دراسة الضجيج الناتج عن وسائط النقل

(1-1) مقدمة:

الضجيج قديم قدم الإنسان، إذ تشير الكتابات على بعض الألواح في مدن سومر وبابل إلى الملل والسأم من البلدة التي تعج بالضجيج الصادر من أدوات الإنسان وآلاته. كانت المدن الإغريقية والرومانية تفرض أوامر صارمة بمنع الأصوات ليلاً، وكانت تفرش الشوارع في أحياء الفلاسفة والعلماء بمواد تمتص أصوات حوافر الخيل. واستخدم الصوت الحاد كأحد طرق التعذيب للسجناء والأسرى، أما اليوم ومع التقدم المضطرد في شتى نواحي الحياة، من وسائط نقل وماكينات ومصانع وتكدس الناس في المدن فقد ازداد التلوث والضجيج.

ففي سوريا: كانت مدنها قبل عقود من المدن الهادئة، ولكن هذا الواقع تبدل تبدلاً جذرياً وغدت معظم المناطق الحضرية والتجمعات الريفية تعج بالضجيج وتجاوزت قيمه الحدود المسموح بها. وقد أظهرت الدراسات التي قامت بها هيئة الطاقة الذرية حول الضجيج أن مستويات الضجيج في المدن السورية باتت تتخطى المعدلات المسموح بها عالمياً، وتتراوح ما بين ((dB(A))(70)) **و** ((dB(A))(80)) ووصلت النسبة في بعض مناطق دمشق إلى ((dB(A))(102))، بينما الحد المسموح به عالمياً هو ((dB(A))(55)) فقط، وفي بعض المناطق وصل إلى ((dB(A))(96))، وباقي المناطق نحو ((dB(A))(94)).

التأثرات السلبية للضجيج:

صحياً: يسبب الضجيج توسع الأوعية الدموية للدماغ والقلب، فقدان السمع، اضطرابات الجهاز العصبي.

نفسياً: أولاً: عندما تكون شدة الضجيج أكثر من ((dB(A))(55))، فإنها تسبب الانزعاج وتقلب المزاج، والتصرف العدواني.

ثانياً: عندما تكون شدة الضجيج أكثر من ((dB(A))(60))، فإنها تسبب ضعفاً في نشاط المخ، وعدم التوافق الجسدي والعصبي، فقدان القدرة على التعبير والاكتئاب والأرق.

تعريف الضجيج: يعتبر الضجيج أحد أنواع التلوث البيئي ويعرف على أنه أصوات غير متجانسة تتجاوز شدتها المعدل الطبيعي المسموح به للأذن، أو هي أصوات غير مرغوب فيها نظراً لزيادة حدتها وشدتها وخروجها على المألوف من الأصوات الطبيعية التي اعتاد الناس سماعها. ويقاس الضجيج بوحدة الديسبيل (dB) وهي وحدة قياس الصوت.

(1-2) دور وسائل النقل في الضجيج: يعد الضجيج المروري من أشد الملوثات خطورة، خصوصاً في المدن المكتظة بالسكان والتي تشهد نشاطاً مرورياً كثيفاً لا ينقطع على مدار الساعة. وتلعب وسائط النقل الدور الأساس في الضجيج داخل المدن، إذ يشكل الضجيج الناتج عنها حوالي 80% من الضجيج الكلي. حيث توجد أجزاء عديدة داخل العربات تمثل المصدر الرئيسي للضجيج المروري، وهي قوة جر المركبة وأنبوب العادم واحتكاك الإطارات مع سطح الطريق ودورة الهواء حول المركبة ويعتبر المحرك من أهمها، وخاصة أن عمل المحركات

يترافق مع تغير في أنظمة عملها من سرعة وحمولة، إلا أن كمية الضجيج الصادرة عن المحرك تعود بالدرجة الأولى لتصرف السائق. فكلما زاد السائق من سرعة العربة اهتزت السيارة وهدر صوت محركها بينما يقل صوت المحرك في أثناء القيادة بسرعة معتدلة قريبة من الحدود المسموح بها مرورياً. ينبعث الضجيج من المركبات من أربعة مصادر رئيسة وهي: قوة جر المركبة، أنبوب العادم، احتكاك الإطارات مع سطح الطريق ودورة الهواء حول المركبة.

(1-3) قواعد انتشار الضجيج: ينتشر الضجيج تبعاً للقواعد الآتية:

١. انتشار الضجيج في الخلاء دون عوائق.
٢. انتشار الضجيج مع الانعكاس.
   - الانعكاس البسيط (انعكاس من المرتبة الأولى).
   - الانعكاس المتتالي (انعكاس من المرتبة n).
٣. انتشار الضجيج مع الانحراف.
٤. انتشار مختلط للضجيج (انتشار مع الانعكاس المتعاقب والانحراف المتتالي).

