أثر الازدحام المروري ومواصلات النقل العام على التلوث الجوي في المدن الفلسطينية – حالة دراسية: شارع الارسال في رام الله

د. خالد الساحلي Alsahili@yahoo.com

د. أسامه أباظه almabaza@hotmail.com

مركز أبحاث البناء والمواصلات

قسم الهندسة المدنية

جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين

مقدمة – المواصلات والبيئة في فلسطين

يتميز قطاع النقل والمواصلات، في معظم الدول النامية، وكذلك في الضفة الغربية وقطاع غزة، بدور خدماتي للقطاعات الأخرى، فهو يقدم خدمات لقطاع الزراعة والصناعة وللتشييد والبناء وللسياحة والتجارة، اضافة إلى العديد من الخدمات العامة والشخصية. لذلك يلعب قطاع النقل والمواصلات دوراً رئيساً في تنمية الاقتصاد للدولة، فهو يسهم في الناتج القومي الاجمالي، وقد شكل هذا القطاع ما نسبته 6.3%من الناتج القومي الإجمالي الفلسطيني في عام 2005 [1].

وبالرغم من الأهميه الاستراتيجية لقطاع المواصلات لأي دولة، فهو، بوضعه الحالي، ملوث كبير للبيئة، ومستهلك أساسي لمصادر الطاقة، لذا فإن ازدياد أعداد المركبات الخاصة على حساب وسائل المواصلات الأخرى، يؤدي إلى زيادة كبيرة في استهلاك الوقود، وازدياد التلوث الجوي. ومن المتوقع أن يتضاعف عدد المركبات الخاصة إلى ضعفين ونصف خلال 30 عاماً المقبلة، وبالتالي فإن المركبات الخاصة ستحتاج إلى 2.5 ضعف الوقود المستخدم حالياً، وستنتج 2.5 ضعف المتلوثات الغازية الحالية [2].

ومن وجهة نظر عالمية، فإن العالم مقبل على أزمة وقود في المستقبل نتيجة ازدياد الاستهلاك، وذلك إن لم يجد العالم وسائل بديلة عن البترول التقليدي، ويتجه العالم إلى تخفيض كمية الوقود اللازمة، وتقليل الأثر البيئي السلبي باستخدام محركات ذات فاعلية عالية، وكذلك باستخدام وقود بديل ذي آثار بيئية أقل ضرراً.

ونظراً لأن تلوث الهواء الناجم عن حركة المركبات يكون أوضح ما يكون في الحالات التي تسير فيها المركبات وتتوقف بشكل متكرر، وفي المناطق ذات الإزدحام الملموس، فإن هذا البحث سيركز على

الوضع المروري والتأثيرات البيئية الناجمة عن حركة المركبات في المناطق الحضرية في المدن الفلسطينية.

أهداف ومنهجية الدراسة

تهدف هذه الدراسة، بشكل عام، إلى تقييم الإجراءات الكفيلة بتقليل الازدحام المروري، واستخدام المواصلات العامة وأثرها على التلوث الجوي في مدينتي رام الله والبيرة، وذلك عن طريق تقييم أثر الازدحام على انبعاث الغازات العادمة في منطقة دراسية محددة، وأثر هذا كله على البيئة وصحة الانسان.

اعتمدت هذه الدراسة، في منهجيتها، على مراجعة الدراسات ذات العلاقة (محلياً وعالمياً) ومراجعة القوانين المحلية المرتبطة بالازدحام والمركبات والتلوث الجوي، وتم كذلك عمل دراسة ميدانية لتوثيق العديد من الظواهر التي تسهم في ازدياد الازدحام المروري في مدينتي رام الله والبيره.

ومن أجل تقييم أثر الازدحام المروري، واجراءات تحسين حركة السير على التلوث الجوي، تم إجراء دراسة على شارع رئيس مزدحم يمر في مدينتي رام الله والبيره، وتم اختيار الشارع بحيث تكون هناك إمكانية لإحداث تغييرات ميدانية وإجرائية عليه. وقد استخدمت برمجيات الحاسوب المتخصصة في هذا المجال (CORSIM) لتقييم الوضع المروري والتلوث الجوي نتيجة اجراء تحسينات مرورية مختلفة على الشارع موضوع الدراسة.

خلفية عامة عن قطاع المواصلات والتلوث الجوي وأثره على البيئة والانسان

تستهلك وسائل المواصلات في العالم ما لا يقل عن ربع كمية الوقود العالمي، وهي مسؤولة عن معظم التلوث الجوي العالمي، أما في فلسطين، فتستهلك وسائل المواصلات حوالي 60% من كمية الوقود الكلية المستهلكة[3]. ومن المؤكد أن زيادة استخدام الوقود تؤدي إلى زيادة في انبعاثات الغازات الناتجة عن احتراق الوقود، وبالتالي إلى ازدياد التلوث البيئي الناتج عن ذلك.

ومن أهم ملوثات الهواء الشائعة أكاسيد الكبريت، والنيتروجين، والجسيمات العالقة، وأول أكسيد الكربون، والهيدروكربونات، وجميع هذه الملوثات تنتج أساساً من احتراق الوقود الحفري (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) وكذلك من حرق الخشب والمخلفات الزراعية، وتختلف كميات الملوثات المنبعثة طبقاً لنوع الوقود وظروف حرقه.

وقد أوضحت دراسات متعددة أن الدول الصناعية (دول أمريكا الشماليه وغرب أوروبا واليابان، ومجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والانمائي) تنتج أكبر كميات من ملوثات الهواء، تليها دول

شرق اوروبا و روسيا. يعتبر قطاع الصناعة القطاع الرئيسي المسبب لتلوث الهواء، يليه قطاع النقل ثم قطاع الزراعة (جدول 1)[4].

ومن القضايا التي حظيت باهتمام كبير، زيادة تركيز الرصاص في الهواء نتيجة لاستخدام بعض مركباته كإضافات للبنزين لتحسين أداء محركات السيارات، وقد وجد أن 90-80% من الرصاص الموجود في الهواء نتج من احتراق البنزين المحتوى على الرصاص، ومن الجدير بالذكر أن جميع المركبات حديثة الصنع (عام 1995 وما بعد) تستخدم وقوداً خالياً من الرصاص.

جدول: (1) توزيع ملوثات الهواء طبقاً للقطاعات المختلفة (بالمليون طن)

الملوثات	النقل	الزراعة	الصناعة
ثاني اكسيد الكربون	1050	1200	3500
اكاسيد الكبريت	3	2	89
اكاسيد النيتروجين	29	7	30
الجسيمات العالقه	7	20	23
الهيدروكربونات	21	-	26
اول اكسيد الكربون	106	-	--

المصدر: موسوعة المجتمع، 2006.

يختلف استهلاك وقود المواصلات باختلاف أنواع المركبات المستخدمة حسب حجمها، وحجم محركها، وعمرها وحالتها، وكذلك نوع الوقود المستخدم، فاستهلاك الشاحنات والحافلات والمركبات الثقيلة للوقود أكبر من استهلاك المركبات الخاصة الصغيرة، والسبب الرئيسي لذلك هو كبر حجم المحرك، وكبر وزن المركبة، فمتوسط استهلاك الوقود وانبعاث الغازات الملوثة لمحرك ذي حجم 2000سم^3 (2 لتر) يزيد على محرك ذي حجم 1.4 لتراً بنسبة تتراوح بين 35% إلى65% [5].

كذلك تختلف نسبة استخدام الوقود باختلاف أعمار المركبات[6]، فالمركبات الحديثة هي أقل استخداماً للوقود وتلويثاً للهواء من المركبات الأقدم عمراً، ومن المؤكد أن أعمار المركبات مرتبطة بشكل مباشر بحالة المركبات وصيانتها، فكلما تمت صيانة المركبة بشكل دوري ومنتظم فإن معدل استهلاكها للوقود وتلويثها للبيئة يكون أفضل من مركبات مماثلة وبدون صيانة. وقد أثبتت الدراسات أن صيانة المركبة هي أهم بكثير من عمرها[6]، وأن جزءاً كبيراً من المركبات الحديثة يلوث الجو أكثر من المركبات الأقدم، وذلك بسبب عدم الالتزام بصيانة المركبات الحديثة.

