



# المهندس

مجلة علمية محكمة تصدرها جمعية المهندسين العراقية

عدد خاص لبحوث مؤتمر الطاقة المستدامة والمتجددة الثاني  
- الجزء الاول -



آذار - ٢٠١٧

البريد الالكتروني : [jmise@ise-iq.org](mailto:jmise@ise-iq.org)

المجلد ١٥٤ - العدد ١

ISSN 2413 - 0230

<p>تصدرها جمعية المهندسين العراقية</p> <hr/> <p>الاشتراكات السنوية للمؤسسات ١٠٠,٠٠٠ دينار للجامعات والكليات والمهندسين ٦٠,٠٠٠ دينار لأعضاء الجمعية ٤٠,٠٠٠ دينار لطلبة الجامعات ٤٠,٠٠٠ دينار</p>	 <p>مجلة المهندس</p>	<p>السنة الثانية والستون العدد الاول آذار ٢٠١٧</p> <hr/> <p>تكون جميع المراسلات على البريد الالكتروني للمجلة jmise@ise-iq.org حي النضال م / ١٠٣ ش / ٣٠ مبنى / ٥</p>
<p>مسجلة بدائرة البريد رقم ٥٦</p>	<p>رقم الايداع في المكتبة الوطنية بغداد ١٩٨٣, ٥١٠</p>	<p>مجلة فصلية</p>

## كلمة العدد

ان مجلة المهندس هي محفل هندسي مفتوح وهي ترحب دائما بكل الابحاث التي تتعلق بالقضايا الهندسية ذات الصلة. كل المواد المقدمة للنشر المحتمل في المجلة يجب ان تخضع لسياسة النشر الخاصة بجمعية المهندسين العراقية وكذلك لتعليمات دليل الباحث لكتابة وتقديم البحوث. يشمل نطاق الاهتمام في هذه المجلة كافة المجالات المتعلقة بالمواضيع الهندسية المتعددة والعامه. ويشمل ذلك الهندسة المعمارية، المدنية، الكهربائية، الميكانيكية، إنتاج والتصنيع، أنظمة التحكم، اوهندسة الميكاترونكس، الكيميائية، النفط والمعادن بالإضافة الى الاختصاصات الاخرى. أن الهدف الرئيسي لهذه المجلة هو تشجيع التواصل بين الباحثين والمهندسين في حقل العمل من اجل تحقيق فهم أفضل للقضايا الهندسية ويجاد الحل الامثل للمشاكل المحلية في قطاع الهندسة والتكنولوجيا وبالخصوص في القطاع الصناعي. أن التطور المضطرد والمستمر في القضايا الهندسية سوف لن يتوقف ولهذا الغرض نرحب بكل الأعمال البحثية الجديدة والمبتكرة والبحوث التي تجد لها بصدى عملي في التطبيق الصناعي بالإضافة الى المجال الاكاديمي.

هيئة تحرير مجلة المهندس

الهيئة الادراية - ٢٠١٧

الرئيس: المهندس الاستشاري فالح كاظم زاير  
 نائب الرئيس: الاستاذ الدكتور حسين يوسف محمود  
 امين السر: المهندس الاستشاري علي حسين صبيح العلق  
 امين المال: المهندس محمد فاروق عبد الخالق  
 الاعضاء: الاستاذ المساعد الدكتور ماهر يحي سلوم  
 المدرس الدكتور فالح حمزة الربيعي  
 المدرس الدكتور صلاح رحيمة عبيد  
 المدرس المساعد احمد صالح الزهيري  
 المهندس الاستشاري منعم صالح السبع  
 المهندس الاستشاري رياض كتاب حسين  
 المهندس الاستشاري حمودي خضير محمد  
 المهندس عبد اللطيف عبد الحسين سنكور

هيئة تحرير المجلة

رئيس التحرير: أ.د. حسين يوسف محمود  
 مدير التحرير: أ.م.د. معن سلمان حسن  
 سكرتير التحرير: م.د. زينب بهاء محمد  
 الاعضاء: أ.د. نجدت نشأت عبد الله  
 أ. ماهر خضير محمود الغزوي  
 أ.د. محمد زكي الفائز  
 أ.د. رسول مجبل خلف  
 أ.م.د. سميرة محمد حمد الله  
 أ.م.د. نصير عبود الحبوبى  
 م.د. فرات ابراهيم حسن

الهيئة الاستشارية

أ.د. أمين دواي التميمي  
 أ.د. ماجد حميد مجيد  
 أ.د. مظفر صادق الزهيري  
 أ.د. قاسم جبار سليمان  
 أ.د. حسين يوسف محمود  
 أ.د. رامي حكمت فؤاد الحديثي  
 أ.د. خالد السلطاني  
 أ.د. أحسان فتحي  
 هواتف جمعية المهندسين العراقية

Email: [jmise@ise-iq.org](mailto:jmise@ise-iq.org)  
[info@ise-iq.org](mailto:info@ise-iq.org)  
[www.ise-iq.org](http://www.ise-iq.org)

الادارة - ٠٧٧٠٢٥٢٦٧٢١ - ٠٧٩٠١٤٧١٦٢١  
 المجلة - ٠٧٩٠١٨٠٣٩٦٧ - ٠٧٩٠١١٥١٠٩٢  
 P.O Box - ١٨٤٢٩

## تعليمات النشر

- ١ - نوع الحرف المستعمل باللغتين الانكليزية Times New Roman وباللغة العربية Arabic Transparent.
- ٢ - حاشية الصفحة من الاعلى والاسفل والايمن والايسر ٤سم.
- ٣ - هامش الصفحة من اعلى والاسفل ٣سم.
- ٤ - يطبع عنوان البحث بحجم (١٤) اسود غامق اعلى الخلاصة وباللغتين العربية والانكليزية. اما العناوين داخل البحث فهي بدون ترقيم او خط اسفل العناوين وتكتب بحجم (١١) اسود غامق باللغتين الانكليزية وبحجم (١٢) اسود غامق باللغة العربية.
- ٥ - يكتب متن البحث بحجم (١١) باللغة الانكليزية وبحجم ١٢ باللغة العربية.
- ٦ - يكتب اسم الباحث بحجم (١٢) وتوضع نجمة على اخر اسم الباحث الثلاثي. واذا شارك اكثر من باحث فتكتب اسماؤهم في سطر واحد وتترك مسافة كافية بين الاسماء وتوضع نجمة على اول اسم في الجانب الايسر. اذا كان الباحثون يعملون في جهة واحدة وتوضع نجمة اخر اسم من الاسم الثلاثي لكل بحث اذا كان الباحثون يعملون في اماكن مختلفة
- ٧ - يكتب البحث بعمودين عرض كل عمود ٦سم وتفصل لبيئتهما ١سم، ولا يقل عدد الاسطر في العمود الواحد عن ٢٤ سطر. (لا تشمل هذه النقطة الخلاصة باللغتين وكذلك الجداول والاشكال).
- ٨ - اذا كان البحث باللغة العربية توضع نجمة في اسفل العمود الايمن في هامش الصفحة ويذكر بعدها محل عمل الباحث وبريده الالكتروني ان وجد واسفل العمود الايسر في هامش الصفحة اذا كان البحث باللغة الانكليزية.
- ٩ - توضع اسفل الخلاصة باللغة العربية - الكلمات الدالة وكذلك اسفل الخلاصة باللغة الانكليزية Key words.
- ١٠ - يكتب عنوان البحث على العمود الايمن للبحوث باللغة العربية وعلى العمود الايسر للبحوث باللغة العربية في كل صفحات البحث (ضمن هامش الصفحة) وعلى العمود الايسر لكل صفحات البحوث باللغة الانكليزية. لاتخص الفقرة التالية الباحث وهي يكتب اسم المجلة والمجلد والعدد في الجهة المقابلة التي كتب فيها عنوان البحث.
- ١١ - المراجع: ترتب حسب الاشارة اليها في المتن (وضع رقم المصدر في قوس مربع). ويوصف كل مرجع كالآتي:
  - أ - الكتب: يوضع الاسم الثالث في البداية يليه فارزة ثم الاسماء الاخرى او الحروف الاولى منها. توضع نقطة بين مؤلف واخر. ثم اسم الكتاب ويلاحظ ان تكتب كل كلمة من عنوان الكتاب بحرف كبير ثم يليه اسم الناشر والسنة.
  - ب - البحوث او المقالات: يكتب اسم الباحث كما في الكتب اعلاه. يكتب الحرف الاول من العنوان بحرف كبير. ويوضع عنوان المقالة بين علامتي اقتباس. ثم اسم المجلة والجزء، العدد، الصفحات ثم السنة وتفصل بينهم فوارز.



## أقامت

جمعية المهندسين العراقية

برعاية ومشاركة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

والجامعات العراقية والدوائر الرسمية

والشركات التخصصية ومنظمات المجتمع المدني

مؤتمر الطاقة المستدامة والمتجددة الثاني

تحت شعار

((دعم تطبيقات الطاقات المتجددة ضمان لبيئة افضل))

### اهداف المؤتمر

- ١- اطلاع المشاركين على احدث التجارب الوطنية في تكنولوجيا الطاقة المستدامة والمتجددة والشركات العاملة في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الوقود الحيوي.
- ٢- تقديم الدراسات والبحوث العلمية التي تهدف لتطوير الطاقات المستدامة والمتجددة وتأمين الاتصال مع المؤسسات الاكاديمية والبحثية والتنفيذية الدولية.
- ٣- وسيلة من وسائل التواصل والتعارف بين المختصين والباحثين واساتذة الجامعات في هذا المجال من الاختصاص.
- ٤- تسليط الضوء على استخدامات الطاقات المستدامة والمتجددة وتوظيف التطبيقات العملية لها.
- ٥- الاعداد لإقامة معارض في مجال الطاقات المستدامة والمتجددة من قبل مراكز البحوث والشركات المتخصصة.
- ٦- مراجعة التشريعات القانونية في مجال الطاقة المستدامة والمتجددة في العراق.
- ٧- ايجاد وسائل اسناد للدراسات ودعم التجارب العملية بغية استثمارها لانتاج الطاقات المتجددة.

### محاور المؤتمر

- ١- تطبيقات الطاقة الشمسية (ASE).
- ٢- تطبيقات طاقة الرياح (AWE).
- ٣- تطبيقات طاقة الكتلة الحيوية (ABE).
- ٤- تطبيقات العمارة المستدامة (ASA).
- ٥- تطبيقات الطاقات المتجددة الاخرى (ORE).
- ٦- تشريعات الطاقة المستدامة والمتجددة (LSE).

اللجنة العلمية

رئيسا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	أ.د. حسين يوسف محمود
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	أ.د. ندى مهدي فوزي
عضوا	الجامعة التقنية الوسطى/ الكلية التقنية الهندسية	أ.د. احمد قاسم محمد
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ قسم الهندسة الكيمياءوية	أ.د. ثامر جاسم محمد
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	أ.د. عمار صالح عباس
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ قسم الميكانيك	أ.م.د. اخلاص محمد فياض
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	أ.م.د. فؤاد علوان صالح
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ قسم الهندسة الكهروميكانيكية	أ.م.د. رحيق اسماعيل ابراهيم
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ قسم العمارة	أ.م.د. انوار صبحي رمضان
عضوا	جامعة النهرين/ مدير مركز بحوث النهرين للطاقة المتجددة النانوية	أ.م.د. كريم خلف الجبوري
عضوا	جامعة النهرين/ كلية الهندسة	أ.م.د. شيماء حميد حسين
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	أ.م.د. ناصر احمد العواد
عضوا	جامعة النهرين/ كلية الهندسة	أ.م. احمد وحيد مصطفى
مقررا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة الخوارزمي	م.د. اميل محمد رحمن
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	م.د. حنان ميخائيل
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	م.د. شذى عباس حسن

اللجنة التحضيرية

رئيسا	رئيس جمعية المهندسين العراقية	م. الاستشاري فالح كاظم زاير
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ المساعد العلمي لرئيس الجامعة	أ.م.د. علاء عبد الحسن عطية
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة الخوارزمي	أ.م.د. علاء كريم محمد
عضوا	جامعة بغداد/ كلية الهندسة	أ.م.د. عامر حسن الحداد
عضوا	جامعة النهرين/ كلية الهندسة	أ.م.د. نصير عبود الحبوبى
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	م.د. هيام حميد الساعاتي
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	م.د. توفيق وسمي محمد
عضوا	جامعة ديالى/ كلية الهندسة	م.د. نبيل طه اسماعيل
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	م.م. احمد صالح مهدي
عضوا	الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة	م.م. اريج محيي عبد الوهاب
عضوا	الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة العمارة	م.م. أوس جواد جعفر
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	المعمار الأكاديمي موفق جواد الطائي
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	م. الاستشاري منعم صالح السبع
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	م. الاستشاري وهاب رزوقي المرعب
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	م. الاستشاري صباح الجزائري
عضوا	المركز الوطني للاستشارات الهندسية	م. الاستشاري عالية مهدي
عضوا	دائرة بحوث وتكنولوجيا الطاقات المتجددة	م. الاستشاري ضياء جليل حسين بيعي
عضوا	منتدى بغداد الاقتصادي	م. الاستشاري عامر عيسى الجواهري
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	م. محمد فاروق عبد الخالق
عضوا	جمعية المهندسين العراقية	م. حسنين محمد حسن

## محتويات العدد

رقم الصفحة	بحوث القسم العربي
٧	<p>عزل مولدات الميثان وإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار</p> <p>أبرار ناطق محمد زكي*    كفاح عبد الحسين فياض*    خلود جميل عبد الحسين*    مهى هنو عليوي*</p>
٢١	<p>اثر الكاسرات الستائرية الخضراء في تحسين البيئة الداخلية للمباني في العراق</p> <p>أ.م.د.سوزان عبد حسن إبراهيم*    ر.مهندسين حيدر عبد الكريم    ر.مهندسين هدى هاشم ياسين*</p>
٤٤	<p>البدائل المستدامة للطاقة في وسائط النقل الحضري</p> <p>م. د. نبيل طه اسماعيل    م.م. اريج محي عبد الوهاب</p>
٥٥	<p>نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة و اثرها في العمارة</p> <p>أ.م.د. يونس محمود محمد سليم    م. محمد سلمان داود</p>
٦٨	<p>المؤشرات الاسكانية المستدامة</p> <p>م. شيماء مطشر حمزة    م. م. فرح غازي محمد</p>
٨١	<p>توصيات مؤتمر الطاقة المستدامة والمتجددة الثاني</p>

## عزل مولدات الميثان وإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار

أبرار ناطق محمد زكي\* ، كفاح عبد الحسين فياض\* ، خلود جميل عبد الحسين\* ، مهى هنو عليوي\*  
\*وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة الطاقات المتجددة

Email: abrarmicro2008@yahoo.com

### الخلاصة

تعد تقنية إنتاج الغاز الحيوي احد أساليب إنتاج الطاقة الحيوية وذلك بتحويل المادة العضوية المنتجة من روث الحيوانات الى غاز ومواد متحللة تعتبر كأسمدة فعالة للنبات ، بين البحث امكانية انتاج الغاز الحيوي من الروث لوحده خلال زمن الاستبقاء وان الاركيا المعزولة من الروث والمنماة في الوسط الزراعي تزيد من انتاج الغاز الحيوي .

ولتحقيق هدف البحث تضمن العمل على منظومتين لإنتاج الغاز ولوحظ تكون الغاز خلال الشهر الأول واستمر الإنتاج بالازدياد خلال فترة الاستبقاء التي دامت حوالي ٦ اشهر وتم عزل الاركيا المنتجة للغاز وانتاج الغاز من وسط زرع حاوي لها وتم إجراء العديد من الفحوصات المجهرية لها في المختبر .

اظهرت النتائج ان كلا النوعين من المنظومات المصممة كفاء وجيد لتنمية الاركيا وانتاج الغاز وسجلت النتائج ان تنمية الاركيا المعزولة من الروث مع نبات السلق وبوجود غازي النتروجين وثنائي اوكسيد الكربون تزيد من سرعة انتاج الغاز الحيوي.

**الكلمات المفتاحية:** غاز حيوي ، مولدات الميثان ، روث الأبقار

## Isolation of methanogens and biogas production from caw gung

Abrar N. Mohammad Zaki , Kifah A. Faiad , Khulod J.Abd Alhusaen , Maha H. Olaiwy

### Abstract

Biogas production technique produces bioenergy (biogas) by fermenting biodegradable material from animals waste to gas and active agriculture fertilizer to plants. the research finds the possibility of biogas production from dung alone during the retention time, Archaea isolated from dung and growth in the media increase the biogas production. To achieve the aim of the research included work on two mini scale digester to gas production and isolation methanogenic bacteria . The biogas was observed within the first month and continued production during retention time (about ٦ months).Isolated methanogenic bacteria were producing biogas in the media, and conducted many of microscopic tests in the lab. The results showed that both types of systems designed for efficient and good for

Archaea growth and gas production, and recorded results that Archaea isolated of dung with chard leaf with a present of  $N_2$  and  $CO_2$  gases speeds up the production of biogas.

**key words:** Biogas , Methanogenic bacteria, Caw gung.

وجزء بسيط من المخلفات يمكن ان يتحول

المقدمة

الى كتلة جديدة (سماد عضوي) (١) وفي دراسة للباحث Mcinerney وفريقه (٢) واخرى للباحث Smith وفريقه (٣) تناولت آلية التحول الحيوي الكيميائي ضمن عملية الهضم اللاهوائي وتصنيف وتحديد الاحياء الدقيقة المسؤولة عن كل مرحلة. يتم في المرحلة الاولى تحول السلاسل الطويلة المعقدة (السكريات ، الليبيدات ، البروتينات) الى مركبات ذات سلاسل قصيرة (سكريات بسيطة ، احماض دهنية ، احماض امينية وكلسرول على التوالي) بواسطة انزيمات البكتريا المخمرة والتي تشكل وسطا مغذيا للمجموعة الثانية (الحامضية) .

تعمل المجموعة الثانية من البكتريا الحامضية acidogenic fermentative bacteria الى تحويل السكريات والاحماض الامينية والاحماض الدهنية والاحماض العضوية ( الخليك ، البيوتريك ، الفورميك) وغيرها الى خلاط وثاني اوكسيد الكربون وغاز الهيدروجين. تعد الخلاط الناتج الرئيسي لتخمير السكريات والذي يعتمد على نوع البكتريا وظروف وسط التخمر مثل درجة الحرارة ، درجة الحمضية pH ، والمغذيات الاساسية. (٢، ٣)

تعتبر تقنيات الهضم اللاهوائي من اكثر التقنيات استخداما لمعالجة النفايات العضوية لإغراض انتاج الغاز الحيوي كمصدر للطاقة المتجددة المستدامة . تعود الصعوبة في معالجة النفايات العضوية بتقنية الهضم اللاهوائي الى عوامل تتعلق بنوعية مفاعلات الهضم وظروف تشغيلها مثل نسبة التحميل العضوي loading organic ، نسبة الكربون الى النتروجين C:N ، زمن احتجاز المواد العضوية Retention time ودرجة حرارة الوسط وغيرها . وهناك عوامل متعلقة بمحلول التخمر وتعود بشكل رئيسي الى وجود مركبات عضوية صعبة التحلل مثل الاحماض ذات السلاسل الطويلة والمركبات متعددة الفينولات وغيرها .

تناولت دراسات عديدة التقسيم البيولوجي لمعالجة المواد العضوية بالكائنات الحية المجهرية . وضح كل من Nagamani و Ramasamy وجود فعالية لمجاميع مختلفة من البكتريا تحول المواد العضوية الى غاز الميثان بمراحل متعددة . تزود نسبيا الاحياء الدقيقة بطاقة قليلة نتيجة تباطؤ في النمو

bacteria acetogenic producing  
المنتج الاكبر بعد هضم المادة الاساس بهذه  
البكتريا هو الهيدروجين و  $CO_2$  والخلات وان  
الهيدروجين و  $CO_2$  ممكن ان تحول الى  
خلات بواسطة البكتريا المولدة للخلات  
المؤكسدة للهيدروجين - hydrogen  
acetogens oxidizing او الى ميثان  
بواسطة البكتريا المولدة للميثان المختزلة لل  
 $CO_2$  carbon dioxide-reducing  
methanogens او المولدة للميثان  
المؤكسدة للهيدروجين - hydrogen  
methanogens oxidizing من الممكن  
ان تحول الخلات الى ميثان بواسطة البكتريا  
المولدة للميثان المفككة للخلات  
methanogens aceticlastic (٢) ٧٠%  
من الميثان المنتج في الهضم اللاهوائي  
لفضلات الاغنام مشتقة من الخلات (٤،٣) .

