مجلة جامعة الملك عبدالعزيز : علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة ، م١٢ ، ص ص ٥٥-٨١ (١٤٢١هـ/ ٢٠٠١م)

تأثير الوقت من السنة والموقع على مجرى الصرف على الخواص الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة من مدينة مكة المكرمة

عبد المنعم سيد عرفه ، ماجد حسين هاشم
سمير جميل السليماني و محمد صادقين أزرعي
قسم العلوم البيئية ، كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة
جامعة الملك عبد العزيز ، جـــدة - المملكة العربية السعودية

المستخلص . أجريت هذه الدراسة لتقييم الخواص الميكروبيولوجية وإمكانية الاستخدامات المستقبلية لمياه الصرف الصحي تحت الظروف البيئية للمنطقة الغربية بالمملكة العربية السعودية . تم اختيار موقع مياه الصرف الصحي لمحطة معالجة مدينة مكة المكرمة كنموذج دراسي ، وتم تحديد ستة مواقع لأخذ العينات على طول مجرى مياه الصرف من بدء المجرى عند المصب وحتى نهايته وعلى طول مسافات شبه متساوية . واستمرت الدراسة لمدة ستة شهور ووقع شهري رمضان المعظم وذوالحجة في بداية ونهاية هذه المدة . وتكررت الاختبارات والتقديرات الميكروبيولوجية في مرحلة ثانية ولمدة ثلاثة شهور ، وكان شهر ذو الحجة في أوسطها .

تناقصت الأعداد الكلية لبكتريا القولون في مياه الصرف الصحي من المواقع المختلفة تناقصًا معنويًا ، وسلكت بكتريا القولون البرازية (Fecal Coliform) سلوكًا مماثلاً تمامًا لذلك الملاحظ لبكتريا القولون الكلية (Total Coliform) إلا أن أعدادها تناقصت بسرعة كبيرة جدًا بالابتعاد عن

المنبع ، ويدل ذلك على سرعة موت هذا النوع في الكائنات الحية الدقيقة بابتعاده عن بيئته الأصلية (قولون الحيوانات الثديية المختلفة) .

كان للوقت من السنة كذلك تأثيراً معنوياً على الكثافة الميكروبية للمجاميع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي اشتملت عليها هذه الدراسة ، واختلف هذا التأثير ومداه زيادة ونقصانا من مجموعة ميكروبية لمجموعة أخرى باستثناء واحد فقط ، وهو بلوغ الكثافة الميكروبية لكل المجاميع التي شملتها الدراسة ، وبدون استثناء أعلى مدى لها خلال الفترة الخامسة (الشهر الخامس أو شهر ذو الحجة) وربما كان ذلك كنتيجة مباشرة لنقص كفاءة عمليات معالجة المياه في هذه الفترة من السنة نتيجة الضغوط غير الطبيعية الناجمة عن زيادة كميات مياه الصرف الواردة للمحطة أثناء موسم الحج .

تشير النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة إلى صلاحية مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة للاستخدام الزراعي صلاحية محددة أو مقيدة ، وذلك من الناحية البكتريولوجية . وتشير النتائج في نفس الوقت إلى أهمية استمرار الجهود البحثية لدراسة تأثير مياه الصرف المشار إليها في هذا البحث على بيئة وادي عرفة القريب من مكة المكرمة .

المقدمة

إزدادت أهمية المياه في عصرنا الحديث إلى الدرجة التي أصبحت فيها بمثابة قضية المستقبل القريب والبعيد في منطقة الشرق الأوسط بصفة عامة ، والمنطقة العربية الإسلامية بصفة خاصة .

لجأ الإنسان إلى استخدام كل ما لديه من وسائل تقنية لجلب الماء من باطن الأرض وتحلية مياه البحر واستمطار السحب صناعياً ، وكذلك الاستفادة من الماء المتخلف عن الأنشطة الإنسانية والصناعية المختلفة ، وذلك بهدف توفير الماء اللازم للزراعة التي هي المصدر الأساسي للغذاء ، وكذلك للاستخدامات البشرية المختلفة الأخرى ، والتي لاغنى للإنسان عنها . وقد طرقت حكومة المملكة العربية السعودية بهمة لانظير لها كل الأبواب سالفة الذكر في سبيل توفير مياه الشرب النقية لمواطنيها والمياه اللازمة للزراعة والصناعة والأنشطة الإنسانية المختلفة الأخرى ، ورغم ذلك فلا زالت الحاجة ماسة

وشديدة إلى ايجاد طرق حديثة واستنباط وسائل جديدة توفر المزيد من المياه الصالحة للاستخدامات والأنشطة البشرية والإنسانية ، ولمقابلة الطلب المتزايد عليها يوما بعد يوم. ومن هذا المنطلق كان تركيز عدد غير قليل من الباحثين في هذا المجال على البحث في توصيف مياه الصرف الصحي المعالجة حيويا وكيميائيا وصولا إلى تحديد إمكانية إعادة استخدامها والاستفادة منها .

الخواص الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي

تمثل عملية إزالة الممرضات والتخلص منها الهدف الرئيسي في معالجة مياه الصرف الصحي بغرض إعادة استعمالها أو التخلص منها بالطرق المختلفة في الأنهار والبحار ، أو التخلص الأرضي ... وهكذا (منظمة الصحة العالمية ١٩٧٩، والصقير ١٩٨٣، وخلف ١٩٨٨، McCoy, 1969; WHO, 1973; Gruber, 1981; Kligler, 1981; Moore, 1988; Magadza and Dhlomo, 1996 and Endren *et al.,* 1998) وكثيراً ما يعبر عن صلاحية مياه الصرف الصحي فيما يخص الدلائل والمعايير المطلوبة لإعادة استعمالها بالحد الأعلى للعدد المسموح به من بكتريا القولونيات البرازية (fecal coliform bacteria) وعلى ذلك يمكن استخدام هذه المجموعة من الكائنات الحية الدقيقة كممرضات مؤشرة (indicator microorganisms) حيث توجد علاقة شيه كمية بين تركيز الممرض والمؤشر (منظمة الصحة العالمية ١٩٩٠ و Cooke *et al.,* 1976; Lavoie, 1983) ومن الناحية العملية فإن استخدام الكائنات الحية الدقيقة بمجاميعها المختلفة (total microbial densities, coliform counts, fecal coliform counts, yeast & mold counts and staphylococcus counts) يمكن أن يعطي دلالات جيدة عن الجودة أو الخواص الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي والكفاءة في عمليات معالجتها (Geldreich, 1967; Muller, 1979; Raangeby *et al.,* 1996 and Rawat *et al.,* 1998) ويعتمد الكثير من الباحثين في مجال الصحة العامة عمومًا ومجال صحية المياه بصفة خاصة على بكتريا القولون البرازية كمؤشرات للممرضات الميكروبيولوجية ، نظراً لأن خصائص بقائها في البيئة ومعدلات إزالتها أو إبادتها في عمليات المعالجة المختلفة متشابه إلى حد بعيد . أما إجمالي القولونيات (total colifom) فتعتبر أقل موثوقية كدلالة على وجود البكتريا الممرضة ،

نظرًا لأن القولونيات ليست كلها برازية الأصل ، وكثيرًا ما توجد بنسبة من القولونيات غير البرازية مع القولونيات البرازية في مياه الصرف الصحي ، وقد تكون هذه النسبة عالية جدًا في الأجواء الحارة أو الدافئة .

هذا وقد مالت المعايير التي وضعت لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي أو للتخلص منها بطريقة آمنة من الناحية الميكروبيولوجية في أول الأمر إلى الصرامة الشديدة ، ويعزى ذلك إلى أنها بنيت على تقييم نظري للأخطار الصحية الكامنة المقترنة ببقاء الممرضات في مياه الصرف الصحي أكثر منه على الشواهد الوبائية العملية للخطر الحقيقي (منظمة الصحة العالمية ١٩٩٠). وقد اتجهت هذه المعايير إلى الاعتماد على مفهوم أن يكون الخطر صفرا بهدف تحقيق بيئة نظيفة تمامًا خالية من الممرضات ، وربما كانت الطرق التكنولوجية المتبعة لإزالة الممرضات (pathogens removal) – كما يتضح من إزالة القولونيات بصفة عامة – هي المعالجة البيولوجية الثانوية تتبعها كلورة المياه تحت المراقبة الدقيقة ، وربما كان ذلك يمكن أن يحقق تركيزات متبقية بالغة الانخفاض من القولونيات ، وبالتالي تم تحديد العدد الأقصى المسموح به من تلك القولونيات (منخفضًا) بما يتفق مع ذلك ، وعلى سبيل المثال لا الحصر ، فإن إدارة الصحة العامة بولاية كاليفورنيا الأمريكية تسمح بمجموع من القولونيات من ٢ , ٢–٣ , ٢ لكل/ ١٠٠ ملل من المياه المعاد استخدامها في الزراعة ، وذلك تبعًا لنوع المحصول والطريقة المتبعة في الري (Engelberg, 1985). بعد ذلك أقر اجتماع خبراء منظمة الصحة العالمية (المعنى بإعادة استعمال عوادم المياه) بأن معايير كاليفورينا بالغة الشدة وليس لها ما يبررها من الشواهد الوبائية العلمية المتاحة ، وأوصى الخبراء في ذلك العام (WHO, 1973) بدليل جرثومي للري غير المفيد للخضروات التي تؤكل مطهية بما لايزيد عن ١٠٠ من إجمالي القولونيات الكلية (total coliform counts) لكل/ ١٠٠ ملل في المياه. ومنذ ذلك التاريخ بذلت جهود كبيرة – من قبل منظمة الصحة العالمية ، والبنك الدولي ، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي ، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ، ومركز بحوث التنمية الدولية بكندا ، والمركز المرجعي الدولي للتخلص من المخلفات بسويسرا ، ومنظمة الأغذية والزراعة ، ووكالة حماية البيئة الأمريكية ، والعديد من المؤسسات والهيئات الأكاديمية في جميع أنحاء العالم – لتقديم أساس وبائي أكثر معقولية لاستعمال مياه

