تقيـيم كفـاءة محطـة حمدان لمعالجـة ميـاه الصـرف الصـحي في مركز محافظة البصرة

م.م. ابتهال شاكر مجيد أ.د. امال صالح عبود *

المقدمـة: تتجلى اهمية البحث من خلال توضيح تداعي الواقع الخدمي في محافظة البصرة ،الامر الذي يهدد بخطر بيئي تنسحب تأثيراته على صحة الانسان ومكوناته حيث ان تردي كفاءة خدمات البلدية ، وتدهور مستوى البيئة السكنية وانخفاض مستوى الخدمات الصحية ينتج عنه تدني عمليات الاصحاح البيئي(اجراءات البلدية) في محافظة البصرة ، وهذا ما دفع الباحث الى الخوض في تفاصيل المشكلة وتحديد اسبابها ومستوياتها وتأثيراتها على الواقع. كما تعد محافظة البصرة من المحافظات العراقية التي شهدت زيادة في اعداد سكانها وبالتالي زيادة الطلب على خدمات البنى التحتية ، فضلا عن ان حجم سكان المحافظة يعد من الاحجام الكبيرة مقارنة مع بقية المحافظات لذا كان من الجدير دراسة الواقع الخدمي لهذه المحافظة. ان اختيار مشكلة الدراسة وتحديدها بعناية وبصورة علمية تمثل الخطوة الاولى من خطوات البحث العلمي ، وهي احدى المهام الصعبة التي تواجه الباحث في البداية ومحاولته رسم تصور واضح عن هذه المشكلة .

* كلية الآداب/ جامعة البصرة

وعموما تكمن مشكلة الدراسة في السؤال التالي . هل كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حمدان توازي خدمات السكان والتوسع الضري ؟ويهدف هذا البحث الى تحديد كفاءة محطة حمدان لمعالجة مياه الصرف الصحي في محافظة البصرة من خلال تسليط الضوء على تراكيز بعض الملوثات قبل وبعد المعالجة لعم ٢٠١٧ ومقارنتها مع الحدود المسموح بها ضمن مواصفات لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري

تم تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة البصرة للفترة من ٢٠١٧/١/١ ولغاية ٢٠١٧/١٢/٣١ حيث درست محددات التلوث البيئي للمياه الواردة الى المحطة والمياه المعالجة وقبل تصريفها للنهر وشملت هذه المحددات كل من قيم التوصيلية الكهربائية (Ec) و الاحتياج الحيوي للأوكسجين (BOD) والاحتياج الكيميائي للأوكسجين (COD) والمواد العالقة الصلبة الكلية (TSS) والمواد الذائبة الكلية(TDS) و تركيز الفوسفات(PO4) وتركيز الكبريتات (SO4) وتركيز الكلوريدات (CL).