#### العوامل المؤثرة على نمو البكتريا

درجة الحرارة: تصنف الاحياء الدقيقة في  
المفاعلات اللاهوائية الى نوعين حسب  
تحملها للحرارة الاول المحبة للحرارة المعتدلة  
mesophilic وتتراوح فيه درجة الحرارة بين  
(٢٥-٤٠) م والثاني البكتريا المحبة للحرارة  
العالية thermophilic وتكون فيه درجة  
الحرارة (٥٠-٦٠) م (٥،٦).  
درجة حامضية الوسط: تعمل البكتريا المخمرة  
في الاس الهيدروجيني pH بين (٤ -

اما المجموعة الثالثة هي البكتريا المنتجة  
للخلات bacteria Acetogenic والتي  
تحول ما تبقى من الاحماض الدهنية  
(البيوتريك ، البريونيك ) والكحول الى خلات  
وهيدروجين وغاز ثنائي اوكسيد الكربون  
وتعمل هذه المجموعة في اوساط فيها تراكيز  
منخفضة من الهيدروجين. (٢،٣)

بينما المجموعة الرابعة هي البكتريا المنتجة  
للميثان bacteria Methanogenic والتي  
تحول حامض الفورميك والميثانول والمثيل  
امين وحامض الخليك في ظروف لاهوائية  
الى غاز الميثان وثنائي اوكسيد الكربون. درجة  
حامضية اوساط البكتريا تتراوح ما بين ٦,٥-  
٧,٥ وبالنتيجة فان تخمر المركبات العضوية  
بفعل انواع متخصصة من البكتريا تعطي  
خليط غازي من الميثان بنسبة (٥٠-٦٥)%  
وهو الجزء القابل للاشتعال وغاز ثنائي اوكسيد  
الكربون بنسبة (٢٥-٤٥)% اضافة الى  
غازات اخرى. (٢،٣)

تعمل المجاميع المختلفة من البكتريا على  
تحطيم البوليمرات المعقدة الى منتجات سائلة  
بواسطة انزيمات البكتريا المخمرة التي تخمر  
المادة الاساس الى سلسلة قصيرة من  
الاحماض الدهنية والهيدروجين وثنائي اوكسيد  
الكربون. الاحماض الدهنية الاطول من  
الخلات تؤيض الى خلات بواسطة البكتريا  
المنتجة للخلات obligate hydrogen

الكربون الى النتروجين منخفضة فسوف يتحرر النتروجين ويتراكم على شكل امونيا وتكون سامة للحياة المجهرية (١٢)

#### المواد وطرائق العمل:

##### تصميم منظومة الهضم اللاهوائي :

تم انشاء نوعين من المنظومات استخدمت المستلزمات ادناه في تنفيذ منظومة النوع الاول كما في الشكل (١):

- دوارق ثلاثية الرؤوس سعة ٥٠٠ مل
- جهاز غاسل الغازات
- انابيب مطاطية
- صمامات للغلق والفتح
- اكياس لجمع الغاز
- ماسكات حلقيه

اما النوع الثاني من المنظومات كما في الشكل

(٢) فقد تضمن استخدام المستلزمات التالية:

- دورق مخروطي بفتحة واحدة سعة ٢٥٠ مل
- انابيب لدخول وخروج الغازات
- سدادات مطاطية
- انابيب مطاطية
- صمام للفتح والغلق
- كيس لجمع الغاز

#### جمع العينات

(٨,٥) (٧) وان افضل مدى للكائنات اللاهوائية في الهاضمات المختلطة تتراوح بين (٦,٥-٧,٤) (٨)

ان البكتريا المسؤولة عن انتاج الميثان حساسة جدا لدرجة حامضية الوسط ولا تنمو في وسط اقل من ٦,٥ بينما في المقابل هناك زيادة في تركيز الامونيا نتيجة لهضم البروتينات (المواد العضوية الاخرى التي تحتوي على النتروجين) وهذا يؤدي الى رفع قيم الحامضية الى اكثر من ٨ وبالتالي يثبت مستوى انتاج الميثان (٩)

#### العناصر المغذية Nutrients : يتطلب

التحلل اللاهوائي الفعال مجموعة من المغذيات كالنتروجين ، الهيدروجين ، الكربون ، الفسفور ، البوتاسيوم ، الكبريت ، الكالسيوم ، المغنسيوم ، الحديد ، والقليل من بعض المعادن الاخرى (١٠)

نسبة الكربون الى النتروجين: تكون النسبة المثالية للكربون الى النتروجين بحدود (٩-١٥:١) (١١) في حين اكد Horvath (٩) ان الفعالية الايضية للاركيبا المولدة للميثان تصبح مثالية عندما تكون نسبة الكربون الى النتروجين بحدود ٨-٢٠:١ اذا كانت النسبة مرتفعة فسوف يستهلك النتروجين بسرعة من قبل البكتريا المنتجة للميثان لتوافر متطلباتها البروتينية وكننتيجة سينخفض انتاج الميثان ومن ناحية اخرى اذا كانت نسبة

تم الحصول على عينات من روث الابقار الطري من احدى المزارع الواقعة على نهر دجلة تحت جسر الجادرية وبتاريخ ٢٠١٥/٧/١ وتم عمل محلول منها وذلك بمزج ١٠٠ غم من الروث مع ٢٠٠ مل من الماء المقطر ووضعت في جهاز الازاحة بعد ان ازيح الهواء من الدورق بواسطة غاز النتروجين وتم تغليف الدورق بورق الالمنيوم لحجب الضوء عن البكتريا كما في الشكل (٣)

### زرع البكتريا

بعد مرور شهر من زمن الاستبقاء للروث اخذ جزء منها وتم نبذه بجهاز الطرد المركزي ٣٠٠٠ دورة/ دقيقة لمدة ١٥ دقيقة وزرعت على اوساط صلبة وسائلة والتي تحوي العديد من الاملاح والمعادن والفيتامينات بالاضافة الى مضادات حيوية ومواد تعمل على اختزال الاوكسجين كون البكتريا لا هوائية ويتم تزويدها بغازي النتروجين وثنائي اوكسيد الكريون ولقحت الاوساط بنسبة ٢% وتمت الزراعة بظروف لاهوائية (١٣) وزرعت في المنظومة الاولى المصممة لانتاج الغاز وبوجود كيس جمع الغاز وحضنت بدرجة حرارة ٣٧ م في حاضنة لاهوائية مزودة بغاز CO<sub>2</sub>

### النتائج والمناقشة:

#### الفحوصات على الروث:

الوزن قبل وبعد التجفيف والحرق  
بداية جففت الجففات بالفرن بدرجة ١١٠ م ولمدة ٦ ساعات وتم وزن الجفنة قبل اضافة المادة واضيف ١٠ غم من المادة لكل جفنة وجففت بالفرن بدرجة ١١٠ م ولمدة ٥ ساعات وبعد التجفيف وضعت بالمجفف desicator وبوجود جل السيليكا لامتناس ما تبقى من الرطوبة وبعد ٣ ايام تم وزن الجففات مع العينات وبعدها حرقت المادة والجدول (١) يبين القراءات

### قياس الرطوبة: (١٤)

$$\text{الرطوبة\%} = \frac{(\text{وزن المادة غير الجافة}) - (\text{وزن المادة الجافة})}{(\text{وزن المادة غير الجافة})} \times 100$$

كما موضح في الجدول (٣) والشكل (٦)

### قياس المادة الجافة والمتطايرة TS و VS:

### (١٤)

$$\text{المادة الجافة TS \%} = \frac{(\text{وزن المادة الجافة})}{(\text{وزن المادة غير الجافة})} \times 100$$

قياس المادة المتطايرة VS حسب القانون

### (١٤)

$$\text{مادة متطايرة\%} = \frac{(\text{وزن المادة الجافة}) - (\text{وزن المادة المحروقة})}{(\text{وزن المادة الجافة})} \times 100$$

واخيرا المادة الجافة \% = ١٠٠ - الرطوبة %

### (١٣)

والرطوبة \% = ١٠٠ - المادة الجافة %

اجريت الفحوصات على عينة الروث بدون تخفيف فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول (٢) والشكل (٤) حيث تراوحت نسبة الرطوبة بين ٧٥,٣٨ ٧٧,٣٨ % والمادة

للميثان كما جاء لدى Mc & Edwards  
Bride (١٦) كما في الشكل (٨).

### قياس انتاج الغاز للروث خلال زمن الاستيقاء

باستخدام جهاز مخمر يقيس الغاز من خلال  
الازاحة وعند وضع العينة بدأ من التدرجة  
٢٥ ليصل الى ٢٠٠ بعد ٥ اشهر ويتوقف  
الانتاج وكما مبين في الشكل (٩)

### قياس انتاج الغاز للبكتريا المزروعة خلال زمن الاستيقاء :

باستخدام جهاز مخمر يقيس الغاز من خلال  
الازاحة وعند وضع العينة كانت القراءة على  
التدرجة ٦٠ وبعد ٤ اشهر اصبحت ١٥٠  
وتوقف الانتاج كما موضح في الشكل (١٠)  
والشكل (١١)

**تتمية البكتريا مع نبات السلق:** اخذ ٢٥ غم  
من السلق الى ٢٥٠ مل من الماء المقطر  
وعقمت بالموصدة واضيف لها ٢٠ مل من  
البكتريا النامية منذ ٣ اشهر وبعد معادلة ال  
pH الى ٦ وزرعت في المنظومة الثانية  
لانتاج الغاز وحضنت بالحاضنة بدرجة حرارة  
٣٧ م وايضا زودت بغازي النتروجين وثنائي  
او كسيد الكربون ولوحظ بعد ١٥ يوم من  
الحضن تحلل السلق وانتاج غاز كما في  
الشكل (١٢).

الصلابة الكلية TS% تراوحت بين ٢٢,٥٦ -  
٢٤,٦١ % و VS% تراوحت بين ٨٠,٨ -  
٨٤,٨ % ووافقت النتائج دراسة عراقية في  
مدينة الموصل (١٥) حيث تراوحت نسبة  
الرطوبة لديها بين ٧٦ - ٨٢ % و TS %  
بين ١٨ - ٢٤ % تراوحت و VS % بين  
٦١ - ٨٢ %

**قياس pH ، EC ، TDS ، NaCl :** تم  
عمل محلول من الروث باخذ ١٠ غم من  
الروث الى ٢٠ مل ماء مقطر وتم قياس  
الفحوصات التالية عند درجة حرارة ٢٣ م  
للمحلول في الجدول (٣)

**قياس pH للروث خلال زمن الاستيقاء:** تم  
قياس دالة الحموضة شهريا وكما في الشكل  
(٥) وبدون أي اضافة

**زرع البكتريا:** بعد مرور ٣ اسابيع شوهدت  
فقاعات الغاز داخل الوسط الموجود في  
غاسل الغازات كما في الشكل (٦) واخذت  
منها مسحات وفحصت تحت المجهر

**الفحص المجهرى:** ظهرت البكتريا بعد  
زراعتها باشكل خيطية وعصوية وموجبة  
لصبغة غرام كما في الشكل (٧) وظهرت  
تحت المجهر المتألق متألفة بدون استخدام  
أي صبغة متألفة لاحتوائها على انزيم F٤٢٠  
ولكونها متألفة فهي تعود للاركيا المولدة

قدرة الاركيا النامية مع نبات السلق بطروف لاهوائية على انتاج الغاز بعد تحلل السلق تكون غاز الميثان بلهب ازرق صافي في المنظومة الاولى نتيجة مرور الغاز على محلول الوسط او الماء حيث نتخلص من بقية الغازات بالاذابة فيه.

#### المصادر

- ١-Nagamani, B. and Ramasamy ,K. Biogas production technology: An Indian perspective .current science vol.٧٧ No١ pp ٤٤-٥٥ .١٩٩٩
- ٢ -McInerney, M. J. and Bryant, M. P., in *Fuel Gas Production from Biomass* (ed. Wise, D. L.), Chemical Rubber Co. Press Inc., West Palm Beach, Florida, pp. ٢٦-٤٠. ١٩٨١.
- ٣- Smith, M. R., Zinder, S. H. and Mah, R. A., *Process Biochem*, ١٥, ٣٤-٣٩. ١٩٨٠.
- ٤-Ramasamy, K., Nagamani, B. and Sahul Hameed, M., *Tech. Bull.*, Fermentation Laboratory, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, ١, pp. ٩١. ١٩٩٠.
- ٥-Lepisto, R. and Rintala, J. Kinetics and characteristics of ٧٠°C, VFA-grown, UASB granular sludge. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* ٥٢(٥):٧٣٠-٧٣٦. ١٩٩٩.
- ٦-Kashyap, D.R.; Dadhich, K.S. and Sharma, S.K.. Biomethanation under psychrophilic conditions: a review. *Biores. Technol.* ٨٧:١٤٧-١٥٣. ٢٠٠٣.
- ٧-Hwang, M.H.; Jang, N.J.; Hyum, S.H. and Kim, I.S. Anaerobic biohydrogen production from ethanol

ان اغلب انواع الاركيا المولدة للميثان المعزولة من الهاضمات اللاهوائية مصدرها فضلات الحيوانات ووجودها يتأثر بالبيئة المحيطة بالحيوان والعوامل الوراثية (١٧) ، (١٨) حيث تتغير الاركيا المنتجة للميثان في القنوت الهضمية للحيوان اعتمادا على عمر الحيوان وطبيعة التغذية ومحتواه من المضادات الحيوية والموقع الجغرافي (١٩) ، (٢٠) ويزداد انتاج غاز الميثان من الميثانول عند تغذية الحيوان على التبن (٢١) بينما الغذاء السيليلوزي يزيد من انواع الاركيا المنتجة للميثان من الهيدروجين (٢٢)

#### احتراق الغاز

تم احراق الغاز المنتج لكل المنظومات ولوحظ احتراق الغاز مما يدل على تولد غاز الميثان كما في الشكل (١٣)

#### الخاتمة

نستنتج ان النوعين من المنظومات كان جيدا في تنمية الاركيا وانتاج الغاز درجة الحرارة المثلى لانتاج الغاز هي ٤٠ م الروث ينتج غاز بطروف لاهوائية بدون اضافة أي مادة مغذية اخرى ولمدة زمنية اطول مما لو وجدت مادة مغذية مولدات الميثان (الاركيا) ممكن عزلها من الروث وتنميتها على اوساط مغذية مصنعة وتنتج غاز

- ١٤- Peters, J. and Combs, S. Sampling livestock waste for analysis . In : Recommended methods of manure analysis . Peters, J. and Combs, S. Hoskins, B. Jarman, J. Kover. J. Watson, M. Walfe, A. and Walfe, N. (ed) The board of regents of the university of Wisconsin system, ٢٠٠٣.
- ١٥- بطرس، سحر سالم ، (دراسات حول التحولات الميكروبية وانتاج الغاز الحيوي من فضلات الحيوانات). اطروحة دكتوراة جامعة الموصل، ٢٠١١
- ١٦-Edwards, T. and Mc Bride, B.C. New methods for isolation and identification of methanogenic bacteria. Appl. Microbiol. ٢٩:٥٤٠-٥٤٥, ١٩٧٥.
- ١٧-Saengkerdsub, S. Establishment, identification, quantification of methanogenic archaea in chicken ceca and methanogenesis archaea inhabitation in vitro chicken ceca by using nitrocompounds. MSc. Texas A & M University, ٢٠٠٦.
- ١٨-Zhou, M.; Hernandez- Sanabria, E. and Guan, L.L. Assessment of the microbial ecology of ruminal methanogens in cattle with different feed efficiencies. Appl. Environ. Microbiol. ٧٥(٢٠):٦٥٢٤-٦٥٣٣, ٢٠٠٩.
- ١٩-Tajima, K.; Nagamine, T.; Matsui, H.; Nakamura, M. and Aminov, R.I. Phylogenic analysis of archaeal ١٦S rRNA libraries from the rumen suggests the existence of novel group of archaea not associated with known methanogens. FEMS Microbiol. Lett. ٢٠٠(١):٦٧-٧٢, ٢٠٠١.
- ٢٠-Wright, A.D.G.; Northwood, K.S. and Obispo, N.E. Rumen-like methanogens identified from the crop of the folivorous South American bird, fermentation : the role of pH. J. Biotechnol. ١١١(٣): ٢٩٧-٣٠٩, ٢٠٠٤.
- ٢١-Moosbrugger, R.E.; Wentzel, M.C.; Ekama, G.A. and Marais, G.R. A ° pH point titration method for determining the carbonate and SCFA weak acid/bases in anaerobic systems. Water Sci. Technol. ٢٨(٢):٢٣٧-٢٤٥. ١٩٩٣.
- ٢٢-Horva`th, I.S. Biogas production from municipal waste mixed with different portions of orange peel. Boras of University M.Sc. thesis Engineering, ٢٠٠٩. of School
- ٢٣-Kayhanian, M. and Rich, D. Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements. Biomass and Bioenergy. ٨(٦):٤٣٣-٤٤٤, ١٩٩٥.
- ٢٤-Lapp, H.M. and Schulte. Manure production from animal wastes. ١. Fundamental considerations. Canadian Agricultural Engineering. ١٧(٢):٩٧-١٠٢, ١٩٧٥.
- ٢٥-Buekens, A. Energy recovery from residual waste by means of anaerobic digestion technologies. Conference "The future of residual waste management in Europe ٢٠٠٥", ٢٠٠٥.
- ٢٦-Dworkin Martin ,Falkow Stanley, Rosenberg Eugene, Schleifer Karl-Heinz, Stackebrandt Erko. The Prokaryotes Handbook on the Biology of Bacteria. Volume ٢: Archaea. Bacteria: Firmicutes, Actinomycetes. Springer Science+Business Media, Third Edition. LLC USA, chapter ٩, Pp.١٧١, ٢٤٧, ٢٠٠٦.

٢٢- Minato, H.; Otsuke, M.; Shirasaka, S.; Itabashi, H. and Mitsumori, M. Colonization of microorganisms in the rumen of young calves. J. Gen. Appl. Microbiol. ٣٨(٥):٤٤٧-٤٥٦, ١٩٩٢.

the hoatzin (*Opisthocomus hoazin*). International Society for Microbial ecology (ISME). ٣:١١٢٠-١١٢٦, ٢٠٠٤.

٢١-Pol, A. and Demeyer, D.I. Fermentation of methanol in the sheep rumen. Appl. Environ. Microbiol. ٥٤(٣):٨٣٢-٨٣٤, ١٩٨٨.

### الجدول والاشكال

جدول (١) الفحوصات على الروث الجاف

رقم العينة	الجفنة فارغة	الجفنة مع المادة قبل التجفيف	بعد التجفيف	بعد الحرق
١	٤٥,٥٣٦	٥٥,٥٣٦	٤٧,٧٩٨	٤٥,٩٠٩
٢	٤٢,٨٥٤	٥٢,٨٥٤	٤٥,١١٠	٤٣,١٩٥
٣	٤٢,٣٢٢	٥٢,٤٢٢	٤٤,٨٠٨	٤٢,٧٢٠

جدول (٢) فحوصات الرطوبة والـ TS و VS

رقم العينة	الرطوبة %	المادة الجافة %TS	المادة المتطايرة %VS
١	٧٧,٣٨	٢٢,٦٢	٨٠,٨
٢	٧٧,٤٤	٢٢,٥٦	٨٤,٨
٣	٧٥,٣٨	٢٤,٦١	٨٣,٩

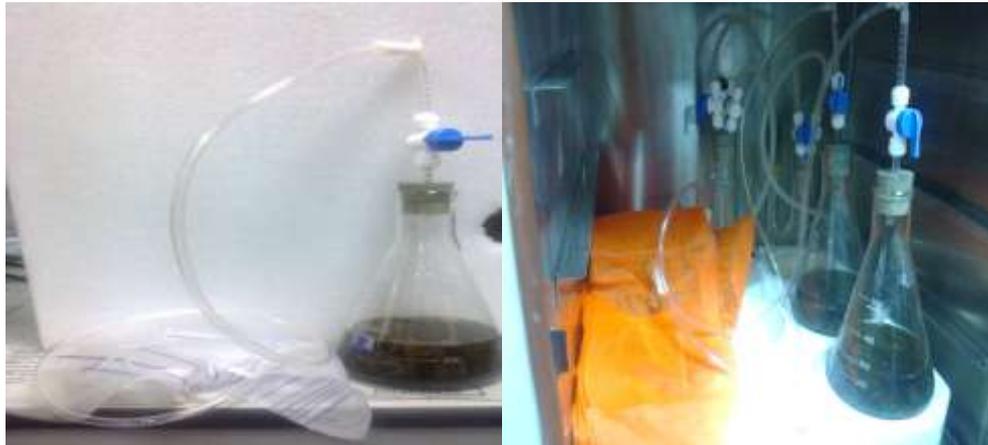
جدول (٣) يبين تغير النتائج بين بداية ونهاية التجربة

اسم الفحص	بداية التجربة	بعد ٦ اشهر
pH	٧,٨	٦,٥

٢٢٢٥	٢٧٦٠	EC
١٨٢٠	١٢٥٠	TDS
%٣,٣	%٥	NaCl



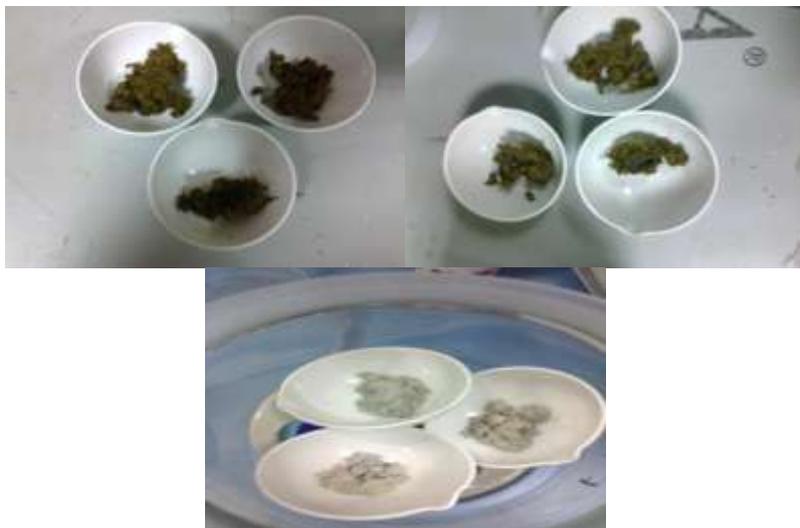
شكل (١) منظومة الهضم اللاهوائي النوع الاول