الصرف الصحي ولـلتخلص الآمن بيئيًا منها ، ونتيجة لهذه الجهود فقد تراكمت شواهد جديدة واسعة النطاق تم تقييمها ودراستها وتحليل نتائجها بدقة من قبل خبراء الصحة العامة والعلماء المهتمين بشؤون البيئة ، وكذلك في العديد من الاجتماعات والمشاورات الوطنية والدولية (Engelberg, 1985; Blum and Feachem, 1985; Shuval *et al.,* 1986; Mara and Cairncross, 1990) وكانت وجهة النظر التي خلصت إليها أراء العلماء والباحثين هي أن الخطر الحقيقي المقترن بمياه الصرف الصحي واستعمالها (خاصة في الزراعة) أقل بكثير مما قدر له من قبل ، وأن المعايير والدلائل الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي المستعملة في الري غير المقيد كانت تقليدية بشكل لا مبرر له (Al-Nakshabandi *et al.,* 1997 and Takik & Comakoglu, 1997). وعلى أساس هذه الشواهد الجديدة أوصى تقرير إنجلبرج (Engelberg, 1985) بدلائل جديدة تحتوي على معايير للقولونيات الكلية والبرازية أقل صرامة عن تلك التي اقترحت من قبل ، وإن كانت نفس التوصيات قد جاءت أكثر صرامة عن المعايير السابقة فيما يتعلق بالديدان الطفيلية وأعداد بيضاتها ، والتي قيل بأنها تمثل الخطر الصحي الحقيقي الرئيسي للأمراض المعدية بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي ، خاصة في المناطق التي تتوطن فيها أمراض الديدان الطفيلية .

أجريت هذه الدراسة لتقييم الخواص الميكروبيولوجية وإمكانية الاستخدامات المستقبلية لمياه الصرف الصحي ، تحت الظروف البيئية السائدة في المنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية .

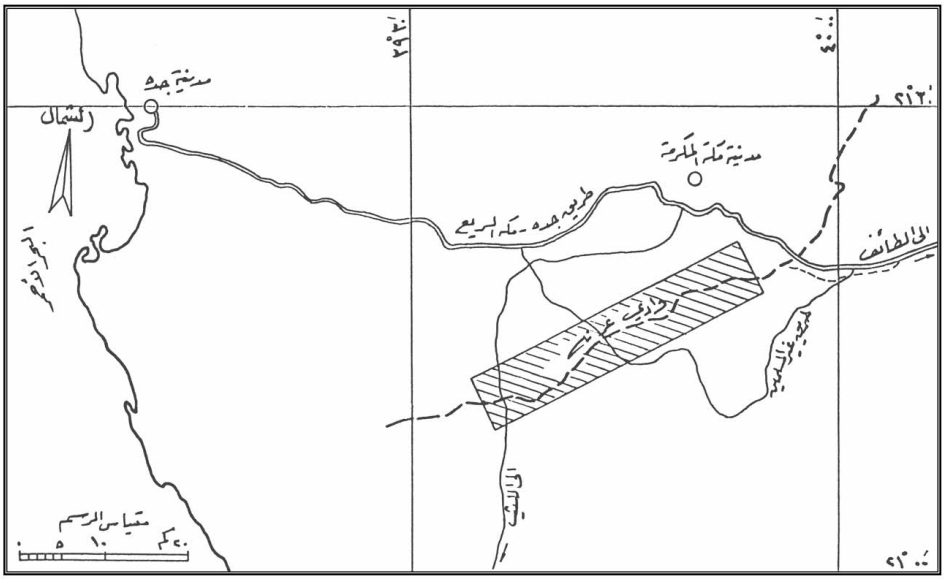
طـــرق العمـــــل

موقـــع الدراســـة study site

تم اختيار موقع التخلص من مياه الصرف الصحي الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة كنموذج دراسة في هذا البحث ، حيث تكون المياه المنصرفة من المحطة المذكورة ، والتي تقع في شمال غرب مكة مجرى مائيا يبدأ من جنوب المحطة وينتهي بالقرب من خط الليث في اتجاه الجنوب ، وبطول حوالي ٢٧كم تقريبًا . يسير هذا المجرى المائي في وسط بيئة صحراوية قاحلة ، وفي وادي فسيح في

اتجاه البحر الأحمر (وإن كان لم يصل إلى البحر بعد) وتنمو بمحاذاة المجري على الجانبين كثير من النباتات والأعشاب البرية (أشكال ١-٣).

يمثل هذا المجري الطبيعي لمياه الصرف الصحي نموذجًا دراسيًا ممتازًا ، حيث إنه لايحتوي على أية مخلفات صناعية سائلة ، بعكس الحال في مياه الصرف الصحي للعديد من المدن ، كما في مدينة جدة (Al-Harbi, 1988) ، كذلك فإن طريقة التخلص من مياه الصرف الصحي المذكورة لمدينة مكة المكرمة تعتبر نموذجًا مشابهًا للعديد من المدن في المملكة ، وخاصة البعيدة منها عن ساحل البحر كالمدينة المنورة والطائف والرياض . وبالإضافة إلى كل ما سبق فإن هذا النموذج يتيح للباحثين دراسة خواص المياه الكيماوية والطبيعية والميكروبيولوجية على طول المجرى ، وعند مسافات مختلفة من المصب . وكذلك يتيح الفرصة لتقدير هذه الخواص في أوقات مختلفة من السنة (تمثل مواسم دينية معينة كالحج وشهر رمضان) حيث يزداد عدد الزائرين للبلدة المقدسة وترتفع كمية مياه الصرف الصحي بطريقة كبيرة .



شكل (١). خريطة توضح الموقع الجغرافي للمنطقة التي يجري فيها مجرى مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة (- - - - - - - -).

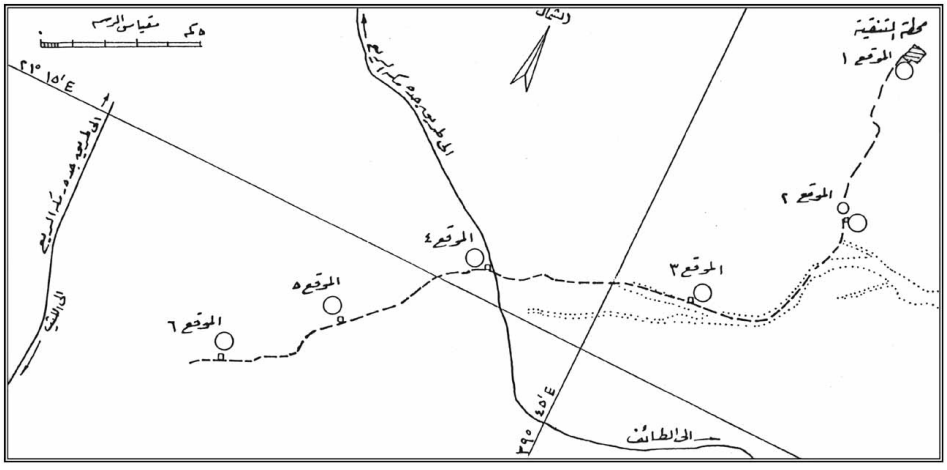
شكل (٢). صورة توضح مجرى مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة بوادي عرنة .

شكل (٣). صورة توضح نمو النباتات عشوائيًا حول ضفاف مجرى مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة بوادي عرنة .