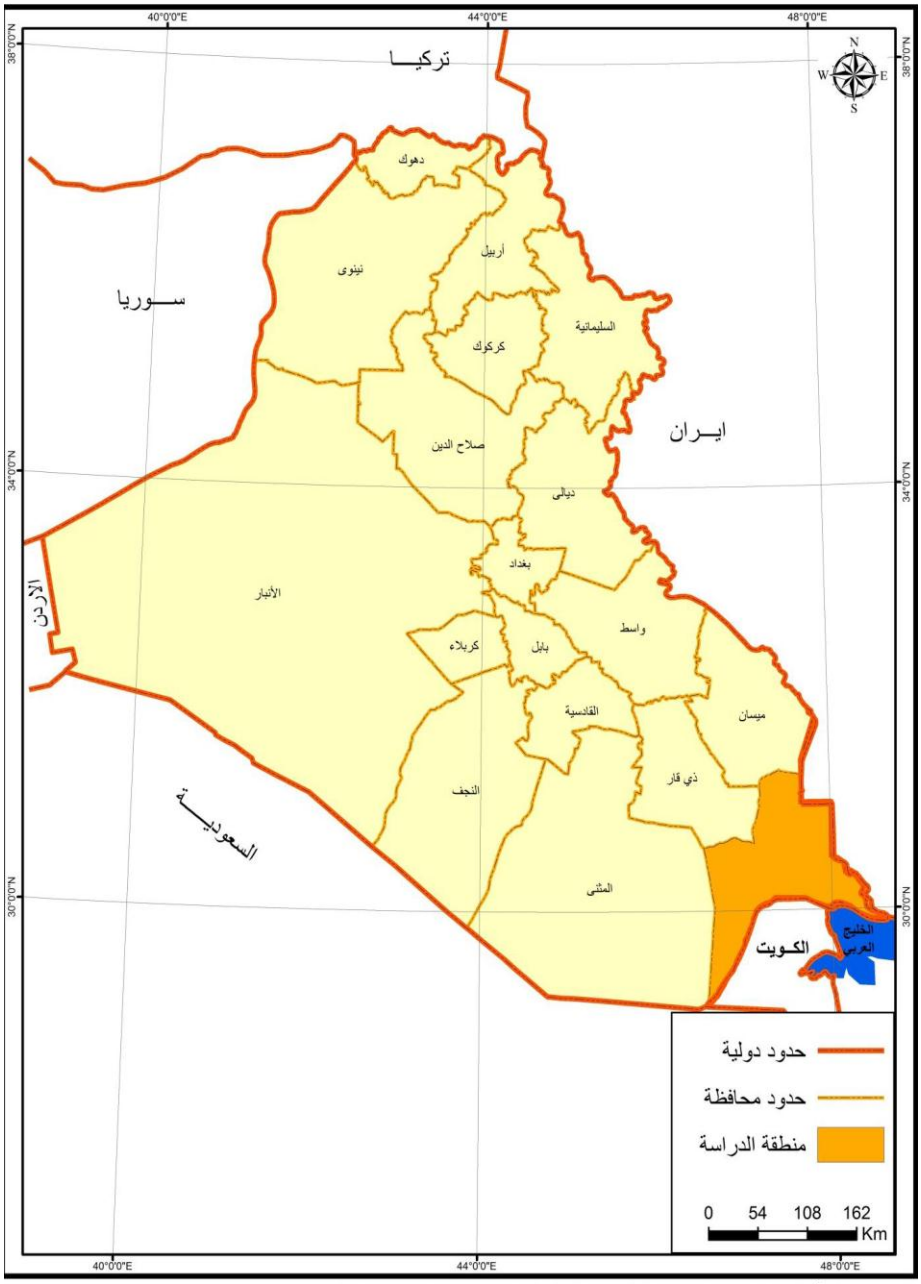
تقع محطة حمدان معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة البصرة البالغة مساحتها (١٩٠٧٠) كم٢ جدول(١)وتخدم حوالي (٢٩٧٢١٦٦) نسمه(وزارة التخطيط ٢٠١٧) وهي المحطة العاملة الوحيدة في الوقت الحاضر. وتقع محافظة البصرة جنوب العراق خريطة (١) وبين دائرتي عرض(٢٩,٥-- ٣١,٤٠) وقوسي طول (٤٦،٤٠ -- ٤٨،٣٠) شرقا خريطة (٢). ويحدها من الشمال محافظتي ذي قار وميسان ومن الشرق ايران ومن الجنوب الخليج العربي والكويت ومن الغرب محافظة المثنى. اما مساحة مدينة البصرة تبلغ حوالي ٦٦٧ كم٢خريطة (٣).

جدول (١) عدد السكان ومساحات الاقضية في محافظة البصرة ٢٠١٧.

القضاء	عدد السكان نسمة لسنة ٢٠١٧	مساحة القضاء (كم٢)
البصرة	١٤٦٤٦٢٩	١٠٨٢
ابي الخصيب	٢٢٨١٣٦	١١٥٢
الزبير	٥٢٣١٠٢	١١٦١٨
القرنة	٢٩٣٥٩٢	٢٠٧٣
الفاو	٤٣١٥١	٩٨
شط العرب	١٧٨٢٨٧	٢٠٥٥
المدينة	٢٤١٢٧٠	٩٨٩
المحافظة	٢٩٧٢١٦٦	١٩٠٧٠

