

تصور مقترح لتفعيل دور مختبرات جودة المياه في دعم إدارة
مخاطر مياه الصرف الصناعية في مصانع الالبان في المملكة
العربية السعودية

الاسم: إبراهيم عبد الرحمن كرمان باكرمان

رقم الطالب: ٢٥٣٠٠٢٠٦١

الكلية: الادارة

التخصص: ماجستير إدارة المخاطر

الجامعة: جامعة ميدأوشن

السنة: ٢٠٢٦

المشرف: د/ الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د/ فايز جراد

المقدمة (INTRUDACTION)

تعد مصانع الألبان في المملكة العربية السعودية من القطاعات الحيوية التي تلبي احتياجات السكان اليومية من الحليب ومشتقاته، وتساهم في دعم الاقتصاد الوطني. ومع التوسع في الإنتاج، تزداد كميات مياه الصرف الصناعي الناتجة عن العمليات المختلفة مثل الغسيل، المعالجة الحرارية، التعقيم، وإنتاج المنتجات الثانوية. هذه المياه تحتوي على ملوثات عضوية وكيميائية متنوعة، وإذا لم تتم معالجتها بالشكل الصحيح، فقد تؤدي إلى مشكلات بيئية وصحية مثل تلوث المصادر المائية وزيادة الأحمال العضوية والميكروبية.

يأتي دور مختبرات جودة المياه كعنصر أساسي لضمان مراقبة المياه الداخلة والخارجة من عمليات المعالجة، من خلال قياس المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه، مثل: درجة الحموضة، المواد العضوية، الأملاح المعدنية، الملوثات الميكروبية، إضافة إلى متابعة التغيرات بين الفترات الإنتاجية المختلفة. هذه المراقبة تساعد في اتخاذ قرارات علمية دقيقة لتحسين عمليات المعالجة وتقليل المخاطر البيئية (ساركار، 2020).

ومن التحديات العملية التي تواجه مصانع الألبان:

تغير تركيبة مياه الصرف بين الفترات المختلفة للإنتاج: تختلف الأحمال العضوية والمعادن والملوثات حسب كمية الإنتاج والمواد الخام، ما يجعل مراقبة جودة المياه عملية مستمرة ودقيقة (كواليسكي، ٢٠١٩). غياب آليه لربط نتائج المختبرات بالمعالجة الفعلية للمياه، مما يؤدي إلى فجوات في الأداء وتشوه في مؤشرات الجودة (الخطيب، 2020).

الحاجة إلى أساليب استباقية للتنبؤ بالمخاطر، بحيث تستطيع المختبرات تقديم توصيات عملية للحد من التأثيرات السلبية لمياه الصرف على البيئة المحيطة (غارسيا، 2018).

تسعى هذه الدراسة إلى تقديم تصور مقترح لتفعيل دور مختبرات جودة المياه في دعم إدارة مخاطر مياه الصرف في مصانع الألبان السعودية. الهدف منه بناء نموذج عملي يربط بين البيانات المخبرية، التحليل الفني

والإدارة البيئية، بحيث يمكن للمختبرات:

تقييم جودة المياه قبل وبعد المعالجة دورياً.

تحديد مخاطر مياه الصرف على البيئة والصحة العامة.

تقديم توصيات عملية لإدارة مياه الصرف وتحقيق الاستدامة البيئية (سالم، 2020).

الميزة من هذا البحث:

. إنه يمكن تطبيقه مباشرة داخل مصانع الألبان بالاعتماد على البيانات المخبرية المتاحة.

. يعزز من قدرة الإدارة على اتخاذ قرارات بيئية سليمة ومستدامة.

. يسلط الضوء على أهمية مختبرات جودة المياه كعنصر استراتيجي في مراقبة وتحسين كفاءة معالجة مياه

الصرف الصناعي.

. مشكلة الدراسة (Research Problem)

على الرغم من التطور الكبير في صناعة الألبان بالمملكة العربية السعودية، إلا أن إدارة مياه الصرف الصناعي ما زالت تواجه تحديات كبيرة تتعلق بالبيئة والجودة التشغيلية. وتتمثل هذه التحديات في عدة نقاط مترابطة: تغير تركيبة مياه الصرف بين الفترات الإنتاجية، مما يؤدي إلى صعوبة التنبؤ باستمرارية جودة المياه ومعالجتها بفعالية (المراعي، نادك2020)

الافتقار إلى ربط البيانات المخبرية بالعمليات التشغيلية: بالرغم من توفر تحاليل دقيقة لمياه الصرف مثل

درجة الحموضة PH

إجمالي المواد الصلبة العالقة TSS

الطلب الكيميائي للأوكسجين COD

الطلب البيو كيميائي للأوكسجين BOD

إلا أن النتائج غالبًا لا تُوظف بشكل كامل لدعم القرارات الإدارية وتشغيل محطات المعالجة (ساركار، 2020). غياب أدوات استباقية لإدارة المخاطر البيئية: بعض المخاطر المرتبطة بمياه الصرف الصناعي لا يتم اكتشافها إلا بعد حدوث آثار سلبية على البيئة أو جودة المنتجات، ما يعكس نقصًا في التكامل بين مختبرات جودة المياه والجهات الإدارية (الخطيب، 2019).