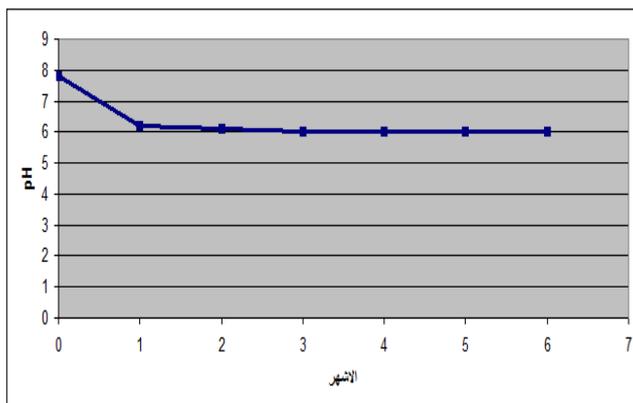
الشكل (٢) منظومة الهضم اللاهوائي النوع الثاني



الشكل (٣) الروث وجهاز تخمير يقيس الازاحة



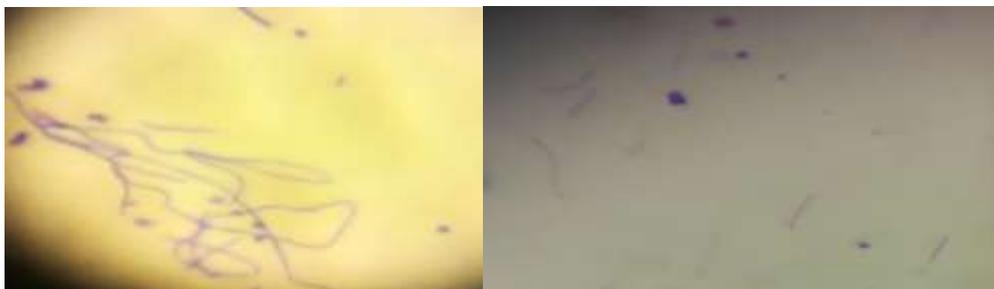
شكل (٤) يبين تجفيف الروث وحرقة



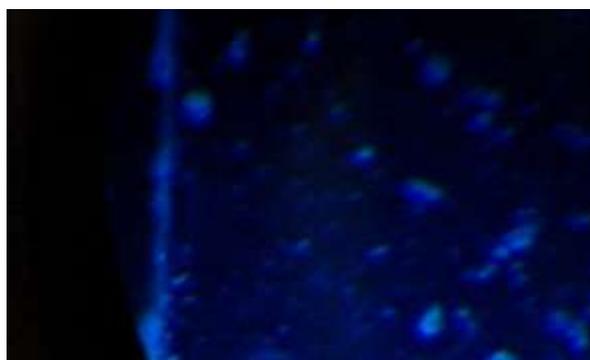
شكل (٥) تغير pH للروث خلال فترة الاستبقاء



شكل (٦) تكون الفقاعات داخل غاسل الغازات

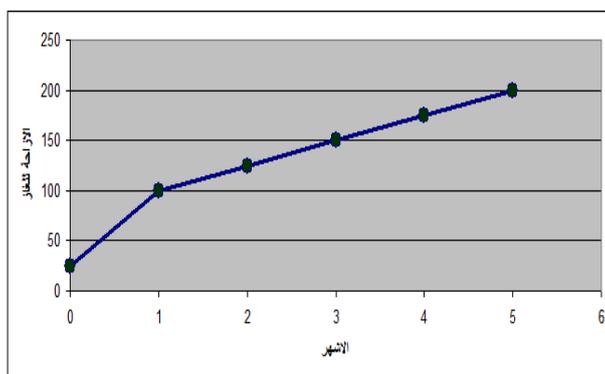


شكل (٧) صور تحت المجهر الضوئي بالعدسة الزيتية قوة التكبير  $\times 1000$

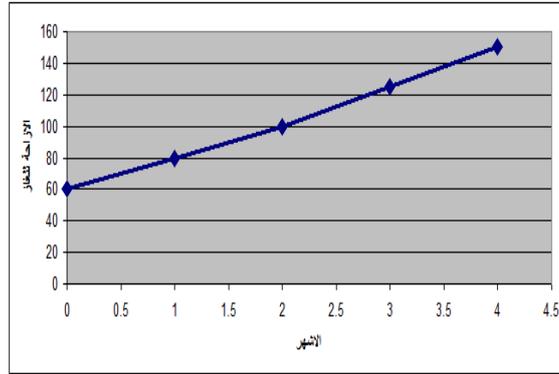


شكل (٨) التآلق الذاتي للاركييا تحت المجهر ذو الاشعة فوق البنفسجية بالعدسة الزيتية قوة

التكبير  $\times 100$



شكل (٩) تغير انتاج الغاز للروث خلال فترة الاستبقاء



شكل (١٠) تغير انتاج الغاز للزرع البكتيري خلال فترة الاستبقاء



شكل (١١) توضيح ازالة الغاز باللون الاحمر للروث واللون الاصفر لنمو البكتريا



شكل (١٢) تحلل السلق وانتاج الغاز



شكل (١٣) تكون الغاز واحتراقه بلهب ازرق

## اثر الكاسرات الستائرية الخضراء في تحسين البيئة الداخلية للمباني في العراق

أ.م.د.سوزان عبد حسن ابراهيم\* ، ر.مهندسين حيدر عبد الكريم ، ر.مهندسين هدى هاشم ياسين\*  
جامعة النهرين/ كلية الهندسة وزارة الاسكان والاعمار/ مركز بحوث البناء

### الخلاصة

برزت ظاهرة استعمال السطوح البنائية النباتية الخضراء في تصاميم الابنية سواء في سقوف المباني او على واجهاتها، وامتدت لتشمل المباني في معظم مدن العالم لفوائدها المتنوعة على المستوى البيئي الحضري والمباني المنفردة. وقد تقدمت العديد من الدراسات والبحوث العالمية والمحلية بدراسة فوائد السطوح البنائية النباتية الخضراء من جدران وسقوف على مستوى المباني والمدينة ككل وبحثت في امكانية تطبيقها على المستوى العالمي والمحلي. الا ان دراسة الاستفادة من الكاسرات الشمسية وتحويلها من المواد البنائية التقليدية الى كاسرات نباتية ستائرية خضراء متحركة ومدى الفائدة البيئية المتحققة على مستوى البيئة الداخلية للمبنى لم يتم التطرق اليها مسبقا على المستوى المحلي. وهو ما مثل مشكلة البحث الرئيسية. وعليه تقدم البحث بفرضية بحثية مفادها ان تطوير تصميم وتنفيذ كاسرات الشمس التقليدية لتكون كاسرات ستائرية خضراء يمكن ان يسهم في تحسين البيئة الداخلية للمباني في العراق. ولتحقق من هذه الفرضية البحثية فقد اجري البحث تطبيقا عمليا شمل تصميم كاسرة ستائرية خضراء بأبعاد معيارية مع امكانية تحريكها افقيا للحصول على الانارة في الاوقات التي لا تكون فيها زاوية سقوط الشمس مباشرة على الشباك، تم اجراء القياسات الميدانية في غرفة اختبار ضمن منطقة الجادرية في بغداد، واختبار عدد من معايير البيئة الاساسية المتمثلة بـ (درجات الحرارة، الرطوبة النسبية) ولعدد من الاوقات النهارية ومقارنتها بحالة عدم وجود الكاسرة الخضراء. ومن ثم جدولة النتائج المستخلصة من البحث باستعمال برنامج حاسوبي لتسهيل المقارنات. بينت النتائج ان استعمال الكاسرة الستائرية الخضراء اسهم في تحسين ظروف البيئة الداخلية للفضاء من المعايير السابقة الذكر. يهدف هذا البحث الى وضع معايير واسس تصميمية للكاسرات الستائرية النباتية الخضراء ولنمط تصميمي معين من الكاسرات المتحركة افقيا التي يمكن ان يتطور ليشمل انماط تصميمية اخرى (مثل المتحركة عموديا او بزوايا مختلفة او باستعمال مواد اكثر تطورا وغيرها). وتبين فوائدها البيئية على مستوى المبنى المنفرد، مع امكانية تعميم هذه التجربة لتشمل مختلف انماط المباني (السكنية، التجارية الادارية وغيرها) في العراق.

### الكلمات المفتاحية

الكاسرات الستائرية الخضراء، البيئة الداخلية، المباني الخضراء

## **The Impact of Green Curtain Louvers in improving The internal environment of buildings in Iraq**

### **Abstract**

The use of green structural surfaces increased recently in green buildings designs, both in the roofs of buildings or on their walls, and extended to include buildings in the most diverse cities in the world to the environmental benefits of urban and individual buildings level. Many studies and research of global and local has advanced study of the benefits of green structural surfaces for walls and roofs of the buildings and the city as a whole and looked at the possibility of their application on a global and local level. But the study of utilization of green structural surfaces and converted from traditional building materials into green curtain louvers and the extent of environmental interest accruing on the internal environment of the building level has not been studied upon in advance at the local level. This is the main problem of this research. And the research hypothesis that development of the design and implementation of the traditional sun-breakers to be green moveable curtain louvers can contribute to the improvement of the internal environment of buildings in Iraq. To investigate these research was conducted practical application included design green curtain louvers in a standard dimensions with the possibility of agitated horizontally for lighting at times when no longer be the fall of the angle of the sun directly on the net, has been conducting field measurements in the test room within the Jadiriyah district of Baghdad, and test a number of basic environmental standards of (temperatures, relative humidity) and the number of times of day and compared the situation of the lack of green curtain louvers. And then schedule the findings from research using a computer program to facilitate comparisons. The results showed that the use of green curtain louvers contributed to improving the internal environment of the space of the previous criteria mentioned conditions. Find also presented a number of proposals to design the form of animated refractors and dimensions in order to develop them in the future and a number of configurations (horizontal, vertical, composite). This research aims to develop standards and design bases for breakers curtain of green vegetable and a certain pattern of my design green curtain louvers horizontally that can evolve to include other design patterns (such as moving vertically or different angels or the use of more sophisticated materials, etc.). And demonstrate the environmental benefits at the level of the single building, with the possibility of present experiment to include various styles of buildings (residential, commercial, administrative etc.) in Iraq.

### **Key words;**

**Green curtain louvers, internal environment, Green building**

## المقدمة

ظهرت فكرة السطوح البنائية النباتية الخضراء في العمارة في مراحل تاريخية قديمة فيمكن ملاحظتها بشكل مبسط في الحضارة البابلية ضمن الجنازئ المعلقة والتي هي واحدة من عجائب الدنيا السبعة القديمة في العالم والتي استخدمت المسطحات الحدائقية الخضراء الافقية والعمودية على شكل مدرجات مختلفة بالارتفاع.

ومن القرن الثالث قبل الميلاد الى السنة السابعة عشر ميلادية استخدمت في الحضارة الرومانية ومن خلال حدائق الكروم المتدرجة بصورة عمودية اذ تم ايجاد سطوح نباتية خضراء من خلال النباتات والازهار المتسلقة على الجدران الداخلية والخارجية للقصور لتعزيز الجوانب البصرية والجمالية للمباني.

وظهرت في العصر الحديث في بريطانيا وامريكا الشمالية من خلال فكرة المدينة الحدائقية التي اكدت على ديمومة المبنى وعلاقته بالطبيعة الخضراء واحاطته بها واستعمال المتسلقات الخضراء التي يمكن ان تعبر عن مفهوم السطوح النباتية الخضراء.

كما برز استعمال السطوح النباتية الخضراء مؤخرا في العديد من التصاميم لمختلف انماط المباني وفي مواقع متنوعة من العالم وبتشكيلات تتضمن سطوح وواجهات الأبنية. كنوع من المحاولات المعمارية لتقليل من الاثار السلبية للاحتباس الحراري العالمي وتحديدًا في مراكز المدن.

يفترض البحث ان تطوير تصميم كاسرات الشمس المستعملة بالطريقة التقليدية من المواد البنائية المتنوعة لتكون كاسرات ستائرية متحركة خضراء يسهم في تحسين الاداء الحراري والتهوية الطبيعية لفتحات الشبائك في المبنى. وللتحقق من فرضية البحث تم اختبار تصميم كاسرة ستائرية نباتية خضراء معيارية بأبعاد (١\*١) متر يمكن تحريكها افقيا امام الجدار لمبنى مكون من طابق واحد، للحصول على الانارة في الاوقات التي لا تكون فيها زاوية سقوط الشمس مباشرة على

الشبائك، تمت القياسات الميدانية في غرفة اختبار بأبعاد محددة ضمن منطقة الجادرية في بغداد، واختبار عدد من معايير البيئة الاساسية المتمثلة بـ (درجات الحرارة، الرطوبة النسبية) ولعدد من الاوقات النهارية ومقارنتها بحالة عدم وجود الكاسرة النباتية الخضراء. يهدف هذا البحث الى وضع معايير واسس تصميمية للكاسرات الستائرية النباتية الخضراء ولنمط تصميمي معين من الكاسرات المتحركة افقيا التي يمكن ان يتطور ليشمل انماط تصميمية اخرى (مثل المتحركة عموديا او ببزوايا مختلفة او باستعمال مواد اكثر تطورا وغيرها). وتبين فوائدها البيئية على مستوى المبنى المنفرد، مع امكانية تعميم هذه التجربة لتشمل مختلف انماط المباني (السكنية، التجارية الادارية وغيرها) في العراق.

## ١- (السطوح النباتية الخضراء)

### ١-١ مفهوم السطوح النباتية الخضراء

يعتمد مفهوم السطوح النباتية الخضراء في الابنية على زراعة سطوح محددة على المبنى باستعمال النباتات باختلاف انواعها، وبحسب البيئة الطبيعية المناسبة لها سواء كانت هذه السطح افقية او عمودية وحتى المائلة. مع الاخذ بنظر الاعتبار الابتعاد عن النباتات التي تحتاج الى تربة عميقة مثل الاشجار الضخمة والنخيل وغيرها. وذلك لصعوبة توفير العمق اللازم لها ضمن التشكيل السطحي للمباني. وقد استعملت العديد من التقنيات لتحقيق السطوح العمودية الخضراء بالإضافة الى الطريقة التقليدية المتمثلة بزراعة المتسلقات بشكلها البسيط وتغطيتها لواجهات المباني. ومن هذه التقنيات استعمال قوالب خفيفة نمطية من مواد مثل (الصوف الصخري، البلاستيك المقوى بالالياف الكربونية، قوالب خرسانية خفيفة، وغيرها) تثبت في واجهات المباني، بحيث تترك مسافة بين السطح الخارجي والنبات مما يسمح بعدم التأثير المباشر للتغليف الخارجي بالنبات. الامر الذي قد يؤثر سلبا على مادة الانهاء، وفي نفس الوقت يسمح بالتحريك

## ٤٤١ دراسة M. Urrestarazu و

S. Burés

Sustainable green walls in  
architecture - ٢٠١٢

بينت هذه الدراسة الفوائد المتعددة للجدران الخضراء على المستوى البيئي والتصميمي. فقد اظهرت الجوانب المتعددة البيئية للجدران الخضراء. فهي تحسن من درجات الحرارة وتقلل من نسبة غاز ثاني اوكسيد الكربون وتعمل على تلطيف اجواء المدن بالرطوبة النسبية، اما الجوانب التصميمية فهي تمثل شكلا جماليا مريحا بلونه الاخضر للإنسان في اجواء المدن التي تقل فيها المناظر والنباتات الطبيعية. ومن هنا تحقق الجدران الخضراء النباتية الاستدامة البيئية والجمالية التصميمية للمدن والمباني.

(Dins Vecans) دراسة ٣-٢-١

Green Roof and Green Wall to  
Environment - ٢٠١٢

بينت هذه الدراسة الدور الذي تقدمه الجدران والسقوف الخضراء في توفير الاستدامة للمبنى بكافه جوانبها البيئية والجمالية ومحাকা الطبيعة الخضراء مع امكانات تحسين بيئة المدينة من خلال تحسين درجات الحرارة للمدينة وتقليل ظاهرة الاحتباس الحراري والتلوث بمواد الغازات الضارة مثل ثاني اوكسيد الكربون وطرح الجوانب السلبية والكلف الاقتصادية للاعتماد على الجدران والسقوف الخضراء.

بينت الدراسات السابقة اهمية السطوح النباتية الخضراء في تحسين ظروف البيئة الداخلية للأبنية والمدينة على وجه العموم. فعلى مستوى المبنى المنفرد اظهرت الدراسات ان استعمال السطوح النباتية الخضراء اسهم في تحسين عوامل البيئة الداخلية المتمثلة بـ ( درجات الحرارة، الاشعاع الشمسي، نسبة غاز ثاني اوكسيد الكربون، الرطوبة النسبية، الضوضاء) في دول العالم المختلفة.

الهوائي خلف النبات مما يسهم في تقليل درجة حرارة السطح الخارجي، ويعطي تشكيلات متنوعة في التصميم مثل المنحنيات وغيرها. بما يتناغم مع تصميم السطح الخارجي للمبنى. كما تم اعتماد الاسلاك المعدنية لتشكيل المشبكات السلكية غير القابلة للصدأ مع انظمة تثبيت بسيطة التشكيل. تتميز بالمرونة والتنوع بحيث تستعمل في تشكيلات متنوعة ولا تلزم بشكل السطح الخارجي للجدار الا انها بحاجة الى الصيانة الدورية ومراقبة نمو النبات لضمان الحصول على التشكيل المناسب [١،٢،٣] الشكل (١) يبين تقنيات السطوح النباتية الخضراء وفقا للمصادر السابقة.

٤١ دراسات السابقة في السطوح النباتية  
الخضراء١٤١ دراسة Kao-Feng Yarn  
واخرون“Utilizing a Vertical  
Garden to Reduce Indoor  
Carbon Dioxide in an  
Indoor Environment” -

٢٠١٣

بينت هذه الدراسة دور الجدران الخضراء ضمن المبنى في تقليل نسبة جزيئات غاز ثاني اوكسيد الكربون المتولد من الفعاليات الانسانية المتنوعة في المبنى. وتطوير البيئة الداخلية من خلال عملية التركيب الضوئي للنباتات. وتمت دراسة دور النباتات في تقليل نسبة غاز ثاني اوكسيد الكربون في فترات متنوعة من اليوم ومراقبة اختلاف نسبة الغاز من ٥٠٠ppm الى ٥٠٠٠ppm اعتمادا على هذه النباتات وقد اظهرت النتائج العملية والنظرية ان وجود عدد من النباتات لمدة ١٥٠ دقيقة يقلل ١٣% من نسبة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكربون.

## ٣ ١ فوائد السطوح النباتية الخضراء على

## المستوى الحضري

## ١-٣-١ تقليل درجات الحرارة

تسهم النباتات في تقليل درجات الحرارة على المستوى الحضري للمدينة بسبب التظليل الذي توفره وعكس اشعة الشمس بالإضافة الى عملية التبخر كما تعزز من عملية التبريد الطبيعي في الصيف وحفظ الطاقة في الشتاء وتؤدي الى خلق اماكن مظلمة.

## ٣ ٣ ١ النواحي الجمالية

تمثل النباتات منظرا جماليا في المدن يسهم في كسر الرتابة وتوليد الراحة البصرية للمتلقي بالإضافة الى امكانية حجب المناظر الغير مرغوب بها. [٤]

## ٤ ١ فوائد السطوح النباتية الخضراء

## على مستوى المبنى المنفرد

## ١-٤-١ تحسين كفاءة طاقة المبنى

تحسن من قدرة العزل الحراري من خلال الطبقة النباتية الخضراء و تنظيم درجات الحرارة الداخلية للمبنى ومن ثم تأثيرها في التدفئة والتبريد داخل المبنى وذلك من خلال:-

- ❖ حصر كمية الهواء داخل الحيز الذي يشغله النبات.
- ❖ الحد من حركة الحرارة داخل الحيز الذي يشغله النبات.
- ❖ الحد من درجات الحرارة الخارجة من خلال التظليل والتبخير.
- ❖ التقليل من حركة الرياح في فصل الشتاء الذي يؤدي الى التقليل من درجة حرارة المبنى.
- ❖ التقليل من الطاقة المصروفة في المبنى للتبريد والتدفئة. [٥]

## ٢ ٤ ١ حماية هيكل المبنى

ان تعرض السطح الخارجي العمودي للمبنى للظروف الجوية اليومية بصورة مستمرة

## ٢-٣-١ تحسين جودة الهواء الخارجي

ان ازدياد نسب التلوث في المدن الحديثة بسبب غازات المعامل وعوادم السيارات بالإضافة الى المركبات العضوية المتطايرة وما تؤديه هذه الغازات من تلوث وزيادة في درجات الحرارة . تعمل النباتات على التقاط غاز ثنائي اوكسيد الكربون وتحويله الى اوكسجين بعملية البناء الضوئي.

يسهم في حدوث اضرار في القشرة الخارجية للمبنى كالتكسرات والشقوق وغيرها والتي تحدث نتيجة التمدد والتقلص او التجمد او التعرض للأشعة فوق البنفسجية.