(1-4) العوامل المؤثرة في الضجيج: من أهم العوامل المؤثرة في انتشار الضجيج:

١. المسافة بين مصدر الضجيج والمستقبل.
٢. الظروف المرورية وتشمل الغزارات المرورية، نوع المركبات وسرعتها ونسبها ضمن التدفق الإجمالي لحركة المرور.
٣. الظروف الهندسية للمنطقة وتشمل تضاريس المنطقة، نوعية سطح الطريق وميوله.
٤. الظروف المناخية (رطوبة، جفاف، درجة حرارة،...) مثلاً يترافق ازدياد درجة الحرارة بمقدار ١٠^{c} بانخفاض في مستوى الضجيج بحوالي ((dB(A))(1)).
٥. وجود حواجز بين مصدر الضجيج والمستقبل.
٦. انعكاس الأمواج الصوتية وتداخلها.

(1-5) أدوات قياس الضجيج:

تتألف أجهزة قياس مستوى الضجيج من مكبر صوت (ميكروفون) ودارة كهربائية تتضمن مضخماً، وشبكات تعديل حمل أو مرشحات، ووحدة عرض. يحول الميكروفون الإشارة الصوتية إلى إشارة كهربائية مكافئة تمر من خلال شبكة تعديل الحمل التي تقوم بالتحويل إلى إشارة رقمية وتعطي مستوى الصوت بالديسبل (dB(A)). تستخدم هذه الأجهزة في قياس مستويات الضجيج في حالة الترددات العالية، وفي حالة الترددات المنخفضة وفي حالة الضجيج ذي المدى الطويل، يبين الشكل (١) بعض أنواع الأجهزة.

الشكل (١)

يعتبر النوع XL2 بعض أنواع أجهزة القياس المستخدمة في سوريا ويستخدم في قياس القيم التالي:

L_{AFMax} : مستوى الضجيج الأعظمي.

L_{Aeq}: مستوى الضجيج المتوسط المطلوب من أجل التحقق من الضجيج البيئي.

(1-6) دراسات سابقة للضجيج:

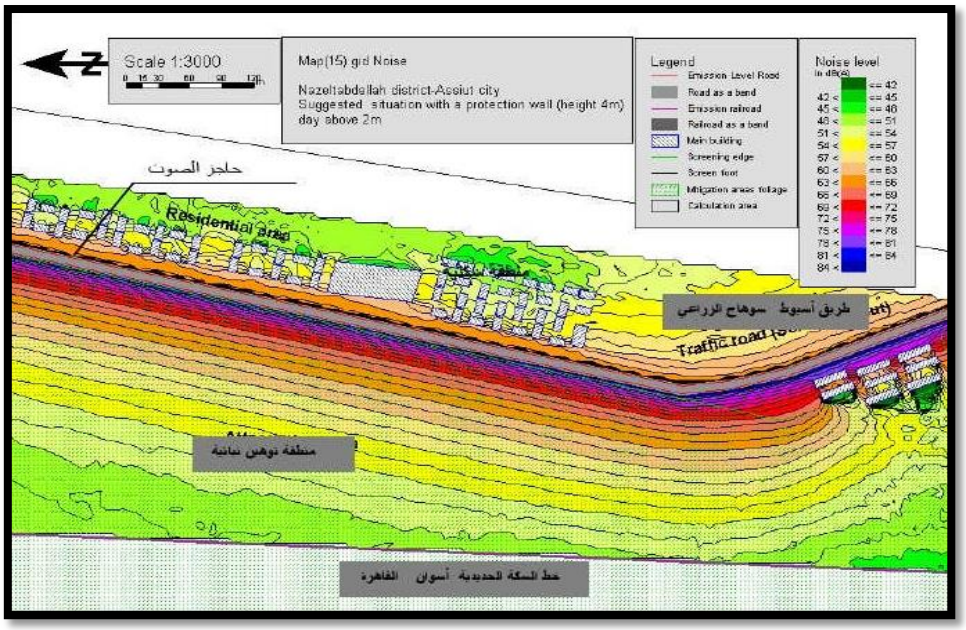
❖ في دراسة في مدينة ساو باولو في البرازيل (٤) لتقييم حالة السمع بين العاملين المعرضين للضجيج في المدن في أثناء النشاطات المرتبطة بزحمة المركبات، تم إخضاع ٦٢٤ عاملاً من شركة (Transit TEC Engineering Company) وكذلك العاملين في مناطق الازدحام المروري وخلال ساعات الذروة لفحص سمعي وفحص سريري، بالإضافة لإجراء استبيانات تضم معلومات عن الجنس، العمر، الخصائص المهنية (كالتعرض للضجيج في نشاطات حالية أو سابقة)، منطقة العمل في المدينة، والتعرض للضجيج خارج فترات العمل، وكما صنفت نتائج الفحص السمعي إما إلى "طبيعي" أو "نقص سمع بسبب الضجيج " أظهرت الدراسة أن مستويات الضجيج في معظم مناطق المدنية أعلى من الحدود المسموح بها من قبل المعايير البلدية، وكانت نسبة انتشار نقص السمع الناتج عن الضجيج عالية حوالي 28.5%، وتم ربط NIHL (نتائج الفحص السمعي) بصورة نظامية مع البيانات السكانية والمتغيرات المهنية والخصائص الصحية، وكانت أهم نتائج النقص كما يلي:

	الجنس		العمر				منطقة العمل	
	رجال	نساء	٣٠>	30-40	41-50	٥٠<	مزدحمة	أقل ازدحام
NIHL(%)	٣٢.٧	١٧.٦	١٥.٣	٢٩	٣٧.١	٥٣.٨	٣٨.٨	٢٤.٢

