كلية الهندسة بشبرا
FACULTY OF ENGINEERING AT SHOUBRA
ERJ
PRINT ISSN 3009-6049
ONLINE ISSN 3009-6022

ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)
Volume (53),Issue (2)
April 2024, pp: 236-244
https://erjsh.journals.ekb.eg

معايير ارشادية نحو مجمعات عمرانية منخفضة انبعاثات الكربون

رحاب سامى السيد [1] ، [*] ، طارق سعد الحناوى [1]، ناهد فتحى عبد الغنى [1]

[1] قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها
[*] *Corresponding author*

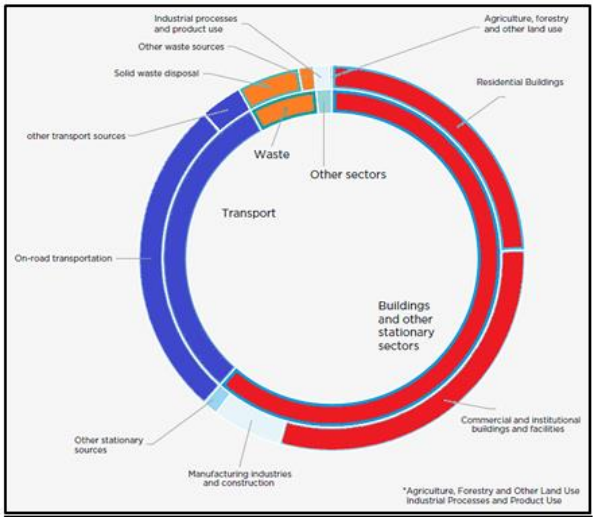
E-mail address: rehabsamy34@yahoo.com, telhinnawy@gmail.com , drnahedfathy@yahoo.com

ملخص البحث: تساهم المدن بشكل كبير فى الانبعاثات الكربونية بسبب التحضر وزيادة الانشطة البشرية وارتفاع النمو السكانى فاكتسب مفهوم المدن والمجمعات منخفضة الكربون اهتماما كبيرا على مستوى العالم بسبب الاثار السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية والتى سببتها غازات الاحتباس الحرارى ويساهم فيها الكربون بالنسبة الاكبر نتيجة الاستهلاك المفرط فى الطاقة داخل تلك المجمعات العمرانية .ولذلك يمكن للمدن والمجمعات بشكل اساسى اتخاذ التدابير والاجراءات التى تساهم فى خفض تلك الانبعاثات كما جاءت بالتقارير العالمية والاتفاقيات الدولية. لذلك قام البحث على تناول المفاهيم والتعريفات الخاصة بالانبعاثات الكربونية داخل المجمعات العمرانية للوصول الى فهم مصادر تلك الانبعاثات وكيفية خفضها بالاضافة الى دراسة للتقارير والاتفاقيات الدولية المعنية بالتغيرات المناخية .ويتناول البحث ايضا مبادىء ومكونات المجمعات العمرانية منخفضة الكربون امكانية خفض الكربون من القطاعات الرئيسية المسببة لها بإعتماد ودمج مصادر الطاقة المتجددة والاستغناء التام عن الوقود الاحفورى وخفض الكربون من المبانى بدءاً من التصميم حتى نهاية عمر المبنى .وتم تناول البحث الاعتماد الكامل على وسائل النقل الخضراء واعطاء الاولوية للمشاه والدراجات وتقليل مصادر النفايات واعادة التدوير والفصل من المنبع لتقليل كمية النفايات سواء العضوية او مخلفات بناء الهدم. واخيرا تم عرض تجارب لبعض المدن والمجمعات العمرانية فى العالم والمنطقة العربية التى طبقت بالفعل تلك المبادىء وحققت خفض فى الانبعاثات وذلك بهدف الخروج بقائمة ارشادية لكافة مبادىء واجراءات خفض انبعاثات الكربون حتى يمكن تطبيقها على نموذج محلى.

الكلمات الدالة: غازات الاحتباس الحرارى - الحياد الكربونى - - المبانى الخضراء - مجمعات عمرانية مستدامة - مجمعات عمرانية منخفضة الكربون.

1- المقدمة:

يتطلب الحد من الاحترار العالمى التى تسببه الانشطة البشرية الى اتخاذ اجراءات وتدابير جادة للوصول الى صافى صفرمن انبعاثات ثانى اكسيد الكربون وذلك من خلال اتباع مسارات التخفيف للحد من الاحترار الى 1.5 درجة مئوية حيث تتسبب المدن فى مايزيد عن 75% من انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية .من خلال استهلاك الطاقة فى المبانى التى تمثل اكثر من نصف الانبعاثات داخل المدن بالاضافة الى النقل والنفايات كما موضح بالشكل 1. [1] وعلى اعتبار ان المجمعات العمرانية هى المكون الاساسي للنسيج الحضرى للمدينة بشكل عام فظهرت الحاجة الى ضرورة دراسة الاجراءات اللازمة لكل قطاع من القطاعات المسببة للانبعاثات ودراسة التدابير اللازمة فى كل قطاع ومدى امكانية تطبيقها داخل المجمعات العمرانية للوصول نحو هدف صفر كربون للحصول على مدن صالحة للعيش وقادرة على الصمود امام التغيرات المناخية.



شكل 1: يوضح مصادر الانبعاثات داخل المدن حيث تمثل المبانى السكنية والتجارية والصناعية اكثر من نصف اجمالى الانبعاثات
المصدر:ملخص السياسات ,الانتقال الى المبانى الخالية من الكربون يعد تدبير قوى ومجزى للمدن,مدن الاربعين,2019

2- المشكلة البحثية :

تتلخص المشكلة البحثية فى عدم وجود الانظمة والقوانين المنظمة والملزمة للحد من الانبعاثات الكربونية عند تعميم واعتماد وتنفيذ المجمعات العمرانية فى مصر .

3- هدف البحث :

تهدف الورقة البحثية الى وضع ألية لاستنباط قوائم ارشادية(Check - List) لتصميم المجمعات العمرانية فى مصر بهدف خفض الانبعاثات الكربونية وذلك من خلال الاستفادة من افضل التجارب العالمية والاقليمية ووضعها فى قوائم ارشادية يمكن استخدامها للتطبيق بشكل ملزم اثناء تصميم وبناء المجمعات العمرانية .

4- فرضية البحث:

تقوم فرضية البحث على انه يمكن خفض الانبعاثات الكربونية داخل المجمعات العمرانية بتطبيق الاجراءات والتدابير على مستوى القطاعات الرئيسة داخلها وتفعيلها الزاميا ضمن القوانين والسياسات وعلى مستوى المخططين والمصممين .

5- البصمة الكربونية Carbon Footprint:

يستخدم هذا المصطلح للتعبير عن كمية معدلات الانبعاثات لغاز ثانى اكسيد الكربون فى الجو على مستوى الفرد او الدولة ويتم قياسها من الانشطة البشرية سواء المباشرة والغير مباشرة والتى تنتج عن دورة حياة المنتجات بداية من استخراج المواد الاولية حتى مرحلة التصنيع والنقل والتشغيل [2] .

6- الحياد الكربونى Carbon Neutrality:

يقصد به تحقيق التوازن بين الانبعاثات البشرية المنشأ من المصادر وعمليات الازالة بواسطة المصارف لغازات الدفيئة مثل الغابات. وقد حددته اتفاقية باريس فى المادة اربعة من الاتفاقية ان لابد من تحقيق الحياد الكربونى للحد من تأثيرات التغيرات المناخية السلبية عن طريق خفض الانبعاثات [3] .

