاذ القرارات البيئية المناسبة وتعزيز الاستدامة البيئية داخل المنشأة الصناعية.

خامساً: اختبار فرضيات الدراسة

اعتمدت الدراسة على اختبار الانحدار الخطي البسيط لاختبار فرضيات الدراسة والتعرف على أثر دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان في المملكة العربية السعودية. كما تم اعتماد مستوى الدلالة الإحصائية (0.05) للحكم على قبول أو رفض الفرضيات.

الفرضية الرئيسة

تنص الفرضية الرئيسة على أنه:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لدور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصنع ألبان بالمملكة العربية السعودية.

وللتحقق من صحة هذه الفرضية تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط وكانت النتائج كما يوضحها الجدول التالي.

جدول (4-9)

نتائج اختبار الفرضية الرئيسة باستخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط

المتغير المستقل	المتغير التابع	معامل الارتباط R	معامل التحديد R ²	قيمة F	مستوى الدلالة Sig	النتيجة
--------------------	----------------	---------------------	---------------------------------	--------	-------------------------	---------

دور مختبر جودة المياه	إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية	0.801	0.642	319.514	0.000	قبول الفرضية
--------------------------	---------------------------------------	-------	-------	---------	-------	-----------------

تشير النتائج إلى وجود علاقة ارتباط قوية بين دور مختبر جودة المياه وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية حيث بلغ معامل الارتباط (0.801) وهو ما يدل على وجود علاقة طردية قوية بين المتغيرين. كما بلغ معامل التحديد (0.642) وهو ما يعني أن دور مختبر جودة المياه يفسر ما نسبته (64.2%) من التغيرات التي تطرأ على إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية بينما تعزى النسبة المتبقية إلى عوامل أخرى لم تتناولها الدراسة.

كما بلغت قيمة (F) المحسوبة (319.514) عند مستوى دلالة (0.000) وهو أقل من مستوى الدلالة المعتمد (0.05) مما يدل على معنوية نموذج الانحدار الإحصائي وصلاحيته لتفسير العلاقة بين المتغيرين. وبناء على النتائج السابقة يتم قبول الفرضية الرئيسة والتي تنص على وجود أثر ذي دلالة إحصائية لدور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية.

وتؤكد هذه النتيجة أن مختبر جودة المياه يمثل أحد العناصر الأساسية في منظومة الإدارة البيئية بالمصنع حيث يساهم في الكشف المبكر عن المخاطر وتوفير البيانات الدقيقة وتحسين كفاءة محطات المعالجة ودعم اتخاذ القرار البيئي بما يعزز من كفاءة إدارة المخاطر ويحد من الآثار البيئية والتشغيلية المحتملة.

سادساً: مناقشة النتائج

أظهرت نتائج الدراسة أن أفراد العينة لديهم مستوى مرتفع جداً من الاتفاق على أهمية دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية حيث بلغ المتوسط الحسابي للمحور الأول (4.39) وهو ما يعكس إدراك العاملين لأهمية المختبر باعتباره أحد المكونات الرئيسة في منظومة الإدارة البيئية داخل مصانع الألبان. وتشير هذه النتيجة إلى أن المختبر لا يقتصر دوره على إجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية للمياه وإنما يمتد ليشمل توفير المعلومات الدقيقة التي تساعد في الكشف المبكر عن المخاطر وتحسين جودة القرارات البيئية.

كما أوضحت النتائج أن أفراد العينة أبدوا مستوى مرتفعاً جداً من الموافقة على متطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه حيث بلغ المتوسط الحسابي للمحور الثاني (4.54) وهو أعلى متوسط بين محاور الدراسة. ويعكس ذلك وجود قناعة لدى العاملين بأن تطوير المختبر يتطلب تحديث الأجهزة والمعدات وتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المختبري وتأهيل الكوادر البشرية والاستفادة من التقنيات الرقمية الحديثة وأنظمة المراقبة الذكية بما يساهم في رفع كفاءة الأداء المختبري وتحسين إدارة المخاطر البيئية.

وأظهرت نتائج اختبار الفرضيات وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لدور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية حيث بلغ معامل الارتباط (0.801) بينما بلغ معامل التحديد (0.642) وهو ما يدل على أن المختبر يمثل عاملاً مؤثراً في رفع كفاءة إدارة المخاطر داخل مصانع الألبان. وتؤكد هذه النتيجة أن جودة البيانات المختبرية ودقتها تؤثر بصورة مباشرة في كفاءة تقييم المخاطر وسرعة اكتشافها واتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة.