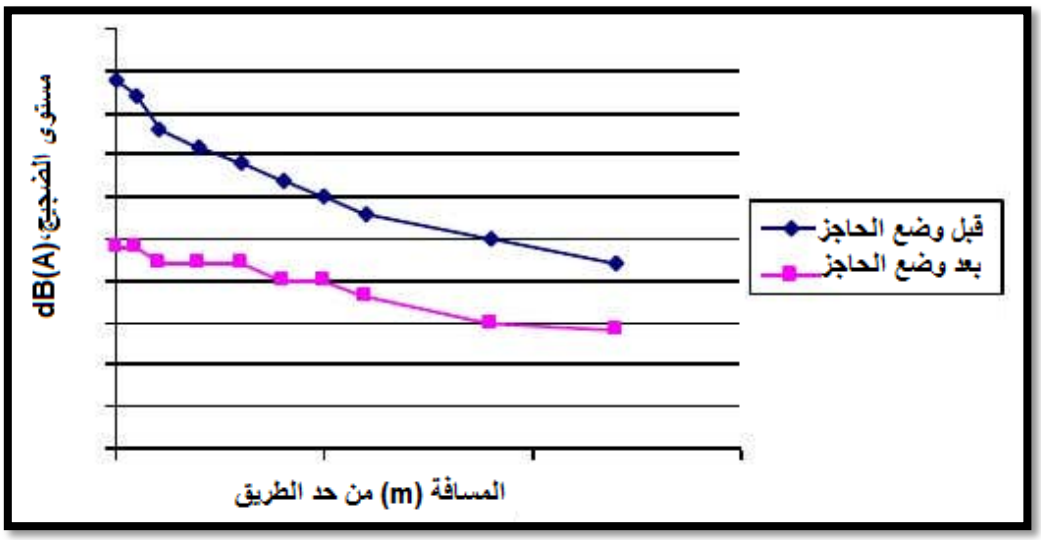
❖ أجريت دراسة في أسيوط بمصر(١)، تتعلق باستخدام خرائط الضجيج لتحديد استعمالات الأراضي وتخفيض الضجيج، حيث تجاوزت مستويات الضوضاء بأسيوط القيم المسموح بها من قبل منظمة الصحة

العالمية WHO، وتمت الاستعانة ببرنامج حاسوبي Sound Plan لقياس مستوى الضجيج على حدود مصدر الضجيج وإدخال البيانات الخاصة بالمباني ومصادر الضجيج، ويتم إجراء العمليات الحسابية لانتشار الضجيج وهي بدورها تؤدي إلى أنواع مختلفة من خرائط الضوضاء المطلوبة.

أجريت الدراسة لثلاث مناطق: **المنطقة الأولى:** هي منطقة مساكن نزله عبد اللاه، يبلغ مستوى الضجيج المكافئ خلال النهار((dB(A)(85-75))، حيث يزيد عن القيم السموح بها عالمياً بمقدار -20)) ((dB(A)(30، ولكن يمكن تخفيض مستوى الضجيج بمقدار ((dB(A)(20-10)) عن طريق وضع حواجز للضجيج Noise Barrier بارتفاعات مناسبة.

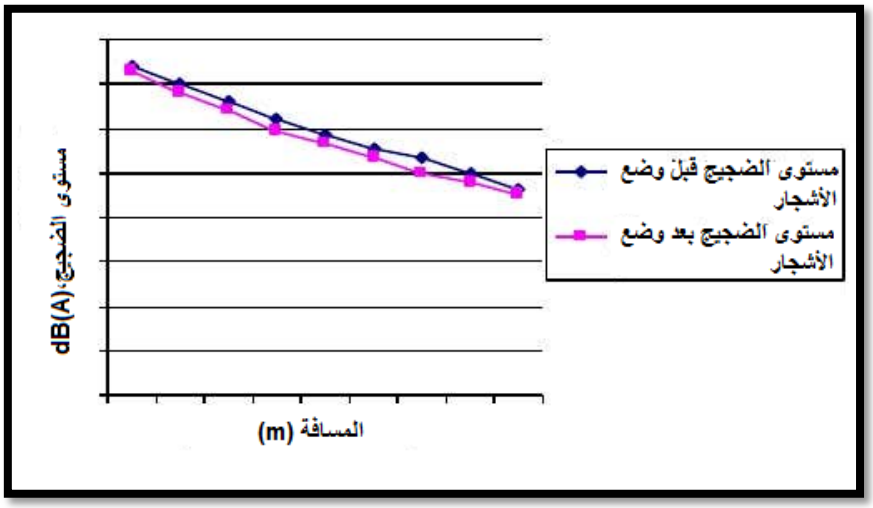


شكل(٢): خريطة الضجيج للمساكن بعد وضع الحاجز



شكل (٣): الفرق في مستوى الضجيج قبل وبعد وضع الحاجز

المنطقة الثانية: منطقة جامعة أسيوط، يبلغ مستوى الضجيج المكافئ حول مباني الجامعة -75)) (dB(A))(85. وهو يزيد عن الحد المسموح به بمقدار ((dB(A))(13-1)) وهي زيادة ضئيلة يمكن التغلب عليها عن طريق تكثيف الأشجار والنباتات بين حركة المرور والمباني وزيادة تخصيص مناطق لمرور المشاة فقط.