7- الانبعاثات التشغيلية Operational emissions

يمثل الكربون التشغيلي أكثر من ربع (28٪) انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية. وتعرف بأنها الانبعاثات المرتبطة باستخدام الطاقة في المبنى سواء للتدفئة اوالتبريد اوالطهي و يتم التحكم فيها عن طريق تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني وكهربة الأجهزة وتحويل استخدام الطاقة المتبقي إلى مصادر الطاقة المتجددة. [3]

8- الانبعاثات المجسدة embodied emissions :

هي تلك الناجمة عن تشييد المبنى وصيانته والتخلص منه في نهاية العمر الافتراضي بما في ذلك الانبعاثات الناتجة عن تصنيع ونقل مواد البناء ومن الوقود المستخدم لتشغيل الآلات والمعدات و على الصعيد العالمي تمثل انبعاثات الكربون المجسدة ما بين20 ٪ و50 ٪ من إجمالي انبعاثات الكربون خلال دورة حياة المبنى . [4]

9- مبانى ذات صافي انبعاثات كربونية صفري Zero Carbon Buildings:

هى المبانى التى يتم بها خفض الطلب على الطاقة إلى ما يقرب من الصفر قدر الإمكان مع تلبية جميع احتياجات الطاقة المتبقية من خلال مصادر الطاقة المتجددة مع التركيز على الانبعاثات التشغيلية. [5]

10- المجمعات العمرانية المستدامة sustainable urban complexes:

أوضحت الوكالة الاوروبية البيئية تعريف المجمعات العمرانية المستدامة على انها "هى المجمعات التى تتخذ اجراءات محلية لمعالجة التحديات البيئية وحلها وضتضمن نوعية حياة جيدة لمواطنيها من خلال الاعتماد على الطاقات المتجددة وتحسين ادارة النفيات ودمج وسائل النقل المستدام وادارة المياه وتحقيق الرفاهية المجتمعية" [6]

وعليه فإن تحقيق الكفاءة فى القطاعات المختلفة المكونة للمجمعات المستدامة وحسن اداراتها كالمياه والنفايات والنقل العام وحسن استخدام الاراضى يؤدى الى مجمعات مستدامة بيئية واجتماعيات واقتصاديا .

11- المجمعات العمرانية منخفضة الكربون Low carbon community:

اكتسب هذا المفهوم شعبية كبيرة فى الادبيات والخطابات السياسية وهو الان مرتبط بمفاهيم ذات صلة كالمدينة البيئية والمدينة الخضراءوالمدينة المستدامة. [7]

حيث جاءت فكرة المدينة منخفضة الكربون من التطلعات العالمية للتحول نحو انشاء مدن ومجتمعات واقتصادات تدمج بشكل منهجى تدابير التخفيف من التغيرات المناخية من خلال بيئات مبنية ومخططة ومصممة بكفاءة عالية تقوم على الكفاءة فى استخدام الطاقة من مصادر متجددة . [8]

12- العلاقة بين المجمعات العمرانية منخفضة الكربون والمجمعات العمرانية المستدامة:

لايمكن خفض الانبعاثات الامن خلال تطبيق مبادىء الاستدامة فهما وجهان لعملة واحدة يقوما على الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتصميم المبانى الخضراء والتخلص من النفايات وادرة المياه بالاضافة الى الاعتماد واختيار المواد المنخفضة الكربون بدءا من التصميم وحتى نهاية عمر المبنى ويوضح الشكل 2 العلاقة بين المجمعات العمرانية منخفضة الكربون والمجمعات العمرانية المستدامة .

13- مبادىء المجمعات العمرانية منخفضة الكربون:

حددت الاتفاقيات والتقارير العالمية القطاعات الرئيسية المسببة للانبعاثات الكربونية داخل المجمعات العمرانية وقد حددتها وزراة الطاقة بماليزيا فى اطار يسمى (Low Carbon Community Frame Work-LCCF) ويشتمل هذا الاطار على المبادىء الرئيسية التى يمكن من خلالها خفض الانبعاثات الكربونية والتى يمكن ان تساعد المدن ومجمعاتها العمرانية حسب ظروفها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والسياسية لتقييم كمية الانبعاثات وتنفيذ التدابير والاجراءات على هذه القطاعات بهدف خفض الانبعاثات الكربونية كما بالشكل 3. [9]

13-1المبانى BUILDING :

وطبقا لتقرير الامم المتحدة للعمل المناخى تمثل المبانى مصدرا رئيسيا فى انبعاثات غازات الدفيئة ولايمكن تحقيق الاهداف المناخية دون تحسين كفاءة الطاقة بالمبانى ، حيث تمثل 75% من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية تأتى من المدن و90% من انبعاثات ثانى اكسيد الكربون العالمية فى الغلاف الجوى نتيجة استخدام الوقود الاحفورى.[10]

وتساهم المبانى بنسبة 38% من اجمالى انبعاثات ثانى اكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة بالاضافة الى الطاقة المباشرة والغير مباشرة وانبعاثات صناعة التشييد التى هى جزء من الصناعة الاجمالية المخصصة لتصنيع مواد تشييد المبانى من الصلب والاسمنت والزجاج ويطلق عليها انبعاثات مباشرة اما الانبعاثات الغير مباشرة هى الناجمة عن توليد الطاقة للكهرباء ولاغراض التدفئة والتبريد والمنشأت التجارية كما بالشكل 4.

اذ انه يمكن من خلال قطاع التشييد والمباني ان يوفر إمكانات تخفيف عالمية كبيرة للوصول إلى أهداف اتفاق باريس من خلال تحسين كفاءة المباني الحالية وتشييد مبانى جديدة ذات اداء عال فى المبانى وتوفير أجهزة ومعدات اضاءه فعالة وموفرة للطاقة [11] ودمج مصادر الطاقة المتجددة فى المبانى لتقليل الاعتماد او عدم استهلاك الطاقة من الوقود الاحفورى.

13-2 البنية التحتية الحضرية URBAN INFRASTRUCTURE :

يشتمل التطوير متعدد الاستخدامات للاراضى داخل المجمع العمرانى على الجمع بين الاستخدامات السكنية والمكتبية والتجارية والترفيهية والخدمات الحكومية والمؤسسات التعليمية لمساعدة الافراد للمشى لقضاء احتياجاتهم اليومية لتقليل الرحلات وتعزيز المشى وركوب الدراجات كذلك الغطاء النباتى والمسطحات الخضراء لتقليل الجزر الحرارية الحضرية والشعور بالراحة الحرارية فى البيئة المحيط حول المبانى لتقليل الطلب على الطاقة بداخلها والحفاظ ايضا على التنوع البيولوجى واستعادة الطبيعة الخضراء والحفاظ على المسطحات المائية حيث انها ازالتهم او اجهادهم سيطلق الكثير من ثانى اكسيد الكربون لذلك وجب الحفاظ على المسطحات الخضراء الطبيعية المحلية والمائية والحفاظ على الاراضى المنتجة حيث تعمل الاراضى الرطبة والبحيرات والمسطحات الخضراء كبالوعات للكربون بدلا من اطلاقه فى الغلاف الجوى. [12]

كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة:

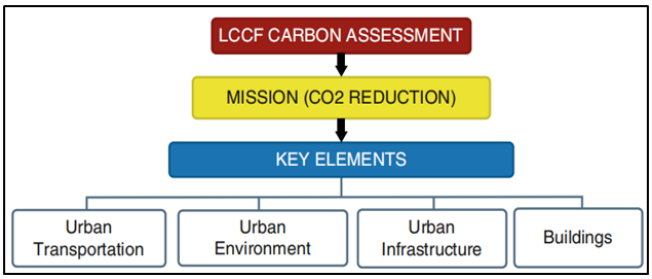
تعتبر الطاقة من أهم المبادىء التى يتم اتخاذها عند تصميم المجمعات العمرانية منخفضة الكربون بإعتبارها المساهم