أما بالنسبة لنوع الوقود، ففي فلسطين يستخدم السولار والبنزين، ومن أنواع البنزين المستخدمة النوع الذي يحتوي على الرصاص والخالي من الرصاص. والملوثات الغازية الناتجة عن احتراق السولار غير المكتمل للمركبات مثل الحافلات، ومركبات النقل العام التي تؤدي إلى تلوث بيئي خطير في المناطق الحضرية، حيث ينبعث من محركات الديزل ملوثات قد تصل إلى 100 ضعف الملوثات الغازية الناتجة من المحركات التي تدار بوقود البنزين. ويحتوي كذلك وقود السولار على محتوى عالٍ من مادة الكبريت تصل إلى 10 أضعاف محتواها في وقود البنزين، وبالتالي فإن انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من وقود السولار عالية[6].

وبالنسبة لانبعاث مادة الرصاص نتيجة احتراق البنزين الذي يحتوي عليها، فإن هذه الملوثات تشكل ضرراً كبيراً على صحة الإنسان، بالإضافة إلى ازدياد تكلفة صيانة المركبات التي تستخدم البنزين الذي يحتوي عليها وذلك لكون الرصاص مركباً كيماوياً يؤدي إلى تآكل المحرك وجهاز العادم في المركبة.

ويبلغ متوسط أعمار المركبات الخاصة في فلسطين حوالي 16.5 عاماً، وهذا يعبر عن قدم عدد كبير من تلك المركبات[2]، ولا بد من الإشارة إلى أن نسبة الحافلات والشاحنات ومركبات الصالون العمومي التي تستخدم وقود السولار تشكل 26.1% من مجمل أعداد المركبات في فلسطين، فضلاً عن أن أعداداً متزايدة من المركبات الخاصة الحديثة تسير باستخدام وقود السولار نتيجة السماح بذلك مؤخراً، حيث بلغت نسبة المركبات الخاصة التي تستخدم هذا النوع من الوقود 0.4% من مجمل أعداد المركبات الخاصة[2].

ولحماية صحة الانسان، وضعت منظمة الصحة العالمية حدودا "ارشاديه" لملوثات الهواء الرئيسية لا يجب تعديها (جدول 2)، وهذه الحدود "إرشادية" لاننا ما زلنا لا نعرف الكثير عن آثاربعض الملوثات، فبالرغم من أن معلوماتنا عن مخاطر الجرعات العالية من الملوثات التقليدية قد تقدمت كثيراً خلال العقدين الماضيين، ما زالت معلوماتنا عن مخاطر الجرعات المنخفضة من هذه الملوثات محدودة للغاية، وخاصة آثارالجرعات الصغيرة التي يتعرض لها الانسان لفترات طويلة (20 أو 30 سنة مثلاً)، بما في ذلك الآثارالسرطانية، واحتمال حدوث تشوهات في الأجنة وغيرها من الأمراض. وتجري منظمة الصحة العالمية والدول المتقدمة، مراجعات دورية لهذه الحدود الارشادية كلما توافرت معلومات أدق عن الآثارالصحية للملوثات المختلفة.

وتجدر الاشاره هنا إلى أن عملية تقييم الآثارالصحية لتلوث الهواء عملية تقريبية، إذ من النادر أن يتعرض الانسان لملوث واحد على حده (قد يحدث هذا في بيئة العمل إذا ما تعرض الانسان لفترات قصيرة لأبخرة إحدى الغازات مثلاً)[4]، إنما يتعرض الانسان في الهواء الخارجي لجميع الملوثات في

نفس الوقت. وهذه الملوثات يتفاعل بعضها مع بعضها الآخر، مما قد يزيد أو يقلل من آثارها الصحية، ويوضح جدول (3) أهم الآثار الصحية لملوثات الهواء.

جدول (2): إرشادات منظمة الصحة العالميه لحدود ملوثات الهواء الرئيسية

الملوث الهوائي	الحدود الارشادية
ثاني أكسيد الكبريت	لا يجب التعرض لأكثر من 125 ميكروجرام/متر مكعب لمدة 24 ساعة
	لا يجب التعرض لأكثر من 50 ميكروجرام/متر مكعب لمدة عام.
أكسيد النيتريك	لا يجب التعرض لأكثر من 150 ميكروجرام/متر مكعب لمدة 24 ساعة
الأوزون	لا يجب التعرض لأكثر من 120 ميكروجرام/متر مكعب لمدة 8 ساعات
الرصاص	لا يجب التعرض لأكثر من 1 ميكروجرام/متر مكعب لمدة عام
أول أكسيد الكربون	لا يجب التعرض لأكثر من 30 مليجرام /متر مكعب لمدة ساعة
	لا يجب التعرض لأكثر من 10 مليجرام /متر مكعب لمدة 8 ساعات
الجسيمات العالقة	لا يجب التعرض لأكثر من 120 ميكروجرام/متر مكعب لمدة 24 ساعة
	لا يجب التعرض لأكثر من 75 ميكروجرام/متر مكعب لمدة عام

(الميكروجرام 0.000001 = من الجرام والمليجرام 0.001 = من الجرام)

المصدر: موسوعة المجتمع، 2006.

جدول (3): آثارملوثات الهواء على الصحة والبيئة

الملوث الهوائي	الأضرار الصحية
أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين	ضيق التنفس، أمراض الشعب الهوائية، خفض مناعة الجسم، أمراض مزمنة بالرئتين، إتلاف وتآكل المواد خاصة الأبنية والآثار المشيدة من الحجر الجيري و الرخام، الأضرار بنمو بعض النباتات
الجسيمات العالقة	زيادة الحساسية والربو وغيرها من الأمراض الصدرية
أول أكسيد الكربون	يحد من قابليه حمل الدم للأكسجين، وبذا قد يسبب أضراراً بخلايا المخ أو الاختناق، كما يؤثر في الدورة الدموية والجهاز العصبي
الهيدروكربونات	أمراض صدرية مختلفة
الضباب الدخاني (خاصه الأوزون السطحي)	التهابات العين، الربو، التاثير على وظائف الرئتين والقلب، الاضرار ببعض النباتات
الرصاص	أمراض الكلى والجهاز العصبي، ويؤثر خاصة في الأطفال (زيادة التخلف العقلي والتشنجات و نوبات التغيرات السلوكية، الخ)

المصدر: موسوعة المجتمع، 2006.

دراسات ميدانية حول أثر المواصلات على البيئة في المناطق الفلسطينية

مع إنشاء السلطة الوطنية الفلسطينية، تم إيلاء اهتمام واضح لوضع خطط المواصلات قصيرة المدى (عادةً حتى خمس سنوات) وتطبيقها في المدن الفلسطينية الرئيسة، وذلك لحل مشاكل المرور والازدحام المتفاقمة فيها، وذلك من خلال إعداد دراسات إدارة أنظمة المرور والعمل على تطبيق الخطط الموضوعة في هذا الإطار.

كان الهدف الرئيس من القيام بهذه الدراسات هو تحسين "البيئة المرورية" وأوضاع السير وحركة المركبات والمشاة في المدن الفلسطينية، ومع ذلك فلم تكن هناك خططً محددة تهدف أساساً إلى تحسين "البيئة" أو الحد من الآثار السلبية الناجمة عن حركة المركبات[7]. وفي الوقت ذاته، فإن العديد من التوصيات والخطط هدفت إلى القيام بتحسينات مرورية متعلقة بنظام المواصلات، ينتج عنها، بشكل غير مباشر، تقليل الآثار البيئة السلبية.