شكل(٤): مقارنة بين مستوى الضجيج قبل وبعد تكثيف الأشجار

المنطقة الثالثة: هي مساكن مدينة مبارك حيث يقل مستوى الضجيج عن الحد المسموح به، لذا يجب المحافظة على مستويات الضجيج المنخفضة بتقييد حركة النمو العمراني باتجاه مصدر الضوضاء.

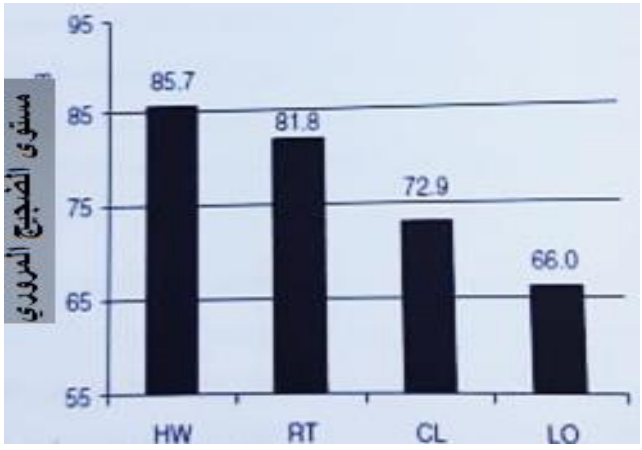
❖ في دراسة تتعلق بضجيج حركة المرور في القاهرة (5)، تم قياس L_{Aaq} 23 موقع بمدينة القاهرة يمثل أصنافاً مختلفة من الطرقات كالطرق السريعة والطرق الرئيسة والطرق التجمعية والطرق المحلية. وتبين أن (91.3%) من المواقع يزيد مستوى الضجيج فيهم عن ((dB(A))(65)) وهو حد الطب الوقائي، و(73.8%) من العدد الكلي من المواقع L_{Aaq} لها يزيد عن ((dB(A))(70)) . و(52.1%) من المواقع المقاسة أظهرت قيم لـL_{Aaq} أعلى من ((dB(A))(75)).وتبين مايلي وفق الجدول :

الحالة المختبرة	مقدار انخفاض L_{Aaq} (dB(A))
غياب أبواق السيارات في مركز المدينة	9.4 – 10.8
غياب أبواق السيارات ومنع 10% من السيارات التجارية	7.6
غياب السيارات الكبيرة (شاحنات وباصات) في المنطقة السكنية ومركز المدينة	2.6-3.7
غياب السيارات الكبيرة وأبواق السيارات	6-10.2

بالتالي فإن التقيدات كغياب الأبواق والسيارات الكبيرة ومنع المركبات التجارية يمكن أن يخفض مستوى ضجيج حركة المرور على طرقات المدنية، مما ينبغي على مخططي المدن استخدام استراتيجيات متنوعة لتغيير تنظيم المدن بما يتوافق مع بيئات مدنية أكثر هدوءاً.

- أجريت دراسة في الكويت (6)، تتعلق بقياس مستوى الضجيج الناتج عن حركة السير خلال ساعات الذروة وخارجها وإيجاد علاقة بين متغيرات حركة المرور وبين مستويات تلوث الضجيج وتقييم نموذج FHWA (Federal Highway Administration Agency) للتنبؤ بمستويات الضجيج. أجريت الدراسة على (9) مواقع وتوصلت إلى:

١. بتغيير تصنيف الطريق من (محلي – تجميعي – رئيس- سريع) كما في الشكل (٥) تتجه كل المتغيرات المقاسة (حجم حركة المرور- سرعة حركة المرور – مستوى الضجيج) إلى الازدياد.
٢. وتوصلت الدراسة لضرورة إدارة استخدامات الأراضي في مراكز المدن كمواقع بناء المشافي والمدارس والمراكز التجارية.
٣. وتضمين برنامج الفحص السنوي للمركبات، فحص المركبات من الضجيج المفرط.



أنواع الطرقات
LOطريق محلي،CL تجميعي،RT طريق رئيسي،HW طريق سريع

الشكل (٥): مستويات الضجيج

- أجريت دراسة في مدينة فاراناسي في الهند (7)، وتوصلت إلى أن مستويات الضجيج وصلت لمستوى خطير، إذا أن 85% من السكان يتعرضون للإزعاج بسبب الضجيج، و 90% من السكان يعانون من الدوار ومشاكل في ضغط الدم والصداع. ولقد تم إجراء استبيان عن الخصائص الاقتصادية والاجتماعية للناس مثل العمر والدخل والتعليم والوضع العائلي وغيره، وبمقارنة النتائج تبين أن الأشخاص غير المتزوجين يتأثرون بالضجيج بنحو أكبر من الأشخاص المتزوجين، كما أن مستوى الانزعاج يزداد مع

ازدياد العمر، بالإضافة إلى أن الناس ذوي الدخل العالي وأغلبهم ذوو تعليم عالٍ مدركون أكثر لتأثير الضجيج في الشعور بالتشويش فيصبحون أكثر عصبية ويصابون بالصداع.