كما بينت النتائج أن تطبيق أنظمة الجودة والاعتماد المختبري يمثل أحد أهم المتطلبات اللازمة لتطوير أداء مختبرات جودة المياه حيث حصلت هذه العبارة على أعلى متوسط حسابي بين عبارات المحور الثاني.

ويشير ذلك إلى إدراك أفراد العينة لأهمية الالتزام بالمعايير الدولية في ضمان دقة نتائج التحاليل ورفع مستوى الثقة في البيانات المستخدمة في اتخاذ القرارات البيئية.

وأوضحت النتائج أيضاً أن تحديث الأجهزة والمعدات واستخدام أنظمة المراقبة الذكية والتحول الرقمي من أهم العوامل التي تسهم في تعزيز كفاءة مختبرات جودة المياه حيث تساعد هذه التقنيات في تحسين سرعة الحصول على نتائج التحاليل ورفع دقتها وتمكين الإدارة من متابعة جودة مياه الصرف الصناعية بصورة لحظية بما يحد من المخاطر البيئية والتشغيلية.

كما كشفت النتائج عن أهمية التكامل بين مختبر جودة المياه والإدارات المختلفة داخل المصنع مثل إدارة الجودة وإدارة البيئة وإدارة الإنتاج وإدارة الصيانة حيث يسهم هذا التكامل في تبادل المعلومات والاستفادة من نتائج التحاليل في تطوير العمليات التشغيلية وتحسين كفاءة إدارة المخاطر البيئية.

وتشير النتائج كذلك إلى أن نجاح إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية لا يعتمد على كفاءة محطات المعالجة وحدها وإنما يرتبط بوجود مختبر جودة مياه يعمل وفق معايير الجودة والاعتماد ويعتمد على أحدث التقنيات العلمية ويزود الإدارة ببيانات دقيقة تساعد في التخطيط واتخاذ القرار والتحسين المستمر.

وبصفة عامة تؤكد نتائج الدراسة أن تفعيل دور مختبر جودة المياه يمثل أحد المتطلبات الأساسية لتحسين كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان وأن الاستثمار في تطوير المختبرات وتأهيل الكوادر البشرية وتطبيق أنظمة الجودة والاعتماد يسهم بصورة مباشرة في حماية البيئة ورفع كفاءة التشغيل وتحقيق الاستدامة البيئية وتعزيز قدرة المنشآت الصناعية على الالتزام بالمتطلبات النظامية وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

النتائج

في ضوء أهداف الدراسة والإطار النظري والتحليل الميداني واختبار فرضيات الدراسة توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج التي تعكس واقع دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان بالمملكة العربية السعودية كما توضح أهم الجوانب التي يمكن من خلالها تطوير أداء المختبر وتعزيز مساهمته في دعم الإدارة البيئية وتحقيق الاستدامة والامتثال للمتطلبات النظامية. ويمكن عرض أبرز النتائج على النحو الآتي:

1. توصلت الدراسة إلى أن مختبر جودة المياه يمثل أحد الركائز الرئيسية في منظومة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصنع الألبان حيث يؤدي دوراً أساسياً في مراقبة جودة المياه وتحليل العينات والكشف المبكر عن أي تغيرات قد تؤثر في كفاءة عمليات المعالجة أو تؤدي إلى حدوث آثار بيئية سلبية. كما يسهم المختبر في توفير معلومات دقيقة تساعد الإدارة على اتخاذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب .
2. أظهرت الدراسة أن تفعيل دور مختبر جودة المياه لا يقتصر على إجراء التحاليل المخبرية فقط وإنما يمتد ليشمل المشاركة في تقييم المخاطر البيئية وتحليل أسبابها واقتراح الحلول المناسبة والحد من احتمالية تكرارها بما يعزز كفاءة منظومة إدارة المخاطر داخل المصنع .
3. بينت الدراسة أن إجراء التحاليل الدورية لمياه الصرف الصناعية يسهم في الاكتشاف المبكر لأي انحراف في مؤشرات جودة المياه وهو ما يساعد على سرعة اتخاذ الإجراءات التصحيحية قبل وصول الملوثات إلى مستويات قد تشكل خطراً على البيئة أو تؤثر في كفاءة التشغيل داخل المصنع .