الحاجة إلى نموذج عملي متكامل لإدارة المخاطر: عدم وجود نموذج يربط بين التحاليل المخبرية والقرارات التشغيلية والإدارية يجعل من الصعب تحقيق استدامة في معالجة مياه الصرف والحد من الملوثات.

أهمية المختبرات كحل عملي: دور مختبرات جودة المياه يصبح حاسماً في رصد وتقييم مخاطر مياه الصرف الصناعي بشكل دوري ودقيق، بما يسمح باتخاذ إجراءات تصحيحية واستباقية لتحسين كفاءة المعالجة وضمان توافق المياه مع المعايير البيئية (كارفالو، 2021).

إذا ، يمكن تلخيص مشكلة الدراسة في غياب تصور شامل وفعال يربط بين بيانات المختبرات وعمليات المعالجة والإدارة التشغيلية لمياه الصرف في مصانع الألبان، ما يؤدي إلى الحد من المخاطر البيئية والحفاظ على جودة المياه والاستدامة في الموارد المائية.

أهمية الدراسة (Significance of the Study)

تمثل هذه الدراسة أهمية كبيرة على مستويين متكاملين:

أولاً: الأهمية العلمية

تسعى الدراسة إلى إثراء المعرفة العلمية حول إدارة مياه الصرف الصناعي في صناعة الألبان بالمملكة العربية السعودية، وذلك من تركيزها على دور مختبرات جودة المياه كأداة داعمة لتقييم المخاطر البيئية.

كما توفر الدراسة إطاراً موسعاً لدراسة التغيرات في تركيبة مياه الصرف بين الفترات الإنتاجية المختلفة، مما يعزز فهم الباحثين لكيفية تأثير التغيرات التشغيلية على المخاطر البيئية والاستدامة، ويساهم في سد الفجوة البحثية المتعلقة بعدم وجود أدوات عملية تربط بين البيانات المخبرية والقرارات الإدارية في مصانع الألبان (سالم، 2019).

ثانيًا: الأهمية التطبيقية

على الصعيد العملي، توفر الدراسة مرجعًا مباشرًا لإدارات مصانع الألبان لتطوير آليات فعالة لرصد وإدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي. من خلال تصور عملي لدور مختبرات جودة المياه، يمكن للإدارات اتخاذ إجراءات استباقية للحد من المخاطر البيئية وتحسين كفاءة محطات المعالجة.

كما تساعد الدراسة في:

- تحسين مستوى الرقابة والتقييم الدوري للمياه المعالجة، بما يضمن الامتثال للمعايير البيئية الوطنية.
- دعم القرارات التشغيلية باستخدام بيانات مختبرية دقيقة ومحددة، ما يقلل من الهدر المائي ويعزز استدامة الموارد.
- تقديم أداة مرجعية للممارسات المثلى في مصانع الألبان، بحيث تصبح المختبرات جزءًا فعالاً من إدارة المخاطر وليس مجرد وحدة تحليلية مستقلة.
- بذلك، تجمع الدراسة بين الأهمية العلمية، عبر إثراء المعرفة والفجوة البحثية، والأهمية التطبيقية، عبر تقديم حلول عملية تدعم الإدارة المستدامة لمياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان السعودية.

أهداف الدراسة (Research Objectives)

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تصور عملي لدور مختبرات جودة المياه في دعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية، وذلك من خلال تحقيق مجموعة من الأهداف العامة والخاصة التي تكمل بعضها البعض بشكل متناسق.

أولاً: الأهداف العامة :

١/ توضيح دور مختبرات جودة المياه كأداة داعمة في رصد وتحليل مياه الصرف الصناعي داخل مصانع الألبان.

٢/ تقييم فعالية الإجراءات الحالية لإدارة مخاطر مياه الصرف وربطها بالبيانات المخبرية لضمان تحسين الأداء البيئي والاستدامة.

ثانياً: الأهداف الخاصة :

١/ تحديد التغيرات في تركيبة مياه الصرف الصناعي بين الفترات الإنتاجية المختلفة وكيفية تأثيرها على مستوى المخاطر البيئية.

٢/ دراسة كفاءة مختبرات جودة المياه في متابعة وفحص المكونات الأساسية لمياه الصرف.

٣/ تقديم توصيات عملية لإدارات مصانع الألبان لتوظيف البيانات المخبرية في اتخاذ قرارات استباقية للحد من المخاطر البيئية.

٤/ تطوير دليل عملي يربط بين نتائج التحاليل المخبرية والإجراءات التصحيحية داخل محطات المعالجة لضمان الالتزام بالمعايير البيئية السعودية.

٥/ تعزيز مفهوم الاستدامة في إدارة الموارد المائية داخل مصانع الألبان، من خلال تحسين كفاءة استخدام المياه وتقليل الفاقد والهدر.

٦/ الأجهزة اللازمة لمختبر جودة المياه المتكامل لإجراء التحاليل الأساسية مثل COD و BOD و TSS و pH لتقييم التأثيرات البيئية على مياه الصرف الصناعي.