الاكبر فى الانبعاثات الكربونية .حيث تساهم المدن بنسبة 70% من استخدام الطاقة العالمى وتساهم بنسبة 40% من انبعاثات غازات الاحتباس الحرارى .نتيجة تزايد الطلب على الطاقة للتدفئة والتبريد و زيادة استخدام أجهزة تكييف الهواء بالاضافة الى زيادة استهلاك الكهرباء للإضاءة والأجهزة والمنشات الصناعية والتجارية لتلبية الاحتياجات البشرية ادى الى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة من المباني في السنوات الأخيرة.ويمكن تقليل استهلاك الطاقة في المجمعات العمرانية من خلال تطبيق برامج موفرة للطاقة والتي قد تشمل استبدال لمبات إنارة الشوارع الحالية بمصابيح الليد واستخدام الألواح الشمسية كمصدر لتوليد الطاقة ونشر الالواح الشمسية على جميع المبانى واستغلال الفراغات العامة لتوليد الطاقات المتجددة المحلية المتاحة [13]

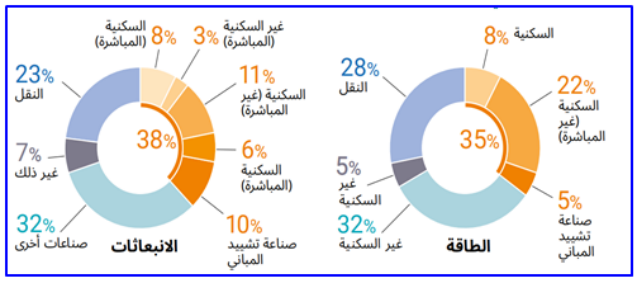
شكل حضري ذكي وتنمية مكانية	الصناعة والمباني الموفرة للطاقة	مركبات منخفضة الكربون ونظام النقل العام	إدارة النفايات منخفضة الكربون وغيرها من الخدمات
• الحفاظ على الأراضي الزراعية • تقليل الالتزامات المالية المتوقعة • تحسين تعويضات الأراضي الريفية ومخاوف القيمة المالية • التعدي المحدود في المواقع الحساسة	• تقليل تلوث الهواء • تحسين أمن الطاقة • تعزيز كفاءة الطاقة والقدرة التنافسية الصناعية • زيادة كفاءة الموارد في المباني والتدفئة	• تقليل الازدحام • تقليل تلوث الهواء • تحسين السلامة المرورية • ارتفاع معدلات المعيشة الحضرية	• تحسين إدارة النفايات الصلبة • تقليل تلوث الهواء • زيادة كفاءة استخدام الموارد المائية وحمايتها

الشكل 2 :يوضح المواءمة بين المجمعات العمرانية منخفضة الكربون والمجمعات العمرانية المستدامة

المصدر : مانويل هيدالغو , اهمية وتأثير المدن منخفضة الكربون ,مجلة بيئة المدن العربية ,دبى ,العدد 20 ,2018



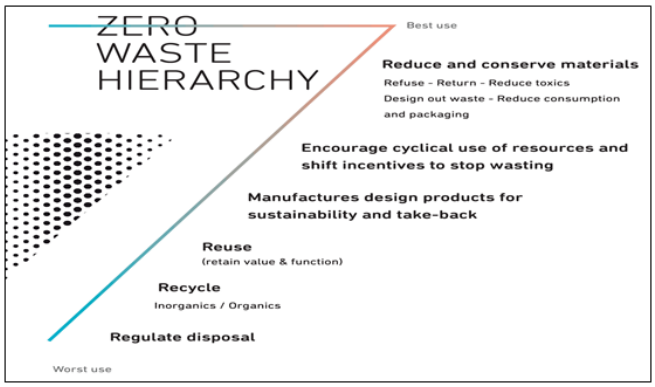
شكل3 يوضح مبادىء التقييم الرئيسية للمجمعات العمرانية منخفضة الكربون
https://www.slideshare.net/asetip/ general-info-on-low-carbon-capacities
framework-lccf-Malaysia :المصدر



شكل 4: يوضح كمية استهلاك الطاقة من المبانى مقارنة بكمية الانبعاثات المباشرة والغير مباشرة
المصدر : برنامج الامم المتحدة ,نحو قطاع مبانى وانشاءات خالى من الانبعاثات ويتسم بالكفاءة والمرونة ,ملخص تنفيذى للحالة العالمية للمبانى والتشييد ,2020.

ادارة النفايات Waste Management

تمثل النفايات ثالث اكبر مصد للانبعاثات فى المدن بعد المبانى والنقل وتتولد داخل المناطق الحضرية والمدن بكميات كبيرة حيث تتنوع مصادرها الى نفايات عضوية وغذائية ونفايات البناء والهدم ونفايات بلاستيكية وزجاجي [14] .
و يمكن التخلص من النفايات الصلبة عن طريق ادراج التصميم للمواد المستدامة والتى يمكن ان يعاد تدويرها واستخدام المواد منخفضة الكربون وان يساعد التصميم على اعادة تفكيك المبنى عوضا عن هدمه بشكل يمكن معه اعادة التدوير والاستخدام مرة اخرى واعادة استخدام النفايات العضوية الى سماد عضوى يتم تغذية المناطق الخضراء به او لزرع الثمار وعمل البنية الاساسية لادارة وتدوير تلك النفايات واتباع التسلسل الهرمى للتخلص من النفايات فى المدن (شكل 5)



شكل5:يوضح التسلسل الهرمى للنفايات الصفرية لتحديد اولويات المدن فى تحقيق اقصى قدر من تخفيض غازات الاحتباس الحرارى المتولدة من النفايات
المصدر: https://zero waste europe.eu/what is zero waste

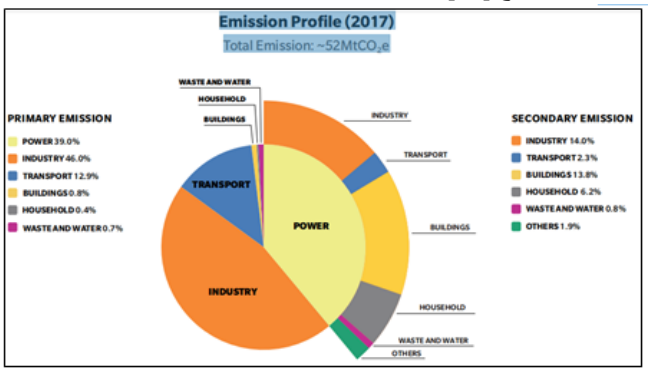
النقل الحضري URBAN TRANSPORTATION:

طبقا لتقرير البنك الدولى ينبعث من قطاع النقل العالمي حوالي 24% من إجمالي انبعاثات الكربون المرتبطة بالطاقة في العالم ويتوقع أن تزيد هذه النسبة الى 60% بحلول عام 2050 [15].
لذلك ان اخذ إجراءات تحويلية يمكن من خلالها تحقيق تنمية خضراء شاملة وقادرة على الصمود من خلال وضع المبادرات والبرامج في جميع أنحاء العالم التي تشمل التخفيف من انبعاثات النقل ومنها: * **تنفيذ التنمية الموجهة نحو العبور** هي نوع من التنمية الحضرية التي تجمع الوظائف والإسكان والخدمات ووسائل الراحة حول مراكز النقل العام لتشجيع استخدام وسائل النقل العام والمشي وركوب الدراجات حيث يوفر المشي وركوب الدراجات لمسافة كيلومتر واحد ذهابًا وإيابًا 6 كجم / يوم من ثاني أكسيد الكربون وهو توفير الكربون يوميًا مقارنة باستخدام السيارة.
* تنفيذ مثل سياسات التخطيط الحضري مثل انشاء **" مدينة 15 دقيقة"** لمساعدة السكان على الوصول إلى كل ما يحتاجون إليه على بعد مسافة قصيرة سيرا على الأقدام أو ركوب الدراجة من المنزل .