4. كشفت الدراسة أن توافر أجهزة ومعدات تحليل حديثة ومتطورة داخل مختبر جودة المياه يعد من أهم العوامل المؤثرة في جودة نتائج التحاليل حيث يسهم في زيادة دقة القياسات وتقليل زمن إجراء الاختبارات وتحسين سرعة الاستجابة للمشكلات البيئية .
5. أوضحت الدراسة أن كفاءة العاملين في مختبر جودة المياه تعد عاملا حاسما في نجاح إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية حيث إن امتلاك الكوادر الفنية للخبرة العلمية والمهارات العملية يسهم في رفع جودة التحاليل وتحسين موثوقية النتائج ودعم عمليات اتخاذ القرار .
6. توصلت الدراسة إلى أن الالتزام بتطبيق نظم الجودة داخل المختبر وإجراء المعايرة الدورية للأجهزة والالتزام بإجراءات ضبط الجودة يؤدي إلى تحسين مستوى الاعتمادية في نتائج التحاليل ويعزز ثقة الإدارات المختلفة في مخرجات المختبر .
7. أظهرت الدراسة أن هناك حاجة إلى تعزيز التكامل بين مختبر جودة المياه وجميع الإدارات ذات العلاقة داخل المصنع بما يضمن سرعة تبادل المعلومات والاستفادة من نتائج التحاليل في التخطيط البيئي وإدارة المخاطر وتحسين الأداء التشغيلي .
8. بينت الدراسة أن البيانات المخبرية تمثل مصدرا مهما للمعلومات التي يمكن الاستفادة منها في بناء قواعد بيانات بيئية تساعد على تحليل الاتجاهات والتنبؤ بالمخاطر المستقبلية ودعم التخطيط الاستراتيجي لإدارة مياه الصرف الصناعية .
9. أوضحت الدراسة أن التحول الرقمي في إدارة البيانات المخبرية يسهم في تحسين كفاءة حفظ البيانات واسترجاعها وتحليلها وربطها بمؤشرات الأداء البيئي وأنظمة إدارة المخاطر مما يساعد على سرعة اتخاذ القرار وتحسين جودة المتابعة .

10. كشفت الدراسة أن تطبيق مؤشرات أداء واضحة لقياس كفاءة مختبر جودة المياه يساعد الإدارة على متابعة الأداء بصورة مستمرة وتحديد جوانب القوة والقصور ووضع خطط تطوير فعالة تضمن التحسين المستمر .

11. بينت الدراسة أن تطبيق المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 داخل مختبر جودة المياه يساهم في رفع جودة العمليات المخبرية وتحقيق الاعتماد الفني وتعزيز موثوقية نتائج التحاليل بما يدعم الامتثال للمعايير الدولية والاشتراطات البيئية .

12. توصلت الدراسة إلى أن تطوير دور مختبر جودة المياه يساهم في تحسين كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصناعية من خلال المتابعة المستمرة لمؤشرات جودة المياه وتقييم أداء عمليات المعالجة بصورة دقيقة ومستمرة .

13. أظهرت الدراسة أن الاستثمار في تطوير المختبر ينعكس بصورة إيجابية على الأداء البيئي والاقتصادي للمصنع حيث يساهم في تقليل تكاليف المعالجة وخفض احتمالات التعرض للمخالفات البيئية وتقليل المخاطر التشغيلية وتعزيز السمعة المؤسسية .

14. بينت الدراسة أن التصور المقترح يساهم في تحويل مختبر جودة المياه من وحدة تنفيذية يقتصر دورها على إجراء التحاليل إلى وحدة استراتيجية تشارك في دعم الإدارة العليا بالمعلومات العلمية اللازمة لإدارة المخاطر البيئية وتحسين جودة القرارات .

15. توصلت الدراسة إلى أن نجاح إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية يعتمد على تكامل مجموعة من العناصر تشمل المختبر والموارد البشرية والتقنيات الحديثة ونظم الجودة والتحول الرقمي والدعم الإداري بما يساهم في تحقيق الاستدامة البيئية وتحسين الأداء المؤسسي .