تم تحديد ستة مواقع لأخذ العينات من على طول مجرى مياه الصرف الصحي من بدء المجرى عند المصب وحتى نهايته ، وعلى مسافات شبه متساوية (شكل ٤). استمرت الدراسة لمدة ستة شهور ووقع شهراً رمضان المعظم وذوالحجة في بداية ونهاية المدة . تكررت الاختبارات والتقديرات الميكروبيولوجية في مرحلة ثانية ولمدة ثلاثة شهور (في العام التالي) وكان شهر ذو الحجة في أوسطها .

جمـــع العينـــات sampling

تم في هذه الدراسة جمع العينات من خلال القيام برحلات شهرية هجرية ولمدة ستة شهور متوالية إلى جميع الأماكن السابق تحديدها بمنطقة مجرى مياه الصرف (من المصب وحتى نهاية المجرى في كل رحلة). تم عمل الترتيبات اللازمة يوم الرحلة لتبدأ بعد الفجر وتنتهي قبل الظهيرة ، وبحيث تبدأ التحاليل والاختبارات المعملية في نفس اليوم . جمعت عينات المياه الخاصة بالتقديرات والقياسات الميكروبيولوجية في أوعية زجاجية معقمة من نفس المكان وفي نفس الوقت (مرحلة أولى) على مجرى الصرف ،



شكل (٤). خريطة توضيحية للمواقع الستة المختلفة على مجرى مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة (- - - - - - - -).

وبنفس العمق تقريبًا . تم تعبئة الأوعية من على عمق حوالي ١٠سم في سطح المياه في نقطة عند منتصف المجرى تقريبًا ، وذلك لتلافي المواد الطافية ، مع مراعاة كل الاحتياطات الخاصة بالصحية ، وتم أخذ عينة مزدوجة (duplicate smaples) في كل موقع يفصل بينهما عدة دقائق ، وحجم كل منها حوالي ٣٠٠ملل . وضعت عينات المياه فور جمعها في حافظة بلاستيك قبل نقلها للمعمل . ثم تكررت عملية أخذ العينات الخاصة بالتحاليل والتقديرات الميكروبيولوجية (مرحلة ثانية) بنفس الطريقة ، ومن نفس المواقع ولكن برحلات نصف شهرية ولمدة ثلاثة شهور ، وبحيث وقع شهر ذوالحجة في منتصف المدة .

التحاليل والاختبارات الميكروبيولوجية microbiological analysis

بدأت التحاليل والاختبارات الميكروبيولوجية فور وصول العينات للمعمل في ظل إجراءات صحية آمنة ومشددة ، وروعي تساوي الوقت المنصرم بين جمع العينة في الحقل وبدء تحليلها في المعمل ، وذلك لكل العينات في المواقع الستة . كما أتخذت إجراءات التعقيم المناسبة لتلافي التلوث وضمان الدقة في جميع التقديرات والقياسات الميكروبية ، واستعملت البيئات الميكروبيولوجية التالية في إجراء الفحوص والتحاليل الميكروبية في جميع الحالات ، تم أخذ متوسطات القراءات للأطباق البترية معتدلة الكثافة الميكروبية (٣٠-٣٠٠ مزروعة) وتحويلها إلى قيم لوغاريتمية قبل جدولتها وتمثيلها بيانيًا في متن هذا البحث .

بيئة آجار الطرق القياسية standard method Agar (BBL)

استعملت هذه البيئة لقياس العدد الكلي للكائنات الحية الدقيقة ، وهي بيئة أقرتها رابطة الصحة العامة الأمريكية لقياس الحمولة الميكروبية (APHA, 1985) . وتم تحضين البيئات بعد زرعها عند درجة حرارة ٢٢-١مْ لمدة ٧٢-٣ ساعة ، وذلك لحصر الكائنات الحية المحبة لدرجة الحرارة المنخفضة (الباردة) (psychrophilic microorganisms) وعند درجة حرارة ٣٥-١مْ لمدة ٤٨-٢ ساعة ، وذلك لحصر الكائنات الحية المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (mesophilic microorganisms) .

بيئـة آجـار الستافـلوكوكس ١١٠ Staphylococcus 110 Agar (BBL)

تعتبر آجار الستافلوكوكس ١١٠ بيئة متخصصة لعزل واختبار بكتريا الستافلوكوكس (Staphylococcus bacteria) ويلعب كلوريد الصوديوم فيها دوراً مهمًا في منع الكائنات الحية الأخرى من النمو ، كما يساعد الجيلاتين والمانيتول (gelatin and mannitol) الموجودان في البيئة على نمو بكتريا الستافلوكوكس ، لما لهذه البكتريا من خاصية مهاجمة هذه المركبات والتفاعل معها . تستعمل هذه البيئة كثيراً في الكشف السريع ولفحص الكثير من المنتجات الغذائية والمياه لبكتريا الستافلوكوكس (BBL, 1973; Janky *et al.,* 1978 and APHA, 1985) . وتم تحضين الأطباق المزروعة لبيئة الستافلوكوكس ١١٠ عند درجة حرارة ٣٥–١مْ لمدة ٧٢–٣ ساعات قبل أخذ القراءات وحساب متوسطاتها .

بيئـة آجـار دكستـروز البطـاطس potato Dextrose Agar (PDA)

حيث تستخدم هذه البيئة لتقدير العد الكلي للخمائر والفطريات (yeast and mold) في منتجات الأغذية والألبان والمشروبات الخفيفة والمياه ، وسبق أن أقرتها هيئات عديدة في هذا المجال (BBL, 1973; APHA, 1985). تم تحضين الأطباق البترية بعد زرعها عند درجة حرارة الغرفة ٢٥–٢مْ لمدة خمسة أيام قبل عد الأطباق لحصر العد الكلي للخمائر والفطريات وتحويل القراءات إلى قيم لوغاريتمية .

تقـدير بكـتريا القـولـون

تم استخدام طريقة الأنابيب المتعددة (multiple tube method) لتقدير بكتريا القولون وبكتيريا القولون البرازية (coliform and feacal coliform bacteria). حيث تعتمد هذه الطريقة في البحث عن بكتيريا القولون وهي ميكروبات عصوية (سالبة لصبغة جرام ، وغير متجرثمة) تخمر سكر اللاكتوز مع إنتاج حمض وغاز (APHA, 1985) .

التحليـل الإحصـائي

استخدمت الطرق المذكورة في المرجع ستيل وتوري (Steel and Torrie, 1981) ، لإجراء التحليلات الإحصائية المذكورة في هذا البحث .

النتـــائـج والمنـاقشـــة

الخـواص الميكروبيـولوجيـة لميـاه الصـرف الصـحي بمنطقـة الدراسـة micro-biological characteristics of wastewater in the research site

أ – المرحـــلة الأولى first stage

اختلفت حمولة مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (mesophiles) اختلافًا واضحًا باختلاف الوقت من السنة ، وكذلك باختـلاف الموقع على مـجـرى الصـرف . ولاحظ البـاحث انخـفـاض الكثـافـة الميكروبيولوجية بصفة عامة كلما ابتعدنا عن نقطة المنبع على المجرى (الموقع رقم ١)، اختلفت كذلك الحمولة الميكروبية للـ mesophiles في مياه الصرف الصحي باختلاف الوقت من السنة في جميع المواقع الستة التي شملتها الدراسة .

بمقـارنة متـوسـطات الكثافـة الميكروبيـة للـ mesophiles في ميـاه الصـرف الصـحي للمواقع الستة المختلفة خلال شهور الدراسة الستة مجتمعة ، يتضح أن هذه المتوسطات انخفضت تدريجيًا من لوغاريتم ٧,٢٦ للموقع الأول إلى لوغاريتم ٦,٩٨ للثاني ، ولوغاريتم ٦,٧٢ للثالث ، ثم ازدادت هذه الانخفاضات حدة من الموقع الثالث إلى الرابع (لوغاريتم ٦,٧٢ إلى لوغاريتم ٥,٩٢) ثم عاودت الحمولة الميكروبية للـ mesophiles الانخفاض التدريجي من لوغاريتم ٥,٩٢ للموقع الرابع إلى لوغاريتم ٥,٨٣ لوغاريتم ٥,٤٤ للموقعين الخامس والسادس (جدول ١). وبمقارنة هذه المتوسطات لفترات الاختبار المختلفة بصرف النظر عن تأثير الموقع ، وجد الباحثون أن أقل هذه المتوسطات تم تسجيله للتقديرات الميكروبية التي تمت للمواقع الستة خلال الفترة الأولى (شعبان/ مارس) ، وهو لوغاريتم ٥,٥٢ ، وأن أعلى هذه المتوسطات كان للتقديرات التي تمت في شهر ذي الحجة (يوليو) أو الفترة الخامسة (لوغاريتم ٧,٥٦) (جدول ٢).