- في مدينة يزد في إيران (8)، تم وضع نموذج يصف تلوث الضجيج الناتج عن حركة السير. تم قياس مستوى الضجيج باستخدام جهاز B&K 2260 لـ١٠ شوارع ضمن المدينة في ساعات الذروة الصباحية وتبعاً لنوع العربة. وتم استخدام نظام المعلومات الجغرافي لاستخراج وحفظ واستعادة المعلومات المكانية ورسم خرائط لمستويات الضجيج. وتبين بالقياس أن مستويات الضجيج العظمى والدنيا هي على التوالي ((70.9)(dB(A))،((80.7)(dB(A))، ومستوى الضجيج الوسطي ((74.4)(dB(A)) بينما مستوى الضجيج المسموح في إيران للمناطق السكنية والتجارية هو((60)(dB(A)) أي أن هذه القيم أعلى من القيم القياسية المتبعة بإيران.

وتبين أن العوامل المؤثرة في تلوث الضجيج هي الموقع الجغرافي، الارتفاع، البعد عن أقرب تقاطع، تصميم الطرقات وعدد المركبات ونوعها. وبين النموذج أنه يوجد علاقة مهمة بين متوسط الضجيج وتدفق حركة المرو، إذ تبين أن المدينة تعاني من الضجيج في مركزها وتتناقص مستوياته نحو الشمال والجنوب وهذه المعلومة تفيد في التخطيط المدني كمواقع بناء المشافي والمدارس. وتوصلت النتائج إلى أنه على الرغم من أن زحمة الشوارع ازدادت بين عامي ٢٠٠٢ و٢٠٠٨ إلا أن مستويات الضجيج في المدينة أخذت تتناقص ببطء والفضل يعود للتقدم في تصميم المركبات. فمثلاً إنتاج بايكان – السيارة الأكثر انتشاراً في إيران توقفت عام ٢٠٠٥ بعد ٤٠ سنة من الانتاج، وذلك لأن الحكومة الإيرانية اعتبرتها أدنى من المستوى الذي تتطلبه النماذج الجديدة بيئياً وشجعت على إخراجها من الخدمة.

- أجريت دراسة في كندا تتعلق بالنوافير ودورها في المناطق الصاخبة، حيث بينت الدراسة أهمية قدرة النافورة على إخفاء ضجيج حركة المرور وأهمية عدد النوافير وكيفية توضعها في الموقع وطريقة تنفيذها كما في الشكل (٦)

الشكل(٦): نافورة

تأثير النباتات في مكافحة الضجيج: تبين أن قدرة النباتات على مكافحة الضجيج تتوقف على شدة وتوتر واتجاه الصوت وعلى موقع وارتفاع وعرض وكثافة الحاجز النباتي وطبيعة الأنواع المكونة له وطريقة ترتيبها ضمن الحاجز، وبالإضافة لعامل المناخ ولاسيما اتجاه الرياح وقوتها ودرجة الحرارة والرطوبة الجوية.

من خلال الدراسة تبين ما يلي:

١) تساعد بعض الحواجز النباتية بعرض (٧.٥-١٥m) بتخفيف الضجيج العالي التوتر بحدود (10-20)(dB(A)) إلا أنها تكون أقل فعالية بتخفيف الضجيج ذي التوتر الأضعف.

٢) تمتص حواجز أشجار الصنوبر المزروعة بعرض (١٥-٣٠m)، (10)(dB(A)) من الضجيج المنخفض التوتر الناتج عن حركة السيارات.

٣) لا يتأثر الضجيج الناتج عن التوتر الشديد الانخفاض والذي يصعب مكافحته عادةً بالتجشير، علاوة على أنه أقل إزعاجاً للإنسان من الأنواع الأخرى للضجيج.