❖ حماية القشرة الخارجية من الاشعة فوق البنفسجية والعناصر المناخية المختلفة ودرجات الحرارة التي تؤثر على مواد الانهاء.

❖ التقليل من سرعة الرياح التي يتعرض لها المبنى. [٦]

## ٣ ٤ ١ تقليل الضوضاء

تعمل السطوح النباتية الخضراء على تقليل مناسب الضوضاء الداخلية في المبنى من خلال الخواص الصوتية للنباتات اذ تتميز الاوراق الخضراء بكونها ماصة جيدة للصوت، مما يسهم في تقليل منسوب شدة الضوضاء ضمن المبنى عبر عمل الاوراق في تقليل انتقال الاصوات من خارج المبنى الى داخله.

## ٤ ٤ ١ تحسين جودة الهواء الداخلي

ان استعمال السطوح النباتية الخضراء ضمن المبنى وفي فضاءاته الداخلية يقلل من الغازات الضارة مثل غاز ثنائي اوكسيد الكربون اذا تعمل اوراق النباتات على تحويله الى اوكسجين بعملية البناء الضوئي. [٧]

## ٢-(البيئة الداخلية)

### ١-٢ البيئة الداخلية للمباني

تمثل البيئة المحصورة بغلاف المبنى الذي يحقق فضاء داخليا تتوفر فيه مجموعة من العوامل البيئية التي يتفاعل معها الانسان. مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتحرك الهوائي ونسبة غاز ثاني اوكسيد الكاربون وغيرها. وتبرز اهمية العوامل البيئية الاساسية في تحقيق الراحة الحرارية للانسان.

### ١-٢-١ الراحة الحرارية

عرفت منظمة (ASHRAE<sup>١</sup>) الراحة الحرارية بانها "الحالة أو الظرف التي يعبر عنها العقل بالرضا عن البيئة الحرارية المحيطة"، يجب ان يكون الوصول الى منطقة الراحة\*\* (Comfort zone) هدف التصميم الحراري لأي مبنى لأنها ( وبصورة عامة) تحدد المعدل العام للظروف البيئية التي يجدها أغلب الأشخاص بانها مريحة فهناك نقطة حرجة عندها يمكن للمبنى ان يحقق بيئة مريحة حراريا، وخارج هذه النقطة سيطلب استعمال وسائل اخرى لتحقيق الراحة الحرارية. وتعتمد طبيعة هذه الوسائل على الفروق المتوقعة بين البيئة الحرارية الداخلية ومستويات الراحة الحرارية للإنسان. [٨]، وتعد عوامل المناخ أحد المؤثرات الرئيسية في راحة الإنسان بشكل مباشر من خلال تأثيرها في مستوى الراحة الفيزيولوجية وبشكل غير مباشر الأثر في راحته النفسية. يعتبر الإنسان المقياس الأكثر كفاءة في تحديد الراحة الحرارية، إلا انه يصعب الحصول على قبول

كامل لأفراد مجموعة يعيشون في جو حراري معين لاختلاف رغباتهم الحرارية فاستجابة الإنسان للظروف المناخية تعتمد على مؤثرات فيزيولوجية منها العمر والجنس ولون البشر وحالة الجسم الصحية فضلاً عن قابلية الجسم للتأقلم لدرجات حرارية ضمن إقليم معيشته. ويعد تعريف الراحة الحرارية بالاعتماد على درجة حرارة الهواء الأكثر عملياً، ولما كانت شدة الإشعاع الشمسي من المسببات الرئيسية للتغير اليومي في درجات حرارة الهواء، فإنها تعد المؤشر لكل من شدة الإشعاع الشمسي والراحة الحرارية، وعليه فان درجة حرارة (٢١°) سيليزية لحرارة الهواء تمثل الحد الأدنى للراحة الحرارية في الظل، وان أي تعرض للإشعاع الشمسي عند هذه الدرجة أو فوقها يسبب الشعور بالدفء المريح أو بالجهد المريح، على وفق مقدار التعرض وزمنه، في حين تمثل درجة حرارة (٢٠°) سيليزية لحرارة الهواء، الحد الذي يكون فيه التعرض للإشعاع الشمسي عند هذه الدرجة أو دونها، يسبب الشعور بالراحة الحرارية أو البرد المريح، على وفق مقدار التعرض وزمنه. والشكل (٢) يبين منطقة الراحة الحرارية للإنسان وعلاقته بعناصر البيئة الاساسية. تحصل الراحة الحرارية عندما يتمكن الجسم من فقدان كمية من الحرارة إلى المحيط الخارجي مساوية لتلك المتولدة من فعالياته الحيوية ليحافظ على درجة حرارة ثابتة لجسمه وهو ما يسمى بالتوازن الحراري . وتنبعث الحرارة المتولدة في جسم الإنسان إلى البيئة المحيطة بطرائق منها التبخر من الجلد و الجهاز التنفسي والتوصيل و الحمل إلى الهواء المحيط و الإشعاع من والى السطوح المجاورة. ويعتمد مقدار التبادل الحراري بأي من هذه الطرائق على المتغيرات الحرارية للبيئة المحيطة والتي يمكن تحديدها كما يأتي:

<sup>١</sup> ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

\*\* **منطقة الراحة:** وهي الحالة المثالية عندما يكون هناك تناسب مُحدد بين قيم درجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، وسرعة حركة الهواء، ومعدل الإشعاع الحراري، لتعتبر الظروف المحيطة الى مايجده اغلبية الاشخاص بانها مريحة.

سمك الملابس = ٠,٦ clo. ملابس صيفية خفيفة  
ملابس شتائية ملائمة داخل الفضاء  
٠,٩ clo  
وحيث يقترب معدل درجة الراحة الحرارية للفترة الحارة من (٢٦) درجة مئوية ومعدل درجة الراحة الحرارية للفترة الباردة من (٢٢) درجة مئوية. [٩]

**٢-١-٢ تطبيق مناخ العراق ضمن حدود الراحة الحرارية للفضاءات الداخلية:**  
بعد ان تم تحديد مديات الشعور بالراحة الحرارية، يمكن مقارنة المعلومات المناخية لمناخ العراق مع هذه المديات لمعرفة الفترات التي تكون فيها الظروف المناخية ضمن مستويات الراحة الحرارية والفترات التي تكون متبعدة عن حدود الراحة. [١٠] ويبين الجدول (١) ارتفاع مستوى درجات الحرارة في اغلب اشهر السنة عن مستويات الراحة الحرارية للإنسان وهو ما يتطلب تقديم معالجات تصميمية تتناسب مع ظروف البيئة الخارجية والداخلية وخصوصا في الموسم الحار.

- درجة الحرارة
- الرطوبة النسبية
- سرعة الهواء
- معدل درجة الحرارة المشعة
- فعاليات الانسان
- نمط الملابس

وعند مقارنة خصائص المناخ مع محددات الراحة المطلوبة يبرز تأثير درجة حرارة الهواء اولاً ثم الرطوبة النسبية كأهم عاملين في تحديد الراحة، اضافة الى تأثير بقية العوامل الاخرى كسرعة حركة الهواء وسمك الملابس ومستوى الفعالية، وعند محاولة وضع حدود عامة للراحة الحرارية يمكن تقليل هذا العدد الكبير من المتغيرات المتداخلة والمؤثرة في الراحة الحرارية، وذلك بنتيبت قيمهم بما يتلائم مع ظروف ومتطلبات الوحدة السكنية، وكالاتي:-

سرعة حركة الهواء = ٠,١ m/s معدل  
الايض الغذائي = ١ met في  
حالة الاستراحة والجلوس

الجدول (١) المعلومات المناخية لمدينة العراق وفق المصدر [١٠]

ت	المدينة	درجة الحرارة الجافة التصميمية °C		الرطوبة النسبية %		الارتفاع عن سطح البحر M	خط العرض N	خط الطول E	المدى اليومي °C
		شتاء	صيفا	شتاء	صيفا				
1	بغداد	1	47	82	16	34.1	33,23	44,23	18,7
2	البصرة	2,5	47	89	38	2,4	30,57	47,78	15
3	الموصل	0,5	46	90	18,5	223	36,32	43,15	18,5
4	سليمانية	1,5	42	77	2,5	853	35,55	45,45	15
5	كركوك	2	46	81	14	331	35,47	44,40	16
6	نجف	4	48	82	14	50	32,0	44,32	17
7	سماوه	4,5	47	85	14	6	31,30	45,25	13,5
8	سنجار	1,5	42	78	17	538	36,32	41,83	12,5
9	حديثة	1	46	93	18	108	34,07	42,37	15

### ٣- (المعالجات التصميمية البيئية في نوافذ المباني)

#### ٣-١ الانتقال الحراري للنوافذ

يشار للانتقال الحراري للنوافذ بالرمز (U) وتقاس بوحدته الوات لكل متر مربع بالكالفن ( $W/m^2k$ ) أو وحدة حرارة بريطانية لكل قدم مربع/ساعة بالفهرنهايت ( $Btu/ft^2 hof$ ). ان القيمة (U) عبارة عن قيمة الفاقد الحراري لكل متر مربع، تحت الظروف المستقرة العادية بالنسبة للاختلاف في درجة الحرارة بنسبة واحد كالفن أو درجة حرارة مئوية واحدة بين المناخ الداخلي في المبنى والحرارة الخارجية في بيئة معزولة بواسطة التزجيج. ويحسب فاقد الحرارة بصورة كمية بقيمة المقاومة الحرارية (R) وهي القيمة العكسية للقيمة (U).  
 أ - الفاقد الحراري للزجاج :- هناك ثلاثة مراحل للفاقد الحراري عبر الزجاج ، وهي:-  
 ١ - السطح الزجاج الداخلي من سطح الغرفة.  
 ٢ - عبر الزجاج.

٣ - من سطح الزجاج الخارجي.  
 اما معدل الفاقد الحراري لسطح الزجاج الداخلي فيحدث بإحدى الطرق التالية:  
 1 . تبادل إشعاع الموجات الطويلة بين سطح الزجاج وسطح الغرفة.  
 2 . بانتقال الحرارة/التوصيل من هواء الغرفة المتحرك ناحية سطح الزجاج.  
 ويكون فاقد الحرارة بالتبادل الإشعاعي هو النسبة الأعلى من كمية فاقد الحرارة العام. وبالنسبة للفاقد الحراري من خلال الزجاج تكون نسبة مقاومة الفاقد الحراري للزجاج المفرد قليلة لكون الزجاج يعمل على توصيل الحرارة بطبعه، وقدرته على العزل ضعيفة ، اما المرحلة النهائية من الفاقد الحراري تأتي من السطح الخارجي للزجاج ، وكما هو الحال مع السطح الداخلي للزجاج هناك نوعان من انتقال الحرارة عن طريق التبادل الإشعاعي للموجات الطويلة وذلك إما عن طريق الانتقال أو التوصيل،

وتوازن عملية انتقال الحرارة عند هذه النقطة يتفاوت بصورة ملحوظة، حيث التبادل الإشعاعي للموجات الطويلة يعتمد على حرارة المنطقة المحيطة بالأسطح وعلى حرارة الغلاف الهوائي الخارجي. [١١]

### ٢-٣ الكاسرات الشمسية

يمكن تعريف الكاسرات الشمسية على انها حواجز مجسمة (ثلاثية الأبعاد) تعمل كمرشحات لتقليل تأثير الأشعة الشمسية المباشرة بواسطة توفير الظلال. ومن الممكن تصنيف الكاسرات الشمسية حسب ارتباطها بالمباني إلى نوعين :

أ. الكاسرات المستقلة عن المباني : و تغطي الفضاءات المفتوحة وقد تمتد إلى سطوح المباني لتحميها من الأشعة المباشرة أيضا.

ب. الكاسرات المرتبطة بالمباني وفتحات النوافذ : وتكون على نوعين :

١. الكاسرات الشمسية المتحركة : وتعتبر مرنة من ناحية ملاءمتها لمختلف الأقاليم المناخية وتأتي كفاءتها الجيدة من امكانية التحكم بابعادها واتجاهاتها بحسب زوايا سقوط الأشعة الشمسية.

٢. الكاسرات الشمسية الثابتة : وهي اقل كلفة و أطول عمراً وأكثر مقاومة للظروف الجوية الخارجية عند مقارنتها مع سابقتها ولكنها اقل كفاءة، بينما يمكن الحصول منها على كفاءة عمل جيدة عند مراعاة المتطلبات المناخية في عملية تصميمها. وتنقسم الكاسرات الشمسية الثابتة إلى الأنواع التالية (كاسرات الشمس الأفقية، كاسرات الشمس العمودية، كاسرات الشمس المركبة) [١٢]

### ٣-٣ السطوح النباتية العمودية

استعملت النباتات المتسلقة مثل اللبلاب وغيرها في الابنية بشكل عمودي عبر العصور. وكان اعتمادها كعنصر تزييني جمالي مريح للإنسان. الا ان الدراسات الحديثة بينت فعالية هذه النباتات المتسلقة بيئيا بعزلها جدران المبنى عن اشعة الشمس المباشرة ومن ثم تقليل كمية الحرارة المنقلة من خارج المبنى الى الداخل. تم تطوير فكرة النباتات المتسلقة لتكون سطوحا نباتية كاملة تغلف جدران المبنى مع وجود تربة للانبات لمختلف انواع النباتات وعدم الاكتفاء بالنباتات المتسلقة وهو الامر الذي وفر سطحاً اضافياً عازلاً للحرارة صيفاً وشتاءً متمثلاً بتربة الانبات التي تم تصميمها بطرق متنوعة. والشكل (٣) يبين احد انماط قوالب تشكيل السطوح النباتية الخضراء العمودية [١٣]

### ١-٣-٣ الانتقال الحراري بين السطوح النباتية العمودية وبين جدران المبنى

يكون الانتقال الحراري بالنسبة للسطوح النباتية العمودية معتمداً على انتقال الحرارة عبر مكوناتها المؤلف منها. مضافاً لها سمك الطبقة الهوائية ما بين السطح النباتي وبين مكونات المبنى. ويوضح الشكل (٤) العوامل الحرارية المؤثرة في السطوح النباتية العمودية الخضراء وعلاقتها بالبيئة المحيطة بها. [١٤]

### ٤- (التطبيق العملي)

#### ٤-١ موقع الاختبار:-

تمثل موقع الاختبار في مدينة بغداد (منطقة الجادرية) وفي احد الابنية التابعة لمجمع وزارة العلوم والتكنولوجيا المتمثل بغرفة بابعد (٤\*٥\*٤) متر . وارتفاع النافذة عن الارض ١,١٠ متر وابعادها (١ \* ١) متر، وتوجيه الشباك نحو الجنوب الغربي. والغرفة غير مبردة.

**٢-٤ وقت الاختبار:-**

أجريت التجربة التطبيقية خلال الشهر (٨) من سنة ٢٠١٤ . تم تسجيل قراءات متعددة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية في عدد من الساعات التي تمثل اوقات الذروة الحرارية وهي للساعات (١،١١،٩) ومن ثم استخراج المعدل العام لها.

**٣-٤ تصميم الكاسرة:-**

تم تصميم كاسرة نباتية خضراء. تمكن من تحريكها افقيا بطريقة الانزلاق على هيكل حديدي مثبت امام الشباك وفق الصور الموضحة في الملحق . لتكون كاسرة ستائرية خضراء امام الجدار المجاور للشباك او جانبيا لتكون كاسرة عمودية خضراء على الشباك ، للحصول على الانارة المطلوبة داخل الفضاء في الاوقات التي لاتكون فيها اشعة الشمس مباشرة وتتالف هذه الكاسرة من الاجزاء التالية:-

**١ - القاعد الاساسية وتتضمن:-**

صندوق مصنوع من مادة الفايبر كلاس بقياس (١\*١ \* ٠,٢) متر مع تثبيت رفوف داخلية عدد ٢ مثقبة بثقوب صغيرة قطرها ١ سم بمسافات ٢ سم ، تعمل على انتقال الماء بين اجزاء الكاسرة ولغرض منع تجمعه في منطقة محددة.

واجهة اساسية مصنوع من مادة الفايبر كلاس بقياس (١,٠\*١,٠) متر مثقب بدوائر قطرها ٥ سنتمتر بمسافات ١٠ سنتمتر اضافة الى فتحات بيضوية الشكل، تسهم بخروج رؤوس النباتات الخضرية.

حملات عدد ٤ مثبتة بالبراغي على القاعدة. الشكل (٥) يبين التصميم الاساسي للكاسرة الستائرية.  
التربة مؤلفة من مواد عضوية خفيفة معروفة باسم (البتوموس) في السوق المحلية. النباتات المتسلقة المستعملة المعروفة محليا باسم مخلب القط.

**٢ -التثبيت الجداري ويتضمن:-**

دعامات حديدية عدد ٢ بطول ٢,٥ متر. هيكل تثبيت حديدي كما موضح في صور الملحق (١)

**٤-٤ قياس درجات الحرارة والرطوبة****النسبية**

تم اخذ عدة قراءات خلال فترة البحث ولعدد من الساعات ولشهرين حارين من السنة هما تموز واب اذ تمت المقارنة بينهما قبل وبعد وضع الكاسرة النباتية ، والجدول (٢) و (٣) تبين البعض من القياسات الماخوذة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية المسجلة في عدد من النقاط الاساسية في الغرفة.

**٤-٥ المقارنة بين النتائج**

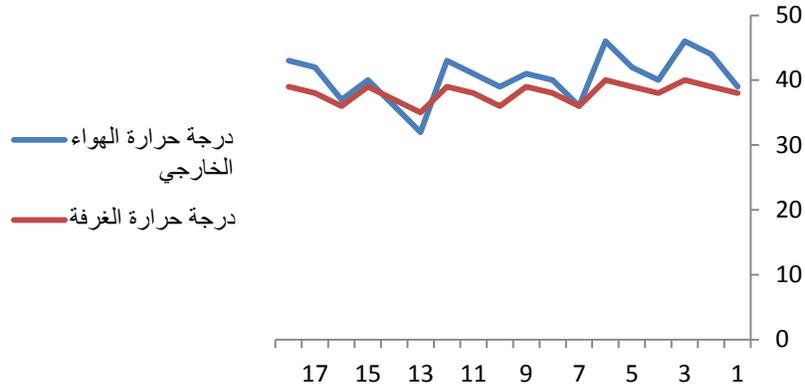
بعد اخذ القراءات لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية في الغرفة تم عمل مقارنة بين ما حققه وجود الكاسرة الستائرية الخضراء من تحسين لظروف البيئة الداخلية وبين عدم وجودها، وتم تحويل النتائج الى برنامج Excel لعمل المقارنات بشكل مخططات توضح الفروقات في القياسات .