اختلفت الكثافة الميكروبية للكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة (psychrophilic microorganisms) في ميـاه الصـرف الصـحي على مجـرى الصـرف ، وكـانت أعلاها عند المنبع (الموقع الأول) وأقلها عند نهاية المجرى (جدول ١)، ولاحظ

جدول (١). متوسطات لوغاريتم العدد الكلي الميكروبيولوجي للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة خلال فترات مختلفة من السنة ، وفي ستة مواقع مختلفة على امتداد مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة خلال العام (المرحلة الأولى)*.

الموقـــــع	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المتوسطة	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المنخفضة	بكتريا الستافلوكوكس	العدد الكلي لبكتريا القولون (M.P.N.)	العدد الكلي لبكتريا القولون البرازيـة (M.P.N.)
الموقع الأول	A ٧,٢٦	A ٥,٩٦	E ٣,٨٥	A ٦,٩٨	A ١٨١,٦٧
الموقع الثاني	A ٦,٩٨	AB ٥,٧٥	D ٤,٢٢	B ٦,٦٢	B ٨٤,٨٣
الموقع الثالث	A ٦,٧٢	B ٥,٤٨	D ٤,٣٧	C ٦,١٨	C ٣٧
الموقع الرابع	B ٥,٩٢	C ٥,١٨	C ٤,٧٢	D ٥,٨٦	CD ١٧,١٧
الموقع الخامس	B ٥,٨٣	D ٤,٥٠	B ٤,٩١	E ٥,٤١	D ٧,٣٣
الموقع السادس	B ٥,٤٤	E ٣,٨٤	A ٥,١٣٠	F ٤,٩٥	D ٢
المتوسط الكلي	٦,٣٥٧	٥,١١٩	٤,٥٣٥	٦	٥٥
المدى	٣,٠٨ - ٨,٨٨	٣,٥٦ - ٧,٥٧	٣,٤٨ - ٥,٩١	٤,٥٣ - ٨,١٤	١ - ٢٧٦
LSD	٠,٦١٤٤	٠,٢٤٩٤	٠,١٨٠٣	٠,٣١٢٣	٢٠,٢٥٩٥

* المتوسطات المذكورة في العمود الواحد غير المتبوعة بنفس الحرف الهجائي تختلف معنويا فيما بينها (مستوى ثقة ٠,٠٥).

جدول (٢). متوسطات لوغاريتم* العدد الكلي الميكروبيولوجي للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة من عدة مواقع على امتداد مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة في ستة أوقات مختلفة خلال العام (المرحلة الأولى).

الفتـــرة**	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المتوسطة	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المنخفضة	بكتريا الستافلوكوكس	العدد الكلي لبكتريا القولون (M.P.N.)	العدد الكلي لبكتريا القولون البرازيـة (M.P.N.)
الفترة الأولى	C ٥,٥٢	B ٤,٩٧	C ٤,٠٤	B ٥,٩٥	B ٤٤,٣٣
الفترة الثانية	B ٦,٢	B ٤,٩٦	C ٣,٩٩	BC ٥,٨٣	B ٤٩,١٧
الفترة الثالثة	B ٦,٣	B ٤,٨٦	B ٤,٥٣	B ٦,٠١	B ٥١,٦٧
الفترة الرابعة	B ٦,٣٨	C ٤,٥٧	B ٤,٦٥	B ٥,٩٩	B ٥٦,٦٧
الفترة الخامسة	A ٧,٥٦	A ٦,٤٧	A ٥,٤١	A ٦,٦٣	A ٨٤,٣٣
الفترة السادسة	B ٦,١٩	B ٤,٨٨	B ٤,٥٩	C ٥,٥٨	B ٤٣,٨٣
المتوسط الكلي	٦,٣٥٧	٥,١١٩	٤,٥٣٥	٦	٥٥
المدى	٨,٨٨ - ٣,٠٨	٧,٥٧ - ٣,٥٦	٥,٩١ - ٣,٤٨	٨,١٤ - ٤,٥٣	٢٧٦ - ١
LSD	٠,٦١٤٤	٠,٢٤٩٤	٠,١٨٠٣	٠,٣١٢٣	٢٠,٢٥٩٥

* المتوسطات المذكورة في العمود الواحد غير المتبوعة بنفس الحرف الهجائي تختلف معنويا فيما بينها (مستوى ثقة ٠,٠٥).

** الفترة الأولى = ١٥ شعبان (١٢ مارس) الفترة الثانية = ١٥ رمضان (١٠ إبريل) الفترة الثالثة = ١٥ شوال (١٠ مايو)
الفترة الرابعة = ١٥ ذو القعدة (٨ يونيو) الفترة الخامسة = ١٥ ذو الحجة (٧ يوليو) الفترة السادسة = ١٥ محرم (٦ أغسطس)

الباحثون أن الانخفاض في الكثافة الميكروبية لهذه الكائنات على طول خط المجرى كان متدرجا ومستمرا من الموقع الأول وحتى الموقع السادس لجميع فترات الاختبار الستة في شهر شعبان (مارس) وحتى المحرم (أغسطس). وبصرف النظر عن تأثير الموقع لم يكن للكثافة الميكروبيولوجية للكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة (psychrophiles) اتجاه واضح أو محدد طوال شهور الاختبار الستة ، لكن وكما لوحظ من قبل بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجة الحرارة المتوسطة (mesophiles) فإن الكثافة الميكروبية للـ psychrophiles بلغت أقصاها في شهر ذي الحجة (يوليو) ، ولكن بعد انخفاضها بوضوح في شهر ذي القعدة (يونيو) عما كانت عليه في الشهر السابق شوال (مايو) ، وهو ما لم يحدث نسبة للحمولة الميكروبية للكائنات الميزوفيلية (mesophile) (جدول ٢) .

انخفض متوسط الكثافة الميكروبية للـ psychrophiles تدريجيا طوال شهور البحث للمرحلة الأولى من لوغاريتم ٥,٩٦ للموقع الأول إلى لوغاريتم ٥,٧٥ ، ٥,٤٨ ، ٥,١٨ ، ٤,٥٠ و ٣,٨٤ للمواقع الثاني والثالث والرابع والخامس والسادس على التوالي (جدول ١). كذلك انخفض هذا المتوسط تدريجيا من لوغاريتم ٤,٩٧ إلى لوغاريتم ٤,٥٧ خلال الشهور الأربعة الأولى من الدراسة ، قبل أن ترتفع في الشهر الخامس (شهر الحج) إلى لوغاريتم ٦,٤٧ ثم تعاود الانخفاض في الشهر الأخير (المحرم) إلى لوغاريتم ٤,٨٨ (جدول ٢).

بمقارنة الكثافة الميكروبية للكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة (mesophiles & psychrophiles) في مياه الصرف الصحي على طول المجرى وخلال فترة البحث للمرحلة الأولى ، اتضح أن المتوسط العام للنوع الأول (mesophilic microorganisms) بلغ لوغاريتم ٦,٣٦ مقابل لوغاريتم ٥,١٢ للنوع الثاني (psychrophilic microorganisms) وبفارق قدره ١,٢٤ لوغاريتم (جداول ١ و٢).

اشتملت التحاليل والتقديرات الميكروبيولوجية التي أجريت على مياه الصرف الصحي في هذه الدراسة على تقدير حمولة هذه المياه من بكتريا الستافلوكس (staphylococcus bacteria). لاحظ الباحثون سلوكا مغايرا لهذه المجموعة من

الكائنات الحية على طول مجرى ا لصرف ، مقارنة بما سبق الإشارة إليه سالفًا عن الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة ، حيث ارتفعت الحمولة الميكروبية للستافلوكوكس تدريجيا كلما ابتعدنا عن مصب مياه الصرف في اتجاه الموقع الأخير. وأيدت المتوسطات الحسابية المحسوبة للكثافة الميكروبيولوجية لهذه المجموعة (الستافلوكوكس) الموجودة في مياه الصرف الصحي على مجرى الصرف لمدينة مكة المكرمة هذا الاتجاه سواء بالنسبة للموقع أو بالنسبة لفترة الاختبار (جداول ١ و٢). فبصرف النظر عن تأثير فترة الاختبار ، أوضحت المتوسطات المحسوبة وجود ازدياد تدريجي في كثافة الـ staphylococcus bacteria من لوغاريتم ٣,٨٥ (من المصب إلى المنبع) إلى لوغاريتم ٤,٢٢ ،٤,٣٧ ،٤,٧٢ و٤,٩١ و٥,١٣ للمواقع من الثاني حتى السادس بالترتيب ، وجاءت الحمولة الميكروبية لهذه البكتريا أقل من المتوسط العام بالنسبة للمواقع الثلاثة الأولى ، وأعلى منه بالنسبة للمواقع الثلاثة الأخيرة (جدول ١). وبصرف النظر عن تأثير الموقع ، فإن المتوسطات المحسوبة للكثافة الميكروبية لبكتريا الـ staphylococcus في مجرى مياه الصرف الصحي كانت حول لوغاريتم ٤,٠٤ لفترة الاختبار الأولى ، وانخفضت قليلا إلى لوغاريتم ٣,٩٩ لفترة الاختبار الثانية ، قبل أن ترتفع إلى حوالي المتوسط العام (لوغاريتم ٤,٥٣) في الفترة الثالثة ، ولتواصل ارتفاعها إلى لوعاريتم ٤,٦٥ في الفترة الرابعة حتى تبلغ أقصى كثافة في الفترة الخامسة – شهر ذو الحجة (يوليو) – قبل أن تعاود الانخفاض إلى لوغاريتم ٤,٥٩ في فترة الاختبار السادسة والأخيرة (جدول ٢).