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة ومن أجل تعزيز دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية تقدم الدراسة مجموعة من التوصيات التي يمكن أن تسهم في تطوير أداء المختبر ورفع كفاءته وتحقيق مستويات أعلى من الأداء البيئي والاستدامة وذلك على النحو الآتي:

1. ضرورة تبني خطة استراتيجية شاملة لتفعيل دور مختبر جودة المياه بحيث يصبح جزءاً أساسياً من منظومة إدارة المخاطر داخل المصنع مع تحديد مسؤولياته بصورة واضحة وربطه بجميع الإدارات ذات العلاقة بما يضمن سرعة تبادل المعلومات ودعم اتخاذ القرار .
2. العمل على تحديث البنية التحتية للمختبر بصورة مستمرة من خلال توفير أحدث أجهزة تحليل المياه والمعدات المخبرية المتقدمة التي تتميز بالدقة والسرعة والكفاءة بما يواكب التطورات العلمية والتقنية في مجال تحليل جودة المياه .
3. التوسع في تطبيق نظم الجودة داخل مختبر جودة المياه والالتزام الكامل بمتطلبات المواصفة الدولية ISO/IEC 17025 والعمل على المحافظة على الاعتماد المختبري من خلال المراجعة المستمرة وتحسين الإجراءات الفنية والإدارية .
4. إعداد برامج تدريب وتأهيل مستمرة للعاملين في المختبر تشمل أحدث أساليب تحليل المياه وإدارة المخاطر وضبط الجودة والمعايرة وسلامة المختبرات واستخدام التقنيات الرقمية بما يسهم في رفع كفاءتهم المهنية وتحسين جودة الأداء .

5. إنشاء نظام إلكتروني متكامل لإدارة المعلومات المختبرية يربط نتائج التحاليل بجميع الإدارات ذات العلاقة داخل المصنع ويتيح إعداد التقارير والمؤشرات البيئية بصورة فورية مع توفير قواعد بيانات تساعد على تحليل الاتجاهات والتنبؤ بالمخاطر المستقبلية .
6. تعزيز برامج الرصد البيئي المستمر من خلال زيادة عدد العينات وتوسيع نطاق التحاليل وإجراء الاختبارات بصورة دورية وفق خطط زمنية واضحة بما يضمن الكشف المبكر عن أي تغير في جودة مياه الصرف الصناعية .
7. ربط نتائج مختبر جودة المياه بخطط إدارة المخاطر البيئية داخل المصنع بحيث تعتمد عمليات تقييم المخاطر والإجراءات الوقائية وخطط الطوارئ على البيانات المختبرية الدقيقة والحديثة .
8. تطوير منظومة متكاملة للإنذار المبكر تعتمد على نتائج التحاليل المختبرية ومؤشرات جودة المياه بهدف التنبؤ بالمخاطر البيئية قبل حدوثها واتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة للحد من آثارها .
9. تطبيق برامج صيانة وقائية ومعايرة دورية لجميع الأجهزة والمعدات المختبرية وفق جداول زمنية معتمدة لضمان استمرار كفاءتها والمحافظة على دقة نتائج التحاليل وتقليل احتمالات الأعطال .
10. اعتماد مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسة لقياس كفاءة مختبر جودة المياه بصورة دورية وتشمل دقة نتائج التحاليل وسرعة إصدار التقارير ومستوى الالتزام ببرامج المعايرة وعدد حالات الاكتشاف المبكر للمخاطر ومستوى رضا الإدارات المستفيدة من خدمات المختبر .
11. التوسع في استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتقنيات تحليل البيانات الضخمة في تحليل نتائج مختبر جودة المياه والتنبؤ بالتغيرات المحتملة في خصائص مياه الصرف الصناعية بما يساهم في دعم القرارات البيئية وتحسين إدارة المخاطر .

12. إنشاء قاعدة بيانات تاريخية لجميع نتائج التحاليل المختبرية بحيث يتم استخدامها في الدراسات المستقبلية وتحليل الاتجاهات طويلة المدى وتقييم أداء محطات معالجة مياه الصرف الصناعية وتحسين كفاءة تشغيلها .

13. تعزيز التعاون بين مصانع الألبان والجامعات السعودية والمراكز البحثية والجهات الحكومية المختصة بالمياه والبيئة من أجل تبادل الخبرات وتنفيذ مشروعات بحثية مشتركة وتطوير أساليب تحليل المياه وإدارة المخاطر البيئية .