ومع اندلاع انتفاضة الأقصى منذ أيلول 2000 ، تراجعت أوضاع التحكم المروري بشكل واضح، وصاحب ذلك آثار سلبية على التلوث الناجم عن حركة المركبات. وقد قامت سلطات الاحتلال الإسرائيلي، عند اجتياح المدن الفلسطينية، بتدمير البنية التحتية من شوارع وأرصفة وتقاطعات، وما تم إنشاؤه في تلك التقاطعات من جُزر وجُزر وسطية، كما تم تدمير جميع الإشارات الضوئية والكثير من الشواخص المرورية.

إن دراسات أثر المركبات على التلوث الجوي في المناطق الفلسطينية محدودة جداً، ففي دراسة لمعهد القدس للأبحاث التطبيقية[5]، تم تقدير كمية انبعاث الغازات الملوثة الناتجة عن المركبات في الضفة الغربية لعام 1996، بناءً على عدد المركبات المسجلة في الضفة الغربية، وعدد السيارات ذات الترخيص الإسرائيلي، التي تستخدم الطرق داخل الضفة الغربية، وقد قدمت هذه الدراسة تلوث الهواء الناتج عن أكاسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات والرصاص.

وفي دراسة لأثر حركة السير على استهلاك الوقود وانبعاث الغازات من عوادم المركبات في وسط مدينة نابلس في عام 2002 ، قدرت الدراسة أن معدل استهلاك الوقود للمركبة الواحدة حوالي 2.9 كم/لتر، وباستهلاك إجمالي المركبات خلال ساعة الذروة حوالي 1406 لتر من الوقود. أما معدل انبعاث غازات أكاسيد الكربون للمركبة الواحدة حوالي 14.5 غم/كم، وبالتالي فإن كمية الغازات المنبعثة خلال ساعة الذروة تقدر بـــ 51.3 كغم [8]. وقد أفادت الدراسة كذلك، أنه إذا ما تم تحسين أداء الإشارات الضوئية في وسط مدينة نابلس، فإن مستوى الازدحام يقل وبالتالي يمكن تقليل استهلاك الوقود بنسبة تصل إلى حوالي 31% على بعض شوارع وسط المدينة، ومعدل التلوث الجوي الناتج عن المركبات انخفض إلى نسبة تصل إلى 10%[8].

وفي دراسة أخرى، قام حداد وأباظة[9] بتطوير نموذج رياضي للتنبؤ بملوثات أكسيد الكربون الناتجة عن المركبات بناءً على قياسات ميدانية ممثلة للواقع المحلي في مدينة نابلس. سجلت المعلومات على كل من SO_2 و NO_2 وCO، بالإضافة للرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها، بالإضافة لحجم السير وسرعته، بصورة متزامنة. وبينت النتيجة أن جودة الهواء المقاسة تتأثر بصورة كبيرة بنسبة أول أكسيد الكربون، يتبعها بصورة محدودة بقية الملوثات المقاسة. تم تضمين حجم السير في النموذج الرياضي (n_i) وكذلك حاصل قسمة سرعة المركبة (V_i)على سرعة الريح (U_i). ويمكن اختصار النموذج الرياضي كالآتي:

$$CO = 0.36 \sum n_i \, (Vi/Ui)^{xi}$$

حيث إن x_i معامل القوة الرياضية لمجموعة السرعة i.

مفهوم مزدوج لنظام المواصلات وعلاقته باستهلاك الوقود

عند تطوير استراتيجيات لتخفيض استهلاك الوقود وانبعاث الغازات الناتجة عن أنظمة المواصلات في المدينة، فإن المفهوم المزدوج يصبح ضرورياً، ويتكون هذا المفهوم المزدوج من الآتي:

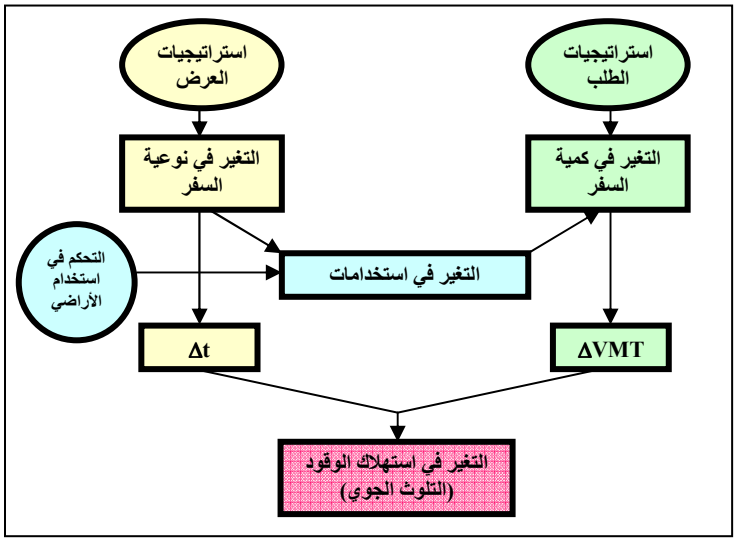
1. تقليل كمية حركة المركبات وخاصة المركبات أحادية الراكب (السيارات الخاصة)، عن طريق استخدام وسائل مواصلات أكثر فاعلية من حيث استخدام الوقود (مثل المشاركة في الركوب، وسائل النقل العام، استخدام الدراجات الهوائية والمشي)، أو التقليل من السفر (مثل رحلات قصيرة، عدد قليل من الرحلات، وكذلك استخدام الرحلة الواحدة لأكثر من غرض).
2. تحسين فاعلية المركبات في استهلاك الوقود، بمعنى تقليل معدل استخدام الوقود للمركبة الواحدة (زيادة معدل المسافة المقطوعة للتر الواحد (كم/لتر).

ومع أن مفهوم تحسين سعة الطريق، وتحسين فاعلية التحكم المروري، يتداخلان إلى حدّ ما، حيث أن الاثنين يؤديان إلى تحسين نوعية السير وتخفيض استهلاك الوقود، إلا أن المفهومين مختلفان، فمفهوم تحسين الطاقة الاستيعابية للطريق يتطلب توسعة فيزيائية للطريق، في حين تتضمن إجراءات تحسين الفاعلية إدارة المساحات الموجودة من الطرق بشكل أكثر فاعلية.

ويتحفظ بعض خبراء المرور والبيئة من أن تحسين نوعية حركة السير قد يؤدي إلى زيادة في حركة المركبات، ومن ثم استهلاك أكثر للوقود يفوق الفائدة المجنية من تخفيض معدل استهلاك الوقود والتلوث الجوي، لكن يجب التمييز بين أنواع التحسينات المرورية المختلفة، حيث إن هناك فرقاً كبيراً بين تحسين حركة السير عن طريق تحسين أداء الإشارات الضوئية مثلاً، مقارنة بإنشاء طريق جديد في ضواحي المدينة. من هنا تأتي أهمية تخطيط المواصلات في التأثير على بيئة الهواء المحيط،

وكذلك دور المفهوم المزدوج في تطوير نظام فاعل لأنظمة المرور المدنية للوصول إلى استخدام فاعل لاستهلاك الوقود وتحسين البيئة[10].

هذه الطريقة تتطلب الشراكة بين استراتيجيات الطلب على استخدام المركبات (Demand) لتخفيض استخدام المركبات أحادية الراكب، واستراتيجيات العرض (Supply) لتحسين حركة السير بحيث يصبح أكثر فاعلية، وكلتا الطريقتين حيوية، وهما مجتمعتان ستؤديان إلى تأثير أكبر من استخدام استراتيجية وحدها (شكل 1).



شكل 1: أثر تحسين أنظمة المواصلات على استهلاك الوقود

إن استراتيجيات العرض تهدف إلى إحداث تغيير في نوعية السفر والرحلات، وبشكل أساسي إحداث تغيير في متوسط زمن الرحلة للمركبة الواحدة، والذي يؤدي إلى عامل هام هو تغيير في معدل استهلاك المركبات للوقود في الكيلومتر الواحد. أما استراتيجيات الطلب، فتهدف إلى إحداث تغير في كمية حركة المركبات ممثلة بمقياس كمية التحرك للمركبات (VMT= عدد المركبات×المسافة المقطوعة).