14- **تحليل نموذج دولى وعربى للخروج بقائمة اجراءات يمكن تطبيقها على المجمعات العمرانية لخفض انبعاثات الكربون:**

مدينة سنغافورة قائمة :

بلغ اجمالى انبعاثات غازات الدفيئة فى سنغافورة عام 2017 52مليون طن من مكافىء ثانى أكسيد الكربون كما بالشكل التالى 6 الذى يوضح حصة الانبعاثات المباشرة لكل قطاع بالاضافة الى توزيع الانبعاثات الغير مباشرة من استخدام الكهرباء لكل قطاع [16].



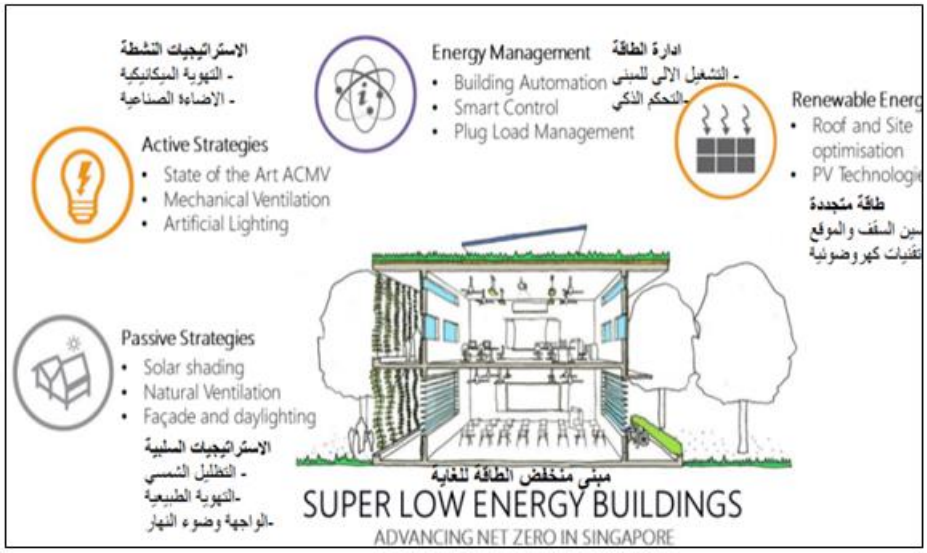
شكل6:يوضح إجمالي الانبعاثات فى سنغافورة عام 2017 حيث بلغت 52 طنًا مكافئًا لثاني أكسيد الكربون
المصدر: CHARTING SINGAPORE'S LOW-CARBON AND CLIMATE RESILIENT FUTURE, P.28

القطاعات الرئيسية لخفض انبعاثات الكربون بمدينة سنغافورة:

14-1 الطاقة :

قامت بإنشاء اول محطة طاقة شمسية عامة لمحدودية الاراضى لديها والتى تنتج 350ميجا وات وتفعيل برنامج لنشر الطاقة الشمسية فوق جميع أسطح المبانى العامة لانتاج 60 ميجاوات يسمى Solar Nova . [17]

14-2 المبانى : نظرا لان سنغافورة مدينة شديدة التحضر لذلك يعد تخضير مبانيها جزء لا يتجزأ من سياستها للحد من الانبعاثات الكربونية . فقامت بالعديد من المبادرات والسياسات و أصدرت ثلاث مخططات متتالية للابنية الخضراء وتفعيلها فى معظم مبانيها وقد ضمت تلك المبادرات العديد من الحوافز المالية والسياسات التنظيمية وانشطة التوعية وحددت هدفا يتمثل فى تقليل استخدام الطاقة فى مبانيها وتعزيز التصميم المستدام وتعزيز الاستدامة فى البيئة المبنية وزيادة الوعى البيئى بين المطورين والمصممين والبنائيين ويبدأ المخطط من بداية تصور المشروع وحتى تشغيله لتقليل الطاقة به [18].
واطلق برنامجا على المبانى المنخفضة جدا يسمى super low energy حيث يساهم فى تقليل استخدام الطاقةوالانبعاثات فى قطاع المبانى والتى تم اطلاقه فى سبتمبر 2018 ويقوم على ان المبانى تنتج نفس القدر من الكهرباء التى تستهلكها او التى تنتج فائضا من الكهرباء يمكن تغذيتها فى الشبكة العامة للكهرباء.



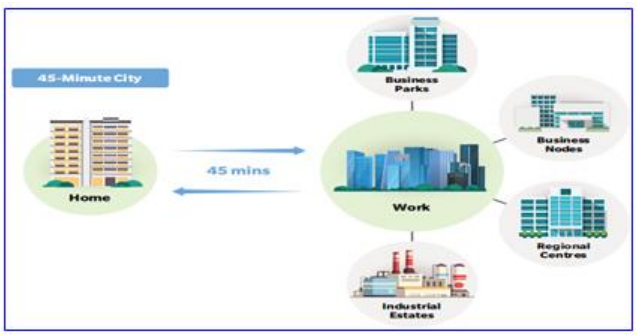
شكل 7: يوضح مميزات برامج Super low energy building فى سنغافورة
المصدر: Building Energy Efficiency Road map guide book

3-14 النقل :

بالتعاون مع القطاع العام والخاص السنغافورى سيتم توفير 28000 جهاز شحن فى الاماكن العامة بحلول عام2030 وتم عمل البنية التحتية اللازمة لذلك كما بالشكل9.بالأضافة الى انشاء محطة كانبيرا للنقل السريع الجماعى فى سنغافورة فى نوفمبر 2019 وتوفير اماكن للدراجات المغطاة لتسهيل رحلات الميل الواحد من والى المحطة تتميز محطة كانبيرا بالعديد من المميزات التى جعلتها اقل انبعاثات كربونية منها تكييف الهواء الموفر للطاقة وانظمة اضاءة الليد والاسطح الخضراء بفضل استخدامها المكثف لمواد ومنتجات وخدمات البناء الصديقة حصلت على شهادة للبيئة Green Mark Platinum [19].

4-14 النفايات :

يمثل قطاع النفايات والمياه حوالى 6%من اجمالى انبعاثات سنغافورة فى عام 2017 للتخفيف من هذه الانبعاثات قامت سنغافورة بإنشاء أنظمة ادارة المياه والنفايات ذات كفاءة فى استخدام الموارد لتقليل الانبعاثات فى هذه القطاعات من خلال انشاء مكب سيماكاو فهو ابتكار سنغافورة واستجابتها للتحدى المزدوج المتمثل فى التخلص من النفايات المتزايدة فى سنغافورة على الرغم من وجود قيود وقوانين قاسية مفروضة على الاراضى. يتميز مكب سيماكو ببيئة طبيعية محلية للمستعمرات المرجانية واشجار المنجروف والطيور البرية فكلا العمليتين طمر النفايات والحفاظ على البيئة الطبيعية تساهم فى تقليل الانبعاثات الكربونية ادى ذلك الى تقليل حجم النفايات بحوالى 90% مع توليد الطاقة من تلك العملية ويتم بيع الطاقة الزائدة الى الشبكة مما يساعد على تلبية 2% الى3% من احتياجات الكهرباء [21] [20] .