14. نشر ثقافة الجودة والإدارة البيئية بين جميع العاملين داخل المصنع من خلال تنفيذ برامج توعوية وورش عمل ودورات تدريبية توضح أهمية مختبر جودة المياه ودوره في حماية البيئة والمحافظة على الموارد المائية وتحقيق الامتثال البيئي .

15. إجراء تقييم دوري للتصور المقترح وقياس مدى فاعليته في تحسين أداء مختبر جودة المياه مع تحديثه بصورة مستمرة بما يتوافق مع التطورات العلمية والتقنية والتشريعات البيئية وأفضل الممارسات العالمية في مجال إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية بما يضمن استمرارية التطوير وتحقيق أعلى مستويات الكفاءة البيئية والتشغيلية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- قزيط، محمد، (2015)، تقييم بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية للمياه العادمة في مصانع الألبان، مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، مجلد 1، العدد 2.
<https://journals.asmarya.edu.ly/jmset/index.php/JMSET/ar/article/view/134>
- ملال، عبد الحميد، (2024)، الحماية القانونية المستدامة للبيئة والصحة العامة من خطر النفايات الصناعية السائلة، مجلة الدراسات والبحوث القانونية، المجلد 9، العدد 1.
<https://asjp.cerist.dz/en/article/238606>
- أنطكلي، لين، (2018)، استخدام طريقة الترسيب الستاتيكي لمعالجة مزيج مياه صرف الألبان والزيت، مجلة اتحاد الجامعات العربية للعلوم الهندسية.
<https://jaaru.org/index.php/auisseng/article/view/297>
- السبيعي، عبد العزيز بدر سعود، (2023)، أثر ممارسات إدارة المخاطر الاستراتيجية على نجاح التطوير التنظيمي في وزارة الداخلية في دولة الكويت، مجلة العلوم الإدارية، العدد 14
- العمري، عبد الرحمن غرمان ، عبد الله عيسى العيسى، نورة عبد العزيز السليم، (2025)، أثر تطوير استراتيجيات متقدمة لإدارة المخاطر في تحقيق الميزة التنافسية لمشاريع التكنولوجيا والابتكار (دراسة حالة: مركز الملك عبد الله المالي - مدينة الرياض)، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي، المجلد الخامس - الإصدار الثالث والخمسون
- العنزي، عزيزه خلف، (2020)، "أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات: دراسة تطبيقية على الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية، المجلة العبية للنشر العلمي، الإصدار السابع - العدد واحد وسبعون
- العنزي، سعد علي حمود، (2015)، تأثير ادارة المخاطر وفوائدها في المنظمات: مدخل نظري تحليلي، مجلة جامعة الانبار للعلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد 7 العدد 13.
- خياط، أحمد مصيح. (2019). تصور مقترح لتطوير إدارة الاعمال في ضوء مدخل تصور مقترح لتطوير إدارة الأعمال في ضوء مدخل إدارة المخاطر بمؤسسات الأعمال الكويتية، المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة.
- العنزي، عبد الله بن محمد، (2024)، أثر تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر على نجاح المشروعات: دراسة تطبيقية على الشركات الخاصة بالمنطقة الشرقية، المجلة العربية للنشر العلمي، العدد 71،
- خبراني، خالد عبده، وأبو عنزة، أسماء، (2024)، الاستراتيجيات الفعالة لإدارة المخاطر والتخفيف منها في مجال أمن الشركات في المملكة العربية السعودية، المجلة الدولية للعلوم المالية والإدارية والاقتصادية، العدد 10،