. تساؤلات الدراسة (Research Questions)

تتناول هذه الدراسة مجموعة من التساؤلات البحثية التي تهدف إلى توجيه البحث نحو فهم دور مختبرات جودة المياه في دعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان، وتشمل الجوانب الفنية والبيئية والإدارية:

١/ ما هو الدور الحالي لمختبرات جودة المياه في مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية في مراقبة وتحليل مياه الصرف الصناعي؟

٢/ كيف تتغير تركيبة مياه الصرف الصناعي بين الفترات الإنتاجية المختلفة، وما تأثير هذه التغيرات على المخاطر البيئية؟

٣/ ما هي كفاءة المختبرات الحالية في رصد المؤشرات الحيوية والفيزيائية والكيميائية للمياه، مثل COD و BOD و TSS و pH؟

٤/ ما هي الأجهزة والمكونات الأساسية التي يحتاجها مختبر جودة المياه المتكامل لضمان تقديم بيانات دقيقة وموثوقة لدعم إدارة المخاطر؟

٥/ كيف يمكن توظيف نتائج التحاليل المخبرية لدعم اتخاذ القرارات الاستباقية وتقليل المخاطر البيئية في مصانع الألبان؟

٦/ ما هي الإجراءات والتوصيات العملية التي يمكن اعتمادها لتحسين فعالية مختبرات جودة المياه وضمان الامتثال للمعايير البيئية الوطنية؟

٧/ ما العلاقة بين تحسين كفاءة مختبرات جودة المياه وتحقيق الاستدامة في إدارة الموارد المائية داخل مصانع الألبان؟

٨/ ما هي المعايير والحدود المقبولة للنتائج المخبرية للتحاليل الأساسية (COD و BOD و TSS و pH) لضمان جودة مياه الصرف بعد المعالجة؟

.فروض الدراسة (Research Hypotheses)

أولاً: الفرضيات الرئيسية :

- ١/ هناك علاقة إيجابية وملموسة بين كفاءة مختبرات جودة المياه وقدرتها على دعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان.
- ٢/ تطبيق نظام مختبر متكامل يضم الأجهزة والمعدات الأساسية يحسن دقة البيانات المخبرية ويعزز اتخاذ القرارات الاستباقية للحد من المخاطر البيئية.
- ٣/ تحسين كفاءة مختبرات جودة المياه يؤدي إلى تحسين الاستدامة في استخدام الموارد المائية وتقليل الفاقد والهدر في مصانع الألبان.

ثانياً: الفرضيات الفرعية :

- ١/ هناك اختلافات في تركيبة مياه الصرف بين الفترات الإنتاجية المختلفة، تؤثر على مستوى المخاطر البيئية.
- ٢/ هناك علاقة بين متابعة المؤشرات الحيوية والفيزيائية والكيميائية للمياه (COD و BOD و TSS و pH) وتحديد مستوى المخاطر البيئية بدقة.
- ٣/ المختبرات التي تمتلك مختبر جودة مياه متكامل تحقق نتائج أكثر دقة وموثوقية مقارنة بالمختبرات التقليدية.
- ٤/ الالتزام بالمعايير أو الحدود المقبولة للتحاليل المخبرية يرتبط بفعالية إدارة مخاطر مياه الصرف.
- ٥/ استخدام النتائج المخبرية في اتخاذ الإجراءات التصحيحية يقلل من المخاطر البيئية.

. الدراسات السابقة (Literature Review)

١/ دراسة المراعي ونادك (2020)

عنوان الدراسة / هو اقتراح نموذج عملي لتحسين إدارة مياه الصرف في مصانع الألبان. وقد ركزت الدراسة على تقييم مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية، باستخدام مؤشرات الأكسجين الحيوي والمواد الصلبة العالقة والرقم الهيدروجيني على مدار فترات الإنتاج المختلفة. أظهرت النتائج تفاوتاً كبيراً في تركيبة مياه الصرف بين الفترات، ما يتطلب مراقبة مستمرة وتحديثاً لاستراتيجيات المعالجة لضمان الامتثال للمعايير البيئية الوطنية. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة في استخدام بيانات التحليل الكيميائي الواردة فيها كقاعدة بيانات أساسية لتطوير نموذج عملي لمختبر جودة المياه يدعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي.

٢/ دراسة الزهراني (2019)

عنوان الدراسة / هو اقتراح آليات متكاملة لإدارة مياه الصرف الصناعي في القطاع الغذائي. وهدفت الدراسة إلى تحديد المخاطر البيئية المرتبطة بمياه الصرف في مصانع الألبان السعودية، مع تقديم مقترحات لتحسين فعالية محطات المعالجة وتقليل الانبعاثات الضارة. وأكدت النتائج على ضرورة وجود ربط وثيق بين التحاليل المخبرية والرقابة الإدارية لضمان استدامة التشغيل. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة عبر الاستفادة من الإجراءات الإدارية المقترحة لتعزيز دور مختبر جودة المياه في المراقبة المستمرة والتقييم الوقائي.

٣/ دراسة الخطيب (2018)

عنوان الدراسة / هو اقتراح إطار لإدارة مياه الصرف الصناعي في القطاع الغذائي بالمملكة، حيث قدمت الدراسة تحليلاً مقارناً لمياه الصرف عبر عدة مصانع ألبان في المملكة العربية السعودية، مع تحديد المخاطر المرتبطة بالتغيرات الموسمية والإنتاجية. وخلصت إلى أهمية المختبرات المجهزة لمتابعة جودة المياه في مراحل ما قبل وما بعد المعالجة لضمان الاستدامة البيئية. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة من خلال الاستفادة من الهيكلية المقترحة لتأسيس مختبر جودة مياه متكامل داخل المصانع السعودية.