شكل8 :يوضح المسافة بين المنزل ومكان العمل باستخدام وسائل النقل العامة والمشتركة والنشطة والتى تكتمل فى اقل من 45 دقيقة
المصدر:https://www.nccs.gov.sg

شكل9: يوضح البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية بسنغافورة
The E-Mobility Roadmap , guide book,2016 on
المصدر:https://www.nccs.gov.sg

15- انبعاثات سنغافورة من القطاعات الرئيسية:

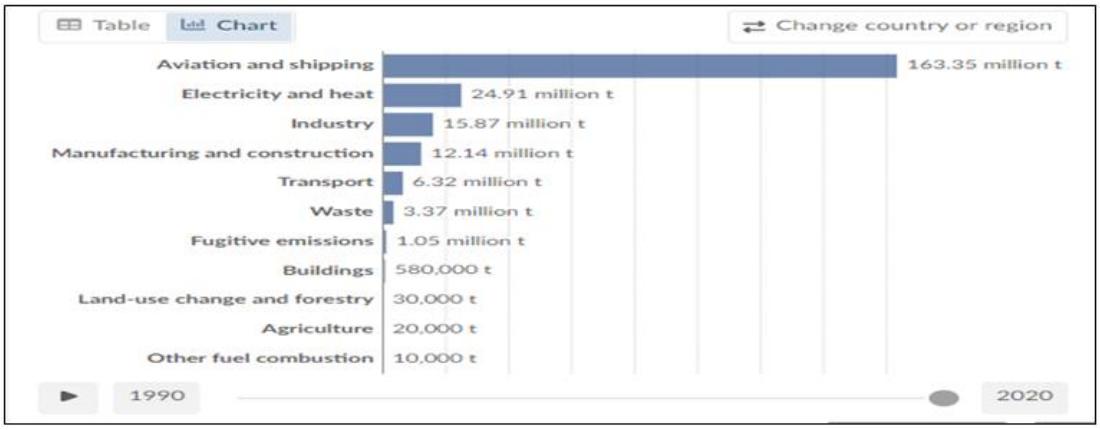
تتمثل كمية انبعاثات سنغافورة نحو 58.33 مليون طن مترى من الانبعاثات الكربونية فى القطاعات الرئيسية الطاقة ومايرتبط بها من صناعات لانتاج مواد البناء والمواد الالكترونية وتحلية المياه وتوليد الكهرباء وتمثل 61% كماتمثل المبانى واعمال الانشاءات 22% من اجمالى الانبعاثات وقطاع النقل يمثل 11% بالاضافة الى النفايات 6% كما بالشكل 10 استخلاص نسب لكميات الانبعاثات كما شكل 11 حتى يمكن استخراج وزن نسبى لكل اجراء يمكن قياس المجمعات العمرانية منخفضة الكربون .

16- مدينة مصدر جديدة:

هى مدينة صممت لتكون منخفضة الكربون ويمثل نشر واستخدام حلول الطاقة المتجددة بها احد الركائز الرئيسية لمدينة مصدر للوصول الى هدف ان تكون اول مدينة عالمية خالية من الكربون تعزز من اهداف التنمية المستدامة وتستطيع مواجهة التغيرات المناخية وقد وضعت استراتيجية للطاقة والقطاعات الاخرى حتى عام 2050بهدف الاعتماد الكلى على انتاج الكهرباء من الطاقة النظيف الخالية من الانبعاثات الكربونية .

1-16 الطاقة :

استطاعت مصدر ان تدمج جميع مصادر الطاقة المتاحة لديها لتقوم المدينة على توليد الكهرباء بنسبة 100% من الطاقة المتجددة حيث اشتملت المدينة على الخلايا الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة وطاقات الرياح وانتاج الهيدروجين الاخضر. [22]

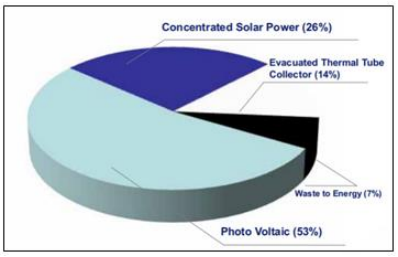


شكل 10: كمية انبعاثات الكربون من القطاعات الرئيسية فى سنغافورة
المصدر:https://ourworldindata.org/co2/country/singapore

إنبعاثات القطاعات الرئيسية بسنغافورة

انبعاثات الكربون من جميع القطاعات فى سنغافورة		طن متري	اجمالي الانبعاثات الغازية بالطن المتري	القطاعات الرئيسية		مجموع	الوزن النسبي
الطيران والشحن	AVIATION AND SHIPPING	0	58.33	كهرباء وحرارة	طاقة	35.87	61%
الكهرباء والحرارة	ELECTRICITY AND HEAT	20					
صناعة	INDUSTRY	15.87		صناعة			
التصنيع والبناء	MANUFACTURING AND CONSTRUCTION	12.14		تصنيع وبناء	مباني	12.72	22%
نقل	TRANSPORT	6.32		مباني			
نفايات	WASTE	3.37		نقل	نقل	6.32	11%
مباني	BUILDING	0.58					
الانبعاثات الهاربة	FUGITIVE EMISSIONES	0		نفايات	نفايات	3.37	6%
استخدام الأراضي	LAND USE	0.03					
زراعة	AGRICULTURE	0.02		استخدامات اراضى وزراعة	اخرى	0.05	0%
احتراق الوقود الآخر	OTHER FUL COMBUSTION						
	أخرى						
	المجموع						100%

شكل 11: تجميع انبعاثات الكربون من القطاعات الرئيسية
المصدر :الباحثة



شكل12 : يوضح نسب مصادر الطاقة المتجددة المستخدمة فى مدينة مصدر
المصدر:www.masdar.ae,renewableenrgy

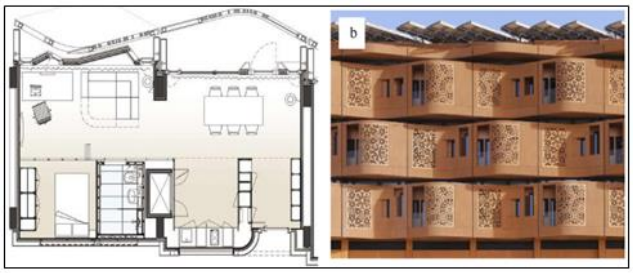
2-16 المباني :

تقوم المدينة بتطبيق استراتيجيات التصميم السلبى فى المبانى لتقليل الطلب على الطاقة المستخدمة فى التبريد. بالاضافة الى اختيار مواد البناء والمنتجات على عدة معايير منها ان تكون معاد تدويرها ومن خامات محلية لها خصائص انبعاثات منخفضة الكربون والطاقة المستخدمة لاستخراجها منخفضة الكربون لديها كتلة حرارية عالية تمنع امتصاص الحرارة وتعكسها ويمكن صيانتها بسهولة .