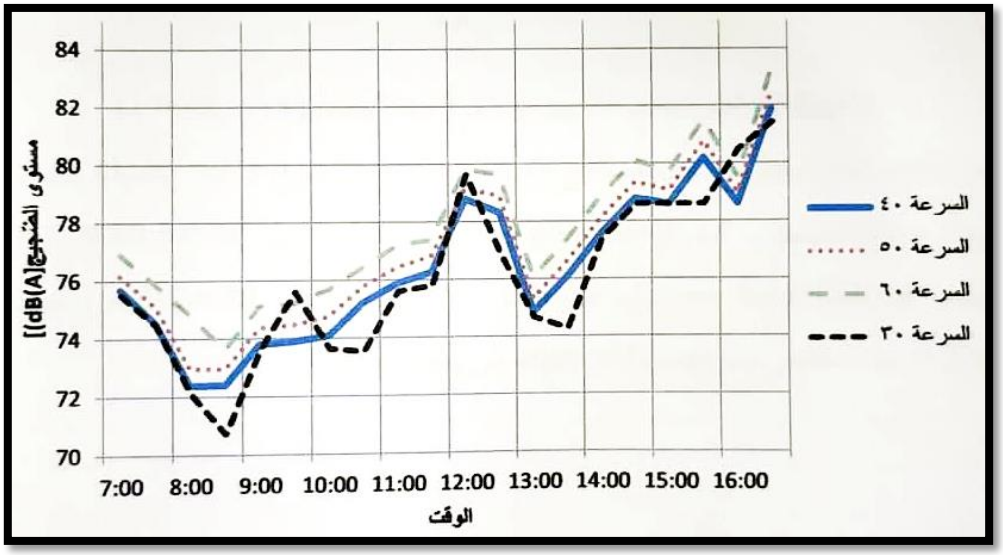
❖ في سوريا (٢)، قامت م. كندة صالح بدراسة ونمذجة الضجيج الناتج عن وسائط النقل في مدينة اللاذقية والتي تعاني من زحمة مرورية خصوصاً في ساعات الذروة. أجريت الدراسة على عدة شوارع ضمن المدينة وهي (الجمهورية –الثورة-٨آذار- حلب) وتم قياس مستوى الضجيج بواسطة جهاز معايرة ماركة XL2 .ثم قامت الباحثة بقياس مستويات الضجيج باستخدام النموذج CRTN بالاعتماد على بارامترات متعلقة بحركة المرور (غزارة وسرعة ونوع العربات)، وبارامترات متعلقة بهندسة الطريق (طوله وعرضه وارتفاعه وميله وخشونة سطح الطريق..). وقامت الباحثة بمقارنة النتائج المقاسة تجريبياً مع النتائج الحسابية التي يعطيها النموذج الرياضي، وتبين أن هناك تطابقاً جيداً بين القيم المقاسة والمحسوبة (الفرق ٣%) مما يمكن من استخدام هذا النموذج لحساب شدة مستوى الضجيج دون اللجوء للقياسات الميدانية. وتبين أنه تكون مستويات الضجيج في المناطق المدروسة أكبر من القيم المسموح بها وفق المعايير السورية بحوالي ((15-30)(dB(A))، وفق الجدول (١)، ويعود ذلك:

١. زيادة سرعة المركبات بجميع أنواعها داخل المنطقة السكنية.
٢. تداخل الأنشطة المختلفة في موقع واحد.
٣. عدم تفعيل دراسات الأثر البيئي للمشروعات الخدمية والتجارية.
٤. مرور النقل الثقيل داخل المناطق السكنية بالمدنية بسرعات عالية مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات الضجيج.

الجدول(١): معايير مستوى الضجيج وفق المعايير السورية.			
نوع المنطقة	الحد المسموح به لشدة الضجيج في المناطق المختلفة		
	٧ صباحاً حتى ٦ مساءً	٦ مساءً حتى ١٠ مساءً	١٠ مساءً حتى ٧ صباحاً
المناطق التجارية والإدارية ووسط المدينة	٦٥-٥٥	٦٠-٥٠	٥٥-٤٥
المناطق السكنية وبها بعض الورش أو الأعمال التجارية أو على طريق عام	٦٠-٥٠	٥٥-٤٥	٥٠-٤٠
المناطق السكنية في المدينة	٥٥-٤٥	٥٠-٤٠	٤٥-٣٥
الضواحي السكنية مع وجود حركة ضعيفة	٥٠-٤٠	٤٥-٣٥	٤٠-٣٠
المناطق السكنية الريفية مستشفيات وحدائق	٤٥-٣٥	٤٠-٣٠	٣٥-٢٥
المناطق الصناعية (صناعات ثقيلة)	٧٠-٦٠	٦٥-٥٥	٦٠-٥٠

درست الباحثة تأثير كل من سرعة المركبات وميل الطريق باعتبارها من العوامل الرئيسية المؤثرة على الضجيج.

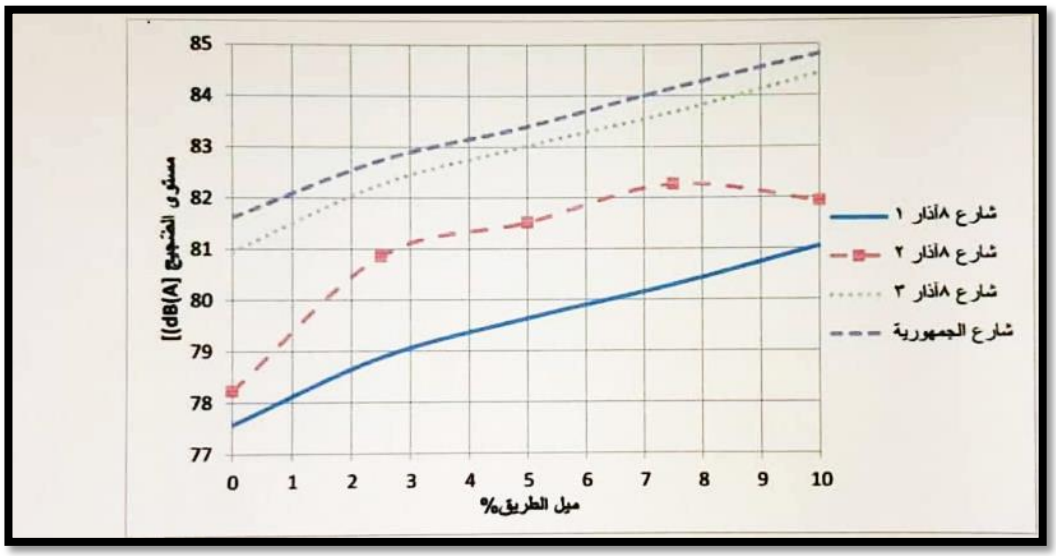
- **تأثير السرعة:** يزداد مستوى الضجيج بزيادة سرعة العربة. كما هو مبين في الشكل (٧) لبعض مواقع الدراسة.