الجدول (٢) يوضح قياس درجات الحرارة والرطوبة النسبية قبل وضع الكاسرة النباتية الستائرية الخضراء

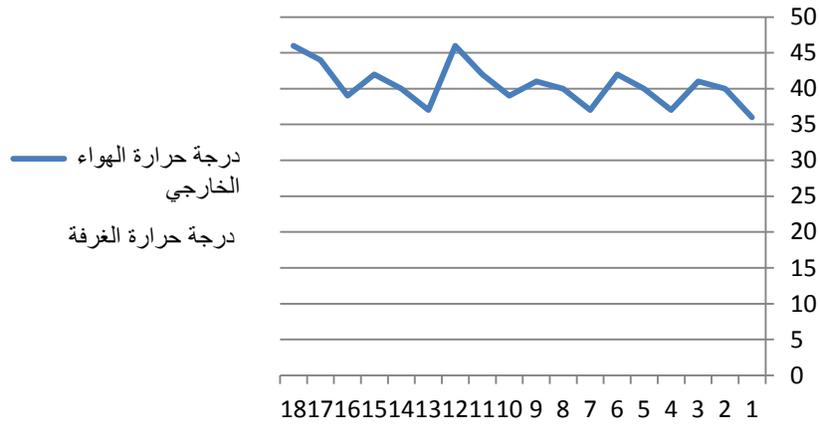
الرطوبة النسبية RH%		درجة الحرارة °م			درجة حرارة الهواء الخارجي	الوقت	التاريخ
رطوبة الجو داخل الغرفة	رطوبة الجو	محرار على الشباك من الخارج	محرار على جدار داخل الغرفة قرب الشباك	محرار في وسط الغرفة			
١٢	٢٠	٤١	٣٩	٣٨	٣٩	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/١
٩	١٥	٤٦	٤٠	٣٩	٤٤	١١ صباحا	
٩	١٤	٤٨	٤١	٤٠	٤٦	١ ظهرا	
١٢	٢٠	٤١	٣٩	٣٨	٤٠	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/٥
١٠	١٨	٤٤	٤١	٣٩	٤٢	١١ صباحا	
١٠	١٨	٤٨	٤٢	٤٠	٤٦	١ ظهرا	
١١	٢١	٣٨	٣٨	٣٦	٣٦	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/١٠
١٠	١٩	٤٢	٣٩	٣٨	٤٠	١١ صباحا	
١٠	١٩	٤٣	٤٠	٣٩	٤١	١ ظهرا	
١٥	٢٥	٤١	٣٧	٣٦	٣٩	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/١٥
١٢	٢٢	٤٣	٣٩	٣٨	٤١	١١ صباحا	
١٠	٢٠	٤٦	٤٠	٣٩	٤٣	١ ظهرا	
٢٠	٣٠	٣٤	٣٧	٣٥	٣٢	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/٢٠
١٥	٢٥	٣٩	٣٩	٣٧	٣٦	١١ صباحا	
١٥	٢٥	٤٣	٤٠	٣٩	٤٠	١ ظهرا	
١٣	٢٣	٣٩	٣٩	٣٦	٣٧	٩ صباحا	٢٠١٤/٧/٢٥
١٠	٢٠	٤٤	٤٠	٣٨	٤٢	١١ صباحا	
١٠	١٨	٤٥	٤١	٣٩	٤٣	١ ظهرا	

الجدول (٣) يوضح قياس درجات الحرارة والرطوبة النسبية بعد وضع الكاسرة النباتية الستائرية الخضراء

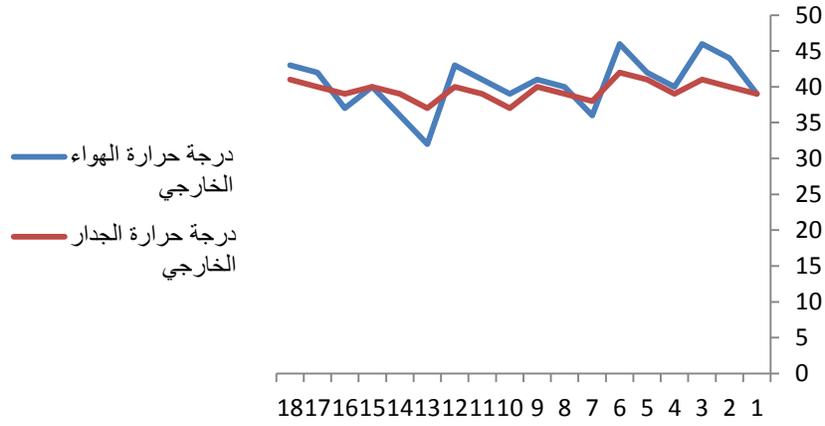
الرطوبة النسبية RH%		درجة الحرارة م°			درجة حرارة الهواء الخارجي م°	الوقت	التاريخ
رطوبة الجو داخل الغرفة	رطوبة الجو	محرار على الشباك من الخارج	محرار على الجدار قرب الشباك	محرار في وسط الغرفة			
١٨	٢٥	٣٥	٣٢	٣٠	٣٦	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/١
١٣	٢٠	٣٨	٣٤	٣٢	٤٠	١١ صباحا	
١١	١٨	٣٩	٣٧	٣٥	٤١	١ ظهرا	
٢٣	٣٠	٣٥	٣٤	٣٢	٣٧	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/٥
١٨	٢٥	٣٩	٣٦	٣٤	٤٠	١١ صباحا	
١٣	٢٠	٤٠	٣٨	٣٦	٤٢	١ ظهرا	
٢٣	٣٠	٣٦	٣٢	٣٠	٣٧	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/١٠
١٨	٢٥	٣٨	٣٣	٣١	٤٠	١١ صباحا	
١٣	١٩	٣٩	٣٦	٣٤	٤١	١ ظهرا	
١٠	١٦	٣٧	٣٧	٣٥	٣٩	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/١٥
١٠	١٣	٤٠	٣٩	٣٧	٤٢	١١ صباحا	
٦	٧	٤٥	٤٠	٣٨	٤٦	١ ظهرا	
١٩	٢٥	٣٦	٣٥	٣٣	٣٧	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/٢٠
١٥	٢٠	٣٩	٣٧	٣٥	٤٠	١١ صباحا	
٩	١١	٤٠	٤٠	٣٧	٤٢	١ ظهرا	
١٩	٢٥	٣٧	٣٦	٣٤	٣٩	٩ صباحا	٢٠١٤/٨/٢٥
١٥	١٩	٤٢	٣٩	٣٦	٤٤	١١ صباحا	
١٤	١٧	٤٤	٤١	٣٩	٤٦	١ ظهرا	



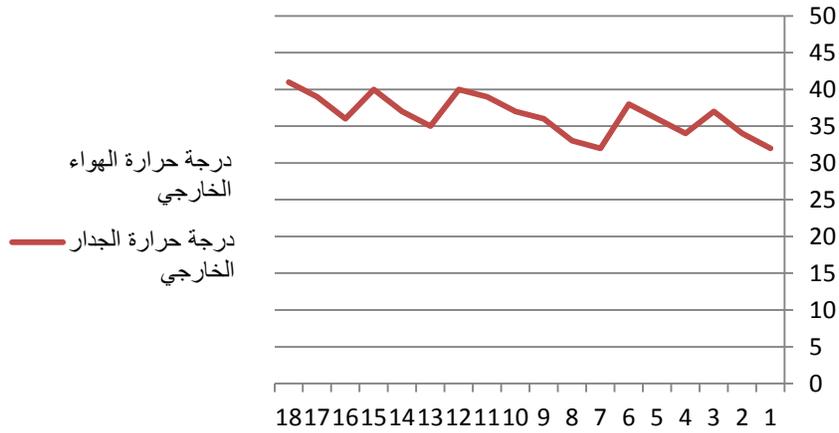
المخطط ٤-١ يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والغرفة في حالة عدم وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



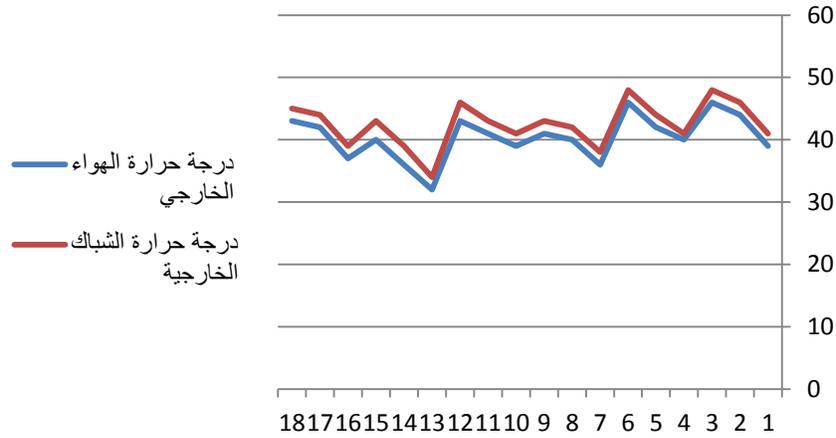
المخطط ٤-٢ يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والغرفة في حالة وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



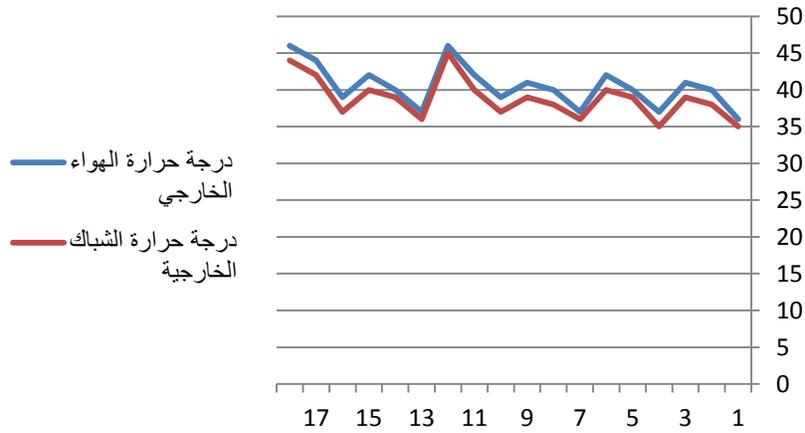
المخطط ٣-٤: يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والجدار الخارجي في حالة عدم وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



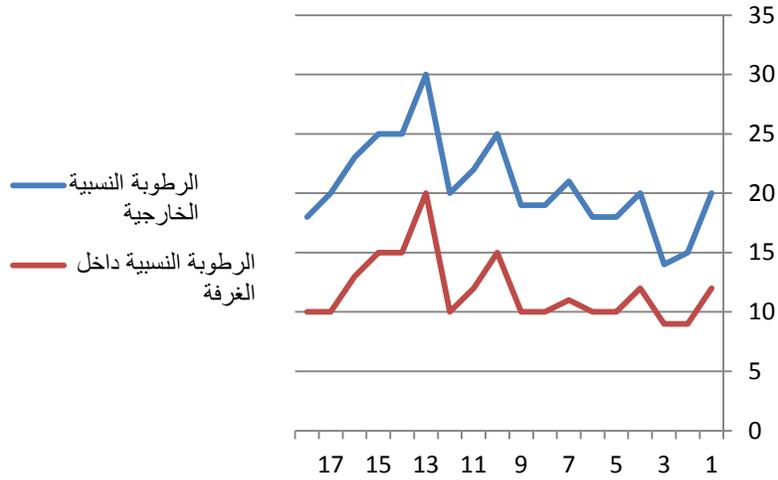
المخطط ٤-٤: يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والجدار الخارجي في حالة وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



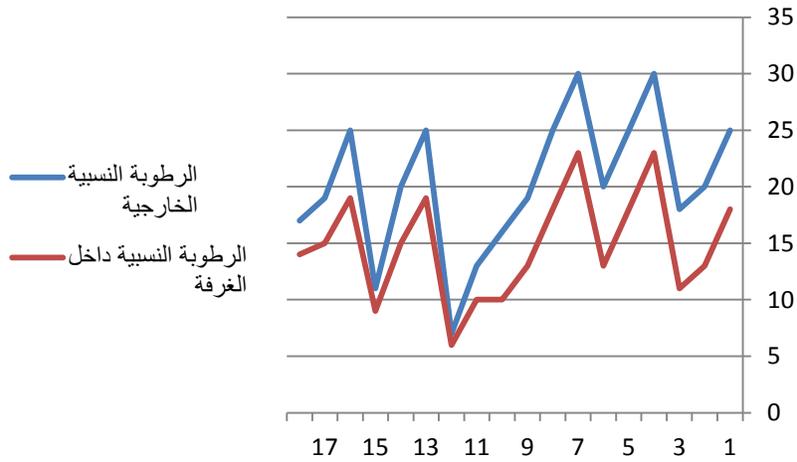
المخطط ٤-٥ يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والشبكات في حالة عدم وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



المخطط ٤-٦ يبين الفرق في درجات الحرارة في الهواء الخارجي والشبكات في حالة وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



المخطط ٧-٤ يبين الفرق في الرطوبة النسبية في الهواء الخارجي والغرفة في حالة عدم وجود الكاسرة الستائرية الخضراء



المخطط ٨-٤ يبين الفرق في الرطوبة النسبية في الهواء الخارجي والغرفة في حالة وجود الكاسرة الستائرية الخضراء

**٥- (الاستنتاجات )**

- ١ - اسهم وجود الكاسرة الستائرية الخضراء في تقليل درجات الحرارة للفضاء الداخلي في الموسم الصيفي في العراق وبمعدل فروقات يصل ما بين (٤-٦) درجات سيليزية داخل الغرفة نموذج الاختبار في حال عدم وجود الكاسرة.
- ٢ - تحسنت درجات الحرارة في حال وجود الكاسرة الستائرية الخضراء امام الشباك في الموسم الصيفي في العراق وبمعدل فروقات يصل ما بين (٢-٥) درجات سيليزية على الجدار الخارجي للغرفة نموذج الاختبار في حال عدم وجود الكاسرة.
- ٣ - تحسنت درجات الحرارة في حال وجود الكاسرة الستائرية الخضراء امام في الموسم الصيفي في العراق وبمعدل فروقات يصل ما بين (٢-٣) درجات سيليزية على الشباك الخارجي للغرفة نموذج الاختبار في حال عدم وجود الكاسرة.

- ٤ - قياسات الرطوبة النسبية للجو تزداد عن الرطوبة النسبية للغرفة في حالة عدم وجود الكاسرة وبمعدل ١٠%.
- ٥ - قياسات الرطوبة النسبية للجو تزداد عن الرطوبة النسبية للغرفة في حالة وجود الكاسرة وبمعدل يصل الى ٥%.
- ٦ - تحسنت الرطوبة النسبية داخل الغرفة بنسبة زيادة ٥% في حال وجود الكاسرة الستائرية الخضراء.

**٦- (التوصيات)**

يوصي البحث باعتماد الكاسرات النباتية الستائرية الخضراء التي بينت النتائج اهميتها في تحسين المؤشرات البيئية للفضاءات الداخلية مما يسهم في تحسين الاداء البيئي للمباني في العراق . مع امكانية اعتماد عدد من المقترحات التصميمية المتنوعة لشكل ونمط الكاسرة النباتية لتكون (افقية ، عمودية ، مركبة ومتحركة افقيا وعموديا او بزوايا متنوعة) وغيرها مما تجود به افكار المصمم الخلاقة.

### الملحق (١)



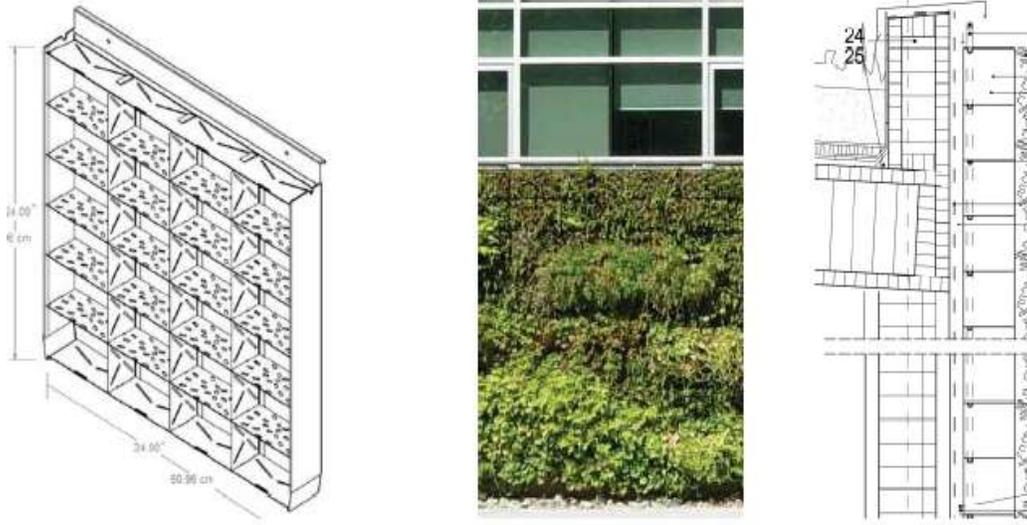
صورة توضح الجهاز المستخدم في البحث نوع TES THERMO-HYGRO-NDIR CO<sub>2</sub> METER ١٣٧ بريطاني المنشأ ، يقيس درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسبة غاز ثاني اوكسيد الكربون. (تصوير الباحثون)



صور توضح الكاسرة الخضراء وموقعها امام الشباك (تصوير الباحثون)

المصادر :-

١. Kao-Feng Yarn "Utilizing a Vertical Garden to Reduce Indoor Carbon Dioxide in an Indoor Environment" - ٢٠١٣
٢. M. Urrestarazu & S. Burés "Sustainable green walls in architecture" -٢٠١٢
٣. Dins Vecans "Green Roof and Green Wall to Environment", VIA University ٢٠١٢
٤. Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design-٢٠٠٨  
www.greenroofs.org
٥. www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/.../٠١١٠-BO-DEP٤٤٨٨.pdf
٦. Carpenter, Sidonie "a guide to green roofs, walls and facades" State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries,٢٠١٤,p٢٠-٢٤
٧. Ibid-٤-p٢٠.
٨. C.Y. Shaw, G.T. Tamura, "Air Ions and Human Comfort", National Research Council Canada, Institute for Research in Construction-p٥٩
٩. Thomas, Randall, "Environmental Design: An introduction for architects and engineers", Taylor & Francis Group, third edition, ٢٠٠٦.
١٠. المدونة العراقية في العزل الحراري ، ٢٠١٣
١١. Building and Construction Authority, Singapore, (٢٠٠٧).David Button & Brian pye, Glassing Building,١٩٩٤.p١٢٩
١٢. Norbert Lechner, "heating, cooling & lighting" design method for architect, Wiley,John & sons, new York Inc, second edition, ٢٠٠١.
١٣. Ibid-٦-p١٥
١٤. Ibid-٣-p٣٤
١٥. <https://www.facebook.com/Skyand٠,٥/photos/pcb.١١٩٣٥٩٩٠٢٣٩٩٢٢٠٧/١١٩٣٥٩٦٦٥٣٩٩٢٤٤٤/?type=٣&theater>



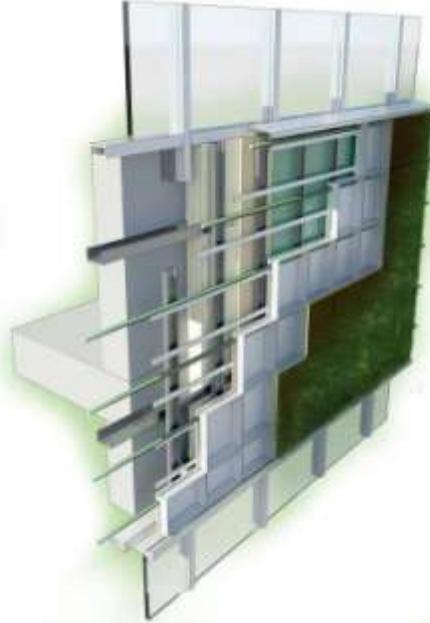
### القوالب النمطية



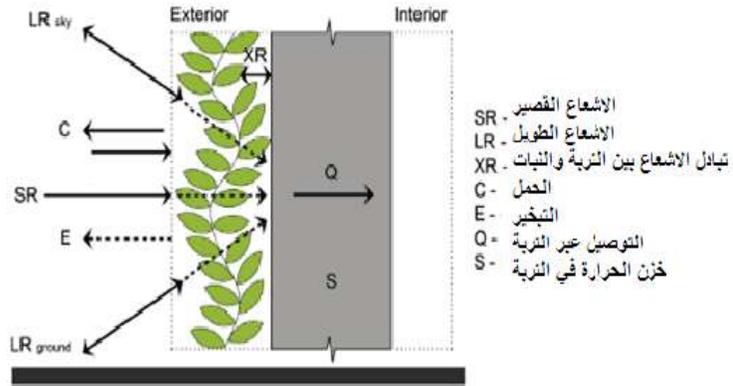
### المشبات المعدنية

الشكل (١) تقنيات السطوح الخضراء [٢،٣]

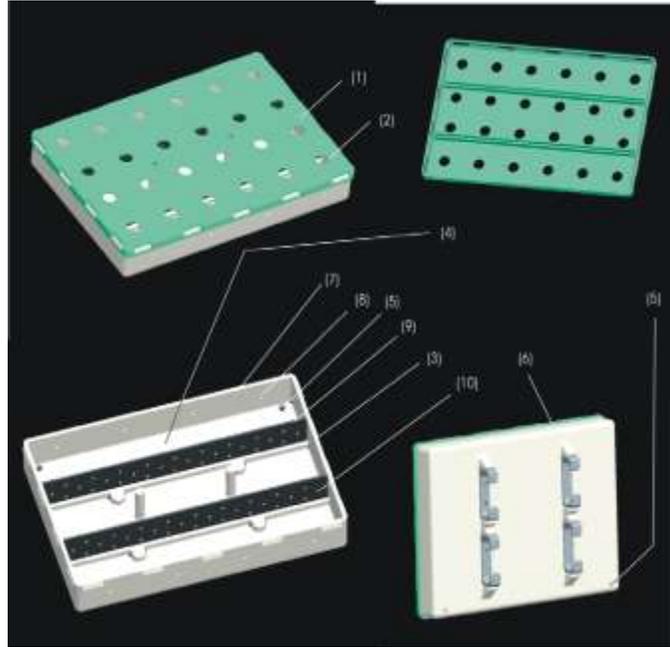




الشكل (٣) تشكيل قوالب السطح النباتي الاخضر العمودية [١٥]



الشكل (٤) طرق انتقال الحرارة بين البيئة الخارجية والسطح النباتي الاخضر العمودي بتصريف من المصدر [١٤]



الشكل (٥) تصميم الكاسرة النباتية السنائية الخضراء

## البدائل المستدامة للطاقة في وسائط النقل الحضري

م.م. اريج محي عبد الوهاب  
الجامعة المستنصرية - كلية الهندسة - قسم هندسة العمارة  
areejmuhy1976@yahoo.com

م. د. نبيل طه اسماعيل  
جامعة ديالى - كلية الهندسة - قسم هندسة العمارة  
nabiltaha2001@gmail.com

### Sustainable Alternatives for Energy in Urban Transport Modes

**Abstract:** The secure energy sources for the transport sector is particularly important, as this sector is the lifeblood city which connects different their parts, and has a role in the economic, social and urban development by achieving live the welfare and prosperity, transportation is one of the main pillars of the national economy and community development. But at the same time is the most fuel-efficient, where recent studies have shown that the transport sector consumption ratio of the total primary energy consumption worldwide will increase by about ٦١% by ٢٠٣٥ compared to what was being consumed in ٢٠٠٧, it is one of the main energy-consuming sector globally, and that the source sector energy President for this sector is fossil fuels, which is one of the impoverished and polluting energy sources, which lead to the emission of greenhouse gases, which it attributed to global warming.

The research aims to first definition of conventional energy used in transport and their negative effects industry types and then definition energies alternative and environmentally friendly universally used, and then deals with this research is particularly biofuels and how to use it in this sector, and mainly on extracted from bad dates fuels as a source local energy instead of imported primary energy sources as a result provided in abundance in Iraq and the possibility to take advantage of the poor and damaged species.