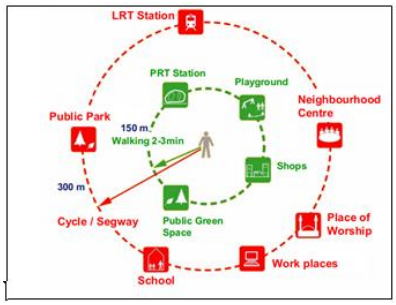
3-16 النقل :

تعتبر مدينة مصدر من اولى الدول التى تطبق احد مبادىء المجمعات منخفضة الكربون وهى النقل منخفض الكربون .من خلال انشاء البنية التحتية لسيارات الكهرباء و انشاء محطة النقل الجماعى السريع(PRT) للنقل الشخصى الذاتى والمركبات ذاتية القيادة ، تم تخطيط الشوارع وتصميمها باستخدام فلسفة تصميم Complete Streets بحيث يمكن للمشاة وراكبى الدراجات ومستخدمي النقل العام على الوصول فى اقل وقت كما بالشكل 14 والتعايش بأمان مع حركة المشاه والمرور فى وقت واحد. [23]

4-16 النفايات: فى مصدر تقوم محطة حرق النفايات بحرق 37.5طنا من النفايات الصلبة فى الساعة لتوليد 30ميجاوات من الطاقة بالاضافة الى موقع اعادة تدوير مواد البناء داخل المدينة على مساحة 12هكتار مقسم الى عدة اقسام لتدوير الخرسانة والخشب والمعادن وغيرها من مواد المبانى حيث تم فصل الخشب وتخزينه واعادة تدويره ويتم جمع الفولاذ بجانب المواد البلاستيكية وترسل خارج الموقع لاعادة تدويرها كذلك النفايات الخرسانية واعادة استخدامها فى عمليات البناء. ويتم تخزين الرمل المحفور ويستخدم كردم فى المواقع كما تستخدم النفايات التى لايمكن اعادة تدويرها كوقود فى محطة تحويل النفايات الى طاقة . [24]



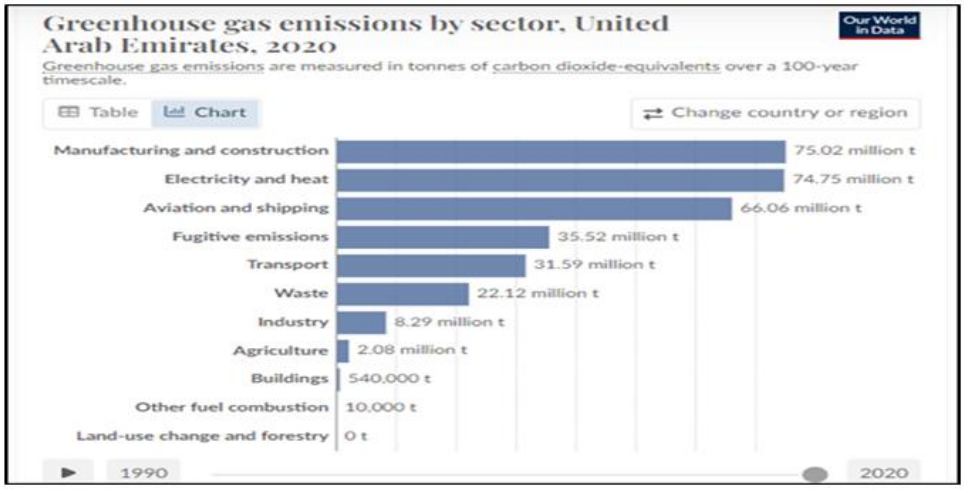
الشكل13: يوضح نموذج المباني السكنية في مدينة مصدرو تصميم واجهات المباني السكنية لتقليل اشعة الشمس وتقليل استخدام الطاقة اللازمة للتبريد
https://masdar.ae/-/media/corporate/downloads/media/masdar_city_brochure_en-2022.pdf



شكل14: يوضح مسافات السير داخل مدينة مصدر لاقل مسافة سير وابعد مسافة سير لاتزيد عن 300متر للوصول الى جميع الخدمات.
https://www.livcomawards.com/2012-awards/documents/MasdarLivComWholeCityAwards.pdf

17- انبعاثات مدينة ابو ظبى من القطاعات الرئيسية:

كانت مصدر فكر دولة الامارات العربية بإنشاء مدينة مصدر لتحقق هدفها فى خفض الانبعاثات الكربونية من قطاعتها الرئيسية .وان تجعل مدينة مصدر نموذج للمجمعات العمرانية منخفضة الكربون فى بلد تستهلك كميات كبير من الطاقة سواء فى الصناعات التحويلية او استخراج النفط او تبريد المبانى والفراغات العامة لحرارتها الشديدة وتتمثل انبعاثاتها فى الشكل رقم 15 و16من الطاقة بنسبة 39% ومن المبانى 35% ومن النقل 31.59% ومن النفايات 22,12% من اجمالى الانبعاثات الكلية التى تبلغ 214,39 مليون طن مترى.



شكل 15: كمية انبعاثات الكربون من القطاعات الرئيسية فى ابو ظبى
المصدر:https://ourworldindata.org/co2/country/singapore

إنبعاثات القطاعات الرئيسية بالامارات العربية المتحدة

الوزن النسبى	المجموع	القطاعات الرئيسية		اجمالى الانبعاثات الكلية بالطن المترى	طن مترى	انبعاثات الكربون من جميع القطاعات فى مدينة مصدر	
39%	83.04	طاقة	كهرباء وحرارة	214.39	0	AVIATION AND SHIPPING	الطيران والشحن
					74.75	ELECTRICITY AND HEAT	الكهرباء والحرارة
			صناعة		8.29	INDUSTRY	صناعة
35%	75.56	مبانى	تصنيع وبناء		75.02	MANUFACTURING AND CONSTRUCTION	التصنيع والبناء
			مبانى		31.59	TRANSPORT	نقل
15%	31.59	نقل	نقل		22.12	WASTE	نفايات
					0.54	BUILDING	مبانى
					0	FUGITIVE EMISSIONES	الانبعاثات الهاربة
					0	LAND USE	استخدام الأراضي
10%	22.12	نفايات	نفايات		2.08	AGRICULTURE	زراعة
						OTHER FUL COMBUSTION	احتراق الوقود الآخر
1%	2.08	أخرى	استخدامات اراضى وزراعة			أخرى	
100%							

شكل 16: تجميع انبعاثات الكربون من القطاعات الرئيسية
المصدر :الباحثة

18-مقارنة بين انبعاثات مدينة سنغافورة ومدينة ابو ظبى :

المسلسل	القطاعات الرئيسية	نسب الانبعاثات		المتوسط الحسابى	الوزن المقترح	عدد النقاط
		سنغافورة	مصدر – ابو ظبى			
1	الطاقة	%61	%39	%50	%50	5
2	المبانى	%22	%35	%29	%30	3
3	النقل	%11	%15	%13	%10	1
4	النفايات	%6	%10	%8	%5	,5
5	أخرى	%0	%1	%1	%5	,5
اجمالى		%100	%100	%100	%100	10

جدول 1 : العلاقة بين انبعاثات مدينة سنغافورة ومدينة مصدر ابو ظبى لامكانية استخراج نقط لقياس كل اجراء المصدر :الباحثة

جدول 1 قائمة الاجراءات الخاصة بتخفيض الانبعاثات الكربونية على مستوى قطاع المبانى والطاقة والنقل