- **ازدياد مستوى الضجيج بمقدار ((0.5)(dB(A)) عند زيادة السرعة من (40(KM/h إلى (50(KM/h .**
- **ازدياد مستوى الضجيج بمقدار ((0.75)(dB(A)) عند زيادة السرعة من (50(KM/h إلى (60(KM/h .**
- **انخفاض مستوى الضجيج بمقدار ((0.34)(dB(A)) عند انخفاض السرعة من (40(KM/h إلى (30(KM/h.**

الشكل(٧): تغير مستوى الضجيج مع تغير السرعة في شارع ٨ آذار (النقطة ١)

- **تأثير ميل الطريق:** يزداد مستوى الضجيج بزيادة ميل الطريق. كما في الشكل(٨)



- **ازدياد مستوى الضجيج بمقدار ((1.1-2.6)(dB(A)) عند ازدياد الميل بمقدار ٢.٥%.**
- **ازدياد مستوى الضجيج بمقدار ((1.8-3.3)(dB(A)) عند ازدياد الميل بمقدار 5%.**
- **ازدياد مستوى الضجيج بمقدار ((2.5-4.1)(dB(A)) عند ازدياد الميل بمقدار ٧.٥%.**

الشكل (٨): تغير مستوى الضجيج مع تغير ميل الطريق في عدة شوارع رئيسية في مدينة اللاذقية.

يمكن تفسير ازدياد مستويات الضجيج عند ازدياد ميل الطريق بأن انحدار الطريق يؤدي إلى زيادة الضجيج الناتج عن المحرك بحيث يصبح هو الضجيج السائد بالإضافة للضجيج الناتج عن الاحتكاك بين الإطارات والطريق.

طرق تقليل الضجيج (٣):

١. **المسافة أو البعد Distance:** زيادة المسافة بين مصدر الضجيج والمستقبل أو المتأثر به أحد الأساليب المتبعة لتخيف الضجيج، وبحكم التجربة العملية فإن مستوى الصوت يقل بمقداد ((dB(A))(3) مع زيادة المسافة بمقدار الضعف بين المتأثر والمصدر الخطي (مثل حركة مرور العربات) وبمقدار (((dB(A))(6)) من المصدر النقطي (أي جهاز أو مكنة).

٢. **الحواجز Barriers:** في كثير من البلدان المتقدمة تقام الحواجز الرملية، الأسوار المانعة للصوت والجدران المشيدة من الإسمنت على جانبي الطريق. كل هذه باستثناء الحواجز الرملية التي تعكس الصوت وهذا ما يحدث عنه انعكاس ثانوي لذا يفضل أن يتم تشييد الحواجز من مواد تمتص الصوت.

٣. **أسطح الطرق الهادئة Quiet road surface:** يتم تغطية سطح الطريق بمواد معاد تدويرها (مسحوق بقايا إطارات ومسحوق غرانيت ولاصق بوليورثينر) تستخدم هذه الطريقة لتقليل الضجيج المتولد من حركة مرور العربات وخصوصاً الطرق السريعة منها حيث تكون عجلات العربات المصدر الرئيسي للضجيج عند احتكاكها مع سطح الطريق وبهذه الطريقة يمكن أن يقل الضجيج حتى في سرعة ٥٠كم/ساعة، بمقدار (((85)(dB(A))).

٤. **خافضات الضجيج Silencers:** وهي متنوعة بتنوع مصادر الضجيج. والشائع منها هو الذي يستعمل في ماكينات الاحتراق الداخلي والذي يتطابق أسلوب عمله مع أكثر خافضات الضجيج التي تتعامل مع الهواء. ويتكون من صفيحة فلزية مثقبة خلفها مادة تمتص مثل ألياف زجاجية أو صوف معدني.

خافضات الضجيج عادة ماتتشابه في مبدأ عملها ولكن تختلف في تصاميمها. بالنسبة لخافضات الضجيج التي تتعامل مع الهواء والسائل فإن مبدأ عملها أن يكون هنالك مرور سلس لكل منهما (الهواء أو السائل)، دون وجود أي عائق كالزوايا أو الزوائد الحادة والتي تؤدي إلى حدوث اضطرابات ينشأ عنها الضجيج. ولهذا فإن تصميم خافض الصوت بشكل ناقوس الجرس كما تراه في العربات هو أفضل من جعله بشكل أنبوب بقطر واحد. وهنالك أنواع خاصة من خافضات الصوت كالتي تستعمل في صمامات الضغط البخاري.

٥. **الطلاء الخافض Lagging:** تطلى القنوات الأنبوبية في العربات من الخارج بمادة خافضة للضجيج وهي تقلل الضجيج بطريقتين:

- التسبب في زيادة السمك الذي يمر خلاله الضجيج فيقل.
- كبح سطح القناة الأنبوبية فيمنع القرع أو الدق.