إن الآثار الطويلة الأمد لاستراتيجيات العرض والطلب مرتبطة في إحداث تغيرات في سياسات استخدام الأراضي، فتحسينات في العرض (مثلاً، إنشاء طرق جديدة في ضواحي المدينة) ستؤدي إلى تغير في إمكانية وصول المركبات، وستؤثر في أنماط استخدام الأراضي. وهذا سيؤدي، بدوره، إلى إحداث قرارات جديدة تتعلق بإنشاء مناطق تجارية وصناعية وسكنية جديدة وتطويرها، مما يؤثر في قرار الفرد في اختيار مكان العمل والسكن. ومن الجدير بالذكر، أن السياسات الخاصة بتخفيض حجم الطلب على استخدام المركبات تستغرق وقتاً طويلاً لجني ثمارها، بالرغم من ظهور منافع بسيطة مباشرة بعد التنفيذ.

التشريعات المرورية والبيئية في فلسطين

من جملة أهداف قانون البيئة رقم 7 لعام 1999م حماية البيئة من التلوث بكافة صوره وأشكاله المُختلفة. ويشمل القانون إشارات تتعلق بحق كل إنسان بالعيش في بيئة سليمة، وأقرت إلزام كل شخص طبيعي أو إعتباري تسبب في أي ضرر بيئي، نتيجة فعل وإهمال، خلافاً لأحكام قانون البيئة، بدفع التعويضات المناسبة، إضافةً إلى المسؤولية الجزائية المنصوص عليها في القانون. كما أن القانون أوجب على الجهة المعنية بشؤون البيئة حماية البيئة بجميع عناصرها، والعمل للحيلولة دون وقوع ضرر بيئي، ومدَّها بصلاحيات الضبط الإداري، وقرر لمفتشي هذه الجهة وغيرهم صفة الضبطية العدلية. وبالرغم من كل ما سبق، إلا أنه لم يتم وضع أي من هذه النصوص موضع التطبيق فيما يتعلق بالتلوث الناجم عن حركة السير والمركبات[2].

أما قانون المرور (رقم (5) لسنة 2000)، فإنه لا توجد ضمن مواده ما يشير، بشكل مباشر، إلى النواحي البيئية، وخاصة تلوث الهواء، إلا أن المادة (11) تشير إلى أنه لا يجوز تسجيل أو تجديد ترخيص المركبات الهالكة أو المركبات العمومية التي يزيد عمرها على 18 عاماً من سنة صنعها، وتشير المادة (15) إلى أن تجديد رخصة المركبات القديمة، وكذا المركبات العمومية، والحافلات، التي مضى على سنة صنعها مدة 10 سنوات، كل ستة أشهر. أما المادة (9) فتشير إلى أنه لا تسجل أي مركبة معدة للاستعمال في نقل سائل أكل، أو مادة قابلة للاشتعال أو في نقل مواد خطرة إلا إذا كانت تتوافر فيها المواصفات التي أقرتها سلطة الترخيص[2].

آليات مقترحة لتوفير استهلاك استخدام وقود المركبات

هناك العديد من أساليب توفير استخدام الطاقة وتقليل التلوث الجوي، ولكن سيتم في هذا البحث عرض بعض هذه الأساليب القابلة للتطبيق في الأراضي الفلسطينية، وذلك حسب أنظمة المواصلات المتبعة محليا. تختلف هذه الأساليب بين التحكم بكمية العرض أو كمية الطلب، ولكنها من بين أكثر الأساليب شيوعاً في العالم التي لها إمكانية عالية للتطبيق، وخلال فترة زمنية قصيرة. وتقوم معظم هذه الأساليب على مبدأ تحسين حركة السير مما تؤدي الى انخفاض كمية الوقود المستهلك والتلوث الجوي الناتج عن المركبات، وهذه الأساليب هي[8][11][12][13]:

1. **تحسين أنظمة الإشارات المرورية الضوئية:** عند تحسين أنظمة الإشارات الضوئية، فإن كمية التدفق المروري تزداد، وكذلك الطاقة الإستيعابية للتقاطع أو الممر، وهذا من شأنه أن يحسن التدفق المروري على مستوى الشبكة ككل. وبتحسين حركة المركبات وانخفاض زمن الرحلة وزمن التأخير، فإن ذلك سيقلل من كمية الوقود المستهلكة والغازات المنبعثة عن المركبات. وتكمن إمكانية تحسين هذه الأنظمة عن طريق :

أ .تصميم الوقت الصحيح للإشارات (Optimum Signal Timing)، من الملاحظ أن العديد من الإشارات المستخدمة في المدن الفلسطينية يمكن إعادة برمجتها لإعطاء فاعلية أفضل وتقليل زمن الدورة الواحدة للإشارة الضوئية، وبهذا يمكن تقليل مستوى التأخير للمركبات على التقاطع.

ب .التنسيق بين الإشارات الضوئية المتعاقبة على الطريق الواحد (Signal Coordination)، يضمن هذا النظام استمرارية المرور دون توقف لأكبر عدد ممكن من المركبات في الاتجاه الذي توجد عليه عدة إشارات ضوئية متعاقبة. وقد جرى تطبيق مثل هذا النظام على بعض الممرات الرئيسية داخل بعض المدن الفلسطينية، مثل شارع يافا في مدينة رام الله.

جـ .استخدام التوقيت الأمثل للإشارات الضوئية بشكل دوري خلال ساعات النهار (Actuated Signals)، عن طريق تغيير توقيت هذه الإشارات بشكل يتناسب مع تغير أحجام المرور في هذه الأوقات، وفي الاتجاهات المختلفة للسير.

د .استخدام نظام متطور من التحكم بإشارات المرور بوساطة حاسوب مركزي للمنطقة (Systemwide Computerized Signals)، ويشمل مثل هذا النظام إعطاء مرونة في تصميم وقت الإشارات الضوئية وكذلك استجابة ديناميكية للتذبذب في حركة السير وفي تصميم الإشارات الضوئية. ويجدر الإشارة إلى أن مثل هذا النظام يصبح ذا فاعلية جيدة في حالة انتشار الإشارات الضوئية بأعداد كبيرة داخل المدينة، وهذا غير متوافر حالياً في المدن الفلسطينية.

2. **إعطاء الأولوية للمركبات ذات معدلات الركوب العالية** (HOV Priority System): وذلك لتسهيل حركتها وخاصة في ساعات الذروة، وذلك لتشجيع استخدامها على حساب المركبات الخاصة أحادية الراكب. ويمكن كذلك تشجيع استخدام مركبات الصالون العمومي ذات ال 10 ركاب المستخدمة في بعض المدن الفلسطينية بدلا من ال 7 ركاب.

وهناك العديد من الوسائل المستخدمة عالميا والتي تعطي الأولوية لهذه المركبات، ومنها (أ) تحديد مسرب خاص لها مستقل، (ب) إعطاؤها الأولوية عند الاقتراب من الإشارات الضوئية بحيث تُعطى الضوء الأخضر حال اقترابها، (ج) إعطاؤها أولوية الوقوف في الأماكن المخصصة للوقوف، وخاصة للمركبات الصغيرة التي تحتوي على عدد كبير من الراكبين، (د) تخفيض سعر تذكرة الركوب عن طريق تزويد الدعم الحكومي للمؤسسات القائمة على مثل هذه المركبات.

3. **استخدام وسائط النقل المشترك (Carpooling):** وتعنى هذه الأساليب باستخدام "مركبات المشاركة" وهي مركبات خاصة يشترك فيها أكثر من راكب واحد.

4. **توسيع خدمات وسائط النقل العام:** جغرافيا أو زمنياً (زيادة ساعات أو أيام الخدمة) وزيادة معدل الخدمة (مثل زيادة عدد الحافلات)، وإعادة بناء خطوط الرحلات وأوقاتها من أجل تقديم خدمة أفضل. وتهدف كل هذه البدائل إلى زيادة عدد ركاب وسائط النقل العام عن طريق الانتقال من المركبات الخاصة إليها.