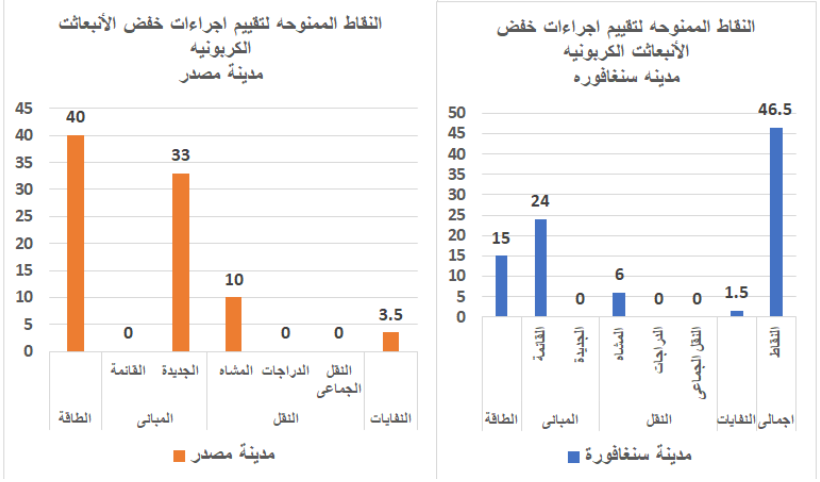
	الاجراءات الواجب تنفيذها	**تطبيق النقاط على نماذج الدراسة**		
	المبانى الجديدة	**سنغافورة**	**مصدر**	**النقاط**
1	توجيه المبانى نحو الرياح السائدة	×	√	3
2	العزل وسمكه والموصلة الحرارية	×	√	3
3	عزل الحوائط المواجهة للاشعاع الشمسي طوال النهار	×	√	3
4	استخدام الزجاج المزدوج والعاكس للحرارة فى الواجهات الجنوبية	×	√	3
5	وضع عناصر التظليل الرأسي فى الجانب الشرقى والجانب الغربى.	×	√	3
6	عناصر التظليل الافقى للحماية من أشعة الشمس فى الزوايا العالية والمقابلة للجدار المراد تظليلها مثل الجانبين الشمالى والجنوبى	×	√	3
7	استخدام الاشجار لتظليل الواجهات الشرقية والغربية	×	√	3
8	عزل الاسطح واستخدام مواد بيئية عاكسة لاشعة الشمس	×	√	3
9	زراعة أسطح المبانى لتجميع مياه الامطار	×	√	3
10	استخدام مواد البناء المحلية منخفضة الكربون	×	√	3
11	تطبيق معايير المنزل السلبى بالمبانى الجديدة	×	√	3
	اجمالى نقاط المبانى الجديدة 33	0	33نقطة	
	المبانى القائمة	**سنغافورة**	**مصدر**	33نقطة
12	استبدال انظمة التبريد القديمة بأنظمة تبريد جديد تلبى الحد الادني لمستوى العلامة الخضراء فى نظام وتصنيف اعتماد المبانى الخضراء المحلي.	√	×	3
13	عزل اسطح المنازل وتجهيزها بالالواح الشمسية	√	×	3
14	تعاون القطاع العام مع القطاع الخاص لتنفيذ التعديلات التحديثية	√	×	3
15	عزل اسطح المنازل وتجهيزها بالالواح الشمسية	√	×	3
16	زيادة التزجيج للنوافذ فى الواجهات الجنوبية	√	×	3
17	استخدام الاضاءات الموفرة للطاقة وانظمة الطاقة الذكية فى المبانى	√	×	3
18	تركيب انظمة لتوفير المياه واستغلال المياه الرمادية فى الاعمال الخدمية	√	×	3
19	المسطحات الخضراء فى البيئة المحيطة	√	×	3
	اجمالى نقط المبانى القائمة24 نقطة			
	كفاءة الطاقة وتوليد الطاقة المتجددة	سنغافورة	مصدر	نقط كل اجراء
1	المساحة المتوفرة على الاسطح للالواح الكهروضوئية	√	√	5
2	المساحة المتوفرة بالقرب من المبانى للالواح الكهروضوئية	√	√	5
3	العزل الحرارى لغلاف المبنى		√	5
4	عزل الاسطح		√	5
5	احكام اطارات النوافذ والابواب			5
6	رفع كفاءة اجهزة وحدات التدفئة والتبريد	√		5
7	استخدام المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة لإضاءة الشوارع والأماكن العامة الأخرى.		√	5
8	تركيب مولدات الطاقة من الرياح على المباني الشاهقة حيث يكون تأثير الرياح أكثر قابلية للتطبيق او ابراج الرياح.		√	5
9	انتاج الهيدروجين الاخضر واستخدامه كوقود مستدام		√	5
10	نظام ((CHPالذي يقوم على توليد الحرارة والكهرباء		√	5
	اجمالى نقاط الطاقة50 نقطة	15 نقطة	40نقطة	

	النقل	سنغافورة	مصدر	عدد نقاط الاجراء
1	توضيح مسارات المشاه على مخططات التصميم وربطها بسيارات النقل الجماعى وسهولة الوصول.		√	1
2	اقل مسافة للخدمات لاتزيد عن 10 دقائق مشى		√	1
3	اكثر مسافة لجميع الخدمات داخل الموقع لاتزيد عن 15 دقيقة		√	1
4	تظليل مسارات المشاه	√		1

5	اختيار مواد بناء مسارات المشاه منخفضة الكربون ولاتمتص الحرارة	√	√	1
6	تبريد مسارات المشاه فى الحرارة الشديدة لتشجيع المشي وتقليل استهلاك الطاقة	√	√	1
7	توفير اماكن تخزين الدراجات طبقا لمساحة المبنى وعدد الشاغلين فى المبنى	√	√	1
8	توفير اماكن تخزين الدراجات على مستوى الحى	√	√	1
9	حساب مساحات المشاه والدراجات ومراعاتها فى التصميمات للمواقع الجديدة		√	1
10	تحديد مسارات النقل الجماعى واماكن الوقوف والتقاطعات	√	√	1
11	توفير مسارات السيارات الخاصة		√	1
	اجمالى نقاط النقل 11 نقطة	6نقط	10نقط	
	النفايات	سنغافورة	مصدر	نقط كل اجراء
1	محطة لمعالجة النفايات العضوية وتقليل مخاطر الحرائق		√	,5
2	تقليل مسافات نقل النفايات		√	,5
3	توفير اماكن فرز محمية وجيدة التهوية لتفريز النفايات	√	√	,5
4	توفير صناديق فرز النفايات	√	√	,5
5	تقليل النفايات من المصدر	√	√	,5
6	تشجيع استخدام مواد التغليف المعاد تدويرها		√	,5
7	استخدام مواد معاد تويروها فى الموقع		√	,5
	اجمالى نقاط النفايات	1.5نقطة	3.5 نقطة	
	اجمالى النقاط	46.5 نقطة	86.5 نقطة	
	عدد النقاط	122 نقطة		
	عدد الاجراءات	47 اجراء		

جدول 2 تجميع النقاط الممنوحة لكل قطاع والمقارنة بينهم

الرقم	دراسات الحالة	الطاقة	المبانى		النقل	النفايات	النقاط
			القائمة	الجديدة			
1	مدينة سنغافورة	15	24	0	6	1.5	122/46.5
2	مدينة مصدر	40	0	33	10	3.5	122/86.5



وقد ظهرت نتائج قياس تلك الاجراءات فى الامثلة المختارة واضحة ومعبرة عن التأثير النسبى لتلك الاجراءات على الانبعاثات الكربونية لجميع الامثلة المختارة مما يؤكد على كفاءة النموذج المقترح فى تقييم الاجراءات المختارة للامثلة المختلفة للمجمعات العمرانية.

وبالدراسة الفاحصة لنموذج الاجراءات يتضح مرونة نموذج الاجراءات حيث يمكن تطويره سواء بخصم أو اضافة اجراءات حسب طبيعة المجمعات العمرانية وموقعها, حتى مع ظهور اجراءات تكنولوجية حديثة قد تظهر مستقبلا ويمكن تطبيقها لرفع كفاءة الاجراءات المتخذه لخفض الانبعاثات الكربونية.

وقد يمكن إستبعاد بعض الاجراءات حسب طبيعة المجمع العمرانى كحذف الاجراءات الخاصة بالمبانى القائمة اذا كان التقييم لمجمعات عمرانية جديدة قبل الانشاء وبالتالى يمكن استبعاد 8 اجراءات تمثل 24نقطة من النقاط الممنوحة لمحور المبانى وبالتالى يتم تصحيح عدد النقاط الاجمالية للنموذج الى 98نقطة بدلا من 122 نقطة.