توضح النتائج التي توصل إليها الباحثون فيما يتعلق بالكثافة الميكروبية لبكتريا مجموعة القولون (coliform bacteria) الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة من ستة مواقع مختلفة على مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة ، وفي أوقات مختلفة من العام ، تأثر حمولة مياه الصرف في بكتريا القولون بالمواقع المختلفة على المجرى وكذلك باختلاف فترة الاختبار . وتؤكد التحاليل الإحصائية المحسوبة لكثافة هذه المجموعة من البكتريا (الكوليفورم) في مياه الصرف الصحي هذه المعلومة سواء نسبة للموقع على المجرى أو للوقت من السنة . فبصرف النظر عن تأثير الوقت من السنة (فترة الاختبار) على أعداد بكتريا الكوليفورم في مياه الصرف الصحي ، لاحظ

الباحثون وجود انخفاض تدريجي من متوسط قدره لوغاريتم ٦,٩٨ للمياه عند المنبع إلى لوغاريتم ٦,٦٢ و٦,١٨ و٦,٨٦ و٥,٤١ و٥,٩٥ للمواقع الثاني والثالث والرابع والخامس والسادس على التوالي (جدول ١). أما بالنسبة لتأثير الوقت من السنة على كثافة بكتريا الـ coliform في مياه الصرف الصحي ، وبصرف النظر عن تأثير الموقع ، بخلاف الارتفاع الواضح في أعداد هذه البكتريا خلال فترة الحج (الفترة الخامسة)، فبينما كان متوسط هذه الكثافة لجميع المواقع في الشهر الأول عند لوغاريتم ٥,٩٥ ، انخفض هذه المتوسط في الشهر الثاني إلى لوغاريتم ٥,٨٣ ، وارتفع في الثالث إلى لوغاريتم ٦,٠١ ، ثم انخفض قليلا إلى لوغاريتم ٥,٩٩ في الشهر الرابع ، ليعاود الارتفاع بوضوح إلى أعلى معدل له وهو لوغاريتم ٦,٦٣ في الشهر الخامس ، قبل أن يبدأ في الانخفاض مرة أخرى في نهاية فترة البحث للمرحلة الأولى (الشهر السادس) إلى لوغاريتم ٥,٥٨ (جدول ٢).

لم تتوقف التحاليل والتقديرات الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي عند تقدير الكثافة الميكروبية لبكتريا القولون (coliform bacteria) بل امتدت لتشمل أيضًا تقدير الكثافة الميكروبية لبكتريا القولون البرازية (fecal coliform bacteria). في هذه المياه ، كانت أعداد بكتريا القولون البرازية (fecal coliform bacteria) أعلاها في عينات المياه المأخوذة من الموقع الأول على مجرى عند المنبع ، وتناقصت هذه الأعداد بسرعة في اتجاه المواقع الأخرى ، بدءًا بالموقع الثاني ، ثم الثالث ، وهكذا . وكانت أعداد هذه البكتريا أقلها في عينات المياه المسحوبة من الموقع السادس ، وذلك لجميع شهور الدراسة الستة ، وبدون استثناء (جدول ١). وكذلك لم تختلف الصورة كثيراً فيما يتعلق بكثافة بكتريا القولون البرازية في مياه الصرف المسحوبة شهريا خلال فترة الشهور الستة ، مقارنة بما سبق ملاحظته لبكتريا القولون الكلية (القولونيات الكلية) ، أو للمجاميع الميكروبية الأخرى التي تمت دراستها ، حيث لاحظ الباحثون وجود ارتفاع تدريجي في أعداد القولونيات البرازية (fecal coliforms) بتقدم الوقت خلال شهور الدراسة ، ولتبلغ أعلاها خلال شهر الحج (ذو الحجة/ يوليو) قبل البدء في الانخفاض مرة أخرى ، وذلك لجميع المواقع الستة على مجرى الصرف وبدون استثناء (جدول ٢).

اتضح جليا تأثير الموقع ، وكذلك الوقت من السنة على كثافة القولونيات البرازية

(fecal coliform) بعد إجراء التحاليل الإحصائية وحساب متوسطات الكثافة الميكربيولوجية لهذه البكتريا ، سواء للعينات المأخوذة من المواقع المختلفة على طول المجرى ، أو للعينات المأخوذة خلال شهور الدراسة المختلفة (جداول ١ و٢)، فبالنسبة لتأثير الموقع لاحظ الباحثون انخفاضا معنويا في كثافة القولونيات البرازية (fecal coliforms) من متوسط قدره ٦٧ , ١٨١ خلية/ ١٠٠ ملل من المياه للموقع الأول إلى أقل من النصف بالتحرك إلى الموقع الثاني فقط ، حيث كان المتوسط عند هذا الموقع ٨٢ , ٨٤ خلية/ ١١٠ ملل ، وتناقصت الكثافة إلى أكثر من النصف مرة أخرى بالتحرك للموقع الثالث حيث قدر المتوسط عند ذلك الموقع بـ ٣٧ خلية/ ١٠٠ملل من المياه ، وتكررت هذه الملاحظة عند الموقع الرابع (١٧ , ١٧ خلية/ ١٠٠ملل) والخامس بمتوسط قدره ٢٣ , ٧ خلية/ ١٠٠ملل ، لتصل اخيراً إلى ٢ خلية/ ١٠٠ملل فقط في مياه الصرف الصحي المسحوبة من الموقع السادس (جدول ١). وفيما يتعلق بتأثير الوقت من السنة على كثافة القولونيات البرازية في مياه الصرف تحت الدراسة ، فقد كانت كثافتها لجميع المواقع في شهر الاختبار الأول (شعبان – مارس) ٢٣ , ٤٤ خلية/ ١٠٠ملل من مياه الصرف ، وارتفعت تدريجيا إلى ١٧ , ٤٩ خلية/ ١٠٠ملل من المياه في شهر الاختبار الثاني ، استمر هذا الارتفاع ليصل إلى كثافة بكتريا للقولونيات البرازية متوسطها ٦٧ , ٥١ خلية/ ١٠٠ملل في شهر الثالث و ٦٧ , ٥٦ خلية/ ١٠٠ملل في الشهر الرابع ، ولتواصل الارتفاع إلى أقصى كثافة تم تسجيلها وهي ٣٣ , ٨٤ خلية/ ١٠٠ملل في شهر الحج (ذو الحجة – يوليو)، قبل أن تنخفض بشدة في الشهر التالي مباشرة (محرم – أغسطس) إلى متوسط يقل حتى عن ذلك الذي تم ملاحظته لشهر الاختبار الأول (٨٣ , ٤٣ خلية/ ١٠٠ملل) (جدول ٢).

ب – المرحلة الثانية second stage

اشتملت التحليلات والتقديرات الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي في المرحلة الثانية على جميع اختبارات المرحلة الأولى ، وبالإضافة إلى تقدير الكثافة الميكروبية للخمائر والفطريات (yeasts and molds) وتم أخذ عينات مياه الصرف الخاصة بهذه المرحلة من نفس المواقع الستة المشار إليها سالفًا ، ولكن اختلف وقت أخذ العينات ، فأصبح كل خمسة عشر يومًا (نصف شهرية) بدلا من كل شهر ، كما كان الحال في

المرحلة الأولى . وأخذت أيضًا ستة عينات من كل موقع ، ولكن طوال فترة قدرها ثلاثة شهور فقط ، امتدت من شهر ذو القعدة (مايو) إلى شهر محرم (يوليو) ، وبحيث كان شهر ذو الحجة (يونيو) في منتصف الفترة البحثية ، وذلك بغرض إلقاء مزيدًا من الضوء على التغيرات في الخواص الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي موضوع الدراسة ، والتي تم رصدها بوضوح من خلال نتائج المرحلة الأولى في هذا الوقت المهم من السنة (موسم الحج)، بالإضافة إلى تأكيد ما سبق التوصل إليه واستقراؤه في المرحلة الأولى .