It reviews the research experience of the city (Almada) that have been used extracted bio-fuel from heavy water and turn it into fuel that can be used in vehicles where this study documents generated in the sewage treatment process biofuel case and highlight its importance in the context of the local strategy for climate change for the municipality of Almada. The main points of this experiment is that the biogas produced from the treatment plant is used in power generation, as electricity covers ٤٠% of the needs of the public utilities of any limits of ٥٥٠ megawatts per year. But environmentally, it reduces ٤٠% of greenhouse gases and represents ١٨٠ tons of (CO<sub>2</sub>), as well as reducing emissions from natural gas and electricity isolation, this procedure also reduces carbon dioxide amount equivalent emitted from the landfill sludge health landfill, as it is obtained methane is less efficient, and therefore the treatment

**المخلص:** يكتسب موضوع تأمين مصادر الطاقة لقطاع النقل أهمية خاصة، حيث يمثل هذا القطاع شريان المدينة الذي يربط اجزائها المختلفة، وله دوراً في التنمية الاقتصادية والاجتماعية والعمراية فيها عن طريق تحقيق العيش برفاهية ورخاء، ويعتبر النقل من الركائز الأساسية للاقتصاد الوطني والتطور المجتمعي. ولكنه في ذات الوقت يعتبر القطاع الأكثر استهلاكاً للوقود حيث أظهرت الدراسات الحديثة ان نسبة استهلاك قطاع النقل من اجمالي الطاقة الأولية المستهلكة عالمياً سيزداد بنحو ٦١ % بحلول عام ٢٠٣٥ مقارنة بما كان يتم استهلاكه في عام ٢٠٠٧ لذلك يعتبر من القطاعات الرئيسية المستهلكة للطاقة عالمياً، وان المصدر الرئيس للطاقة لهذا القطاع هو الوقود الاحفوري الذي يعتبر من مصادر الطاقة الناضبة والملوثة للبيئة والتي تؤدي الى انبعاث الغازات الدفينة التي يعزى اليها ظاهرة الاحتباس الحراري .

يهدف البحث الى التعريف أولاً بأنواع الطاقة التقليدية المستخدمة في قطاع النقل وتأثيراتها السلبية ومن ثم التعريف بالطاقات البديلة والصديقة للبيئة المستخدمة عالمياً، ومن ثم يتناول هذا البحث بشكل خاص الوقود الحيوي وكيفية استخدامه في هذا القطاع، وبشكل رئيس على الوقود المستخرج من التمور الرديئة حيث يعتبر مصدر محلي للطاقة بدلاً من مصادر طاقة أولية مستوردة نتيجة توفره بكثرة في العراق وإمكانية الاستفادة من الأنواع الرديئة والتالفة.

يستعرض البحث تجربة مدينة (المادا) التي استخدمت الوقود الحيوي المستخرج من المياه الثقيلة وتحويله الى وقود يمكن استخدامه في المركبات حيث توثق هذه الدراسة حالة الوقود الحيوي المتولد في عملية معالجة مياه الصرف الصحي وتبرز أهميته في إطار الاستراتيجية المحلية لتغيير المناخ لبلدية المادا. واهم ما جاء في هذه التجربة هو ان الغاز الحيوي المنتج من محطة المعالجة يستخدم في توليد الطاقة الكهربائية اذ يغطي ٤٠ % من احتياجات المرافق العامة أي بحدود ٥٥٠ ميكا واط بالسنة. اما بيئياً، فإنه يخفض ٤٠ % من الغازات الدفينة ويمثل ١٨٠ طن من (CO<sub>2</sub>)، فضلاً عن تقليل الانبعاثات الناجمة عن عزل الغاز الطبيعي والكهرباء، وهذا الاجراء يقلل ايضاً من كمية ثاني أكسيد الكربون المكافئ الذي ينبعث من طمر الحمأة بالطمر الصحي، اذ يكون الحصول على الميثان اقل كفاءة، وبالتالي تساهم محطة المعالجة في المادا باحتواء وتقليل انبعاثات الغازات الدفينة التي تنشأ بالمدينة، ويضمن انشاء محطة المعالجة في المادا معالجة إضافية ل ٢٤ % من مياه الصرف الصحي في المدينة نفسها بدون زيادة انبعاثات من قطاع النفايات، بسبب التصميم الذي ينص على نظام التوليد المشترك للطاقة لتحويل الغاز الحيوي الى طاقة حرارية وكهربائية يمكن استخدام الغاز الحيوي للتوليد المشترك من توفير تكاليف التشغيل عن طريق استبدال الغاز الطبيعي واستهلاك الكهرباء والتي بلغت ٥٥٣٢٢ يورو عام ٢٠١١، ومع زيادة التعرفة الجمركية والضرائب (من ٦% الى ٢٣%) بلغ توفير التكاليف ما لا يقل عن ٦٠ ألف يورو سنوياً

ولذلك فان استخراج الغاز الحيوي من مياه الصرف الصحي يمكن استخدامه في قطاع النقل محلياً، اذ يتميز العراق بوجود مياه الصرف الصحي بكثرة وان عمليات المعالجة تكون قليلة ولا يمكن الاستفادة منها في انتاج الغاز الحيوي.

**الكلمات المفتاحية:** وسائط النقل-الغاز الحيوي-مياه الصرف الصحي-بدائل الطاقة المستدامة

ذلك عام ١٨٨٨ استخدام العجلات المطاطية المنفوخة على يد الانجليزي جون دانلوب (سالم، ص ٢٤). وتعتبر الفترة من عام ١٩٢٠ حتى عام ١٩٧٠ (بل حتى نهاية القرن العشرين) هي عصر السيارات حيث قام خلالها النقل بواسطة الطرق البرية بدور أساسي خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية حتى أطلق البعض عليها أمة على عجلات، ففي عام ١٩٣٥ أصبح من الممكن الانتقال بالسيارة عبر البلاد وفي جميع الاتجاهات تقريبا.

في المناطق الحضرية التي ازادت النسبة السكانية فيها كثيرا تحول الناس فيها من النقل العام إلى استخدام السيارات الخاصة، حيث تضاعف عدد الرحلات بواسطة السيارة ثلاثة أضعاف ما كانت عليه، في حين تناقص عدد ركاب النقل العام حوالي ٣٨% منها ٧٨% فقدان في رحلات السكك الحديدية الناجمة عن التحول إلى استخدام الحافلات (كلاركسن، ص ١١٠-١١١).

تطورت صناعة السيارات بشكل كبير حتى غدت وسيلة النقل الخاصة والعام الأكثر استعمالا في العالم لنقل الركاب والبضائع، وبذلك أدخلت التحسينات الكثيرة على تصميم وإنشاء الطرق البرية بما يتوافق مع تطور السيارات وأوزانها وسرعاتها والحمولات التي تستطيع نقلها.

وبالرغم من الإحصائيات نجد أنه عند انتهاء الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٨ كان هناك ٥,٥ مليون سيارة في الولايات المتحدة فقط، وحتى نهايات القرن العشرين وصل العدد إلى ٩٣ مليون سيارة خاصة و١٨ مليون شاحنة، وأصبحت هناك شاحنات تتراوح حمولاتها بين ٨٠ - ١٥٠ طن (هاي، ص ٢٧).

## ٢- التصنيف العام لأنواع النقل ووسائل النقل الحضري

أولاً - التصنيف وفقا لمجال التشغيل: ويشتمل على أنواع ثلاثة هي:

- النقل الداخلي وهو الذي يكون ضمن نطاق الدولة.
- النقل الخارجي (الدولي) وهو النقل العابر بين الدول (خارج نطاق الدولة الواحدة).

- النقل الحضري وهو النقل داخل حدود المدينة.

ثانياً - التصنيف وفقا للمسار: ويشتمل على أنواع ثلاثة هي:

- النقل المائي (النهرى والبحري)
- النقل البري (طرق، سكة حديد، خطوط أنفاق، باصات، مركبات، أنابيب الخ)
- النقل الجوي والمشارك (طائرات، مطارات، طائرات جوية مائية)

ثالثاً - التصنيف حسب القوة المحركة: ويشتمل على أنواع ثلاثة هي:

- عضلي بشري (دراجة، عربة حمال) أو حيواني (العربة التي تجرها الحيوانات)

- قوى طبيعية: كالرياح (سفن شراعية) والتيارات المائية في الأنهار

- الطاقة (وقود، كهرباء)

رابعا - التصنيف حسب نوعية الخدمة: ويشتمل على نوعين:

- متخصصة: لنقل الركاب فقط أو البضائع فقط
- مشتركة: لنقل الركاب والبضائع معا، أو للنقل الجوي والبري معا.

خامسا: التصنيف حسب مستوى الخدمة: ويشتمل على نوعين:

- السرعة (عادي وسريع)
- انتظام الخدمة (دائمة، تحت الطلب)

سادسا: التصنيف حسب طبيعة وسيلة النقل:

يشتمل على نوعين هما (النقل العام والنقل الخاص) وهو التصنيف الذي يهتم به المتخصصين في مجال تخطيط النقل الحضري عموما لأن وسائل النقل العام والخاص تعتبر من العناصر المؤثرة بشكل كبير في عملية النقل بشكل عام وفي النقل الحضري أي النقل

plant contributes to Almada to contain and reduce the greenhouse gases that arise city's emissions, and ensures the establishment of the treatment plant in Almada additional treatment for ٢٤% of sewage in the same city water without increasing emissions from the waste sector, because of the design, which provides cogeneration system for converting biogas into electrical and thermal energy can be used for biogas co-generation to provide operating costs by natural gas and electricity consumption replace, which amounted to ٥٥.٣٢٢ euros in ٢٠١١, with the increase in the tariff and tax (from ٦% to ٢٣%) were providing cost at least ٦٠ thousand euros per year Therefore, the biogas extracted from waste water can be used in the transport sector locally, as it is characterized by the existence of Iraq's sewage treatment processes and frequently are few and cannot be utilized in the production of biogas.

## ١- نبذة تاريخية عن وسائل النقل

أ - النقل قبل القرن العشرين: اعتمد الإنسان منذ القدم على الوسائل البدائية في عملية النقل كالطاقة البشرية والرياح والحيوانات وقد استعمل البابليون القدماء العربيات ذات الأربع عجلات منذ عام ٣٠٠٠ ق م (حيث تم اكتشاف أول دولاب للعربة في العالم بمحافظة دير الزور السورية في موقع "ماري-تل الحريري" يعود للألف الثالث قبل الميلاد وهو أول دولاب في العالم) (المديرية العامة للأثار والمتاحف) كما أنشأ الرومان عام ٣٦٠ ق م شبكة طرق تربط بين أجزاء الامبراطورية، متمثلة بممرات للمشاة ومسارات للعربات التي تجرها الحيوانات.

وعلى صعيد النقل المائي فقد تطور فن الملاحة من الاعتماد على التيارات المائية والتجديف اليدوي إلى استعمال السفن الشراعية، وقد استعمل الصينيون القنوات والسدود منذ القرن الثامن الميلادي. وفي الولايات المتحدة أنشئت قناة إيري عام ١٨٢٥ لتربط مدينة نيويورك بمدينة تروي عن طريق نهر هدسون ومنها إلى مدينة بافالو ومناطق البحيرات في الوسط الغربي الأمريكي الذي ارتبط بذلك مع الأسواق والمصانع الكبرى في شمال الولايات المتحدة ووفرت وسيلة رخيصة لنقل المواد والسلع. وقناة السويس في مصر التي أنشئت أيضا عام ١٨٦٩ التي ربطت بين البحر الأحمر مع البحر الأبيض المتوسط والتي اعتبرت نقطة تحول في عالم النقل وحركة التجارة بين أوروبا والشرق، هذا بالإضافة إلى أن تطورت السفن الشراعية وتم استعمال المحرك البخاري في السفن في القرن التاسع عشر (هاي، ص ٢٤). وبعد اختراع المحرك البخاري وتطوره منذ عام ١٨١٤، فكان الأساس لإنشاء أول خط تجاري للسكك الحديدية في إنجلترا، فبدأت أول تجربة للنقل على السكك الحديدية في مقاطعة ويلز الجنوبية بإنجلترا.

ب - النقل في القرن العشرين: في القرن العشرين زاد انتشار السكك الحديدية وتطورت بشكل كبير ومما ساعد على استمراريتها استعمالها اختراع محرك الديزل والكهرباء حيث استعمل لأول مرة في ولاية نيو جيرسي عام ١٩٢٥ كما تم تشغيل أول نظام تحكم مركزي لحركة القطارات في ولاية اوهايو. وفي الدول العربية تم إنشاء أول خط للسكك الحديدية وهو خط الحجاز الذي يربط بين دمشق وعمان والمدينة المنورة (هاي، ص ٢٤-٢٩). أما بالنسبة للسيارات فقد كانت العربة البخارية الأولى للفرنسي نيقولا كوينو عام ١٧٦٩ وهي ذات ثلاث عجلات وقامت بقطع المسافة بين باريس وفانس بسرعة ٣ كم / ساعة، وفي عام ١٨٨٠ اختراع رينوار الفرنسي والألمانيين أوتو ولاجن المحركات ذات الاحتراق الداخلي، وفي عام ١٨٨٧ بدأ الألمانيين بنز وديلمر في استخدام البنزين كوقود للسيارات حيث رافق

والباحثون بابتكار نوع جديد من السيارات تعمل على الكهرباء فقط وذلك بالنسبة للسيارات الكهربائية أو بشكل أساسي على محركات الاحتراق الداخلي، بجانبه نظام كهربائي مساعد يدعم منظومة الدفع الأساسية، لتصير السيارة الواحدة تعمل بمنظومة دفع هجينة تجمع بين الكهرباء والوقود الأحفوري، والأهم من ذلك ارتفاع أثر ظاهرة الاحتباس الحراري التي دفعت العلماء والباحثين لمبحث عن حملات وأفكار جديدة تمنع زيادة استنزاف المنابع الأحفورية وحماية طبقة الأوزون من انبعاثات غاز CO<sub>2</sub> الضار وبالتالي تصبح هذه السيارات صديقة للبيئة.

وتتميز محركات هذه السيارات باعتمادها على كافة تقنيات وابتكارات خفض استهلاك الوقود تقريباً كأنظمة تغيير فتح وغلق الصمامات، ونظام (start/stop) لإيقاف المحرك أثناء الانتظار إضافة إلى بعض الأنظمة الأخرى الأكثر تطوراً.

هناك زيادة ملحوظة في أعداد السيارات الكهربائية والهجينة، وهي المركبات التي تستخدم الطاقة الكهربائية وأو الوقود. ولا تزال هذه السيارات تمثل نسبة أقل من ١% من جميع المركبات المستخدمة، بيد أنه في العام ٢٠١٥ ارتفعت أعداد المركبات القابلة لإعادة الشحن في السويد إلى ١٢ ألف مركبة. وتمثل ٤٢% من هذا العدد سيارات كهربائية و٥٨% سيارات هجينة تعتمد على الشحن من الشبكات الكهربائية. يعطي الجمع بين استخدام الكهرباء والوقود الحيوي مؤشرات واعدة، مع ابتكار حلول جديدة وتخفيض الأسعار، وهو ما يُعَدُّ الطريق أمام الحصول على نصيب أكبر في السوق (المعهد السويدي، ٢٠١٦، ص ٣).

تعتمد السيارات الكهربائية على المحرك الكهربائي مكان محرك البنزين أو الديزل، أما السيارات الهجينة فهي تعتمد على منظومة دفع متعددة المهام وتعتمد بشكل أساسي على محركها ذي الاحتراق الداخلي والذي يكون عادة ذا سعة صغيرة كي يخفض معدل الانبعاثات الضارة واستهلاك الوقود (الشكل ١).

داخل المدن بشكل خاص (سالم، ص ١٦-١٥). تصنف شبكة النقل الخاص إلى:

• **المركبة الخاصة (Private Car):** تتسع المركبات الخاصة من ٤ إلى ٧ ركاب. **ومركبة الاجرة (Taxi):** أما المركبات الأجرة (Taxi). **أما أنواع وسائل النقل العام:**

أ - الباص أو الحافلة أو الأوتوبيس على اختلاف تسميتها من بلد لآخر، وحسب تصنيفاته المتعددة من ميني باص أو الباص العادي أو الباص المفصلي.. الخ، ويمتاز بأنه لا يتطلب إنشاءات خاصة، وسعته العالية من ٦٠ - ١٠٠ راكب ويعتمد على الوقود الأحفوري بشكل عام مع اختلاف النوعيات بحسب الدول.

ب - التروولي باص: تنطبق معظم القواعد العامة لاستخدام الباصات العادية على التروولي باص إلا أنه يمتاز بأنه لا يحدث ضوضاء ولا يسبب تلوث للهواء أثناء مسيره نظراً لاعتماده على الطاقة الكهربائية، ولكنه لا يتمتع بالمرونة وهو أخذ بالانقراض خاصة في المدن المزدحمة.

ج - الترام: وهو عبارة عن خط سكك حديدية ذو اتساع من ١ - ١,٥ متر كما في الترام المستخدم بالإسكندرية والقاهرة، وسمي كذلك نسبة للمهندس ترام الذي أنشأ أول ترام في إنجلترا عام ١٨٥٠، وتطور استخدامه حتى أصبح من وسائل النقل الرئيسية داخل المدن لسنوات عديدة إلى أن بدأت غالبية المدن الكبرى بتحويله إلى مترو.

د - المترو: وهو عبارة عن خط سكك حديدية يعتمد على الطاقة الكهربائية وهو معزول تماماً عن المرور السطحي إما بواسطة ممرات علوية أو أنفاق خاصة في المنطقة المركزية من المنطقة الحضرية وسيتم الحديث عنه مع المونوريل والسكك الحديدية بتفصيل أكبر مع النقل السريع (سالم، ص ٢٢٠-٢٣٨).

ه - أنواع أخرى من وسائل النقل الحضرية: هناك أنواع كثيرة جداً من وسائل النقل لا يمكن حصرها كالدرجات الهوائية والدرجات التي تعمل بالمحركات أو الدرجات البخارية أو العربات التي تجر بالخيول أو درجات الأجرة التي تسع ١ إلى ٣ ركاب وكثيراً ما تشاهد مثل هذه الصور في بلدان جنوب شرق آسيا مثل فيتنام وتايلاند في أغلب مدنها.

أما الدرجات (Cycles) حيث شاعت هذه الوسيلة في بدايات وأواسط القرن الماضي وتشهد اهتماماً في أوقات الاحتقان لأسعار وأسواق النفط العالمية. إن فوائد الدرجات كثيرة منها أنها وسيلة اقتصادية، بسيطة، غير ملوثة أو مستهلكة للطاقة، ولا تحتاج إلى مجال كبير مقارنة بالسيارات الصغيرة أو الحافلات، ويمكن تخزينها بسهولة، وتستعمل للمسافات القصيرة نسبياً التي يكون فيها الوصول إلى نقاط انتظار الحافلة ووقت الانتظار والرحلة والوصول للهدف أكثر مما ينبغي (احمد، ٢٠٠٠، ص ٢٤). وكانت تستعمل بكثرة في بعض البلدان بعد الحرب العالمية الثانية وبعد زيادة أعداد السيارات إذ اشتراطوا وجود طرق خاصة للدرجات بين المشاة والسيارة.

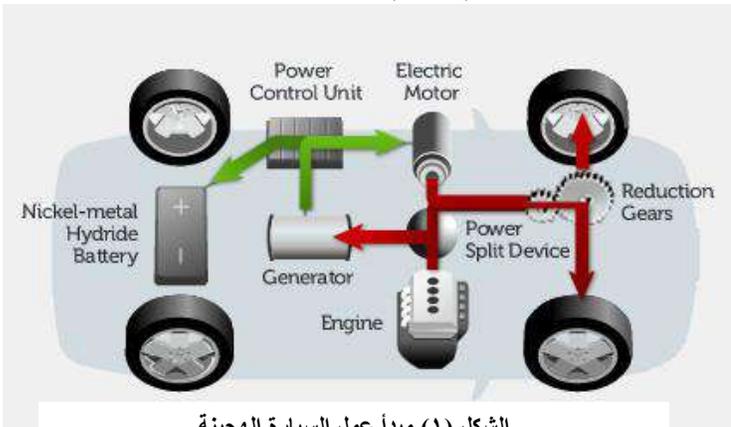
### ٣- الطاقات المستخدمة في وسائل النقل

أولاً: الطاقة التقليدية كل أنواع الطاقة المستخلصة من الوقود الأحفوري المستخدم في وسائل النقل (البرية - والبحرية -الجوية) ومنها البنزين والغاز وغيرها.

ثانياً: وسائل النقل المستدامة والتي تستخدم الطاقات النظيفة والمتجددة وتشمل:

#### ٣-١ السيارات الكهربائية والهجينة

احتاجت شركات السيارات إلى عملية انتقال سلسلة من عالم محركات الاحتراق الداخلي التي تعمل بالبنزين أو الديزل إلى المحركات الجديدة التي تعمل بالكهرباء أو كليهما، وباعتبار الكهرباء هي الخيار الأقوى من الوقود الأحفوري، بدأت شركات السيارات بمحاولة تقريب مستخدمي السيارات من فكرة استخدام الكهرباء في إدارة السيارات، لتعطي نفسياً فسحة من الوقت لتطوير تلك الأنظمة والعمل على اختبارها في بيئة عمل واقعية، حيث قام خبراء السيارات



الشكل (١) مبدأ عمل السيارة الهجينة

يعتبر الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة المستدامة، حيث يكون ثلاثة أرباع الكون ومن العناصر الأساسية في تركيب جزئ الماء في البحار والمحيطات التي تعتبر أحد أهم مصادر الطاقة في المستقبل. يعود استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة إلى أواخر القرن الثامن عشر، إلا أن استخدامه كمصدر رئيسي للطاقة بدأ منذ أوائل القرن العشرين، وذلك بعد إنتاجه بتحليل الماء إلى عنصري الأوكسجين والهيدروجين وتعتبر طريقة التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية من أنسب الطرق المستخدمة في الوقت الحاضر.