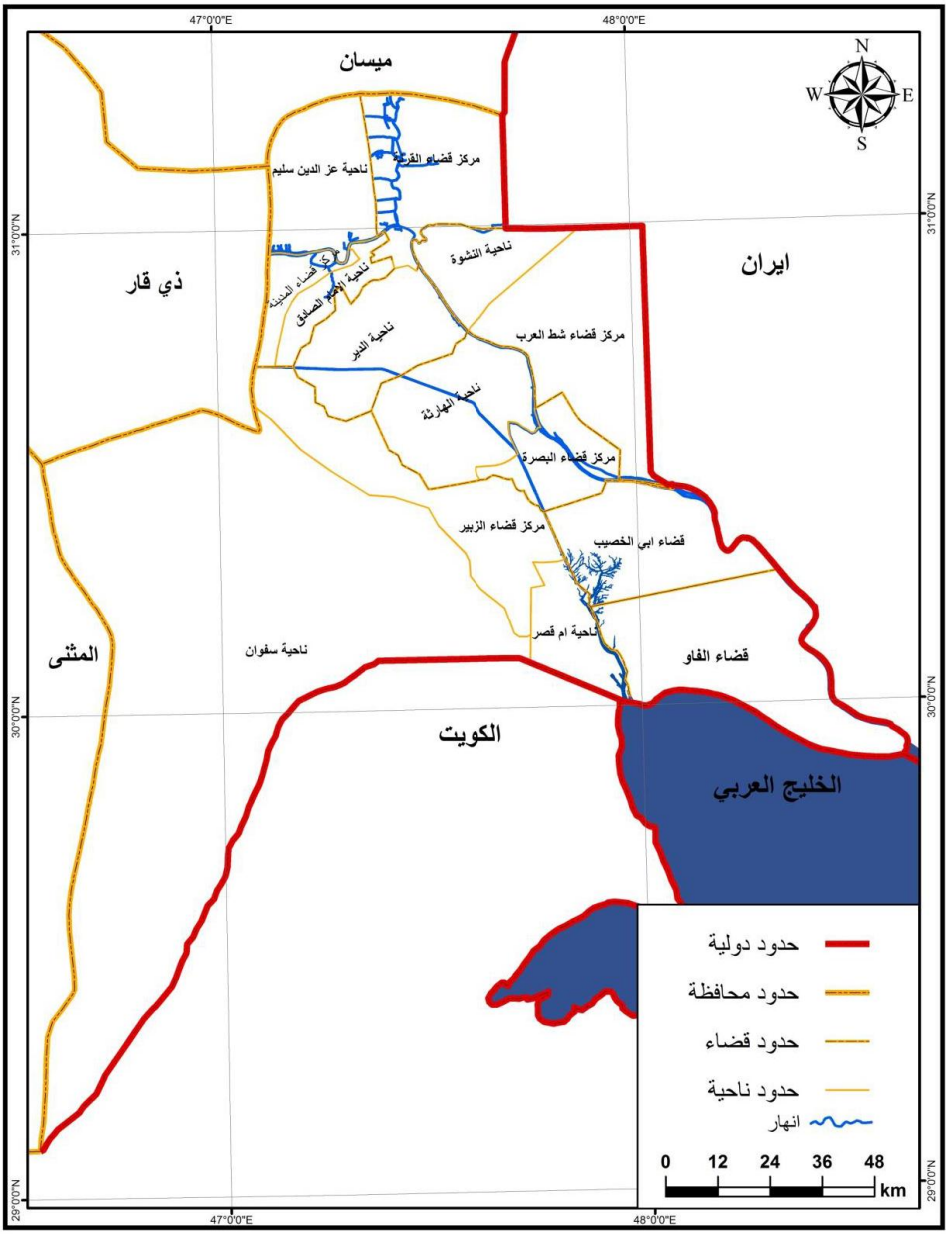
المصدر: ١-: وزارة التخطيط ، قسم الاحصاء ، المجموعة الاحصائية السنوية ٢٠١٧ ص٢١