اختلفت حمولة مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (mesophiles) باختلاف الموقع على المجرى ، وكذلك باختلاف الوقت الذي فيه سحب العينات . ومرة أخرى – وكما أوضحت نتائج المرحلة الأولى – لاحظ الدارسون احتواء عينات المياه القريبة من المنبع عند الموقع الأول على أعلى كثافة ميكروبية من الكائنات الميزوفيلية (mesophiles) مقارنة بجميع المواقع الأخرى ، وبصرف النظر عن الوقت الذي تم فيه أخذ العينات ، وكذلك لوحظ وجود انخفاض تدريجي في أعداد هذه الكائنات كلما ابتعدنا عن المصب في اتجاه الموقع الأخير قرب نهاية المجرى (جدول ٣)، وأثرت الفترة من السنة كذلك على كثافة الكائنات الميزوفيلية (mesophiles) في مياه مجرى الصرف الصحي تحت الدراسة ، وسجلت عينات المياه المسحوبة في النصف الثاني من شهر ذو الحجة (يونيو) أعلى حمولة ميكروبية من الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (mesophiles microorganisms) مقارنة بباقي فترات الاختبار (جدول ٤).

سلكت الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة (psychrophilic microorganisms) مسلكا يشابه تمامًا ما لاحظه الباحثون للكائنات من نوع الـ -mesophiles ، حيث اختلفت حمولة المياه من هذه الكائنات من موقع لموقع آخر على مجرى الصرف ، وكذلك من فترة اختبار لفترة أخرى طوال الشهور الثلاثة (جداول ٣ و٤)، ومرة أخرى كانت أعداد الـ psychrophiles أعلاها عند المصب وبمتوسط قدره لوغاريتم ٦,٣١ لشهور الاختبار الثلاثة ، وأقلها عند نهاية المجرى وبمتوسط قدره لوغاريتم ٣,٨٦ ، ويمثل هذا انخفاضًا واضحًا قدره لوغاريتم ٢,٤٥ (٩٩,٦٪) في أعداد هذه الكائنات السيكروفيلية بالانتقال من الموقع الأول إلى الموقع السادس .

جدول (٣). متوسطات لوغاريتم* العدد الكلي الميكروبيولوجي للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة خلال فترات مختلفة من السنة وفي ستة مواقع مختلفة على امتداد مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة خلال العام (المرحلة الثانية).

الموقـــــع	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المتوسطة	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المنخفضة	بكتريا الستافلوكوكس	الخمائر والفطريات	العدد الكلي لبكتريا القولون (M.P.N.)	العدد الكلي لبكتريا القولون البرازيـة (M.P.N.)
الموقع الأول	A ٧,٥٧	A ٦,٣١	E ٤,٠٩	D ٤,٧٩	A ٧,٥٥	A ٢٣٦,٥
الموقع الثاني	A ٧,٤٤	B ٥,٩٥	D ٤,٤٤	CD ٥,٠٣	A ٧,٢٦	B ١٧٦,٦٧
الموقع الثالث	A ٧,٣٣	C ٥,٤٥	CD ٤,٦٩	BC ٥,١٣	B ٦,٩	C ١٠١,٨٣
الموقع الرابع	B ٦,٧٨	D ٤,٩٩	C ٤,٧١	B ٥,٣٤	C ٦,٥٤	D ٦٣,٦٧
الموقع الخامس	B ٦,٣٩	E ٤,٤٣	B ٤,٩٩	A ٦,٦١	C ٦,٢٣	E ١٤,٣٣
الموقع السادس	C ٥,٦١	F ٣,٨٦	A ٥,٣	A ٥,٦١	D ٥,٦٩	E ٢
المتوسط الكلي	٦,٨٥٢	٥,١٦٦	٤,٧٠٢	٥,٤١٧	٦,٦٩٥	٩٩,١٦٦
المدى	٩,١٢-٥,٠١	٧,٤٤-٣,٥٧	٥,٧٢-٣,٤٤	٦,٢٤-٣,٩٥	٨,٩١-٥,١٦	٣١٥ - ١
LSD	٠,٤٣٥٣	٠,٣٣٤٢	٠,٢٦٥٩	٠,٢٣٧٨	٠,٣٤٢٦	٢٩,٣٤٦٢

* المتوسطات المذكورة في العمود الواحد غير المتبوعة بنفس الحرف الهجائي تختلف معنويا فيما بينها (مستوى ثقة ٠,٠٥).

جدول (٤). متوسطات لوغاريتم* العدد الكلي الميكروبيولوجي للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة من عدة مواقع مختلفة على امتداد مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة في ستة أوقات مختلفة خلال العام (المرحلة الثانية).

الفتـــــرة**	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المتوسطة	كائنات حية دقيقة محبة لدرجات الحرارة المنخفضة	بكتريا الستافلوكوكس	الخمائر والفطريات	العدد الكلي لبكتريا القولون (M.P.N.)	العدد الكلي لبكتريا القولون البرازيـة (M.P.N.)
الفترة الأولى	D ٦,٠١	D ٤,٦٧	C ٤,٣٢	D ٤,٥٤	D ٦,١٣	C ٥٩
الفترة الثانية	C ٦,٥٥	CD ٤,٨٨	C ٤,١٧	D ٤,٧٥	BC ٦,٥٦	BC ٨٣,٥
الفترة الثالثة	C ٦,٥٤	C ٥,١٦	C ٤,٤٠	B ٥,٥٠	B ٦,٧٧	B ١٠٤,٨٣
الفترة الرابعة	A ٨,٢٩	A ٦,٠٥	B ٤,٩٦	A ٥,٨٨	A ٧,٥٤	B ١٠٨,٨٣
الفترة الخامسة	B ٧,٦٩	B ٥,٥٧	A ٥,٣٧	A ٥,٧٩	B ٦,٨٤	A ١٤٩,٥
الفترة السادسة	D ٦,٠٤	D ٤,٦٧	B ٤,٩٩	C ٥,٠٣	CD ٦,٣٤	B ٨٩,٣٣
المتوسط الكلي	٦,٨٥٢	٥,١٦٦	٤,٧٠٢	٥,٢٥١	٦,٦٩٥	٩٩,١٦٧
المدى	٩,١٢-٥,٠١	٧,٤٤-٣,٥٧	٥,٧٢-٣,٤٤	٦,٢٤-٣,٩٥	٨,٩١-٥,١٦	٣١٥ - ١
LSD	٠,٤٣٥٣	٠,٣٣٤٢	٠,٢٦٥٩	٠,٢٣٧٨	٠,٣٤٢٦	٢٩,٣٤٦٢

* المتوسطات المذكورة في العمود الواحد غير المتبوعة بنفس الحرف الهجائي تختلف معنويا فيما بينها (مستوى ثقة ٠,٠٥).

** الفترة الأولى = ١ ذو القعدة (١٢ مايو) الفترة الثانية = ١٥ ذو القعدة (١٧ مايو) الفترة الثالثة = ١ ذو الحجة (٢ يونيو)
الفترة الرابعة = ١٥ ذو الحجة (١٦ يونيو) الفترة الخامسة = ١ محرم (١ يوليو) الفترة السادسة = ١٥ محرم (١٥ يوليو)

وزادت المتوسطات اللوغاريتمية لأعداد بكتريا الـ psychrophiles كذلك بتقدم وقت الاختبار من شهر الاختبار الأول (ذو القعدة – مايو) إلى الشهر الثاني (ذو الحجة – يونيو) بصرف النظر عن تأثير الموقع ، ووصلت أقصاها (لوغاريتم ٠٥ , ٦) في الفترة الرابعة (منتصف شهر الحج) كما كان متوقعًا ، وكان الفارق بين أقل هذه الأعداد الميكروبية لـ psychrophiles وأعلاها حوالي لوغاريتم ٣٨ , ١ (٩٥٪). ويمكن بمقارنة سريعة بين المتوسط العام (الكلي) للكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (mesophiles) والمنخفضة (psychrophiles) في مياه الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة ، وبصرف النظر عن تأثير الموقع أو الوقت من السنة ، تبين وجود فارق كبير بين الكثافة الميكروبية لـ mesophiles والـ psychrophiles ، بينما كان المتوسط العام للكائنات الميزوفيلية هو لوغاريتم ٨٥ , ٦ ، انخفض هذا المتوسط للكائنات اليسكروفيلية إلى لوغاريتم ١٦ , ٥ . وربما يرجع ذلك إلى طبيعة النمو والتكاثر لكل مجموعة من هذه الكائنات الحية الدقيقة ، خاصة فيما يتعلق بالاختلاف بينهما في الاحتياجات البيئية الحرارية (جدول ٣ و٤).

أكدت النتائج المتحصل عليها في المرحلة الثانية وفيما يتعلق بالحمولة الميكروبيولوجية لبكتريا الستافلوكوكس (staphylococcus bacteria) ما سبق أن أوضحته نتائج المرحلة الأولى لهذه المجموعة من الكائنات الحية الدقيقة ، حيث زادت أعداد بكتريا الستافلوكوكس في مياه الصرف الصحي كلما ابتعدنا عن المنبع في اتجاه نهاية المجري ، وذلك بصرف النظر عن وقت أو فترة الاختبار (جدول ٣).