إن حرق الهيدروجين للحصول على طاقة حرارية لا ينتج عنه سوى الماء واستخدامه في مولدات الطاقة الكهربائية (خلايا الوقود) من أنظف وأكفأ الأنظمة المستخدمة في الوقت الحاضر، حيث يتأكسد الهيدروجين ويختزل الهواء أو الأوكسجين في هذه الخلايا بعد عزل كل منهما على أقطاب مسامية خاصة، وعند سريان الإلكترونات في

المنبعثة من احتراق البنزين أو الديزل النفطي في المحركات نفسها. فمثلاً يولد احتراق الديزل المصنوع من زيت نبات الجاتروفا \* خمس كمية ثاني أكسيد الكربون من احتراق الديزل الاحفوري وهذا يعني اختزال ٨٠ % من الأضرار التي يسببها الديزل النفطي للبيئة (الحسيني، ٢٠٠٩، ص ٥٦). علاوة على امكانية الحصول على الوقود الحيوي من التحليل الصناعي للمزروعات والفضلات وبقايا الحيوانات التي يمكن إعادة استخدامها، مثل القش والخشب والسماذ، وقش الأرز، والمجاري، وتحلل النفايات، ومخلفات الأغذية، التي يمكن تحويلها إلى الغاز الحيوي.

ويشكل إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل لوحدهما حوالي ٧٥ % من اجمالي الإنتاج العالمي للوقود الحيوي. ولا بد من التذكير هنا ان البرازيل كانت تنتج أكثر من ٥٧ % من الوقود الحيوي عام ٢٠٠١ الا انه ورغم تزايد إنتاجها ليصل ٤٧٧ ألف برميل في اليوم، الا ان مساهمتها انخفضت الى اقل من ٣٠ % في عام ٢٠٠٩، بعد ان كانت تنتج أكثر من ١٩٧ ألف برميل في عام ٢٠٠١ وتشكل أكثر ٥٧ % من الإنتاج العالمي للوقود الحيوي. بينما ازداد إنتاج الولايات المتحدة من ١١٥ ألف برميل في اليوم أي حوالي ثلث الإنتاج العالمي في عام ٢٠٠١، لتنتج أكثر من ٧٤٦ ألف برميل في اليوم في عام ٢٠٠٩ بما يعادل أكثر من ٤٥ % من الإنتاج العالمي للوقود الحيوي وبهذا تحتل المرتبة الأولى عالمياً بعد ان كانت البرازيل تحتل تلك المرتبة (محمد، ٢٠١٣، ص ٣٠).

ووضعت الولايات المتحدة الأمريكية عام ٢٠٠٧ خطة للحد من استخدام الوقود الاحفوري والاعتماد على الواردات النفطية واستخدام مصادر جديدة للطاقة منها الوقود الحيوي وزيادة انتاجها من الوقود الحيوي ليصل الى ٣٦ بليون غالون عام ٢٠٢٢ وهي تعتمد على الذرة كمصدر لهذا الوقود حيث سيتم تخصيص ٣٠ % من انتاج الذرة لهذا الغرض، بينما تعتمد دول الاتحاد الاوربي على الديزل الحيوي وتستورد زيت النخيل من ماليزيا واندونيسيا (براهيم، ٢٠١٣، ص ٥).

يتم تسخين الكتلة الحيوية بدرجة ٤٠٠ - ٦٠٠ درجة مئوية بغياب الاوكسجين لتبخير جزء من المواد، ويتم انتاج الوقود الحيوي عن طريق تكثيف جزء من الغازات التي شكلتها هذه العملية. ويستند الكربون الى جزئيات مكثفة، وتميل هذه الجزئيات للتطعيم الى جزئيات أصغر غير مكثفة إذا حافظت على درجة حرارة عالية. الغازات الناتجة عن طريق الانحلال الحراري يتم تبريدها وتكثيفها. يعظم الانحلال الحراري السريع من عائد الوقود الحيوي بنسبة ٦٠ - ٨٠ % والحفاظ على الجزئيات المتكونة المعقدة مقارنة بالانحلال الحراري البطيء (BIOCAP, ٢٠٠٨, p. ٢٦).

### ١-٣-٣ مصادر إنتاج الوقود الحيوي

تتوافر العديد من المواد النباتية يمكن استخدامها كمصادر لإنتاج الوقود الحيوي والذي يمكن استخدامه كبديل لطاقة الوقود الاحفوري دون الإضرار بالبيئة وكالاتي (١). (IEA, ٢٠٠٧, p. ١).

\* نبات الجاتروفا (jatropha curcas): تعد أمريكا الوسطى الموطن الأصلي لنبات الجاتروفا. ومنها انتشر عبر منطقة الكاريبي إلى العديد من المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية مثل الهند وافريقيا وأمريكا الشمالية. تنتج اشجار الجاتروفا الثمار خلال فصل الشتاء حيث لا وجود للأوراق وقد تشر الشجيرة الواحدة عدة مرات في السنة إذا كانت رطوبة التربة كافية ودرجة الحرارة عالية. نبات الجاتروفا تنتج الثمار غالباً بعد السنة الأولى والثانية. وبعد نبات الجاتروفا من المحاصيل المحتملة للجفاف حيث يمكن زراعته في الأراضي شبه مضمونة الأمطار أو حتى غير المضمونة، كذلك تنتشر زراعته في مديات واسعة من الظروف البيئية تمتد من المناطق الاستوائية إلى الجافة جداً مروراً بالمناطق الرطبة كما يمكن أن تنمو جيداً في المناطق ذات درجات الحرارة المعتدلة، ويمكن أن تحمل الانجماد الخفيف كما أن هناك تقارير تشير إلى تحمله للملوحة (المصدر: الحسيني، ٢٠٠٩، ص ٥٣-٥٧).

دائرة كهربائية خارجية يتم الحصول على طاقة كهربائية. يستخدم الهيدروجين في الأغراض المنزلية والصناعية ووسائل المواصلات كبديل للطاقة الأحفورية. كما يمكن تحويل طاقة الهيدروجين إلى طاقة حرارية واستخدامها في التسخين والتبريد في الأبنية وفي تخزين ونقل الطاقة (الزبيدي، ٢٠٠٦، ص ٩٨).

خلية الوقود هي عبارة عن وحدة كهرو- كيميائية تغذى بالهيدروجين، والتي تنتج كهرباء لتشغيل المحرك الكهربائي للسيارة الكهربائية. الميزة الأساسية لها إنه كفاءتها ضعف كفاءة محرك الاحتراق الداخلي في تحويل الطاقة إلى قدرة، وإنها تقوم بذلك بدون عملية احتراق. وان الانبعاث من العادم هو حرارة وبخار ماء فقط، بدون الغازات المكونة لظاهرة الصوبات الزجاجية. ويختلف نظام تخزين الهيدروجين بأشكال عدة:

- هيدروجين مسال
- خلايا تخزين الوقود
- غاز هيدروجين مضغوط تحت ضغط في حدود ٣٤٠ ضغط جوي وتحتاج سيارات المسيرة بالهيدروجين تصميم مختلف حتى يتناسب مع تعقيدات نظام تخزين والتعامل مع الهيدروجين بالسيارة.

### ٣-٣-٣ الوقود الحيوي (Bio fuel)

أدت العديد من العوامل مثل التغيرات المناخية وزيادة الطلب على الطاقة وارتفاع أسعار الطاقة وندرة مصادرها الى البحث عن اشكال أخرى بديلة لمصادر الطاقة المتجددة والنظيفة وصديقة للبيئة، وجاء الوقود الحيوي نتيجة لتدمج بين التطوير الريفي الزراعي والطاقة على مستوى العالم، ومن ثم أصبح الوقود الحيوي أحد اهم التطورات في العقود القليلة الماضية.

الوقود الحيوي هو وقود يستخلص من الكائنات الحية تسمى بالكتلة الحيوية او مشتقاتها الايضية، ويأتي الوقود في اشكال المادة الثلاثة: الصلبة والسائلة والغازية، ويتكون الوقود الحيوي اثناء عملية البناء الضوئي التي تمتص فيها النباتات ضوء الشمس وتستخدمه كمادة أولية لإنتاج الوقود الحيوي، ويستخدم في تلك العملية أنواع مختلفة من النباتات او المواد المشتقة منها لإنتاج الوقود الحيوي ومنها: الطحالب ونخيل الزيت وفول الصويا، الخشب ومشتقاته، النفايات المنزلية والصناعية والزراعية ومخلفات الغابات، محاصيل السكر، حبوب الكتان. ومن أشهر أنواع الوقود الحيوي واكثرهم استخداماً في وقتنا الحالي، الديزل الحيوي والإيثانول، اذ يستخدم في تشغيل المحركات والمركبات وتوليد الكهرباء داخل خلايا الوقود (مبارك، ٢٠١٥، ص ٣٣).

يسمى بالوقود النباتي او الزراعي، هو أحد مصادر الطاقة المتجددة ويصنع من النباتات الحية أو الاجزاء النباتية المحصودة حديثاً (الحبوب، والبيذور، والألياف السلولوزية في الكتلة الحية) والتي تتميز بكونها محاصيل عالية

المحتوى من السكريات والنشويات. ففي البرازيل يصنع من قصب السكر وفي الولايات المتحدة الأمريكية من الذرة. يُستمد الوقود الحيوي بشكلٍ مباشر أو غير مباشر من نواتج عملية التمثيل الضوئي (Photo-assimilates) حيث تنتج النباتات الخضراء بفضل عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis) تقريباً ٨٥٠ \* ١٠ ١٤ كيلو جول سنوياً، وبذا تعد مصدر متجدد للطاقة (Renewable energy source). ويعمل الوقود الحيوي على (براهيم، ٢٠١٣، ص ١).

- تقليل انبعاث الغازات الدفينة.
  - تقليل معدل استعمال الوقود الاحفوري الملوث للبيئة والأيل للنفاد.
  - زيادة الأمن الوطني للطاقة.
  - تحسين التنمية الريفية، وزيادة دخل المزارع، من خلال زيادة أسعار المنتجات الزراعية، وتحسين القيمة المضافة للمنتج.
  - تأمين مصدر وقود مستدام ومتجدد.
- يعد الوقود الحيوي من انواع الوقود الصديقة للبيئة لأن الغازات المنبعثة من احتراقه في محركات السيارات أقل من كمية الغازات

تستخدم الكتلة الحيوية الحديثة مواد صلبة وسائلة وغازية كقناعات للطاقة الثانوية لتوليد الحرارة والكهرباء، ووقود النقل لقطاعات متنوعة ووقود للمشاريع الصناعية. تشمل طاقة الكتلة الحيوية الحديثة أنواع الوقود الحيوي السائل: الإيثانول، والديزل الحيوي لوسائط النقل، وبعض الاستخدامات الصناعية.

### ٣-٢-٣ الوقود الحيوي السائل

يعتبر الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي أكثر أنواع الوقود الحيوي أهمية. ويجري حالياً تطوير تطبيقات الوقود الحيوي الاصطناعي (تحويل الكتلة الحيوية إلى سائل (BTL)) والزيوت النباتية والمواد المصدرة المناسبة للديزل الحيوي هي أجزاء النباتات التي تحتوي على كميات كبيرة من الزيت، مثل نبات اللفت والقنت وبذور نبات عباد الشمس ونوى البلح وفول الصويا والفول السوداني. بينما يتم إنتاج الإيثانول الحيوي من الكتلة الحيوية التي تحتوي على السكر والنشا. ويستخدم الوقود الحيوي بشكل أساسي في تطبيقات مركبات النقل. الوقود الحيوي، مثل الكتلة الحيوية الصلبة والغازية، متعادلاً غالباً مع ثاني أكسيد الكربون عند احتراقه، لذلك ليس له أية تأثير دخلي على الغلاف الجوي.

يعتبر الوقود الحيوي السائل هو مصدر الطاقة الوحيد من مصادر الطاقة المتجددة البديل للوقود الأحفوري لاستخدامه في كل المجالات حيث يمكن نقله وتخزينه واستخدامه بطرق متعددة، وهو مصدر نظيف ومتجدد علاوة على رخص تكلفته مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى (اواد، ٢٠٠٩، ص ٤٩). وتعتبر الطاقة بشكلها السائل سهلة النقل والتخزين مما يجعل الوقود الأخضر مصدراً واعداً لإنتاج الطاقة البديلة.

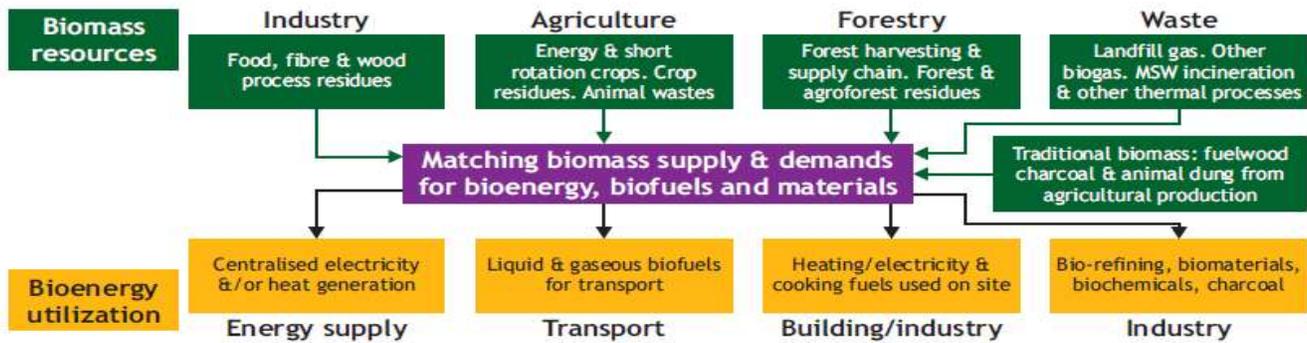
يشير عادة زرع المحاصيل لاستخدامها في إنتاج الطاقة ووقود للنقل. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام الذرة أو قصب السكر لصنع الإيثانول، في حين أن وقود الحيوي يمكن أن يصنع من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية. للوقود الحيوي العديد من المزايا، فحلاًفاً

١. الكتلة الحيوية من نباتات ومواد عضوية وبخاصة النباتات التي تنمو عشوائياً في الأراضي غير الصالحة للزراعة كالحلفاء والغاب، وأنواع خاصة من النباتات كالذرة والقصب والبرسيم، وكذلك النباتات التي تنمو بغزارة على سطح الماء والطحالب والأعشاب البحرية.

٢. استخلاص الوقود الحيوي من النباتات الزراعية كما يحدث في البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية، فالبرازيل تستخدم فائض محصول السكر لديها، وتستخدم الولايات المتحدة ما يفيض عن حاجتها من محصول الذرة غيرها من النباتات التي تحتوي على الزيوت في إنتاج الإيثانول.

٣. إنتاج الوقود الحيوي من المخلفات النباتية والحيوانية والزراعية التي تبقى في الحقول بعد جني المحاصيل، مثل أعواد القمح، وقش الأرز، وبقايا الذرة وغيرها. ويمكن استخدام تلك المخلفات في إنتاج نوع من الزيت يشبه زيت الديزل يمكن استخدامه بطريقة مباشرة وبكفاءة عالية وذلك بمزجه مع الديزل الأحفوري وبنسبة تصل ٥٠ % في محركات الاحتراق الداخلي دون إحداث تغيير في تلك المحركات.

٤. الكتلة الحيوية: تشمل وقود النقل السائلة والغازية المشتقة من مصادر الكتلة الحيوية، الميثانول والإيثانول واسترات الميثيل والنפט المتحلل حرارياً والمنتجات المتكررة ووقود الديزل الحيوي، من محاصيل الزيوت النباتية. أن أكبر مصدر لإنتاج الإيثانول من قصب السكر في برازيل، ومن الذرة في أمريكا، ويتم إنتاج وقود الديزل الحيوي من بذور اللفت في أوروبا. تستخدم بقايا المحاصيل الزراعية والخشب والأسمدة الحيوانية والنفايات العضوية الصناعية لتوليد الغاز الحيوي\*، كما يمكن تحويل الدهون الحيوانية إلى وقود الحيوي (Reilly, ٢٠٠٧, p. ٢). الوقود الناتج من الكتلة الحيوية يكون بشكل وقود صلب وسائل وغازي، تنتج من مجموعة من المواد العضوية مباشرة من النباتات أو بشكل غير مباشر من الصناعة والتجارة والمنزل والنفايات الزراعية والمنزلية والمنتجة من طرق متنوعة (R. Stucley, ٢٠٠٤, p. ٥) (الشكل ٢).



لغيرها من مصادر الطاقة المتجددة، يمكن أن تنتج المواد العضوية الوقود الذي يمكن خلطه مع البنزين لتزويد وسائل النقل البري بالطاقة (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠١٣، ص ٣٨).

تزايد الإنتاج العالمي من الوقود الحيوي السائل بنوعيه الإيثانول والديزل الحيوي من ٣٤٤ ألف برميل يومياً في عام ٢٠٠١ ليصل إلى أكثر من مليون وستة مائة وخمسة ثلاثون ألف برميل يومياً في عام ٢٠٠٩، أي ازداد إنتاج الوقود الحيوي السائل بنحو مليون وثلاثمائة برميل في اليوم خلال المدة المذكورة. وبذلك فقد تضاعف الإنتاج العالمي من الوقود الحيوي السائل بحوالي ٥ مرات خلال ثمانية أعوام فقط. وهذا يعكس توجه واضح وحقيقي نحو إنتاج الوقود الحيوي ولكن

\* الغاز الحيوي: ينتج الغاز الحيوي من التحلل اللاهوائي لنفايات النبات والحيوان، وهو وسيلة فعالة للحد من الانبعاثات والاستفادة من مصدر وقود جاهزة. يبني نظام غاز الميثان من نفايات بحوالي ٤٠٠ دولار، وينتج حوالي ١ قدم مكعب من الغاز من ١ رطل من روث البقر، البقرة الواحدة يمكن أن تنتج الطاقة ما يعادل ٥٠ غالون من البنزين في السنة (Mother Cow.org). ويتم إنتاجها عن طريق تخمير المواد القابلة للتحلل مثل روث الحيوانات أو النفايات النباتية. يستخدم الغاز الحيوي لتدفئة المنازل ووقود لمواقف الطبخ. إن التكنولوجيا اللازمة لإنتاج الغاز الحيوي بسيطة وطويلة الأمد ورخيصة، ويمكن نشرها بسهولة نسبية في المجتمعات الريفية الصغيرة لتحويل النفايات العضوية إلى مصدر وقود نظيف ومتجدد (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠١٣، ص ٣٧). في ستوكهولم ينتج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي ويستخدم لتشغيل سيارات الإسعاف.

المنبعثة من احتراق الديزل الحيوي معنوياً أقل من تلك المنبعثة من الديزل البترولي، ولكن كمية أكاسيد الأزوت (Nitrous Oxide) ( $N_2O$ ) المنبعثة من الديزل الحيوي أكبر وهذا النوع من الوقود أقل ضرراً على البيئة حيث ان احتمال تشكل السحب الدخانية (Smog) نتيجة استعمال الوقود الحيوي سيكون أقل بنحو ٥٠ %، لأن كمية المركبات الهيدروكربونية المنبعثة أقل تساعد عملية إضافة الإيثانول (Ethanol) إلى الغازولين (Gasoline) في تقليل انبعاثات غاز أول أكسيد الكربون، وتساعد في خفض نسبة المواد المسرطنة في الغازولين، مثل البنزين والتولوين (Toluene) والزايلين (Xylene)، حيث أدت عملية خلط الكحول الإيثانول مع الغازولين بنسبة ١٠ % فقط إلى خفض نسبة البنزين المسرطنة بنحو ٢٥ % بالمقارنة مع الغازولين، ولكن يحرر الإيثانول كمية أكبر من (Acetaldehyde) (ابراهيم، ٢٠١٣، ص ٢).

ينتج أما مزج الزيت النباتي أو الدهون الحيوانية بالكحول، أو من الزيت النباتي المباشر الذي ينتج من المحاصيل الزيتية أو زيوت الطهي بعد استعمالها في المطاعم أو المطابخ (فلو، ٢٠٠٨، ص ١٢).

- من اهم مميزات استخدام الديزل الحيوي هي:
- يقلل الاعتماد على المنتجات البترولية واستيراد البترول.
- يقلل التلوث وخاصة ثاني أكسيد الكربون فإن الوقود (B<sub>١٠٠</sub>) يقلل ثاني أكسيد الكربون في العادم بنسبة ٧٥% كما يخفض الوقود (B<sub>٢٠</sub>) ثاني أكسيد الكربون بنسبة ١٥%.
- يساهم في إعادة تدوير استخدام الشحوم والدهون النباتية والحيوانية.
- أكثر أماناً في الاستخدام والتعامل والتخزين حيث أن نقطة الوميض تكون عند ١٥٠ درجة مئوية بالمقارنة ب ٧٧ درجة مئوية للديزل البترولي (التقليدي).