5. **إزالة الإشارات الضوئية بشكل دائم أو مؤقت:** إن وجود الإشارات الضوئية بطبيعته سيعيق حركة السير، حيث يستوجب ظهور الضوء الأحمر وقوف جميع المركبات في ذلك الاتجاه، وهذا يؤدي إلى إعاقة سير غير ضرورية في بعض الأوقات، وهناك أيضاً بعض الإشارات التي تم وضعها دون مبرر علمي صحيح، وبالإضافة إلى ذلك، فإن حركة السير على بعض التقاطعات تنخفض بشكل كبير جداً في ساعات الليل.

كل هذا يستدعي، من الناحية المرورية، إزالة مثل هذه الإشارات بشكل دائم أو مؤقت، وقد يستعاض عن مثل هذه الإشارات، وخاصة في حالة الإزالة الموقتة (في ساعات الليل مثلاً) بإشارات تومض باللون الأصفر والأحمر بشكل مستمر(Flashing Yellow/ Red)، و هذا يستخدم على التقاطعات ذات الأحجام المرورية المنخفضة، لكن يجب دراسة أثر ذلك على سلامة المرور وحوادث المركبات والمشاة.

ويعرض جدول (4) ملخص أثر استخدام البرامج السابقة الذكر.

جدول (4): أثر بعض برامج التحكم المروري على استخدام الوقود

الرقم	البرنامج	التكلفة النسبية	نسبة انخفاض استهلاك الوقود
1	تحسين أنظمة الإشارات الضوئية	قليلة	8%–25% للمشروع 1%–10% للمنطقة
2	إعطاء الأولوية للمركبات ذات معدلات الركوب العالية	عالية	0.4%–7.3% للمشروع 0.4%–0.6% للمنطقة
3	استخدام وسائط النقل المشترك	قليلة	0.1%–0.6%
4	توسيع خدمة وسائط النقل العام	عالية	0.7%–1.2%
5	إزالة الإشارات الضوئية	قليلة	0.1%–0.6% للمنطقة

المصدر: Al-Sahili and Abu-Eisheh, 2004 و Wagner, 1980 و عبد الوهاب، 1997.

وهناك ايضا العديد من الاجراءات الخاصة بالمدن الفلسطينية التي يمكن أن تحسن من حركة السير، وتقلل من كمية الوقود المستهلك. وبناءً على المشاهدات الميدانية والمعرفة بالمنطقة، يمكن إجمالها بما يلي:

6. **ضبط سوء استخدام الارصفة:** إن الهدف الرئيس من الأرصفة هو تسهيل حركة المشاه وفصلها عن المركبات، وذلك لتقليل الاحتكاك مع المركبات، لما في ذلك من توفير الأمان وسهولة السير للمركبات.

إن المراقب لوضع الأرصفة الموجودة في المدن الفلسطينية يلاحظ فيها ضيقاً مقارنة بحاجة المشاة، وخاصة في وسط المدينة، وكذلك سوء استخدام الأرصفة من قبل الباعة، حيث تعرض المحال التجارية جزءاً من بضائعها على هذه الأرصفة، مما يستنفد جزءاً من الطاقة الإستيعابية للرصيف. يضاف الى ذلك قلة ممرات المشاة المخصصة لعبور الشارع أو عدم وضوحها (عدم وجود العلامات الارضية الواضحة).

وهذا يؤدي إلى استخدام المشاة مسارب السير المخصصة للمركبات في تحركهم في المدينة، أو عبورهم الشارع في غير الاماكن المخصصة لذلك، مما يؤدي إلى زيادة الخطر على المشاة، وكذلك إلى إعاقة سير المركبات وزيادة التأخير في زمن الرحلة.

ليس هناك دراسات تقيم أثر مثل هذه الأجراءات على تحسين حركة السير، وتخفيض استهلاك الوقود، ولكن من المتوقع أن تحدث مثل هذه الإجراءات تحسناً في حركة السير يؤدي إلى تخفيض استهلاك المركبات للوقود، وخاصة أن تكلفة تنفيذ مثل هذه الاجراءات بسيط.

7. **ادارة مواقف المركبات:** يشكل وقوف المركبات الخاطىء، كما هو شائع حالياً في العديد من المدن الفلسطينية، عائقاً أمام حركة السير ويزيد من خطورة التعرض لحوادث السير، فمن الشائع مشاهدة المركبات تقف في الأماكن الممنوعة، وهناك كذلك العديد من المركبات التي تقضي وقتاً طويلاً في السير بحثاً عن موقف فارغ للوقوف به. كل هذا يؤدي إلى زيادة الازدحام في السير، وزيادة استهلاك الوقود.

إن الحل لمثل هذه المشاكل يكمن في ضبط النظام من قبل شرطة المرور أو البلدية، وادارة مواقف المركبات بشكل فاعل، بحيث يتم فيه تحليل مقدار العرض والطلب على هذه المواقف، وعمل اللازم من أجل تأمين سد النقص في مواقف المركبات، إن لزم الأمر، أو تقليل الطلب على تلك المواقف.

8. **السياسات وقوانين التنظيم ذات العلاقة بالمركبات:** هناك بعض قوانين التنظيم التي لها أثر على حركة السير، مثل توزيع استخدام الأراضي وقوانين تخصيص مواقف مركبات لبعض تلك الإستخدامات. إن الاستخدام غير المناسب وغير المدروس لبعض استخدامات الأراضي من شأنه أن يؤثر سلباً على حركة السير، وعلى نوعية بيئة الحياة في تلك المنطقة، فسوء ترخيص المناطق الصناعية والتجارية والسكنية، من شأنه أن يزيد في أزمة السير، وكذلك يؤدي إلى تدني مستوى بيئة

الحياة في تلك المنطقة، كما أن عدم تطبيق قوانين التنظيم المتعلقة بتخصيص مواقف مركبات للمنشآت والعمارات الجديدة، من شأنه أن يزيد من أزمة السير، ويزيد في حركة المركبات بحثاً عن مواقف فارغة للوقوف بها. كل هذا يؤدي إلى طول زمن الرحلة ومسافتها، ومعدل التأخير، وهذا يؤدي إلى زيادة في استهلاك الوقود وتلوث البيئة[10].

وفي العديد من دول العالم، يتم تحضير دراسة تقييم الأثر المروري والبيئي للمشاريع ذات الحجم الكبير، بحيث تكون هذه الدراسات جزءاً من إجراءات ترخيص تلك المشاريع، وذلك لوضع برامج لإداره الآثار السلبية الناجمة، وطرق معالجتها. لذلك، من الممكن اتباع مثل هذه السياسات في المدن الفلسطينية، وخاصة المزدحمة منها.

9. **تشجيع استخدام الدراجات الهوائية والمشي:** يمكن لمثل هذا النظام أن ينجح جزئياً في حال توافر خدمات مناسبة وعدم وجود عوائق طبوغرافية مثل الإنحدارات الشديدة، لذلك، فإن مثل هذه الانظمة يمكن أن تنجح في المدن ذات الطبيعة السهلية، مثل طولكرم، وجنين، وأريحا، ويمكن استخدام المشي والدراجات الهوائية كوسيلة للتنقل للمسافات القصيرة، لكن التجارب العالمية في هذا المجال سجلت نجاحاً متفاوتاً.

10. **الحد من اصدار ترخيص للمركبات العمومية (الصالون العمومي):** بناءً على مراقبة تعداد المركبات الموجودة في العديد من مدن الضفة الغربية، نجد أن هناك فائضاً واضحاً في أعداد مركبات النقل العام (تاكسيات المكتب وتاكسيات العمومي) يسهم في ازدحام السير، حيث إن تاكسي المكتب يستمر في حركته فارغاً بحثاً عن الركاب، مما يزيد من حركة السير، وخاصة في مناطق الازدحام.