كذلك أوضحت المتوسطات المحسوبة للحمولة الميكروبية لبكتريا الستافلوكوكس – في عينات مياه الصرف المأخوذة من جميع المواقع خلال فترات زمنية مختلفة من العام – اختلاف الحمولة الميكروبية في عينات هذه المياه ، وكانت أقلها في بداية المرحلة (الفترة الأولى)، ثم زادت تدريجيا بتقدم الزمن خلال الشهور الثلاثة ، حتى وصلت أعلى كثافة لها في أول شهر محرم ، وليس في ذو الحجة كما كان الحال مع المجاميع الميكروبية الأخرى (جدول ٤).

توضح النتائج المعروضة (جداول ٣ و٤) الكثافة الميكروبية للخمائر والفطريات (yeasts and molds) الموجودة في عينات مياه الصرف الصحي المأخوذة من ستة مواقع

مختلفة على مجرى الصرف الصحي لمدينة مكة المكرمة خلال ثلاثة شهور من العام وبصرف النظر عن تأثير الموقع ، لم تختلف الصورة الميكروبيولوجية العامة التي أوضحتها النتائج بالنسبة لحمولة مياه الصرف من الخمائر والفطريات على طول مجرى الصرف ، وخلال أشهر البحث الثلاثة المذكورة عما سبق تسجيله للمجاميع الميكروبية الأخرى ، سواء في المرحلة الأولى أو الثانية ، فقط كان التباين في المدى الذي ذهبت إليه أعداد الخمائر والفطريات في عينات المياه تحت الدراسة مقارنة بأعداد المجاميع الأخرى، فقد لاحظ الباحثون وجود ارتفاع تدريجي في حمولة مياه الصرف من الخمائر والفطريات (yeasts and molds) كلما تقدم زمن أخذ العينة أو فترة الاختبار ، فبينما كانت أعداد الخمائر والفطريات في عينات المياه المسحوبة من المجرى في أول ذو القعدة (مايو) ممثلة بلوغاريتم ٤,٥٤ زادت هذه الأعداد إلى لوغاريتم ٤,٧٥ و٥,٥٠ و٥,٨٨ للفترات الثانية والثالثة والرابعة على التوالي قبل أن تنخفض إلى لوغاريتم ٥,٧٩ ولوغاريتم ٥,٠٣ للفترتين الخامسة والسادسة . ومع عدم اختلاف الصورة الميكروبيولوجية العامة للخمائر والفطريات في مياه الصرف عما شوهد من قبل ، وذلك بالنسبة لتأثير الوقت من السنة ، كان هناك تباين واضح في هذه الصورة وما سبق تسجيله من قبل للمجاميع الأخرى ، وذلك فيما يتعلق بتأثير الموقع حيث نهجت الخمائر والفطريات نهجا مشابها لذلك الذي سجلته النتائج لبكتريا الستافلوكوكس (staphylococcus bacteria) وحيث شوهدت أقل حمولة للخمائر والفطريات في مياه المجرى قرب المصب (لجميع فترات الاختبار الستة) ثم سجلت زيادات تدريجية في هذه الأعداد كلما ابتعدنا عن المنبع في اتجاه نهاية المصب . وبينما كان متوسط الكثافة الميكروبية للخمائر والفطريات في عينات المياه المأخوذة في الموقع الأول خلال الشهور الثلاثة هو لوغاريتم ٤,٧٩، إزداد هذا المتوسط تدريجيا ليصل إلى لوغاريتم ٥,٦١ لعينات المياه المأخوذة من الموقع السادس طوال نفس الفترة ، وبفارق قدره لوغاريتم ٠,٨٢ أو زيادة قدرها ١,٥٦٪ في الحمولة الميكروبية للمياه من الخمائر والفطريات .

اختلفت حمولة مياه الصرف في مدينة مكة المكرمة في بكتريا القولون coliform bacteria على طول مجرى الصرف وطوال فترات الشهور الثلاثة من العام ، والتي مثلت فترة البحث للمرحلة الثانية ، وتشابه هذا الاختلاف مع مثيله السابق لبكتريا

القولون في المرحلة الأولى سواء كان ذلك بالنسبة لتأثير الموقع على مجرى الصرف أو تأثير وقت الاختبار من السنة .

كذلك سلكت أعداد بكتريا القولون البرازية (fecal coliform bacterial) في مياه الصرف الصحي للمدينة المقدسة سلوكا مشابها لكثافة القولونيات الكلية (total coliforms) في هذه المياه ، والسابق الإشارة إليه في السطور السابقة ، هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى تشابه هذا السلوك كذلك مع قرينه المسجل لنفس هذه الكائنات الحية الدقيقة (fecal coliforms) خلال المرحلة الأولى في هذه الدراسة (جدول ٣ و٤).

تباينت بوضوح أعداد القولونيات البرازية في عينات مياه الصرف الصحي التي تم تحليلها من المواقع المختلفة ، وكذلك تباينت هذه الأعداد في عينات المياه المسحوبة من على طول المجرى طوال شهور البحث الثلاثة في المرحلة الثانية ، وأوضحت المتوسطات المحسوبة لهذه الأعداد موت هذه البكتريا بسرعة كبيرة بالابتعاد عن المنبع (الموقع الأول)، حيث سجلت أعلى كثافة لها فبلغت ٢٣٦,٧ خلية/ ١٠٠ملل من المياه عند الموقع الأول خلال الشهور الثلاثة ، وعند الموقع الثاني قدرت الحمولة الميكروبية للقولونيات البرازية بـ ١٧٦,٧ خلية/ ١٠٠ملل في المياه ، ويمثل هذا انخفاضا قدره ٢٥,٣٤٪، واستمر هذا الانخفاض السريع في القولونيات البرازية بالاتجاه نحو نهاية المصب مبلغ متوسط أعدادها ١٠١,٨ خلية/ ١٠٠ملل في المياه في الموقع الثالث ، ثم ٦٣,٧ خلية لمياه الموقع ا لرابع ، و١٤,٣ خلية فقط للموقع الخامس ، وخليتان لاغير للموقع السادس والأخير . ويمثل الانخفاض في أعداد القولونيات البرازية من المنبع حتى نهاية المجرى تقريبًا نسبة مئوية قدرها ٩٩,١٥٪ (جدول ٣). وكما كان متوقعا كان تأثير الوقت من السنة على أعداد القولونيات البرازية fecal coliforms مغايرا لتأثير الموقع، حيث ازدادت أعداد هذه البكتريا من متوسط قدره ٥٩ خلية/ ١٠٠ملل في المياه على طول مجرى الصرف (جميع المواقع)، وذلك خلال فترة الاختبار الأولى (أول ذو القعدة) إلى ٥٠ ,٨٣ خلية ثم ٨ ,١٠٤ خلية و ٨ ,١٠٨ خلية لفترات الاختبار الثانية و الثالثة والرابعة على التوالي ، قبل أن تبلغ أعلى كثافة لها في أول شهر محرم (يوليو) وهي ٥ ,١٤٩ خلية/ ١٠٠ملل من مياه الصرف ، أو بزيادة قدرها (١٥٣٪) مقارنة بفترة الاختبار الأول (جدول ٤)، وقبل أن تبدأ في الانخفاض بسرعة بعد ذلك لتصل إلى

حوالي ٨٩ خلية/ ١٠٠ ملل في المياه في فترة الاختبار السادسة والأخيرة ، وهي نسبة انخفاض قدرها ٥ , ٤٠٪ في خلال خمسة عشر يوما فقط .

تشير نتائج المرحلتين في هذه الدراسة – ومع أخذ الدلائل الميكروبيولوجية الموصي بها لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي في الزراعة في الاعتبار (جدول ٥) وكذلك توصيات ندوة استغلال مياه الصرف الصحي في المشاريع الزراعية (حجرة ١٩٩٣) – إلى أن صلاحية مياه الصرف الصحي الناتجة من محطة المعالجة بمدينة مكة المكرمة ، من الناحية الميكروبيولوجية للاستخدامات الزراعية المستقبلية ، صلاحية مقيدة .

جدول (٥). الدلائل الميكروبيولوجية الموصي بها لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي في الزراعة (أ) (ب).