خريطة(١) موقع منطقة الدراسة من العراق



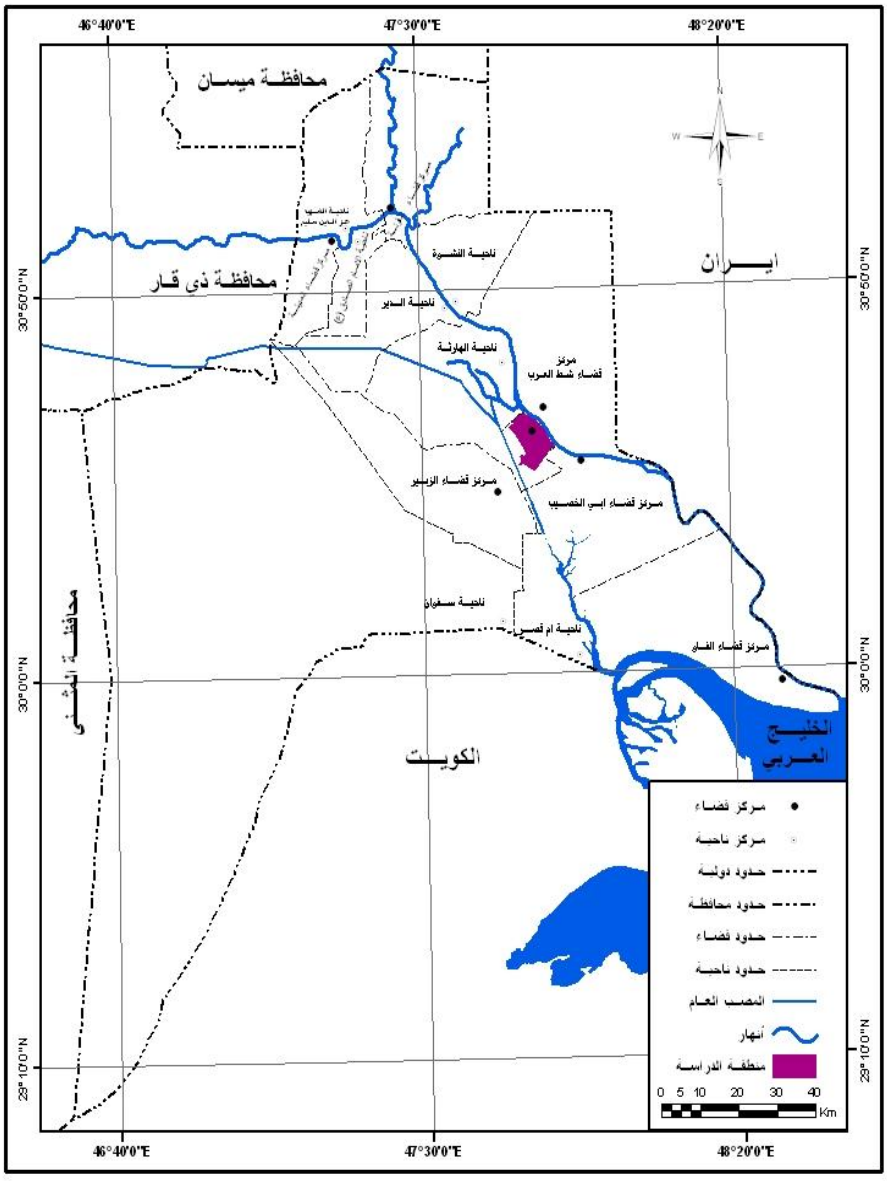
المصدر: الهيأة العامة للمساحة ،خريطة العراق الادارية ١/١٠٠٠٠٠٠،بغداد،٢٠١٠

خريطة (٢) الوحدات الإدارية في محافظة البصرة



المصدر:عمل الباحث بالاعتماد على :
(١) وزارة البلديات والاشغال العامة،مديرية بلدية البصرةشعبة تنظيم المدن،خريطةالتصميم الاساس لمحافظة البصرة لعام ٢٠١٤ بمقياس رسم ١/٨٠٠٠٠٠

خريطة (٣) موقع مدينة البصرة في محافظة البصرة



المصدر: الهيئة العامة للمساحة – الخارطة الإدارية لمحافظة البصرة – مطبعة المساحة – بغداد – ٢٠٠٦ .

تراكيز محددات التلوث البيئي

ان قيم التوصيلية الكهربائية والتي يشير اليها الجدولين(٢-٣) تراوحت قيمها قبل المعالجة بين (١,٨-٢,٨) (مليسمنز / سم) وكان مداها بين (١,٧- ٢,٤) (مليسمنز / سم) بعد المعالجة .بينما الحدود المسوح بها ١,٦(مليسمنز / سم) ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري جدول(٤)

اما قيم الحمولة الذائبه والتي يشير اليها الجدولين(٢-٣) ان قيمها قبل المعالجة فقد تراوحت بين (١٦٢٤-٢٥٧٠)ملغم /لتر وكان مداها بين (١٢٠٠-١٤٥٦) ملغم / لتر بعد المعالجة. بينما الحدود المسوح بها بين (٥٠٠-١٥٠٠) ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري جدول (٤) وهذا يعني ان قيم الحمولة الذائبة صالحة للاستخدام البشري. كما تراوحت قيم الحمولة العالقة والتي يشير اليها الجدولين(٢-٣) ان قيمها قبل المعالجة فقد تراوحت بين (١٦٠-٢١٠)ملغم /لتر وكان مداها بين (٧٨-٩٩) ملغم / لتر بعد المعالجة. بينما الحدود المسوح بها (٦٠)ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري .

كما تراوحت قيم الفوسفات والتي يشير اليها الجدولين(٢-٣) ان قيمها قبل المعالجة فقد بين (١,٨-٤,١)ملغم /لتر بينما كان مداها بين (١,٤-٣,٥) ملغم / لتر بعد المعالجة. بينما الحدود المسوح بها ٠,٠٤ ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري اما قيم الكبريتات والتي يشير اليها الجدول((٢-٣) ان قيمها قبل المعالجة فقد تراوحت بين (٦١٣-٧٣٣)ملغم /لتر وكان مداها بين (٥٣٤-٦٩٨) ملغم / لتر بعد المعالجة بينما الحدود المسوح بها ٤٠٠ ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة

الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري فقد تراوحت قيم الكلوريدات والتي يشير اليها الجدولين(٢-٣) ان قيمها قبل المعالجة فقد تراوحت بين (١١٢٠-٥٥٠٢)ملغم /لتر وكان مداها بين (٩٥٠-١٧٥٤) ملغم / لتر بعد المعالجة بينما الحدود المسوح بها ٢٥٠ ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري .جدول (٤)

جدول (٢) بعض التحاليل المختبرية(المعدل الشهري) لمحطة تصفية حمدان لعام (٢٠١٧).

الشهور	قبل المعالجة					
	Ec(مليسمنز /سم)	الحمولة الذائبة (ملغم/ لتر)	الحمولة العالقة (ملغم/ لتر)	ايون الفوسفات (ملغم / لتر)	ايون الكبريتات (ملغم/ لتر)	ايون الكلوريد (ملغم / لتر)
كانون الثاني	٢,١	١٦٢٤	١٢٢	١,٨	٦٩٧	١٤١٧
شباط	٢,٣	١٦٢٦	١٥٤	٤,١	٦٧٢	١٩٠٠
آذار	١,٩	١٨٦٧	١٧٨	٣,٢	٦٦٢	١٨١٢
نيسان	١,٨	٢٢٦٢	١٩٨	٣,١	٦٤٧	٢١٦٨
مايس	٢,١	٢٣٤٢	٢١٠	٢,٩	٧١١	١٤٩٦
حزيران	٢,٣	٢٥٧٠	١٧٠	٢,٨	٦٦٣	٢٠١٣

تموز	٢,٣	٢٣٥٨	٢٠٠	٢,٤	٦٧٤	١٨٣٦
آب	٢,٩	٢٤٢٧	١٨٠	٢,٣	٦١٣	٣٨٥٦
أيلول	٢,٨	٢٤٥٠	١٩٠	٢,٩	٦٨٠	٥٠٣٢
تشرين الأول	٢,٤	٢٢٥٢	١٨٩	٢,٤	٦٨٧	١١٢٠
تشرين الثاني	٢,١	١٨٣٤	١٦٠	٢,٧	٧٢٥	٥٥٠٢
كانون الأول	١,٩	١٨٠٤	١٧٦	٢,٣	٧٣٣	١٠٩٣

المصد ر: مديرية مجاري محافظة البصرة. شعبة مختبر البيئة بيانات غير منشورة ٢٠١٧

جدول (٣) بعض التحاليل المختبرية(المعدل الشهري) لمحطة تصفية حمدان لعام (٢٠١٧).

الشهور	بعد المعالجة					
	Ec(مليسمنز/سم)	الحمولة الذائبة (ملغم/ لتر)	الحمولة العالقة (ملغم/ لتر)	ايون الفوسفات (ملغم / لتر)	ايون الكبريتات (ملغم/ لتر)	ايون الكلوريد (ملغم / لتر)
كانون الثاني	١,٩	١٢٣٤	٨٧	١,٥	٦٤٥	١٢٣٥
شباط	٢,٠	١٢٦٥	٨٨	٣,٥	٥٣٤	١٣٣٣
آذار	١,٧	١٣١٢	٩١	٢,٣	٥٧٨	١٧٥٤