٦. **السيطرة الفعالة على الضجيج Active noise control:** يمكن تقليل الضجيج بتوليد الضجيج وبنفس المستوى الذي يولده المصدر ولكن بدرجة ١٨٠ خارج الطور. وهذا يتسبب في تطابق التضاغط مع التخلخل ويتيح بهذه الطريقة تعادل لتأثير الضجيج أو ما يساوي صفراً والتي يطلق عليه تداخل تضعيف الموجات الصوتية.

تتم هذه الطريقة بنصب أربعة أو ستة ميكروفونات تلتقط الصوت إلى لوحة دوائر كهربائية وهي تعيد توليد الصوت بوساطة أربعة مكبرات للصوت لإحداث تداخل تضعيف فيقل الضجيج.

٧. **المنغلقات Enclosures :** في كثير من المصانع عادة ما توضع المكنات المحدثة للضجيج في غرفة مغلقة بإحكام مصممة لغرض منع انتشار الضجيج الصادر من تلك المكنات، وتتكون الغرفة (المنغلق) من ألواح حديدية ثقيلة بينها صوف معدني، كما وأن للمنغلق أبواباً حديدية محكمة أيضاً.

٨. **الصيانة العامة General maintenance:** كثير من مشاكل توليد الضجيج يمكن معالجتها من خلال إجراءات الصيانة العامة. فمثلاً الفحص الدوري.

التوصيات:

١. المراقبة البيئية من خلال إدارة البيئة في المدينة لمدى التزام أصحاب المحلات التجارية والجهات المالكة للمشروعات الخدمية بالمدينة من تطبيق دراسات تقييم الأثر البيئي، واختيار الموقع المناسب عند القيام بأي مشروع خدمي أو تجاري جديد داخل المدينة ومتابعة الرصد للتأكد من أن مستويات الضجيج ضمن الحدود الواردة باللائحة التنفيذية لقانون البيئة.

٢. يلزم عمل خرائط ضوضاء للمناطق الحالية ومناطق الامتداد العمراني ودراسة علاقتها باستعمالات الأرضي للمدن، حيث يتم تحديثها كل فترة زمنية مناسبة يتم من خلالها تغير في استعمالات الأراضي بالمدن.

٣. تعتبر حواجز الضجيج إجراء مهم جداً من إجراءات الحماية وتخفيض مستوى الضجيج.

٤. تفعيل استخدام أسطح الطرق الهادئة على الطرق وخصوصاً الطرق السريعة لأهميتها في تخفيض الضجيج.

٥. يجب الحفاظ على المناطق ذات مستوى الضجيج المنخفض بتقييد حركة النمو العمراني باتجاه مصدر الضوضاء.

٦. إجراء الدراسات الميدانية بصورة دورية لتحديد مستوى انتشار الضجيج في المناطق والطرق العامة في مختلف الأوقات لتخطيط أماكن تنظيم المرور ومواقف السيارات والحافلات.

٧. تخصيص أماكن لوقوف السيارات بالأماكن التجارية.

٨. تقليل استعمال مكبرات الصوت وأجهزة التسجيل في شوارع المدينة والمقاهي والمحلات العامة.

٩. إبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج.

١٠. إعداد كوادر مدربة في مجال الضجيج (قياس شدتها- الحد من الضجيج).

١١. نشر الوعي وذلك عن طريق مديرية الأوقاف ووسائل الإعلام والميديا لبيان أخطار هذا التلوث على الصحة البشرية.

إعداد المهندسة لمى علي محمود:

- كلية الهندسة الميكانيكية - جامعة تشرين.

- مهندسة في وزارة النقل / مديرية نقل اللاذقية.

المراجع:

١. م.محمد عبدالوهاب محمود، استخدام خرائط الضوضاء لتحديد استعمالات الأراضي وتخفيض الضوضاء في المناطق الحضرية بمدينة اسيوط،

٢. م.كندة صالح، دراسة ونمذجة الضجيج الناتج عن وسائط النقل في مدينة اللاذقية، رسالة ماجستير، جامعة تشرين ٢٠١٣.

٣. د.نعيم محمد علي الأنصاري، التلوث البيئي؛ مخاطر علمية واستجابة علمية، ٢٠٠٩.

4. Antonin Sergio Melo Barbosa, Maria Regina Alves Cardoso, "Hearing Loss among workers exposed to road traffic noise in the city of Sao Paulo in Brazil", Auris Nasus Larynx , 32(2005),17-21.

5.S.A.Ali,A. Tamura, "Road traffic noise levels, restrictions and annoyance in Creater Cairo, Egypt",(2003) 815-823.

6. N. AL-Mutariri, F. Al-Rukaibi and P .Koushki, "Measurements and Model Calibration of Urban Traffic Noise Pollution", American Journal of Environmental Sciences 5 (5):613-617,2009.

7. Vinita Pathak, B.D. Tripathi , Virendra Kumar Mishra, "Evaluation of traffic noise pollution and attitude of exposed individuals in working place ", Atmospheric Environment 42(2008) 3892-3898.

8. F. Nejadkoorki, E. Yousefi, F. Naseri, "Analyzing Street Traffic Noise Pollution IN the City of Yazd ", Iran .J. Environ . Health. Sci. Eng., 2010, Vol.