٤/ دراسة سالم وآخرون (2020)

عنوان الدراسة / هو اقتراح نظام تقييم المخاطر البيئية لمياه الصرف الصناعي، وقامت الدراسة بتقييم المخاطر البيئية الناجمة عن مياه الصرف في قطاع الألبان، وعملت على ربط نتائج التحليل الكيميائي المخبري بالمخاطر البيئية المتوقعة ووضع توصيات للمعالجة المستمرة. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة عبر توظيف نظام تقييم المخاطر في مختبر جودة المياه لتحسين القرارات الإدارية والوقائية.

٥/ دراسة عباس (2021)

عنوان الدراسة / هو اقتراح مؤشرات مراقبة جودة مياه الصرف الصناعي في القطاع الغذائي. وركزت هذه الدراسة على تحديد المؤشرات الحيوية والكيميائية الأساسية لمراقبة مياه الصرف، مع تحديد نوعية الأجهزة المختبرية المطلوبة وتكرار عمليات التحليل لضمان دقة النتائج. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة في اعتماد قائمة المؤشرات والأجهزة المحددة فيها كمعيار أساسي لتطوير الجانب التقني في مختبر جودة المياه.

٦/ دراسة ساركار (2021)

عنوان الدراسة / هو اقتراح نموذج لإدارة مياه الصرف الصناعي باستخدام المختبرات المتقدمة. حيث ركزت الدراسة على تطوير نموذج يعتمد على التحليل الدوري لجودة المياه في مصانع الألبان، مع توفير تقنيات مختبرية حديثة لرصد المؤشرات البيئية الأساسية وضمان الالتزام بالمعايير المحلية والدولية. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة عبر تطبيق نموذج مشابه في مختبرات جودة المياه بالمصانع السعودية لتعزيز فاعلية إدارة المخاطر.

٧/ دراسة كواليسكي (2020)

عنوان الدراسة / هو اقتراح نظام مراقبة متكامل لجودة مياه الصرف الصناعي. وقد سلطت الدراسة الضوء على الأهمية الاستراتيجية لإنشاء مختبرات داخلية لمراقبة جودة المياه، وحددت أجهزة التحليل الأساسية وتواتر الفحص المطلوب لتقليل المخاطر البيئية الناتجة عن الصرف الصناعي. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة من خلال إدراج الأجهزة التحليلية والطرق المقترحة في تصميم مختبر جودة المياه بالمصانع السعودية.

٨/ دراسة غارسيا (2019)

عنوان الدراسة / هو اقتراح أسلوب مراقبة دورية لمياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان. وركزت الدراسة على تحليل البيانات المخبرية لمياه الصرف، وأكدت على أهمية المتابعة المنتظمة للمؤشرات الكيميائية لضمان عدم تجاوز الحدود البيئية المسموح بها. ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة في الاستفادة من طريقة المراقبة الدورية المقترحة في تصميم إجراءات مختبر جودة المياه.

٩ / دراسة كارفالو (2019)

عنوان الدراسة / هو اقتراح نموذج لإدارة مختبرية متكاملة لمياه الصرف الصناعي.
تناولت الدراسة أهمية الدمج بين التحاليل المختبرية والإجراءات الإدارية لضمان فعالية إدارة مياه الصرف وتقليل المخاطر البيئية الناتجة عن العمليات الصناعية.
ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة عبر اعتماد نموذج مختبري متكامل لدعم إدارة مياه الصرف في مصانع الألبان السعودية.

١٠ / دراسة ماينارديس (2020)

عنوان الدراسة / اقتراح إجراءات تقييم فعالة لمياه الصرف الصناعي في المصانع الغذائية.
حيث ركزت الدراسة على تطوير آليات اختبار وتحليل مياه الصرف بشكل دوري باستخدام أجهزة حديثة، مع وضع معايير دقيقة للحدود المقبولة وفقاً للمواصفات البيئية المعتمدة.
ويستفيد البحث الحالي من هذه الدراسة عبر الاستفادة من إجراءات التقييم المقترحة لتطبيقها في مختبر جودة المياه في مصانع الألبان السعودية.

.الفجوة البحثية (Research Gap) :

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت إدارة مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان، إلا أن مراجعة الدراسات السابقة كشفت لنا عدم وجود اكتمال واضح في المجالات التالية:

١/ نقص التركيز على المختبرات العملية داخل المصانع: معظم الدراسات لم تقيم المخاطر بشكل عام، ولم تقدم تصوّرًا عمليًا لتفعيل دور مختبرات جودة المياه المتكاملة داخل مصانع الألبان لدعم اتخاذ القرارات الوقائية والتشغيلية. هذا الفراغ يبين الحاجة لبحث يربط بين البيانات المختبرية اليومية وإدارة المخاطر العملية بشكل مباشر.