نيسان	١,٨	١٣٢٢	٩٥	٢,٧	٥٩٨	١ ٤٠٧
مايس	١,٩	١٣٧٦	٩٩	١,١	٦١٢	١٠٢٧
حزيران	٢	١٣٨٨	٧٦	١,٥	٦١٥	١٠٣٠
تموز	٢,١	١٣٩٧	٨٩	١,٦	٥٧٣	١١٢٠
آب	٢,٤	١٤٣٢	٨٥	١,٤	٦١١	١١٠٣
أيلول	٢,٣	١٤٥٦	٨٧	١,٦	٦٥٤	١٠٤١
تشرين الأول	٢,٢	١٤١٠	٨٦	٢,٢	٦٧٢	٩٥٠
تشرين الثاني	١,٩	١٢٩٨	٧٨	١,٥	٦١٥	١١٢٢
كانون الأول	١,٧	١٢٠٠	٧٩	١,٩	٦٩٨	١٠٤٠

المصد ر: مديرية مجاري محافظة البصرة. شعبة مختبر البيئة بيانات غير منشورة ٢٠١٧

لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري .

وقد تراوحت قيم الاحتياج الكيميائي للاوكسجين والتي يشير اليها الجدولين(٥ -- ٦) قبل التصفية بين (٣١٠-٥٠٣)ملغم /لتر وكان مداها بين (٦٩- ٢١٢) ملغم / لتر بعد التصفية. بينما الحدود المسوح به ٣ ما قيم الاحتياج الحيوي للأوكسجين والتي يشير اليها الجدولين(٥ -- ٦) قبل التصفية فقد تراوحت بين (١٣٢- ٢١٠)ملغم /لتر وكان مداها بين (٢٥ – ٣٣)) ملغم / لتر بعد التصفية بينما الحدود المسوح به(٣)ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO)

حجمها لأشعة الشمس في البيئات المائية (الهاشمي ٢٠٠٠ص٦٧). ان الارتفاع الكبير في بعض الاشهر يمثل عمليات الحفر لمشروع مجاري مدينة البصرة وتسرب المياه الجوفية الغنية بالكبريتات الى شبكات الرئيسه وبالتالي الى محطة وتشير بعض المصادر ان تراكيز العالية من الكبريتات في المياه الثقيلة تعود الى بعض انواع البكتريا الكبريتيدية التي تحول الكبريتيديات الى كبريتات (Hammer 2008 p96) اما الانخفاض في التراكيز في بعض اشهر السنه فقد يكون سببه بعض انواع البكتريا اللاهوائية التي تسبب تحرير غاز كبريتيد الهيدروجين نتيجة اختزال الكبريتات الاعضويه (هوجز ١٩٨٩ ص٦٣) اما معدلات تراكيز الفوسفات فقد تجاوزت في بعض الاشهر الحد المسموع به وينعكس وجودها وتصريفها الى مياه اشط البصرة الى المساهمة في حدوث ظاهره الاثراء الغذائي (Eutrophication) وقد اكدت ملغم /لتر ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري وتبين ان جميع القيم اصبحت اقل تركيزا في المياه بعد المعالجة من قبل محطة الصرف الصحي لمحطة حمدان وبشكل عام فان المحطة تعمل بكفاءة متوسطة كون معظم قيم المتغيرات بقت اعل من الحدود المسموح بها ضمن لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري ماعدا تراكيز الحمولة الذائبة كانت ضمن المواصفات المقبولة بعد المعالجة. فالقيم العالية من (,(BOD COD)) تمثل التركيز العالي للمواد العضوية التي تستهلك الأوكسجين الذائب والذي يؤدي الى هجرة وموت الأحياء المائية (الهاشمي ٢٠٠٠ص٣٩) .وكذلك زيادة (TSS) التي تجعل المياه غير صالحة للاستخدام البشري وقتلها للأحياء المائية غير القادرة على التحمل الاوساط المالحة وزيادة

(منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري) الا هناك اخفاض في تراكيزها وقد يعود سبب ذلك الى عملية الترسيب اضافة الى تأكسد قسم منها في احواض التهوية بفعل البكتريا الهوائية (Viessman 2008 p63) وقد اشارت دراسات قام بها الباحثون على محطة معالجة حمدان ان محددات لتلوث في المياه المعالجة في هذه المحطة ذات تراكيز اعلى من تلك المسموح بها للمياه الثقيلة .كما وان محددات التلوث في مياه الصرف الصحي لمحطة حمدان اظهرت نتائج الدراسة ارتفاعا كبير في محددات التلوث في المياه الواردة الى المحطة كما موضح في الجدولين(١-٤) وهي نتيجة متوقعة لمياه ثقيلة غير معالجة وتعكس خطورة تصريف هذه المياه الى قناة البصرة بدون معالجة وتتفاقم المشكلة مع انخفاض منسوب قناة البصرة او خلال فترة الجزر.