بينت نتائج التعداد المروري، الذي أجري على شارع الإرسال في مدينة رام الله في عام 2006 أن مجموع أعداد سيارات العمومي بأنواعها يصل إلى حوالي 50% من المركبات، معظمها من تاكسيات المكتب وتاكسيات العمومي الخارجي، ولذلك أصبحت وسائل النقل هذه بديلاً عن حافلات النقل العام، مع أن المفروض أن يتم عكس ذلك بحيث يزيد الاعتماد على الحافلات مقابل المركبات الصغيرة. وبناءً على ذلك، فإن على الجهات الرسمية المخولة بإصدار تراخيص جديدة لمركبات النقل العام، عدم إصدار أي تراخيص جديدة تسهم في زيادة أزمة السير، واستهلاك الوقود، والتلوث البيئي الا بعد دراسة وافية لحجم الطلب.

وتقوم وزارة النقل والمواصلات بتحديد عدد وسائط النقل العام اللازمة بالاعتماد على تعداد السكان، وتعتمد التعليمات العالمية في احتساب عدد مركبات النقل العام اللازمة على أكثر من مجرد متغير واحد. وقد أظهرت دراسة محلية[14] حول سياسة الوزارة في تقدير عدد مركبات النقل العام

اللازمة أنه يجب احتساب هذا العدد بناءً على حجم الطلب، الذي يتأثر بمتغيرات عدة، مثل ملكية المركبات الخاصة، والمسافة المقطوعة، وعدد المؤسسات التجارية والخدماتية الموجودة في المنطقة، ومستوى العمالة أو الدخل.

تأثير حركة السير وحركة المواصلات العامة على التلوث الجوي – شارع الارسال

من الصعب، وضمن الإمكانات الحالية في فلسطين، قياس التلوث الجوي الصادر من عوادم المركبات جميعاً في معزل عن الملوثات والظروف الأخرى، ويتطلب القيام بذلك استخدام أجهزة قياس خاصة لجميع المركبات، وهي، بشكل عام، غير متوافرة بالآلية المطلوبة. لذا، وكبديل عن قياس التلوث الميداني، يمكن الاستعاضة عن ذلك بحساب كمية استهلاك المركبات للوقود وكمية الغازات المنبعثة عنها، وذلك حسب طرق علمية ورياضية عالمية. ومن أجل ذلك، تم في هذه الدراسة استخدام البرنامج المحوسب CORSIM المتخصص لقدرته على تمثيل حركات السير وتحليلها ضمن ظروف مرورية مختلفة، وتقدير كميات استهلاك الوقود والتلوث الجوي بطرق حسابية، ويستخدم هذا البرنامج مبدأ "المحاكاه" (Simulation)، وقد اقتصرت هذه الدراسة على شارع الإرسال في مدينتي رام الله والبيره.

إن لدى هذا البرنامج القدرة على متابعة حركة كل مركبة وحدها (Microscopic)، وتسجيل كافة البيانات عنها في كل ثانية من الزمن يتم محاكاتها، ومن ثم يقوم البرنامج بتجميع البيانات عن جميع المركبات، ولكل ممرات الشبكة وتقاطعاتها. ويعتمد هذا البرنامج على مجموعة من المدخلات الضرورية التي تصف بيئة الشبكة المرورية بشكل دقيق. ويتطلب هذا البرنامج وصفاً دقيقاً للشبكة وكافة عناصرها ومستخدميها. أما أنواع الملوثات التي يصفها هذا البرنامج فهي أكاسيد الكربون (CO_x)، والهيدروكربونات (HC)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)[15]. وهذا البرنامج يعطي نتائج مقبولة ومستخدمة عالمياً، وخاصة في حالات المقارنة.

ويقدر هذا البرنامج استهلاك الوقود والتلوث الجوي للمركبات الخاصة والشاحنات والحافلات بالاعتماد على عدد المركبات، وطول مسافة الرحلة، ومعدل الوقت الضائع للمركبات، وعدد مرات الوقوف، ومعدل السرعة والتسارع أو التباطؤ للمركبات، ومن نتائج احتساب استهلاك الوقود، يتم تقدير معدل انبعاث الغازات الملوثة سابقة الذكر.

تم إجراء مسح مروري شامل لمنطقة الدراسة (شارع الإرسال)، حيث تم القيام بتعداد المركبات لفترات زمنية مختلفة، شملت ساعات الذروة الصباحية والمسائية، وتعداد لمدة 24 ساعة متواصلة، وقد تم القيام بهذا العمل في 2006/5. وقد تم كذلك تصنيف المركبات على شارع الارسال من حيث السيارات الصغيرة والحافلات والشاحنات (جدول رقم 5).

جدول (5): تصنيف المركبات على شارع الارسال في البيرة (2006/5/15)

نوع المركبات	تقاطع شارع ادوارد سعيد	تقاطع المقاطعة
شاحنات	2.8%	2.3%
حافلات	2.3%	0.7%
تكسي عمومي (سفرة الخدمة) خارجي	15.4%	22.8%
تاكسي مكتب (سفرة خصوصي)	20.1%	21.7%
تكسي عمومي داخلي	7.4%	3.8%
سيارات خاصة	52.1%	48.9%

حالات الدراسة

تمت دراسة عدة حالات مرورية من أجل تقييم أثرها البيئي على شارع الإرسال، وهذه الحالات هي:

1. **حالة الوضع القائم** من حيث تعداد المركبات بأصنافها المختلفة وأساليب التحكم المروري الموجودة (إشارات ضوئية وشواخص مرورية) ومواقف المركبات على طول الطريق وحالات الوقوف الخاطيء (الوقوف المزدوج أو الوقوف في غير الأماكن المخصصة).
2. **حالة المواصلات العامة**، حيث أظهرت دراسة التعداد المروري وجود عدد كبير من مركبات العمومي الخارجية –سفرة الخدمة– (23%) وتاكسي مكتب –سفرة طلب– (22%) مقارنة بتعداد الحافلات (أقل من 3%). وبالتالي تم في حالة الدراسة هذه تخفيض استخدام مركبات العمومي الخارجية مقابل زيادة استخدام (تشجيع استخدام) الحافلات. وتم افتراض أن 50% من مركبات العمومي الخارجية يمكن الاستعاضة عنها برحلات حافلات، مع تحسين حركة سير الحافلات وتخفيض وقت الانتظار، مما ينتج عن ذلك تخفيض حركة المركبات بنسبة 12% لصالح زيادة في حركة الحافلات.
3. **ضبط مواقف المركبات**، بحيث يتم منع الوقوف الخاطيء والمزدوج ومنع الوقوف على جانبي الطريق في بعض المناطق، وذلك لزيادة الطاقة الاستيعابية للطريق وتحسين حركة السير عليه. وهذه المناطق التي تم منع وقوف المركبات فيها هي مقطع الطريق أمام مبنى المقاطعة، وكذلك على شارع الإرسال بين تقاطعه مع شارع صهيب الرومي حتى فندق بيست ايسترن.

4. **التنسيق بين الإشارات الضوئية**، حيث يوجد ثلاث إشارات ضوئية متتالية في مسافة 0.8 كم، هذا بعد عمل التصميم المناسب للإشارات الضوئية من حيث توزيع الأوقات والحركات (phases).
5. **حالات الدراسة مجتمعات**، حيث تم دراسة تأثير حالات الدراسة من 2–4 سابقة الذكر، مجتمعة معاً.