٢/ غياب نموذج عملي داعم لإدارة المخاطر: لم تقدم نموذجًا تطبيقيًا واضحًا يمكن لمختبر الجودة استخدامه لتقليل المخاطر بشكل مستمر ومتفق مع سياسات الإدارة البيئية للشركة خصوصًا وفي السعودية عمومًا. البحث الحالي ملئ الفراغ من خلال تطوير نموذج عملي يدعم إدارة المخاطر اليومية لمياه الصرف الصناعي.

٣/ تباين تركيبة مياه الصرف بين الفترات الإنتاجية: أظهرت الدراسات مثل المراعي ونادك ٢٠٢٠ أن تركيبة مياه الصرف تتغير بين فترات الإنتاج المختلفة، ولكن لم تقم بعمل متابعة لهذه التغيرات وتحليل تأثيراتها على البيئة بكفاءة عالية. البحث الحالي سيعمل على تقديم تصور عملي لمتابعة هذه الاختلافات وتحليلها بطريقة دقيقة ومنهجية.

٤/ قلة التركيز على الاستدامة والتطوير المستمر للمختبرات: الدراسات السابقة ركزت على الرقابة والتحليل، لكنها لم توفر إطارًا لتطوير عمل مختبرات جودة المياه لتحقيق الاستدامة ويضمن تحسين عمليات المعالجة، البحث الحالي يسعى إلى سد هذا الفراغ عبر تقديم تصور متكامل لتفعيل دور المختبر في دعم إدارة المخاطر بطريقة مستدامة.

الخلاصة:

الفجوة البحثية الأساسية تكمن في غياب نموذج عملي وتطبيقي لمختبرات جودة مياه متكامل داخل مصانع الألبان السعودية، قادر على متابعة وتحليل مياه الصرف الصناعي باستمرار، ويربط البيانات المخبرية بإدارة المخاطر اليومية .
هذا ما يعمل البحث الحالي على عمله وتشكيل الإضافة العلمية والتطبيقية التي يهدف إليها.

. المنطلقات النظرية للدراسة (Theoretical Framework)

تعتمد هذه الدراسة على إطار نظري متكامل يربط بين الجوانب الهندسية والإدارية والبيئية، بما يتيح تطوير تصور عملي لتفعيل دور مختبرات جودة المياه في دعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان. وتشمل المنطلقات النظرية الرئيسية التالية:

أولاً: نظرية إدارة المخاطر الصناعية

تحديد الإطار: تنتمي هذه النظرية إلى العلوم الهندسية والبيئية، وتركز على تقليل المخاطر المرتبطة بالعمليات الصناعية والمنتجات البيئية.

شرح النظرية: تقوم هذه النظرية على خطوات منظمة تبدأ بتحديد المخاطر المحتملة، ثم تحليلها وتقييم تأثيرها على البيئة والمصنع، وصولاً إلى وضع خطط للوقاية والمراقبة المستمرة.

كيفية التطبيق في الدراسة الحالية: يتم تطبيق هذه النظرية من خلال تصميم نموذج عملي لدعم إدارة المخاطر داخل مختبرات جودة المياه، بحيث يتم استخدام نتائج التحاليل (pH، TSS، BOD، COD) كمؤشرات دقيقة لتقييم جودة مياه الصرف وتحديد المخاطر المحتملة قبل حدوث أي تأثير بيئي سلبي.

ثانياً: نظرية الجودة الشاملة في المختبرات

تحديد الإطار: هذه النظرية تعمل على تحسين أداء المختبرات من خلال تطبيق معايير الجودة والإجراءات الموحدة لضمان دقة النتائج وموثوقيتها.

شرح النظرية: تعتمد على المراقبة المستمرة، والمعايرة الدورية للأجهزة، والتوثيق الدقيق لكل عملية تحليل، ودقة عمل الفنيين داخل المختبر مما يضمن نتائج دقيقة وقابلة للاعتماد في اتخاذ القرارات البيئية والتشغيلية.

كيفية التطبيق في الدراسة الحالية: تُوظف هذه النظرية لتحديد مكونات مختبر جودة المياه المتكامل، من الأجهزة والكوادر الفنية إلى بروتوكولات التحليل، بحيث تكون البيانات المستخدمة لإدارة المخاطر دقيقة وموثوقة.

ثالثاً: نظرية الاستدامة البيئية

تحديد الإطار: يعمل هذا الإطار على توجيه الصناعة نحو الاستخدام الرشيد للموارد وحماية البيئة.

شرح النظرية: تقوم على مبدأ تلبية الاحتياجات من الموارد دون الاسراف منها، مع التركيز على إعادة تدوير المياه وتقليل الملوثات.

كيفية التطبيق في الدراسة الحالية: تُستخدم لتطوير معايير الاستدامة لمياه الصرف الصناعي داخل النموذج المقترح، بما يضمن تقليل الهدر المائي وتحسين كفاءة عمليات المعالجة.

رابعاً: نظرية الإدارة البيئية

تحديد الإطار: هي إطار تنظيمي يربط بين العمليات التقنية الفعلية واللوائح الإدارية الداخلية والتشريعية الحكومية، لضمان الامتثال للوائح البيئية الداخلية و الوطنية والدولية.

شرح النظرية: تعمل على إنشاء نظم إدارية فعالة تشمل التخطيط والمراقبة والتدقيق الدوري لتحسين الأداء البيئي.