النتائج :

- تعتبر المدن مسؤولة عن معظم إنتاج ثاني أكسيد الكربون في العالم ولكنها أيضًا توفر فرصًا كبيرة لخفض إنتاج الكربون للفرد الواحد من بداية اختيار المواد واستهلاكها.
- ان عمل شراكة حقيقية مع القطاع الخاص وقطاعات الأعمال والموردين والهيئات الأخرى والمشاركة في الأهداف
- والغايات سيؤدى الى الوصل الى خفض الكربون .
- تطوير وسائل النقل وتزويدها بمحركات الوقود الاخضر ونشر وسائل النقل العام ودمج المشي وركوب الدراجات وتقليل حركات السيارات الخاصة داخل المجمعات العمرانية منخفضة الكربون سيؤدى الى خفض الانبعاثات بشكل كبير وتحسين جودة الهواء.
- تبنت العديد من دول العالم تقنيات توليد الطاقة من النفايات كحل لتقليل الطلب على الطاقة والتخلص من النفايات مثل سنغافورة ومصدر.

- ان اختيار المواد الاولية المستخدمة فى البناء منخفضة الكربون ومستدامة ومحلية بدءا من التصميم ستؤثر علي خفض الانبعاثات طوال فترة عمر المبنى .
- يمكن الحد من انبعاثات الكربون من خلال حماية البيئة الطبيعية والحفاظ على المناطق الخضراء في المدينة لتعمل على امتصاص الكربون الزائد فى الغلاف الجوى .
- المجمعات العمرانية منخفضة الكربون هي مجمعات عمرانية مستدامة بداية من التصميم إلى التشغيل هدفها تقليل تاثير التغيرات المناخية من خلال هدف خفض الانبعاثات الكربونية.
- تؤثر تحديث المبانى على صحة السكان وتوفير تكاليف الرعاية الصحية.

التوصيات :

- عمل تعديلات تحديثية فى المبانى القائمة كدمج مصادر طاقة متجددة واستخدام الاضاءات الصناعية الموفرة للطاقة واستبدال الاجهزة باخرى ذات كفاءة عالية فى استهلاك الطاقة.
- تشجيع الاستخدام الفعال للمواد والبدائل منخفضة الكربون فى البناء الجديد بدءا من التصميم .
- تشجيع التصميمات التى تراعى خفض التكاليف و تحقق مبادىء خفض الكربون.
- عمل جميع المبانى الحكومية كنموذج لتطبيق المبادىء الخاصة بخفض الكربون كمثال يحتذى به كخطوة اولية.
- الزام جميع المبانى الجديدة فى المجمعات العمرانية الجديدة بتحقيق اشتراطات لخفض الانبعاثات كدمج انظمة الطاقة المتجددة ومراعاة التصميم طبقا لمبادىء التصميم السلبي ودمج انظمة المياه الفعالة كشرط لاستخراج تراخيص البناء واعطاء حوافز لذلك.
- ضرورة واهمية سن القوانين ووضع الاشتراطات اللازمة لبناء مجمعات عمرانية جديدة منخفضة الكربون ككتيب استرشادى ملزم تطبيقة وتفعيلة وتعميمه لتقليل الطلب على الطاقة خاصة فى الظروف الحالية التى تعانى بالفعل من نقص الوقود وانقص امدادات الكهرباء بحيث لاتتأثر اى مجمعات عمرانية بنقص وقودها .
- ضرورة دمج ودراسة التكنولوجيا لتخزين الطاقة الزائد عن الحاجة واستعمالها عند الاحتياج .

المراجع:

[1] IPCC, “Synthesis Climate Change”, c40knowledg, Beijing, USA, Report AR6, 2023. Available: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/IPCC-Synthesis-Report-on-Climate-Change-2023-AR6?language=en_US.

[2] https://www.carbonfootprint.com.

[3] https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement.

[4] C40 Knowledge Hub, “Why transitioning to zero-carbon buildings is a vital, urgent and rewarding investment for cities”, Policy Briefs, 2019. Available: https://www.c40knowledgehub.org/.

[5] ARUP, "Circular Economy in Cities: Urban Buildings System Summary", c40cities, PDF, 2019. 0n https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/2625/buildings_all_mar19.pdf

[6] World Green Building Council, (2023, july26)” Net Zero Carbon Buildings Commitment", fifth edition, available: https://worldgbc.org/thecommitment/commitment-reporting/.

[7] https://www.undp.org/ar/arab-states/blog/qamws-hwl-mstlhat-almnakh-dlyl-ywmy-ltghyr-almnakh.

[8] مانيويل هيدالغو. "أهمية وتأثير المدن منخفضة الكربون" ,مجلة بيئة المدن الالكترونية ,مركز البيئة للمدن العربية , العدد 20, 2018.

[9] Dhakal, M. Ruth” Creating Low Carbon Cities: Eco-Districts as a Transition Pathway to Low-Carbon Cities.” eBook, p.187, Switzerland, Gewerbestrasse, springer, 2017, . 10.1007/978-3-319-49730-3.

[10] إيان هاميلتون, "نحو قطاع مباني وإنشاءات خالي من الانبعاثات ويتسم بالكفاءة والمرونة" برنامج الامم المتحدة للبيئة, تقرير, 2020.

[11] Dr. Sheikh Zuhaib, Dr. Zsolt Toth, & others, “Towards a Zero-Emissions Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector” UN Environment Programme., Nairobi, Kenya, Rep.978-92-807-3984-8, 2022.

[12] Daniel Belling, Wolfgang Dieck, Sandra Götze, &others” ‘Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability”, Ipcc, USA, Rep. 978-92-9169-161-6,2022.

[13] M. Johnity,” Green Technology and Water 2017-2030” Ministry of Energy, Green Technology, Malaysia, Putrajaya, Rep. 978-967-5893-09-4,2017.

[14] Atiq Zaman, Alejandro Gallego,” Zero Waste to Zero Emissions” GAIA, Berkeley, USA, REP, pdf,2022. AVALIBAL: https://www.no-burn.org/wp- content/uploads/2022/11/zero-waste-to-zero-emissions_full-report.pdf

[15] Abu-Bakr ,Bununu ,” Case Studies of Low Carbon City”, Third edition, Passo Fundo, Brazil, Springer, book,p.150, 2019, 10.1007/978-3-319-71061-7_24-3.

[16] C40 Cities Climate Leadership Group, “How to implement transit-oriented development”, c40knowledgehub,Beijing, USA,Implementation Guides,2019.available : https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-implement-transit-oriented- development? Language=en_US.

[17] Singapore, “Charting Singapore’ s Low Carbon and Climate Resilient Future” unfccc, The Treasury, Singapore,2020, 978-981-11-0085-7.

[18] CHOI SHING KWOK,” Energy Management Practices Regulations” Ministry of the Environment and Water Resources, Singapore, rep 246 ,2021.

[19] MR. TEO CHEE HEAN,” Singapore, s Fifth National Communication”, the National Environment Agency, Singapore, rep 228231,2022.

[20] Nanyang Technological University, “E-Mobility Road map”, NCCS, pdf, Singapore.2017.

[21] https://www.nccs.gov.sg/files/docs/default-source/default-document-library/solid-waste-management-technology-roadmap.pdf.

[22] Masdarcity,” Masdar City at a Glance”, masdar a mubadala company, Abou Dabi, UAE, PDF. AVAILABLE: www.masdar.ae.

[23] Masdarcity,” Annual Sustainability”, masdar a mubadala company, Abou Dabi, UAE, REPORT I, 2022, PDF.

[24] Masdar,” building the world, s most sustainable city”, Abou Dabi future energy company, Abou Dabi, UAE, PDF.