نتائج الدراسة:

يعرض الجدولان رقم (5) و (6) ملخص النتائج المرورية والبيئية لحالات الدراسة سابقة الذكر. وفيما يلي تحليل لهذا النتائج:

1. **نتائج الوضع القائم:** يظهر الجدول رقم (5) أن عدد الرحلات المكتملة في شبكة الدراسة (شارع الإرسال) قد وصل إلى 4867 رحلة/الساعة، والتأخير الكلي للمركبات وصل إلى 2.4 ساعة خلال ساعة الذروة. أما نتائج استهلاك الوقود ومستوى التلوث (جدول رقم (6))، فقد قدرت النتائج أن المركبات الصغيرة (السيارات) استهلكت ما مقداره 796 لتراً من الوقود، أما الشاحنات والحافلات، فقد استهلكت ما مقداره 108 و 14 لتراً من الوقود على الترتيب، بمجموع استهلاك كلي للوقود مقداره 918 لتراً. أما مستوى التلوث الناجم عن المركبات، فقد كان 598 غم من HC و43400 غم من CO، و2549 غم من NO، وذلك خلال ساعة الذروة (2.45–3.45 بعد الظهر).
2. **تحسين المواصلات العامة**، يشير الجدول رقم (5) إلى تحسن في حركة السير وانخفاض مستوى التأخير الكلي (من 2.4 ساعة إلى 2.1 ساعة) بنسبة حوالي 12.5%، وذلك بسبب انخفاض عدد المركبات الصغيرة لصالح استخدام الحافلات. وقد أدى هذا أيضاً إلى انخفاض في كمية استهلاك الوقود للمركبات مجتمعة بنسبة (6.9%) وكميات الغازات المنبعثة من عوادم السيارات (HC = 2.2%، CO = 0.8%، NO = 6.1%).
3. **تنسيق الإشارات الضوئية:** تمثلت نتائج التحليل المروري للوضع القائم على التقاطعات التي يتم التحكم بهما باستخدام نظام الإشارة الضوئية، في أن مستوى الخدمة على هذه التقاطعات متدن جداً، وذلك بسبب شدة الازدحام عليها خلال ساعة الذروة، حيث إنه من الصعب تحسين أداء الإشارات الضوئية بشكل ملموس دون تخفيض حجم الطلب على المركبات (عدد المركبات).

جدول رقم (5): نتائج القياسات المرورية لحالات الدراسة المختلفة (شارع الإرسال)

القياسات المرورية	حالات الدراسة					نسبة التغير*
	الوضع القائم	تحسين حركة المواصلات العامة	تنسيق الإشارات الضوئية	ضبط مواقف المركبات	التحسينات مجتمعة	
عدد الرحلات المكتملة	4867	4508	4806	4862	4606	5.4%
معدل التأخير (ثانية/مركبة)	1.74	1.7	1.74	1.68	1.58	9.2%
التأخير الكلي (ساعة)	2.4	2.1	2.3	2.3	2.0	16.7%

- التغير نتيجة التحسينات مجتمعة بالنسبة لنتائج الضع القائم

جدول رقم (6): نتائج القياسات البيئية لحالات الدراسة المختلفة (شارع الإرسال) خلال ساعة الذروة

القياسات البيئية		حالات الدراسة										نسبة الفرق
		الوضع القائم		تحسين حركة المواصلات العامة		تنسيق الإشارات الضوئية		ضبط مواقف المركبات		التحسينات مجتمعة		
		لكل نوع	إجمالي	لكل نوع	إجمالي	لكل نوع	إجمالي	لكل نوع	إجمالي	لكل نوع	إجمالي	
استهلاك الوقود (لتر)	سيارات	796.1	918	740	854.7	808.6	808.6	786.2	900.5	710.7	823	-10.30%
	شاحنات	108.3		94.9		102.2		101.1		92.8		
	حافلات	13.6		19.8		13.6		13.2		19.5		
مستوى التلوث للسيارات (غم/كم)	HC	598.3		585		598.3		559.2		546.2		-8.70%
	CO	43399.9		43048.7		43438.9		40967.8		39953.4		-7.90%
	NO	2549.1		2393		2445.1		2315		2224		-12.80%

بما أن هناك ثلاث إشارات ضوئية فقط ضمن مسافة تزيد على 2.5 كم، وبما أن الازدحام شـــديد على هذه التقاطعات، فإنه من المتوقع أن يكون تأثير تنسيق الإشارات على إجمالي حركة الـــسير على الممر كله بسيطاً، وهذا يظهر من النتائج في جدول رقم (5)، حيث إن انخفاض التأخير الكلي

للمركبات كان بنسبة 4%. وقد انعكس ذلك أيضاً على مستوى استهلاك الوقود (انخفاض بنسبة 0.7%)، ومعدل انبعاث الغازات (انخفاض 4.1%).

4. **ضبط مواقف المركبات:** لقد كان أثر ضبط مواقف المركبات عن طريق منع الوقوف الخاطيء، وتحديد الوقوف في بعض الأماكن أثراً إيجابياً من حيث تخفيض معدل التأخير للمركبة الواحدة، ومستوى التأخير الكلي بنسبة 4% تقريباً (جدول رقم (5))، ويعود سبب هذه النسبة البسيطة إلى أن مستوى الازدحام شديد قرب دوار المنارة، بينما كانت الأماكن التي تم فيها منع الوقوف أقرب إلى الجهة الشمالية من شارع الإرسال باتجاه فندق بيست ايسترن، حيث إن مستوى الازدحام أقل بكثير من الجزء الجنوبي للطريق.

أما مستوى استهلاك الوقود فقد انخفض بنسبة (1.9% جدول رقم (6))، ومستوى التلوث انخفض بنسب تتراوح بين 5.6 و9.2%.

5. **التحسينات مجتمعة:** من الممكن جمع أكثر من إجراء واحد من الإجراءات المذكورة سابقاً لتحسين حركة السير واستهلاك الوقود، وقد تم في هذه الحالة دراسة أثر تطبيق الإجراءات الثلاث مجتمعة (الحالات رقم 2 و3 و4). وتبين نتائج التحليل أن أثر الإجراءات مجتمعة على تحسين حركة السير كان واضحاً من حيث تقليل معدل التأخير للمركبات (انخفاض بنسبة 9%) وانخفاض التأخير الكلي من 2.4 ساعة إلى 2.0 ساعة (17%)، وذلك خلال ساعة الذروة.

أما تأثير ذلك على استهلاك الوقود (جدول رقم (6))، فقد كان هناك انخفاض واضح في كمية الوقود المستهلك (بنسبة حوالي 10.3%)، وكذلك مستوى التلوث لمركبات HC و CO و NO بنسب تصل إلى 8.7% و7.9% و12.8%، بالترتيب.

النتائج والتوصيات

إن المتجول في شوارع وسط مدينتي رام الله والبيرة يشم روائح الغازات المنبعثة من عوادم المركبات بشكل واضح، وخاصة المركبات التي تدار بوساطة وقود السولار (مركبات النقل العام). هذا من شأنه أن يؤثر سلباً على البيئة، وعلى صحة الإنسان.

ليس هناك دراسات دقيقة تقيم أثر التلوث الجوي الناتج عن استخدام المركبات في المدن الفلسطينية، وتعتبر هذه الدراسة من بين الدراسات القليلة التي تعرض تقييماً جزئياً وكمياً لاستخدام المركبات على التلوث الجوي، وأثر إجراءات تحسين البيئة المرورية في المدن الفلسطينية على ذلك.