- قابلاوي، بدر ربيع، (2025)، دور القيادة في إدارة المخاطر لضمان نجاح المشاريع: دراسة تطبيقية على شركة أرامكو السعودية، مجلة البحوث في إدارة المشاريع، العدد 5،
وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2025). *الكود السعودي لمصادر المياه واستخداماتها*. الرياض: وزارة البيئة والمياه والزراعة <https://uqn.gov.sa/details?p=27189>.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2025). *قرار الموافقة على الكود السعودي لمصادر المياه واستخداماتها*. الجريدة الرسمية أم القرى <https://uqn.gov.sa/details?p=27188>.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2024). *الموافقة على تحديث معايير ومواصفات مياه الشرب غير المعبأة*. الرياض: وزارة البيئة والمياه والزراعة <https://uqn.gov.sa/details?p=25381>.
- المركز السعودي للاعتماد. (2025). *اعتماد مختبرات الفحص والمعايرة وفق المواصفة الدولية ISO/IEC 17025*. الرياض: المركز السعودي للاعتماد <https://www.saac.gov.sa/ar>.
- المركز السعودي للاعتماد. (2025). *خدمة اعتماد مختبرات الفحص والمعايرة*. الرياض: المركز السعودي للاعتماد <https://www.saac.gov.sa/ar/services/laboratory-accreditation/>.
- الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة. (2025). *مختبرات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة*. الرياض: الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة. <https://www.saso.gov.sa/ar/sectors/laboratories/pages/about.aspx>.
- وكالة الأنباء السعودية. (2024). *وزارة البيئة والمياه والزراعة تحدّث معايير ومواصفات مياه الشرب غير المعبأة*. الرياض: وكالة الأنباء السعودية <https://www.spa.gov.sa/N2172170>.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2024). *قطاع المياه*. الرياض: وزارة البيئة والمياه والزراعة. <https://www.mewa.gov.sa/ar/Ministry/Agencies/AgencyofWater/Pages/default.aspx>.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. (2024). *الأبحاث والابتكار في تقنيات المياه*. الرياض: المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة <https://www.swcc.gov.sa>.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Basem, A., Jasim, D. J., Ghodrattallah, P., AbdulAmeer, S., Mahmood, A. M., Khudhayer, W. J., Dabis, H. K., et al. (2024). *Technical and financial feasibility of a chemicals recovery and energy and water production from a dairy wastewater treatment plant*. Scientific Reports, 14, Article 11143. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-61699-8>
- Krishna, S. K., & Rakesh, V. C. (2025). *Wastewater quality evaluation in terms of wastewater quality index using hybrid constructed wetland for treatment of dairy and municipal wastewater*. Water

Environment Research, 97(2), e70024.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wer.70024>

- Namal, O. O., & Altaş, L. (2024). *Characterization and evaluation of the anaerobic treatability of a dairy wastewater*. Water Environment Research, 96(4), e11014.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wer.11014>
- Carnevale Miino, M., Torretta, V., Vespalec, J., et al. (2026). *Integration of Failure Mode and Effects Analysis and Full-Scale Treatment Plant Monitoring for the Management of Dairy Wastewater: Evidence from a Case Study*. Water, Air, & Soil Pollution, 237, Article 816.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-026-09460-x>
- Biljana R. Cvetković,, Nurgin Memišin, Zvonko Nježić, Lato Pezo, Grazina Juodeikiene, Jasmina Vitas And Nebojša Ilić. (2025). *Addressing wastewater challenges in the dairy industry: A focused case study*. Journal of Dairy Research, 92(2), 135–145.
<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/addressing-wastewater-challenges-in-the-dairy-industry-a-focused-case-study/86C2C845152CB8F5E2A19DF92AF3979D>
- Cicekalan, B., Shitreh, S., Cavdar, B., Salimi-Khaligh, S., Yuksekdog, A., Cataltas, A., Koyuncu, I., Ozgun, H., & Ersahin, M. E. (2025). *Sustainable treatment of dairy industry wastewater using an integrated anaerobic membrane bioreactor–reverse osmosis system for industrial water reuse*. Chemical Engineering Journal, 521, 166345.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894725071839>
- Nishan, R. K., Akter, S., Sony, R. I., Hoque, M. M., Anee, M. J., et al. (2024). *Development of an IoT-based multi-level system for real-time water quality monitoring in industrial wastewater*. Discover

Water, 4, Article 43.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s43832-024-00092-y>

- Kannan, K., et al. (2024). *Enhancing physico-chemical water quality in recycled dairy effluent through microbial consortium treatment*. Heliyon, 10(21), e39501.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024155326>

- Afsaneh Mazaheri, Mohamad Reza Doosti, (2025) < Dairy Wastewater Treatment through a Novel Combined HABR-RBC System.. Journal of Hazardous Materials Advances.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416625002530>

- Geetha, N. B., Sangeetha, S. E., Devasena, B., Ashwini, L., Farheen, N., & Mahalakshmi, J. (2025). *Optimization of Wastewater Treatment in the Dairy Industry*. International Journal of Environmental Sciences, 11(2), 262–267.