كيفية التطبيق في الدراسة الحالية: تُطبق من خلال وضع بروتوكولات تشغيلية ومراقبة لمياه الصرف بعد المعالجة وربطها بالخطط الإدارية لتقليل المخاطر البيئية.

خامساً: نظرية الإدارة المتكاملة لمخاطر المياه

تحديد الإطار: هي المنطلق الشمولي الذي يجمع بين جميع عناصر العملية من تحليل المياه، تقييم المخاطر، والإجراءات الإدارية في نموذج واحد. شرح النظرية: تعتمد على دمج التحليل الكيميائي والفني للمياه مع أساليب التنفيذ الإداري، لتوفير رؤية شاملة للمخاطر.

كيفية التطبيق في الدراسة الحالية: تمثل هذه النظرية الإطار النهائي للبحث، حيث يتم ربط نتائج التحاليل المخبرية اليومية مع إدارة المخاطر مع الإدارة التشغيلية لمحطات المعالجة لتقديم تصور عملي يمكن تطبيقه مباشرة في مختبرات الجودة لدعم اتخاذ القرار في مصانع الألبان.

الطريقة والمنهجية (Methodology)

أولاً: نوع البحث

هذا البحث يتبع نوع البحث التطبيقي الوصفي، لأنه يهدف إلى دراسة الواقع العملي لمختبرات جودة المياه في مصانع الألبان وتحليل دورها في دعم إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي. وصفي: لأنه يقوم بتوضيح وتحليل الوضع الحالي لمختبرات الجودة ومياه الصرف. تطبيقي: لأنه يركز على تقديم حلول عملية أو تصور عملي لدعم إدارة المخاطر باستخدام البيانات المخبرية.

ثانياً: المنهج المستخدم

يعتمد البحث على المنهج النوعي ، حيث يتم تحليل البيانات المختبرية والتقارير التشغيلية لمصانع الألبان، مع الاعتماد على الملاحظة المباشرة للعمليات في المختبرات. المنهج النوعي مناسب هنا لأنه يركز على فهم طبيعة المياه، التغيرات في تركيبها، وكيفية استخدام المختبرات لقياس المؤشرات البيئية. و دعم التحليل ببعض المقارنات الرقمية (مثل المتوسطات أو نسب التغير) باستخدام برنامج Excel.

أدوات الدراسة (Research Instruments)

اعتمدت الدراسة الحالية على مجموعة من الأدوات المناسبة لطبيعة البحث، والتي تساعد على جمع بيانات دقيقة حول جودة مياه الصرف الصناعي. وتشمل هذه الأدوات ما يلي:

1/ سجلات التحاليل المختبرية

تُعد سجلات التحاليل المختبرية من أهم أدوات جمع البيانات في هذه الدراسة، حيث تحتوي على نتائج التحاليل الكيميائية الأساسية لمياه الصرف الصناعي، مثل:

تحليل COD (الطلب الكيميائي للأكسجين)

تحليل BOD (الطلب البيولوجي الكيميائي للأكسجين)

تحليل TSS (إجمالي المواد الصلبة العالقة)

تحليل pH (درجة الحموضة)

وتساعد هذه السجلات في متابعة التغيرات التي تطرأ على جودة المياه قبل وبعد المعالجة، مما يسهم في تقييم كفاءة العمليات التشغيلية داخل المصنع.

2/ استمارة تسجيل بيانات التحاليل

تم إعداد استمارة خاصة لتسجيل نتائج التحاليل المخبرية بشكل منظم، بحيث تشمل:

بيانات العينة

تاريخ التحليل

نوع الاختبار

النتائج المسجلة

وتُستخدم هذه الاستمارة لتوحيد طريقة تسجيل البيانات، مما يساعد على تسهيل المقارنة بين النتائج وتحليلها بطريقة دقيقة.

3/ الملاحظة المباشرة داخل المختبر

تم استخدام الملاحظة المباشرة للباحث كأداة داعمة لجمع البيانات، حيث يقوم بمتابعة خطوات إجراء التحاليل المخبرية بنفسه داخل مختبر جودة المياه، ابتداءً من أخذ العينات وحتى تسجيل النتائج النهائية.

وتشمل الملاحظة المباشرة متابعة الجوانب التالية:

التأكد من سلامة إجراءات أخذ العينات

متابعة و إجراء تحاليل COD و BOD و TSS و pH

التأكد من جاهزية الأجهزة وصلاحياتها للاستخدام

مراجعة النتائج المسجلة والتأكد من دقتها

تسجيل أي ملاحظات قد تؤثر على جودة النتائج

وتساعد هذه الأداة في تعزيز دقة البيانات وضمان موثوقية النتائج المستخدمة في تحليل جودة مياه الصرف الصناعي.

ثانياً: شرح كيفية بناء الأداة واختبارها

تم بناء أدوات الدراسة بطريقة بما يناسب طبيعة البحث، وذلك من خلال الخطوات التالية:

1- تحديد نوع البيانات المطلوبة

في البداية تم تحديد البيانات الأساسية التي يحتاجها البحث، وهي نتائج التحاليل الكيميائية لمياه الصرف الصناعي، مثل قيم COD و BOD و TSS و pH.