الدراسات دور الفضلات المنزلية في حدوث هذه الظاهرة في مياه الانهار حيث تؤدي الى النمو المفرط للطحالب وبالتالي تناقص كميه الاوكسجين الذائب نتيجة التحاليل الحيوي للطحالب (هوجز ١٩٨٩ ص٦٨) ان مصدر التلوث في الفوسفات هي مساحيق التنظيف التي تحتوي على مواد منشطه الفسفورية (Builder) التي تتحلل مائيا بسرعه الى مكونات بسيطة اذ ادت عمليات الترسيب الاولية والثانوية الى خفض ملحوظ في تراكيز الفوسفات في المياه المعالجة ولا زالت التراكيز في بعض الاشهر اعلى مما حددته المواصفات (منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري) بسبب افتقار المحطة لوحده معالجة الفوسفات . اما كفاءة المحطة في تخفيض نسبة الكبريتات فبالرغم من عدم وجود وحدة معالجة خاصة بها فان تركيز الكبريتات في مياه الخارجة من المحطة اعلى مما حددته المواصفات

جدول (٤) : لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري

المادة	الحد الأقصى المسموح للمواصفات العالمية
المواد الصلبة العالقة (T.S.S)	٦٠ (ملغم/ لتر)
التوصيلية الكهربائية (E.C.)	١,٦٠ (مليسمز /سم)
الأملاح الذائبة الكلية (TDS)	٥٠٠ – ١٥٠٠ (ملغم / لتر)
الكبريتات (SO4)	٤٠٠ (ملغم / لتر)
الكلوريدات (Cl)	٢٥٠ (ملغم / لتر)
BOD	٣(ملغم/لتر)
COD	٣ (ملغم / لتر)
الفوسفات (po4)	0.04 (ملغم / لتر)

(1) –World Health Organization(WHO)Drinking Water Guidelines and Standard.Geneva 2002p6

٢– المصدر :علياء عبد الرحمن عبد الواحد .. التلوث بالنفايات الصلبة وآثاره البيئية في مدينة الزبير. رسالة ماجستير.جامعة البصرة .كلية الاداب(رساله غير منشورة) ٢٠١٦ ص١٥٧

جدول (٥) الاحتياج الحيوي والكيميائي للأوكسجين الشهري لمحطة تصفية حمدان (قبل المعالجة) لعام (٢٠١٧).

الشهور	المعدل الشهري	
	الاحتياج الحيوي للأوكسجينBOD (ملغم / لتر)	الاحتياج الكيميائي للأوكسجينCOD (ملغم / لتر)
كانون الثاني	١٩٠	٥٠٣
شباط	١٤٠	٤٤٤
آذار	١٤٢	٤٤٢
نيسان	١٠٠	٤٧٢
مايس	١٥٠	٤٨١
حزيران	١٦٠	٤٧٥
تموز	١٣٥	٣٢٣
آب	١٤٠	٣١٠
أيلول	١٥٠	٣٧١
تشرين الأول	١٥٥	٤١٠
تشرين الثاني	٢١٠	٨٢٠
كانون الأول	١٠٤	٤٨٠

المصد ر: مديرية مجاري محافظة البصرة. شعبة مختبر البيئة بيانات غير منشورة ٢٠١٧

جدول (٦) الاحتياج الحيوي والكيميائي للأوكسجين الشهري لمحطة تصفية حمدان (بعد المعالجة) لعام (٢٠١٧).

الشهور	المعدل الشهري	
	الاحتياج الحيوي للأوكسجين BOD (ملغم / لتر)	الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD (ملغم / لتر)
كانون الثاني	٣٢	١٠٣
شباط	٣٠	٩١
آذار	٣١	٢١٠
نيسان	٢٩	١٥٠
مايس	٣١	٦٩
حزيران	٣٢	٢١٢
تموز	٢٨	١٣٠
آب	٢٩	١٦٢
أيلول	٣٠	١٩٦
تشرين الأول	٢٥	١٦٢
تشرين الثاني	٣٣	١٨٢
كانون الأول	٣٠	١٦٠

المصد ر: مديرية مجاري محافظة البصرة. شعبة مختبر البيئة بيانات غير منشورة ٢٠١٧

الخلاصـة :