<https://theaspd.com/index.php/ijes/article/view/532>

الملاحق (الاستبانة)

استبانة الدراسة

بسم الله الرحمن الرحيم

السادة المشاركون الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

يقوم الباحث بإجراء دراسة بعنوان "تصور مقترح لتفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصنع ألبان في المملكة العربية السعودية" وذلك استكمالاً لمتطلبات البحث العلمي.

وتهدف هذه الدراسة إلى التعرف على واقع دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية والتعرف على المتطلبات اللازمة لتفعيل دوره بما يسهم في تعزيز كفاءة إدارة المخاطر وتحسين جودة القرارات البيئية داخل مصانع الألبان في المملكة العربية السعودية.

ونظراً لما تتمتعون به من خبرة ومعرفة في مجال عملكم فإن الباحث يأمل منكم التكرم بالإجابة عن جميع عبارات الاستبانة بكل دقة وموضوعية علماً بأن جميع المعلومات ستستخدم لأغراض البحث العلمي فقط وستعامل بسرية تامة.

وتفضلوا بقبول خالص الشكر والتقدير.

أولاً: البيانات الديموغرافية

الجنس

☐ ذكر

☐ أنثى

العمر

☐ أقل من 30 سنة

☐ من 30 إلى أقل من 40 سنة

☐ من 40 إلى أقل من 50 سنة

☐ 50 سنة فأكثر

المؤهل العلمي

☐ دبلوم

☐ بكالوريوس

☐ ماجستير

☐ دكتوراه

سنوات الخبرة

☐ أقل من 5 سنوات

☐ من 5 إلى أقل من 10 سنوات

☐ من 10 إلى أقل من 15 سنة

☐ 15 سنة فأكثر

المسمى الوظيفي

☐ مدير

☐ مهندس

☐ أخصائي مختبر

☐ فني مختبر

☐ مشرف محطة معالجة

☐ مسؤول جودة

☐ أخرى.....

ثانياً: عبارات الاستبانة

يرجى وضع علامة (✓) أمام درجة الموافقة المناسبة وفق مقياس ليكرت الخماسي.

درجة الموافقة	أو افق بشدة	أو افق	محايد	لا أو افق	لا أو افق بشدة
الدرجة	5	4	3	2	1

المحور الأول

دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

م	العبرة	أوافق بشدة (5)	أوافق (4)	محايد (3)	لا أوافق (2)	لا أوافق بشدة (1)
1	يقوم مختبر جودة المياه بإجراء التحاليل الدورية لمياه الصرف الصناعية وفق برامج زمنية منتظمة.	☐	☐	☐	☐	☐
2	يسهم المختبر في الاكتشاف المبكر للمخاطر البيئية المرتبطة بمياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐
3	توفر نتائج المختبر بيانات دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تقييم جودة مياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐
4	يساعد المختبر في متابعة كفاءة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐
5	يسهم المختبر في تقليل احتمالية حدوث التلوث البيئي الناتج عن مياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐

6	يعتمد المسؤولون في المصنع على نتائج المختبر عند اتخاذ القرارات البيئية.	☐	☐	☐	☐	☐
7	تساعد نتائج المختبر في تحديد مصادر المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐
8	يسهم المختبر في ضمان الالتزام بالمعايير البيئية الخاصة بجودة المياه.	☐	☐	☐	☐	☐
9	يشارك المختبر في تقييم الإجراءات التصحيحية الخاصة بمحطة المعالجة.	☐	☐	☐	☐	☐
10	يمثل مختبر جودة المياه عنصراً أساسياً في منظومة إدارة المخاطر داخل المصنع.	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الثاني

متطلبات تفعيل دور مختبر جودة المياه في إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية

م	العبارة	أوافق بشدة (5)	أوافق (4)	محايد (3)	لا أوافق (2)	لا أوافق بشدة (1)
11	يحتاج المختبر إلى تحديث مستمر للأجهزة والمعدات المستخدمة في التحليل.	☐	☐	☐	☐	☐
12	يسهم تدريب العاملين بالمختبر في رفع كفاءة إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية.	☐	☐	☐	☐	☐
13	يساعد تطبيق نظام الجودة والاعتماد المختبري في تحسين أداء المختبر.	☐	☐	☐	☐	☐
14	يسهم التحول الرقمي في رفع كفاءة مختبر جودة المياه.	☐	☐	☐	☐	☐