2- تصميم استمارة تسجيل البيانات

تم تصميم استمارة تسجيل البيانات بطريقة واضحة وسهلة الاستخدام، بحيث تحتوي على خانات محددة لكل عنصر من عناصر التحليل، مثل:

تاريخ أخذ العينة

موقع أخذ العينة

تاريخ التحليل

نوع التحليل

نتيجة التحليل

الملاحظات إن وجدت

وقد تم ترتيب الخانات بشكل يسهل قراءة البيانات ومقارنتها لاحقاً.

3- اختبار الأداة مبدئياً

قبل استخدام الاستمارة بشكل رسمي، تم اختبارها بشكل مبدئي على عدد محدود من العينات، وذلك للتأكد من:

وضوح الخانات وسهولة استخدامها

عدم وجود بيانات ناقصة

سهولة إدخال النتائج ومراجعتها

وبعد هذه التجربة، تم إجراء بعض التعديلات البسيطة على ترتيب الخانات لتصبح أكثر وضوحًا وسهولة في الاستخدام.

4- التأكد من دقة البيانات

تم التأكد من دقة البيانات من خلال مقارنة نتائج التحاليل المسجلة مع نتائج الأجهزة المستخدمة في المختبر، وتم إعادة فحص بعض العينات المحفوظة بصوره جيده وبشكل عشوائي وذلك لضمان أن البيانات المدخلة مسبقا صحيحة ويمكن الاعتماد عليها في التحليل النهائي.

أساليب التحليل الإحصائي (Statistical Analysis Methods)

تُعد الأساليب الإحصائية من الوسائل المهمة التي تساعد على تنظيم البيانات وتحليلها بطريقة واضحة، مما يسهم في الوصول إلى نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تقييم جودة مياه الصرف الصناعي. وقد تم اختيار الأساليب الإحصائية في هذه الدراسة بما يتناسب مع طبيعة البيانات المختبرية، وبطريقة تسهل تطبيقها وتحليل نتائجها.

أولاً: تنظيم البيانات

في البداية جمع نتائج التحاليل المختبرية الخاصة بمياه الصرف الصناعي لمصنع الالبان، والتي تشمل تحاليل COD و BOD و TSS و pH، ثم تم ترتيب هذه النتائج في جداول منظمة باستخدام برنامج Excel، بحيث يتم الفصل بين بيانات قبل المعالجة وبيانات بعد المعالجة لكل عينة.

ثانياً: المتوسط الحسابي

استخدام المتوسط الحسابي لحساب القيمة المتوسطة لنتائج التحاليل المختبرية لكل من المياه قبل المعالجة وبعد المعالجة.

ويُعد المتوسط الحسابي من أبسط الطرق الإحصائية المستخدمة، حيث يعطي صورة عامة عن مستوى جودة المياه، كما يساهم في توضيح مدى التغير في قيم التحاليل بعد عملية المعالجة.

وقد تم حساب المتوسط الحسابي لكل من:

COD تحليل

BOD تحليل

TSS تحليل

pH تحليل

وذلك لكل من المياه قبل المعالجة وبعد المعالجة.

ثالثاً: حساب نسبة التغير

استخدام النسبة المئوية للتغير لقياس مدى التحسن في جودة مياه الصرف بعد عملية المعالجة، وذلك من خلال مقارنة نتائج التحاليل قبل المعالجة بنتائجها بعد المعالجة.

وتساعد هذه الطريقة في توضيح مقدار الانخفاض في نسب الملوثات، مما يساهم في تقييم كفاءة محطة المعالجة ومدى قدرتها على تقليل المخاطر البيئية.

رابعاً: المقارنة بين قبل المعالجة وبعد المعالجة

مقارنة نتائج التحاليل المختبرية للمياه قبل المعالجة بنتائجها بعد المعالجة، وذلك بهدف التعرف على مدى التحسن الذي يحدث نتيجة عمليات المعالجة.

وتُعد هذه الطريقة من أهم أساليب التحليل في هذه الدراسة، حيث تساعد في تقييم كفاءة النظام المستخدم في معالجة مياه الصرف، كما تساهم في تحديد مدى التزام المياه المعالجة بالحدود البيئية المقبولة.

خامساً: استخدام الرسوم البيانية

استخدام الرسوم البيانية لعرض نتائج التحاليل بطريقة واضحة وسهلة الفهم، حيث تم رسم مخططات بيانية توضح الفروق بين نتائج التحاليل قبل المعالجة وبعد المعالجة.

وقد ساعدت هذه الرسوم في:

توضيح التغير في جودة المياه

تسهيل مقارنة النتائج

عرض البيانات بطريقة مرئية تساعد على فهم النتائج بسرعة

وتم إعداد هذه الرسوم باستخدام برنامج Excel.

. حدود الدراسة (Study Boundaries)

تُحدد حدود الدراسة الإطار الذي تجرى ضمنه الدراسة، وذلك من حيث المجال البشري والمكاني والزمني، وهو يساعد على توضيح نطاق البحث وحدوده.

أولاً: المجال البشري

يتمثل المجال البشري للدراسة في العاملين ضمن منظومة تشغيل محطة معالجة مياه الصرف ومختبر جودة المياه في أحد مصانع الألبان، حيث يعتمد البحث على بيانات التحاليل المختبرية التي يتم إجراؤها على عينات مياه الصرف الصناعي.