تم تقييم كفاءة محطة حمدان لمعالجة مياه الصرف الصحي للفترة من ٢٠١٧/١/١ ولغاية ٢٠١٧/١٢/٣١ حيث درست محددات التلوث البيئي للمياه الواردة الى المحطة والمياه المعالجة وقبل تصريفها للنهر وشملت هذه المحددات كل من قيم التوصيلية الكهربائية (Ec) و الاحتياج الحيوي للأوكسجين (BOD) والاحتياج الكيميائي للأوكسجين (COD) والمواد العالقة الصلبة الكلية (TSS) و والمواد الذائبة الكلية(TDS) و تركيز الفوسفات (PO4) وتركيز الكبريتات (SO4) وتركيز الكلوريدات (CL) وتبين ان تراكيز الايونات قبل المعالجة كانت اكبر من تراكيزها بعد المعالجة وبنفس الوقت كانت التراكيز بعد المعالجة اكثر من الحدود المسموح بها ضمن مواصفات لائحة منظمة الصحة العالمية (WHO) لمواصفات صلاحية الماء للاستخدام البشري ماعدا تراكيز الرواسب العالقة كانت ضمن الحدود المسموح بها اي ان معالجة محطة حمدان غير كفؤة مما سببت ضرارا كبير لمياه قناة البصرة لما تحتويه تلك المياه الثقيلة من تراكيز عالية من المحددات البيئية الضارة التي تسبب الاخلال بالتوازن البيئي في مجرى قناة البصرة التي تتلخص في نمو الكائنات غير المرغوب بها على حساب حياة احياء اخرى مهمه كالأسماك وانتشار الميكروبات المرضية وزياده تراكيز محددات اخرى كالمركبات الفينوليه المسرطنة والفضلات المستهلكة للأوكسجين وغيرها من محددات التلوث.

التوصيات:

١-انشاء محطات اخرى على غرار هذه المحطة كي يمكن التخلص من الفضلات المنزلية وغيرها خاصة وان الحد الاعلى الذي صممت من اجله المحطة هو خدمه عدد سكان قضاء البصرة ١٤٦٤٦٢٩ نسمة

٢-وتفعيل عمل لجان حماية البيئة ودعمها كي تؤدي واجباتها بصورة فعالة.

٣-وضع برنامج رقابي للحد من التجاوزات على شبكة الصرف الصحي من قبل المستشفيات والمعامل.

المصادر:

١- هوجز ، لورنت. " التلوث البيئي" . ترجمة محمد عمار الراوي وعبد الرحيم عشير. جامعة بغداد ١٩٨٩.

٢- الهاشمي ، محمد علي. الندوة العلمية الاولى عن التلوث البيئي في محافظة بابل، ٢٠٠٠.

٣- وزارة الصحة : مديرية بلدية البصرة ، شعبة البيئة بيانات غير منشورة لعام ٢٠١٧

٤- وزارة التخطيط ، قسم الاحصاء ، المجموعة الاحصائية السنوية ٢٠١٧ ص٢١

٥-:علياء عبد الرحمن عبد الواحد .. التلوث بالنفايات الصلبة وآثاره البيئية في مدينة الزبير. رسالة ماجستبر.جامعة البصرة .كلية الاداب(رساله غير منشورة) ٢٠١٦

٦- الهيئة العامة للمساحة: خريطة العراق الادارية ١/ ١٠٠٠٠٠٠ بغداد

٧- وزارة البلديات والاشغال العامه: مديرية بلدية البصرة:شعبة تنظيم المدن:خريطة تصميم الاساس لمحافظة البصرة عام ٢٠١٤ بمقياس رسم ١/٨٠٠٠٠٠

٨- وزارة التخطيط/الجهاز المركزي للإحصاء، تقديرات السكان لمحافظة البصرة/بيانات غير منشورة لسنة ٢٠١٧

٩- مديرية بلدية البصرة ، شعبة البيئة ، بيانات غير منشورة لعام ٢٠١٧

١٠-: الهيئة العامة للمساحة – الخارطة الإدارية لمحافظة البصرة – مطبعة المساحة – بغداد – ٢٠٠٦ .

11- Viessman W,M.hammer , E.M.perez ,P.a.chadik. Water Supply and Pollution Control 8th Ed 2008****

12- World Health Organization(WHO)Drinking Water Guidelines and Standard.Geneva 2002p6

13- Hammer M J Water and Wastewater Technology 6th Ed 2008.