النتائج:

1. لقد تم تمثيل حركة سير المركبات على جزء محدود من شبكة طرق مدينتي رام الله والبيره (شارع الإرسال بطول 2.6كم)، واحتساب كمية الوقود المستهلك من المركبات، ومستوى التلوث الجوي الناجم عنها بوساطة برمجيات CORSIM. وبناءً على نتائج التحليلات المرورية، يمكن تحسين نوعية الحياة لمدينتي رام الله والبيرة، وكذلك للعديد من المدن الفلسطينية، عن طريق تحسين حركة السير والمواصلات العامة، وبالتالي تقليل استهلاك الوقود، والتوفير على الدولة، ومن ثم تخفيض مستوى الغازات المنبعثة من عوادم المركبات، وذلك باتخاذ العديد من الإجراءات المرورية، التي من أهمها:

   - تحسين أداء الإشارات المرورية أينما وجدت، واتباع نمط التنسيق بينها.
   - ضبط نظام مواقف المركبات وإدارتها، وخاصة في وسط المدينة، وذلك بتحديد المواقف وتخصيص الأماكن الخاصة لذلك، بعيداً عن جانبي الطريق قدر الإمكان، وفي ساحات ومبانٍ مخصصة لذلك، حتى يحد من إعاقتها لحركة السير. وتحديد أماكن الوقوف على جانبي الطريق بشكل واضح، وبعيداً عن التقاطعات بمسافة كافية (30 متراً حسب المواصفات العالمية)، وكذلك ضبط المركبات التي تمارس الوقوف الخاطيء (في غير الأماكن المخصصة والوقوف المزدوج).
   - الحد من الاعتماد على مركبات الصالون العمومي الصغيرة ذات السعة الركابية المحدودة (تاكسيات)، ومحاولة التقليل منها حيث إن نسبة هذه المركبات كبيرة جداً، فقد أصبحت تسهم في أزمة المرور بدلاً من أن تساهم في التخفيض منها. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق تشجيع استخدام الحافلات الصغيرة والكبيرة بدلاً منها، وذلك بتحسين إدارة هذه الحافلات وتشغيلها. ويمكن كذلك الحد من إصدار تراخيص جديدة، وعدم التجديد للمركبات التي تجاوزت العمر القانوني لها. ويمكن كذلك تشجيع استخدام المركبات ذات سعة 10 ركاب على حساب المركبات ذات سعة 7 ركاب.
   - فرض القانون من قبل جهاز الشرطة المرورية، وتوعية جهاز الشرطة بالإجراءات المناسبة للتقليل من الازدحام.

2. تعرض هذه الدراسة قائمة طويلة من الإجراءات التي يمكن تبنيها، ولها أثر إيجابي على تحسين حركة السير واستهلاك الوقود، ومن هذه الإجراءات (بالإضافة إلى الإجراءات سابقة الذكر): تحسين بيئة المشاه عن طريق تحديد مناطق خاصة بهم، وتنظيف الأرصفة من

الإعاقات الكثيرة واتباع المواصفات الهندسية المناسبة للارصفة، ومنع دخول الشاحنات والمركبات الثقيلة إلى وسط المدينة، وتغيير بعض مواقف مركبات النقل العام.

3. لقد كان من نتائج تطبيق بعض هذه الإجراءات المذكورة سابقاً على عينة من شوارع مدينتي رام الله والبيره (شارع الإرسال) دورٌ في تخفيض نسبة التأخير (الازدحام المروري) إلى حد وصل إلى 17%، وهذا بالتالي أدى إلى انخفاض مستوى استهلاك الوقود بنسبة 10% وتخفيض مستوى الغازات العادمة بنسبة وصلت إلى 13%.

لقد قدمت هذه الدراسة نتائج وإجراءات تحليلية على عينة بسيطة من شبكة طرق مدينتي رام الله والبيرة، لكن بيئة المرور والبيئة الجوية لا تعرف حدوداً، وبالتالي فإن أثرها يمتد طويلاً، لذلك فإن تحقيق نتائج أكثر إيجابية على مستوى المدينة يتطلب الاستمرار في مثل هذه الدراسات وتوسيعها لتشمل المنطقة بأكملها.

التوصيات:

1. اعتماد آليات إدارة أنظمة المرور في المدن الفلسطينية، ووضع أنظمة خاصة بذلك، والعمل على تطبيق أدوات إدارة أنظمة المرور من أجل تحسين البيئة المرورية وتخفيض حدة الإزدحام وتقليل إمكانات التوقف والسير المتكرر للمركبات.
2. مراجعة السياسات المتبعة في استصدار تراخيص مركبات النقل العام.
3. ضرورة الالتزام بتحقيق التوازن بين العرض والطلب في هذه الإجراءات، وذلك حتى تزيد من فرص نجاحها وتحقيقها الغرض المقصود.
4. القيام بإجراء أبحاث مستفيضة في مجال الآثار البيئية لحركة المرور في المدن الفلسطينية، واستخدام المنهجيات الملائمة مثل تلك التي تستند إلى المحاكاة.
5. تشجيع التخطيط السليم للمدن الفلسطينية الذي يأخذ بعين الإعتبار الحد من تلوث البيئة، الناجم عن حركة المركبات، كأحد الاعتبارات الرئيسة في عملية التخطيط بما يتلاءم ومتطلبات التنمية المستدامة.
6. توفير أجهزة قياس تلوث الهواء للجهات المختصة، واستخدامها لمراقبة تلوث الهواء الناجم عن حركة المركبات في المدن الفلسطينية، وعلى إمتداد الطرق الرئيسة.

7. وضع تشريعات خاصة بالفحوصات الدورية الإلزامية لنظام عادم المركبات، وتشجيع إستخدام الأجهزة المُساعدة. وكذلك وضع حدود للقيم المسموح بها من الملوثات المنبعثة من المركبات وإعتبار ذلك كأساس لعمليات المراقبة والضبط اللازمين.

قائمة المراجع

1. The World Bank. 2007. West Bank and Gaza – Economic and Sector Work Transport Sector Review and Strategy Note, Final Report. Jerusalem, 3.

2. الساحلي، خالد و سمير أبو عيشة، 2002، أنظمة المرور والبيئة في فلسطين. دورة: المساهمة في الحد من الغازات العادمة وتأثيرها، رام الله 12/21 – 2002/12/26.

3. Al-Sahili, K. 2004. The Impact of the New Traffic Circulation Plan for Downtown Nablus City on the Quality of Life. Proceedings of Jordanian International Conference on Sustainable Transportation Systems, Amman, Jordan, April 13-15, 2004.

4. موسوعة المجتمع. الغلاف الجوي ونوعية الهواء. موقع الشبكة الالكترونية: http://www.environment.gov.jo/society_encyclopadia/scwor5.htm. تم الدخول الى الموقع بتاريخ 2006/3/15.

5. Qumsieh, V., Isacc, J., and Qattoush, N. 1996. Energy and its Impact on the Environment. Applied Research Institute, Jerusalem, Palestine, 2-7.

6. Tri-State Transportation Campaign. 1995. Study Says Vehicle Age-Pollution Link Untrue. Mobilizing the Region, Issue 37, 2-5.

7. Abu-Eisheh, S., and Al-Sahili, K. 2001. Traffic Systems Management: Concepts and Applications on Palestinian Cities. The Palestinian Economic Council for Development and Reconstruction, Ramallah, Palestine, 2-10.

8. Al-Sahili, K. Abu-Eisheh, S. 2003. Traffic Signal Impact on Air Quality and Fuel Consumption in Downtown Nablus City. *An-Najah University Journal for Research – A: Natural Sciences*, 18 (1), 97-114.

9. Haddad, M. and Abaza, O. 2006. Measuring and Modeling of Transport Induced Air Pollution: Nablus Roadway Network as Case Study. First International Environmental Forum. A New Strategy for Developing Communities and Environment, 1-3 April, 2006, Egypt.

10. هاني خليل الفران. 2005. دور تخطيط المواصلات في تقليل تلوث الهواء الناتج عن عوادم المركبات. http://www.najah.edu/ARABIC/newsletter/issue70/10.htm، رسالة النجاح – العدد 70، 2005.

11. Wagner, F. A. 1980. Energy Impacts of Urban Transportation Improvements. Institute of Transportation Engineers. Washington, D.C., 5-40.

12. Transportation Research Board. 2002. Congestion Mitigation and Air Quality Improvement Program – Assessing 10 Years of Experience. Transportation Research Board, Special Report No. 264. Washington, DC, 85-119.

13. عبد الوهاب، وليد، و خير جدعان 1997. أثر الإشارات الضوئية على التلوث البيئي واستهلاك الوقود وطرق تخفيفها. وقائع أعمال المؤتمر الأردني الأول للمرور والبيئة، نقابة المهندسين الأردنيين، عمان. ص 159–177.

14. Issa, Amjad. 2006. The Impact of MOT Policies on Public Transportation in Palestine. Unpublished Master Thesis, An-Najah National University, Nablus, Palestine, 50-150.

15. Federal Highway Administration. 1999. CORSIM User's Manual, Version 4.3. US. Department of Transportation, Washington, D.C.