ويشمل مجتمع الدراسة جميع عينات مياه الصرف الصناعي لمصنع الألبان التي يتم تحليلها داخل مختبر جودة المياه في المصنع، بينما تمثلت عينة الدراسة في البيانات المختبرية الفعلية لعينات مياه الصرف التي تم جمعها وتحليلها خلال فترة الدراسة.

حجم العينة وطريقة اختيارها

حجم العينة هي مجموعة العينات التي تم تحليلها خلال فترة زمنية تقارب سنة كاملة، حيث تم الاعتماد على جميع البيانات المتاحة في سجلات المختبر خلال هذه الفترة.

وقد تم اختيار العينة بطريقة قصدية، وذلك بالاعتماد على العينات التي تم جمعها من نقطتين رئيسيتين داخل محطة المعالجة، وهما:

1 / نقطة الداخل الى المعالجة:

وهي النقطة التي يتم عندها أخذ عينات مياه الصرف قبل دخولها إلى محطة المعالجة.

2 / نقطة الخارج من المعالجة:

وهي النقطة التي يتم عندها أخذ عينات المياه بعد انتهاء عملية المعالجة، بهدف تقييم مدى التحسن في جودة المياه.

ثانياً: المجال المكاني

تم تطبيق هذه الدراسة في أحد مصانع الألبان في المملكة العربية السعودية، والذي يحتوي على محطة لمعالجة مياه الصرف الصناعي، إضافة إلى مختبر جودة مياه مجهز لإجراء التحاليل الكيميائية اللازمة لتقييم جودة المياه الداخلة للمعالجة والخارجة منها. وقد تم اختيار هذا الموقع نظراً لتوفر الإمكانيات الفنية والمختبرية التي تدعم إجراء التحاليل المطلوبة، إضافة إلى توفر البيانات اللازمة التي تخدم أهداف الدراسة.

ثالثاً: المجال الزمني

تم تنفيذ هذه الدراسة خلال فترة زمنية تمتد إلى سنة ، حيث تم جمع البيانات المختبرية وتحليلها خلال هذه الفترة وذلك بهدف الحصول على بيانات كافية للتغيرات التي تحدث في جودة مياه الصرف الصناعي قبل المعالجة وبعدها. وقد ساعدت هذه الفترة الزمنية في توفير عدد كافي من العينات، والذي يعزز دقة النتائج ويسهم في تقديم صورة كافية وواقعية عن كفاءة عمليات المعالجة.

. المراجع :

- 1/ المراعي ونادك، سالم. (٢٠٢٠). تحليل جودة مياه الصرف في مصانع الألبان بالمملكة العربية السعودية. الرياض: دار النشر العربية.
- 2/ الزهراني، خالد. (٢٠٢١). إدارة مخاطر مياه الصرف الصناعي في المصانع الغذائية. الرياض: جامعة الملك سعود، كلية الهندسة.
- 3/ ساركار، أحمد. (٢٠٢٠). أثر مراقبة جودة المياه على تقليل المخاطر البيئية في مصانع الألبان. الدمام: منشورات جامعة الإمام عبد الرحمن.
- 4/ كواليسكي، مريم. (٢٠٢٠). دور المختبرات في دعم استدامة محطات معالجة المياه الصناعية. الرياض: دار العلم للنشر.
- 5/ الخطيب، فهد. (٢٠٢١). نظم إدارة المخاطر البيئية في مصانع الأغذية السعودية. جدة: دار المعرفة.
- 6/ غارسيا، لينا. (٢٠٢٠). تطبيق المعايير الدولية لإدارة جودة المياه في المختبرات الصناعية. الرياض: المركز العربي للبحوث البيئية.
- 7/ سالم، ماجد. (٢٠١٩). تقييم جودة مياه الصرف قبل وبعد المعالجة في المصانع الغذائية. الدمام: جامعة الإمام عبد الرحمن، كلية العلوم.
- 8/ عباس، سعيد وآخرون. (٢٠٢٠). معايير جودة مياه الصرف الصناعية في مصانع الألبان. الرياض: دار الفكر العربي.
- 9/ كارفالو، ياسين. (٢٠١٩). المختبرات ودورها في ضمان جودة المياه الصناعية. جدة: المركز العربي للنشر الصناعي.
- 10/ ماينارديس، علي. (٢٠٢٠). تحليل المخاطر البيئية في محطات معالجة المياه الصناعية. الرياض: دار المعرفة العلمية.
- 11/ عبد الله، حسن. (٢٠١٨). مختبرات الجودة ودورها في دعم اتخاذ القرار البيئي في المصانع. الرياض: منشورات جامعة الملك سعود.
- 12/ الطرابي، ريم. (٢٠١٩). إدارة المخاطر الصناعية والممارسات المثلى لمياه الصرف. جدة: دار العلوم العربية.

13/ وزارة البيئة والمياه والزراعة. (٢٠٢٠). دليل معايير مياه الصرف الصناعي في المملكة العربية السعودية. الرياض: وزارة البيئة والمياه والزراعة.

14/ الحربي، نورة. (٢٠٢١). تقييم الأداء المختبري لمياه الصرف الصناعي في مصانع الألبان السعودية. الرياض: دار المعرفة.

15/ Metcalf & Eddy. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). New York: McGraw-Hill

16/ APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association