الفئة وظروف إعادة الاستعمال	القولونيات البرازية المتوسط الهندسي/ ١٠٠ ملل (ج)	المعالجة التكنولوجية المتوقع أن تحقق النوعية الميكروبيولوجية المطلوبة
٢- ري المحاصيل المرجح تناولها بدون طهي ٢- الملاعب الرياضية ٤- الحدائق العامة	أقل من ١٠٠٠	سلسلة من برك التثبيت مصممة لتحقيق النوعية الميكروبيولوجية الموضوعة أو معالجة معادلة .
الحدائق والمروج التي يلامسها الجمهور مباشرة	أقل من ١٠٠	نفس المعالجة عالية .
٢- ري محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية ومحاصيل العلف . ٢- ري المراعي والأشجار (هـ)	لا يوصي بمعيار معين	الاحتجاز في برك التثبيت لمدة ٨-١٠ أيام أو إزالة معادلة للقولونيات البرازية .

(أ) – مأخوذة عن منظمة الصحة العالمية ١٩٩٠.

(ب) – في حالات معينة ينبغي أن تؤخذ في الحسبان العوامل الوبائية والاجتماعية والثقافية والبيئية وتعدل الدلائل بتعا لذلك .

(ج) – أثناء فترة الري .

(هـ) – في حالة أشجار الفاكهة ينبغي أن يتوقف الري قبل قطف الثمار بأسبوعين مع عدم التقاط أي ثمرة من على الأرض وينبغي عدم استعمال الري بالرشاشات .

المـــراجـــــع

أولاً : المراجع العربية

الصقير ، موفق (١٩٨٣) *ندوة تنمية مصادر المياه واستعمالها* ، وزارة التخطيط ، الرياض ١٣/ ٥/ ١٤٠٤هـ - ٨/ ٣/ ١٩٨٣م .

حجرة ، حمزة حسن (١٩٩٣) *ندوة استغلال مياه الصرف الصحي للمشاريع الزراعية ، جامعة الملك عبد العزيز ومنظمة الصحة العالمية* ، جدة ، المملكة العربية السعودية ، ١٥-١٩ شعبان ١٤١٣هـ/ ٦-١٠ فبراير ١٩٩٣م .

خلف ، صبحي حسين (١٩٨٨م) *علم الأحياء المجهرية المائي* ، جامعة الموصل ، كلية العلوم ، قسم علوم الحياة .

منظمة الصحة العالمية (١٩٧٩م) *التخلص من عوادم المياه العامة* ، تقرير لجنة الخبراء المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط ، الاسكندرية (يونيه - حزيران ١٩٧٩).

منظمة الصحة العالمية (١٩٩٠م) *الدلائل الصحية لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية* ، تقرير المجموعة العلمية ، منظمة الصحة العالمية ، سلسلة التقارير الفنية رقم ٧٧٨ .

ثانيًا : المراجع الأجنبية

Al Harbi, M.M. (1988) Organic and inorganic water pollution in the Red Sea, south of Jeddah, *M.S. Thesis,* King Abdulaziz University, Jeddah.

Al-Nakshabandi, G.A., Saqqar, M.M., Shatanawi, M.R., Fayyad, M. and **Al-Horani, H.** (1997) Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan, *Agric. Water Manage.,* **34**(1): 81-94.

APHA (1985) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,* 16th Edition, Washington DC, USA.

Ayers, R.S. (1973) Water Quality Criteria for Agriculture, VC Committee for Consultant, California Water Resources Control Board.

BBL (1973) *BBL Manual of Products and Laboratory Procedures,* Division of Becton, Dickinson & Co., Cockeysville, Md., U.S.A.

Blum, D. and **Feachem, R.G.** (1985) *Health Aspects of Nightsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture, Part III: An Epidemiological Perspective,* Dubendorf, International Reference Centre for Waste Disposal (Report No. 05/85).

Cooke, M., Loutit, M., Mulcock, A.P., Pyle, B.H., Taylor, M.E.U. and **Till, D.G.** (1976) Definition of ternun concerning coliform bacteria and recommended methods for either detection, *New Zealand J. Sci.,* **19:** 215-219.

Endren, C., Eklund, G., Gravenfors, E., Kukulsa, Z. and **Tarkpea, M.** (1998) A multivariate biological and chemical characterization of industrial effluents connected to municipal sewage treatment plants, *Environ. Toxicol. Chem.,* **17**(2) 228-233.

Engelberg Report (1985) *IRCWD News,* **23:** 11-19.

Geldreich, E.E. (1967) Fecal coliform concepts in stream pollution, *Water and Sewage Works,*

114: 98-102.

Gruber, E.L. (1981) Computerized biological monitoring for demonstrating wastewater discharge, *Journal WPCF,* **53:** 4.

Janky, D.M., Arafa, A.S., Oblinger, J.L., Koburger, J.A. and **Fletcher, D.L.** (1978) Sensory, physical and microbiological comparison of brine-chilled, water-chilled, and hot-packaged (no chill) broilers, *Poultry Science,* **57**(2): 417-421.

Kligler, I.J. (1981) Investigation on soil pollution and relation of the various types of privies to the spread of intestinal infections. *Rockefeller, Inst. for Med. Res. Monyr,* **15:** 72.

Lavoie, M.C. (1983) Identification of strains isolated as total and fecal coliforms and comparison of both groups as indicators of fecal pollution in tropical climates, *Can. J. Microbiol.,* **29:** 689-693.

Magadza, C.H.D. and **Dholmo, J.** (1996) Wet season incidence of coliform bacteria in lake Kariba inshore waters in the Kariba town area Lakes Reserv., *Res. Manage.,* **2**(1-2): 89-96.

Mara, D. and **Cairncross, S.** (1990) *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection,* Geneva, World Health Organization.

McCoy, E. (1969) Removal of pollution bacteria from animal by soil percolation, Paper 69-430, *Amer. Soc. Agri. Eng. Annual Meeting,* Purdue Univ., Lafayette, In. U.S.A.

Moore, E. (1988) Microbiological characterization of municipal wastewater at a spray irrigation site: The lubbock infection surveillance study, *Journal WPCF,* **60:** 27-39.

Muller, G. (1979) Bacterial indicators and standards for water quality in federal republic of Germany, pp. 159-167, *In:* **A.W. Hoadley** and **B.J. Dutka** (ed.), *Bacterial Indicators Hazards Associated with Water,* American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Raangeby, M., Johansson, P. and **Pernrup, M.** (1996) Removal of fecal coliforms in wastewater stabilization pond system in Mindelo, Cape Verde, *Eighteenth Biennial Conf. of the Int. Assoc. on Water Quality, Water Quality Inter.,* Part #7, Singapore.

Rawat, K.P., Sharma, A. and **Rao, S.M.** (1998) Microbiological and physicochemical analysis of radiation disinfected municipal sewage, *Water Res.,* **32**(3): 737-740.

Shuval, H.I. (1986) *Wastewater Irrigation in Developing Countries,* Health Effects and Technical Paper No. 51, Integrated Resource Recovery Series, UNDP Project Management Report No. 6.

Steel, R.G.D. and **Torrie, J.H.** (1981) *Principles and Procedures of Statistics,* McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, U.S.A.

Tanik, A. and **Comakoglu, B.** (1977) The role of soils in the removal of total coliforms from domestic wastewater, *Environ. Technol.,* **18**(4): 441-448.

WHO (1973) *Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards,* Reports of WHO Meeting of Experts. Technical Report Series, No. 517.

Influence of Time of the Year and Location on the Wastewater Stream on Microbial Characteristics of Treated Wastewater from the Holy City of Makkah

A.S. ARAFA, M.H. HASHEM, S.J. EL-SOLIMANI and M.S. AZROE
Department of Environmental Science, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

ABSTRACT. As the days pass, the importance of waste and waste treatments increases. In the latest years, in particular, this importance reached the extent that it became a global issue of the near and far future in general, and in the Arab & Islamic regions in particular.

The Kingdom of Saudi Arabia, as one of these concerned countries, has done unbeatable efforts in order to provide water to its citizens for the multidaily utilizations in addition to agricultural and industrial uses. Nevertheless, the need of new methods in finding more pure water for the different daily uses still remains. Hence, this study was conducted to evaluate the possibility of the future utilizations of wastewater under environmental circumstances prevail in the western region of the Kingdom of Saudi Arabia, choosing the wastewater treatment plant station at the City of Holy Makkah as a case study. The study was divided into major parts, reported here is the microbiological characterizations of this water within defined periods of the year and along wastewater stream.

Six locations were defined for sampling along the channel of this water beginning at the treatment plant station, bypassing the pouring point, till the end of the channel taking in mind semi-equal distances. This continued for six months, and the months of Ramadan and Zul-Hijjah took place at the beginning and the end of this period orderly. The microbiological analysis was repeated in another stage for three months, this time the month of Zul-Hijjah came in the middle of the test period.

Eventually, the outcome result, whether in the first part or in the second one was that the wastewater of the City of Holy Makkah can be used for agriculture within limited and conditioned circumstances. At the same time efforts should be continued aiming to reach to the best methods in getting benefits of this wastewater and to study the effects of such water on the environment in Orana Valley near by Holy Makkah.