15	يساعد استخدام أنظمة المراقبة الذكية في سرعة اكتشاف المخاطر البيئية.	☐	☐	☐	☐	☐
16	يسهم التكامل بين المختبر والإدارات المختلفة في تحسين إدارة المخاطر البيئية.	☐	☐	☐	☐	☐
17	يؤدي توفير الدعم المالي والإداري إلى تعزيز كفاءة مختبر جودة المياه.	☐	☐	☐	☐	☐
18	يساعد إنشاء قاعدة بيانات إلكترونية لنتائج التحاليل في دعم اتخاذ القرار البيئي.	☐	☐	☐	☐	☐
19	يسهم تطبيق برامج المراجعة والتحسين المستمر في رفع كفاءة المختبر.	☐	☐	☐	☐	☐
20	يسهم تطبيق تصور متكامل لتفعيل دور مختبر جودة المياه في تعزيز إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعية داخل مصانع الألبان.	☐	☐	☐	☐	☐

Abstract

This study aimed to develop a proposed framework for activating the role of the Water Quality Laboratory in managing industrial wastewater risks at a dairy manufacturing plant in the Kingdom of Saudi Arabia. The study was based on the increasing importance of water quality laboratories in supporting environmental management systems improving risk management practices reducing environmental impacts resulting from industrial wastewater and ensuring compliance with national regulations and international water quality standards. The importance of this research has grown alongside the rapid industrial expansion in Saudi Arabia the increasing volume of industrial wastewater and the need to strengthen laboratory monitoring and analytical capabilities to protect water resources preserve the environment and contribute to sustainable development in line with the objectives of Saudi Vision 2030. The study also sought to highlight the strategic role that water quality laboratories can play by moving beyond routine testing toward proactive environmental risk assessment and supporting decision makers with reliable scientific information.

The study adopted the descriptive analytical approach as the most appropriate methodology for achieving its objectives. Relevant literature environmental regulations technical standards and current laboratory practices were reviewed and analyzed to evaluate the existing role of the Water Quality Laboratory in the selected dairy factory and to identify strengths weaknesses and opportunities for improvement. A structured questionnaire was used as the primary data collection instrument and was distributed to a sample of **180** employees representing top management quality management environmental health and safety production maintenance operations and laboratory departments in order to evaluate their perceptions regarding the laboratory's contribution to industrial wastewater risk management the challenges affecting its effectiveness and the most appropriate mechanisms for enhancing its performance.

The findings demonstrated that the Water Quality Laboratory constitutes a fundamental component of the industrial wastewater risk management system and that improving laboratory performance directly contributes to enhancing environmental monitoring early detection of pollution sources and reducing operational and environmental risks. The results also indicated that activating the laboratory's role requires advanced analytical equipment effective quality assurance and calibration programs compliance with ISO/IEC 17025 laboratory accreditation requirements and continuous development of laboratory personnel.

Participants showed a high level of agreement regarding the importance of strengthening periodic monitoring programs continuous analysis of wastewater quality indicators and integrating laboratory results into environmental risk management and organizational decision making. The study further identified several challenges including the need to modernize laboratory infrastructure improve coordination among departments and maximize the use of laboratory data in proactive environmental planning.

Based on these findings the study proposed an integrated framework for enhancing the role of the Water Quality Laboratory through upgrading laboratory infrastructure modernizing analytical equipment implementing internationally recognized laboratory quality management systems strengthening digital transformation in laboratory information management establishing integrated databases linked to environmental performance indicators and improving coordination between the laboratory and all relevant departments. The study also recommended adopting proactive monitoring systems early warning mechanisms artificial intelligence applications and advanced data analytics to improve industrial wastewater risk management support environmental sustainability achieve regulatory compliance and enhance operational performance within dairy manufacturing plants in the Kingdom of Saudi Arabia.

Keywords: Water Quality Laboratory, Industrial Wastewater Risk Management, Dairy Industry, Water Quality, Environmental Management, Sustainability, Saudi Arabia.

Midocean University

College of Management

Department of management



A Proposed Framework for Activating the Role of the Water Quality
Laboratory in Managing Industrial Wastewater Risks at a Dairy Factory in the
Kingdom of Saudi Arabia

Prepared by:

Supervised by:

Dr. Faisal Abdul Hamid Mohammed Hassan

Dr. Fayez Jarad

Year:2026