وتحتل المانيا وفرنسا المرتبتين الاولى على التوالي ويساهمان معاً بإنتاج أكثر ٦٠ % من الديزل الحيوي عالمياً في عام ٢٠٠١، إلا أن مساهمتهما معاً انخفضت الى النصف لتصل ٣٠ % فقط من الإنتاج العالمي من الديزل الحيوي. في عام ٢٠٠٩ (محمد، ٢٠١٣، ص ٣٠).

### ٣-٢-٣-٢ الإيثانول الحيوي (Bioethanol)

الإيثانول وهو سائل كحولي شفاف، لا لون له، طعمه حلو نوع ما والمركز منه له طعم حارق وذو رائحة نفاذة. يُستخدم كمصدر للطاقة بديلاً عن البنزين، أو يُمزج مع البنزين بنسب مختلفة لأسباب عديدة أهمها تخفيف التلوث الناتج عن احتراق البنزين في محركات السيارات. ويتم إنتاجه في الغالب من النباتات ومخلفاتها خاصة النباتات التي تحتوي على كمية كبيرة من السكر والنشويات مثل قصب السكر والشمندر السكري والذرة والقمح وذلك عن طريق عملية التخمير (فلو، ٢٠٠٨، ص ١٠).

الإيثانول الحيوي ( $CH_2 CH_2 OH$ ) هو نوع من الهيدروكربونات المستخرجة من مصادر طبيعية بواسطة عمليات بيولوجية، وهو مركب عضوي طبيعي يتم استعماله كمصدر للطاقة، وهو من أهم الاكتشافات الحديثة في مجال الطاقة البديلة لتقليل الغازات السامة المتصاعدة من السيارات والمؤثرة على طبقة الأوزون والبيئة وتقليل ظاهرة الاحتباس الحراري (الشكل ٣). إن المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الإيثانول الحيوي هي مواد سكرية أو سلولوزية كالبنجر السكري وقصب السكر والذرة والفضلات الزراعية والتمور والجزء السلولوزية للنخلة، تجرى عليها سلسلة من العمليات الحيوية والتحلل المائي والتخمر عن طريق أنزيمات وأحياء مجهرية يتم تحول جزئية السكر إلى إيثانول، ولهذا السبب يطلق عليه الإيثانول الحيوي (ابراهيم، ٢٠١٣، ص ٥).

لازالت مساهمته لا تتجاوز ١ % من إجمالي استهلاك الوقود السائل المخصص للنقل (اواد، ٢٠٠٩، ص ١٥) (الجدول ١).

الجدول (١) الإنتاج العالمي للوقود الحيوي السائل

السنة	الديزل الحيوي		الإيثانول		الوقود الحيوي السائل	
	الكمية (ألف برميل/يوم)	النسبة %	الكمية (ألف برميل/يوم)	النسبة %	الكمية (ألف برميل/يوم)	النسبة %
٢٠٠١	٢١	٦,١	٣٢٣,٣	٩٣,٩	٣٤٤,٣	١٠٠
٢٠٠٢	٢٧,٥	٦,٧٨	٣٧٨,٤	٩٣,٢٢	٤٠٥,٩	١٠٠
٢٠٠٣	٣٥,٨	٧,١٤	٤٦٥,٧	٩٢,٨٦	٥٠١,٥	١٠٠
٢٠٠٤	٤٤,٣	٧,٩٦	٥١٢	٩٢,٠٤	٥٥٦,٣	١٠٠
٢٠٠٥	٧٧,٢	١١,٦٧	٥٨٤,٣	٨٨,٣٣	٦٦١,٥	١٠٠
٢٠٠٦	١٤٢	١٦,٦٣	٧١٢,٦	٨٣,٣٧	٨٥٤,٦	١٠٠
٢٠٠٧	٢٠٢,٩	١٨	٩٢٤,١	٨٢	١١٢٧	١٠٠
٢٠٠٨	٢٧١	١٨,١٩	١٢١٨,٩	٨١,٨١	١٤٨٩,٧	١٠٠
٢٠٠٩	٣٠٨,٢	١٨,٨٤	١٣٢٧,٣	٨١,١٦	١٦٣٥,٥	١٠٠

USA Energy Information Administration: International Energy Statistics

يشير الجدول (١) الى هيمنة إنتاج الإيثانول بوصفه وقود حيوي سائل على حساب الديزل الحيوي على الرغم من انخفاض مساهمته من قرابة ٩٤ % من إجمالي إنتاج الوقود الحيوي السائل في عام ٢٠٠١ ليصل ٨١ % في عام ٢٠٠٩. وذلك بسبب الاتجاه القوي لإنتاج الديزل الحيوي، فقد ازداد إنتاجه من ٢١ ألف برميل في اليوم في عام ٢٠٠١ ليصل أكثر من ٣٠٨ ألف برميل، بمعنى حقق إنتاج الديزل الحيوي زيادة قدرها قرابة ١٥٠٠ % (تضاعف حوالي ١٥ مرة) بين العامين المذكورين إنفاً، في حين لم يزداد إنتاج الإيثانول سوى ٤٠٠ % (أي تضاعف ٤ مرات فقط) لنفس المدة، أذ ازداد من ٣٢٣ ألف برميل في اليوم عام ٢٠٠١ ليصل مليون و ٣٢٧ ألف برميل في عام ٢٠٠٩.

يتم إنتاج الإيثانول الحيوي عن طريق تخمير السكر باستخدام الخمائر، يعقبها عملية تنقية. وعند استخدام الحبوب يتم تحويل النشا إنزيمياً إلى سكر. وينتج عن هذا منتج ثانوي يعرف بالحبوب الجافة القابلة للتقطير والذوبان (DDGS)، وتعتبر الحبوب الجافة القابلة للتقطير والذوبان التي يبلغ محتواها البروتيني ٣٠ % علف حيواني ذو قيمة تحتوي على نسبة كبيرة من البروتين. والمنتجات الثانوية الناتجة عن تصنيع الإيثانول الحيوي من بنجر السكر هي التجير ولب بنجر السكر، وتستخدم هذه المنتجات كعلف حيواني أو مخصبات. وينتج عن كل لتر من الإيثانول كيلو غرام من الحبوب الجافة القابلة للتقطير أو ٦٠٠ غم من الثقل ولب بنجر السكر.

### ٣-٢-٣-٣ الديزل الحيوي (Biodiesel)

نوع من الوقود الزراعي ويستخدم كوقود في وسائل النقل وكأحد مصادر الطاقة المتجددة يصنع من الزيوت والدهون النباتية وينتج في الدول الأوروبية ويمتاز بكونه أنظف بكثير من الديزل البترولي (Petroleum diesel) حيث ان كمية المواد المعلقة، والمركبات الهيدروكربونية، والكبريتات، والمواد السامة المسببة للسرطان

يمكن استخدام الايثانول عن طريق خلط الايثانول الحيوي مع وقود السيارات الاعتيادي بنسب تتراوح ٨٥,٥% وذلك حسب تشريعات الدول فمثلاً في البرازيل يستخدم حالياً بنسبة ٨٥-١٠٠% الايثانول الحيوي مع تحوير في محركات السيارات المستخدمة لهذا الوقود علماً ان الايثانول الحيوي يحتوي على ٤٧% من مركبات ETBE (Ethyl – territory-Buty-Ethel) هو الذي له دور في تقليل انبعاث ثاني اكسيد الكربون في الجو بنسبة أكثر من ٥٠% كما بدأت شركات السيارات تعمل على الوقود الحيوي كالشركات الأمريكية (فورد ، GM ، كرايزلر) وكذلك الشركات الألمانية (مرسيدس ، فوكس واجن ، اودي BMW) واليابانية مثل شركة هوندا، تويوتا وغيرها من الشركات الآسيوية والأوروبية .

تهيمن الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل وحدهما على أكثر من ٨٧% من إنتاج الايثانول عالمياً. تحتل البرازيل في عام ٢٠٠٠ المرتبة الأولى عالمياً بإنتاجها أكثر من ١٨٣ ألف برميل في اليوم، تليها ثانياً الولايات المتحدة الأمريكية بإنتاجها ١٠٥ ألف برميل يومياً بما يعادل أكثر ٦١% و ٣٥% على التوالي من الإنتاج العالمي للايثانول. ولكن منذ عام ٢٠٠٦ بدأت الولايات المتحدة تحتل المرتبة الأولى في إنتاج الايثانول ليصل إنتاجها أكثر من ٧١٣ ألف برميل في اليوم، أي أكثر من نصف الإنتاج العالمي للايثانول في عام ٢٠٠٩، ولتحتل البرازيل المرتبة الثانية ويواقع إنتاج قرابة ٤٥٠ ألف برميل في اليوم بما يعادل ثلث الإنتاج العالمي للعام المذكور انفاً (محمد، ٢٠١٣، ص ٣٠). ويبين الجدول (٣) ما يلي:

الجدول (٣) الإنتاج العالمي للإيثانول الحيوي

الدولة	كمية الإيثانول الحيوي المنتجة بليون غالون / سنة
الولايات المتحدة الأمريكية	٤,٨
البرازيل	٤,٤
الصين	١
الهند	٠,٥
فرنسا	٠,٢٥

إبراهيم، ٢٠١٣، ص ٥.

وهناك نمو سنوي يقدر بحوالي ١٥-٢٠% في إنتاج الايثانول الحيوي في أوروبا وآسيا وأمريكا وبناء مئات محطات توزيع الوقود الحيوي في مختلف البلدان.

#### ٣-٢-٣-١ إنتاج الإيثانول الحيوي من التمر

عصير التمر غني بالسكريات الأحادية والثنائية والأملاح والفيتامينات، وهذه تعد عناصر أساسية لنمو الأحياء الدقيقة، وبشكل خاص الخمائر التي تستعمل في إنتاج الإيثانول. وفي دراسة لإنتاج الإيثانول من التمر استعملت الخمائر التالية ( \_ Candida utilis Saccharomyces cerevisiae) وبطريقتين للتخمير هما الطريقة التقليدية وطريقة الخلايا المثبتة بعد تحديد الظروف المثلى للتخمير من حرارة و PH وتركيز المادة السكرية . أنجزت عملية التخمير باستعمال دوارق زجاجية مخروطية بسعة ٢٥٠ مل تحتوي على ١٠٠ مل من الوسط الغذائي تحت ظروف غير هوائية وعند درجة حرارة ٣٠ م ولمدة ٤٨ ساعة، وجمعت الخلايا بوساطة عملية الطرد المركز عند سرعة ٤٥٠٠ دورة/دقيقة ولمدة ١٥ دقيقة. ومن ثم التثبيت بوساطة عوامل من (Sodium alginate) وذلك بوضعه في أنبوب زجاجي بطول ٥٠ سم وقطر ٤ سم، وبلغت سرعة تدفق السائل ٦ مل / ساعة (إبراهيم، ٢٠١٣، ص ٧). وكانت نتائج إنتاجية خميرة (S. cerevisiae) ٨,٤ % إيثانول خلال ٣٦ ساعة، بينما كانت إنتاجية خميرة (C. utilis)



الشكل (٣) دورة إنتاج الوقود الحيوي وتأثيراتها على البيئة

<http://cellula۲.e-monsite.com/medias/files/bac۲svt۲.pdf>

ان محتوى الطاقة في وقود الإيثانول أقل منه في الغازولين، حيث ان البرميل الواحد من الإيثانول (يتسع ٤٢ غالون) ينتج طاقة حرارية مقدارها ٨٠ ألف وحدة حرارية بريطانية (BTU)، في حين تبلغ الطاقة التي ينتجها برميل الغازولين ١١٩ ألف وحدة حرارية بريطانية، وهذا يعني أن ٤٢ غالوناً من الإيثانول تعادل في طاقتها ٢٨ غالوناً من الغازولين العادي الخالي من الرصاص. ويتعبّر آخر، يمكن القول ان الآلية تستهلك كمية أكبر من الوقود الحيوي لتسير المسافة نفسها، أي لو أنك ملأت خزان سيارتك بوقود الغازولين الذي يحتوي على ١٥% من الإيثانول، لانخفضت المسافة التي تقطعها بنسبة ٣٣% (إبراهيم، ٢٠١٣، ص ٦).

فمثلاً عند استخدام ٥% من الايثانول الحيوي في وقود السيارات سيساعد على انخفاض اول اكسيد الكربون في الجو بحوالي ٣٠%. تعتمد كمية الإيثانول الناتج على نوعية المادة الأولية ونسبة السكريات فيها، وتمثل كمية الايثانول الحيوي المنتج من النباتات كما يلي (الجدول ٢):

الجدول (٢) كمية الايثانول الحيوي المنتج من النباتات

المادة الأولية	محتوى السكريات	كمية الايثانول الحيوي المنتج لتر لكل طن من المادة الأولية
قصب السكر	١٣%	٦٠ لتر
بنجر السكري	١٨%	١١٦ لتر
ذرة صفراء	نشاء	٣٧٥ لتر
التمور*	٦٥%	٢٨٠ لتر

إبراهيم، ٢٠١٣، ص ٧

\* الهكتار الواحد من النخيل ينتج ٦٣٠٠ لتر من الإيثانول الحيوي إضافة إلى الاستفادة من المخلفات الناتجة في تصنيع منتجات أخرى.

الكاربون. إن البكتريا اللاهوائية موجودة في الطبيعة تتحفز وتنشط في حال توفر الظروف الملائمة لعملها وهذه الظروف هي غياب الأوكسجين وتوفر الرطوبة وهذا ما يتم ملاحظته بعد عملية الطمر الصحي للنفايات في المكبات، إذ تتوفر الظروف الملائمة لهذه البكتريا وتقوم باستهلاك المواد العضوية وإنتاج الغاز الحيوي الذي ينبعث إلى الأجواء المحيطة ومن المعلوم إن هذه العملية تنتج أيضاً السماد العضوي (وزارة الصناعة والمعادن، ٢٠١٠، ص ٥٥٠٤).

يستخدم الغاز الحيوي في مجالات مختلفة في إنتاج الكهرباء وفي قطاع النقل إذ تعادل ١ م<sup>٣</sup> من الغاز الحيوي ٠,٧ لتر من البنزين (الشكل ٤).



الشكل (٤) مقدار الغاز الحيوي مع الطاقات الأخرى

<http://cellula2.e-monsite.com/medias/files/bac%svt-١.pdf>

#### ٤- تجربة إنتاج الغاز الحيوي من محطات معالجة مياه الصرف

##### الصحي في مدينة المادا (Almada) بالبرتغال

تبين تجربة مدينة المادا معالجة المياه الثقيلة لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه في مجالات الطاقة كافة ومنها قطاع النقل، فضلاً عن إعادة تدوير المياه واستخدامها في مجالات أخرى كسقي المزارع واستخدامها في الناפורات وغيرها، والحفاظ على التنوع البيولوجي في مصب نهر (Tagus). وتبرز أهمية المشروع في إطار الاستراتيجية المحلية لتغيير المناخ في بلدية المادا وتحسين البيئة الحضرية.

يستخدم عملية الهضم اللاهوائي على نحو متزايد في نظم معالجة مياه الصرف الصحي. والهدف الرئيس من هذه العملية هو تثبيت الحمأة (Sludge) الأولية والثانوية الناجمة عن المعالجة، في إنتاج واستخدام الغاز الحيوي. في العادة فإن الغاز الحيوي المنتج في هذه العملية يتم حرقه، في حين يمكن اعتبار ذلك طاقة مفيدة من قبل المنتج التي يمكن تسخيرها (ICLEL, ٢٠١٦, p. ١). نتاج هذه العملية هي إنتاج الغاز الحيوي، وهي شكل من أشكال الطاقة المتجددة، التي تتألف أساساً من الميثان (CH<sub>4</sub>) وثنائي أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) والتي يمكن استخدامها كوقود (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٤)، يمكن استخدامها كوقود في قطاع النقل.

يخدم المشروع ١٤٠ ألف نسمة، بقدرة معالجة تبلغ ٢٢٤٠٠ م<sup>٣</sup> في اليوم، وسعة تخزين الغاز الحيوي تبلغ ٤٠٠ م<sup>٣</sup>، وقدرة إنتاج الكهرباء ٥٠٠ كيلو واط، وتعمل على تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري إذ تخفض ٦٨٧ طن سنوياً من (CO<sub>2</sub>) (ICLEL, ٢٠١٦, p. ١).

#### ٤-١ استراتيجية إنتاج الغاز الحيوي في مدينة المادا

تتضمن الخطة الاستراتيجية لمدينة المادا المبادئ التوجيهية والإجراءات اللازمة لشبكات الصرف الصحي ومعالجة المياه، هي (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٣).

٦,٨ % كانت خميرة (S. cerevisiae) هي الأكفأ باستهلاك السكر وتحويله إلى إيثانول بكلا الطريقتين. ومن هذه التجربة يستدل على إمكانية استعمال عصير التمر لإنتاج الإيثانول الصناعي عند إجراء عملية التخمر (S. cerevisiae).

إن تبني إنتاج وقود حيوي صديق للبيئة والإنسان وضمن المواصفات الفنية القياسية الدولية هو أمر حيوي ومهم، ويحقق الآتي (إبراهيم، ٢٠١٣، ص ٨).

- إنتاج الإيثانول الحيوي من الثمر الرديئة وتمور الدرجة الثانية غير الصالحة للاستهلاك البشري وكذلك من مخلفات أشجار نخيل التمر الأخرى.
- استعمال الإيثانول الحيوي مع وقود المركبات الاعتيادي لتوفير بيئة نظيفة وتحقيق كلفة اقتصادية أقل.
- زيادة الكتلة الحيوية (نخيل التمر) لمكافحة التصحر وتحقيق الاكتفاء الذاتي.
- خلق بيئة نظيفة لأن استعمال الإيثانول الحيوي بنسبة ٥ % مع وقود السيارات يخفض من نسبة أول أكسيد الكربون في الجو بمقدار ٣ %.

#### ٣-٣-٣ الغاز الحيوي

هو الغاز الناتج من تحلل المواد العضوية في ظروف لا هوائية وتحدث بشكل طبيعي في اعماق البحيرات والتجمعات المائية واعماق التربة ومناطق طمر النفايات. من أهم مكونات الغاز الحيوي هو غاز الميثان (CH<sub>4</sub>) (الراوي، ٢٠١٣، ص ٦٧). ويعتبر الطمر الصحي مصدر الميثان والذي يمكن تسخيره لتوليد الطاقة، وهو يعوض عن الآثار البيئية لواقع الطمر الصحي المسبب لتلوث البيئة، والطمر الصحي هو مصدر كبير لغاز الميثان وغيرها من الغازات المتحللة من النفايات، هذه الغازات يمكن استخدامها في إنتاج الطاقة أو توفير الغاز لتدفئة المنازل والطبخ، وبالتالي تقلل من الطلب على الغاز الطبيعي، وتخفيض انبعاث الغازات والاحتباس الحراري، وتوفير الطاقة الكهربائية (Ida, ٢٠٠٩).

ينتج الغاز الحيوي من التحلل اللاهوائي لنفايات النبات والحيوان، وهو وسيلة فعالة للحد من الانبعاثات والاستفادة من مصدر وقود جاهزة. يبني نظام غاز الميثان من نفايات بحوالي ٤٠٠ دولار، وينتج حوالي ١ قدم مكعب من الغاز من ١ رطل من روث البقر، البقرة الواحدة يمكن أن تنتج الطاقة ما يعادل ٥٠ غالون من البنزين في السنة (Mother Cow.org). ويتم إنتاجها عن طريق تخمير المواد القابلة للتحلل مثل روث الحيوانات أو النفايات النباتية. يستخدم الغاز الحيوي لتدفئة المنازل وكوقود لمواقد الطبخ. إن التكنولوجيا اللازمة لإنتاج الغاز الحيوي بسيطة وطويلة الأمد ورخيصة، ويمكن نشرها بسهولة نسبية في المجتمعات الريفية الصغيرة لتحويل النفايات العضوية إلى مصدر وقود نظيف ومتجدد (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠١٣، ص ٣٧). في ستوكهولم ينتج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي ويستخدم لتشغيل سيارات الإسعاف.

يعتبر الميثان (CH<sub>4</sub>) وقود شائع ينطلق من الغاز الطبيعي والغاز الحيوي أو غاز الطمر الصحي، يتفاعل مع الأوكسجين على النحو التالي (C.R. ٢٠٠٤, p. ١).



يتم معالجة النفايات الحيوانية والنفايات العضوية البلدية عن طريق الهضم اللاهوائي لتكوين غاز يحتوي على الميثان، ويتم جمع الغاز بنظام الأنابيب ومن ثم حرقها في محرك لإنتاج الكهرباء، أو يمكن أن تستخدم في العمليات الصناعية لتحل محل الغاز الطبيعي، أو استخدامها لصنع الميثانول أو الهيدروجين (BIOCAP ٢٠٠٨, p. ١١).

إنشاء مصنع للغاز الحيوي يستند إلى مبدأ أساسي لتكنولوجيا الغاز الحيوي وهو الاستفادة من العمليات الحيوية الطبيعية في معالجة النفايات العضوية وإنتاج الطاقة بواسطة البكتريا اللاهوائية التي تتغذى على المواد العضوية وتنتج الغاز الحيوي الميثان + ثاني أكسيد

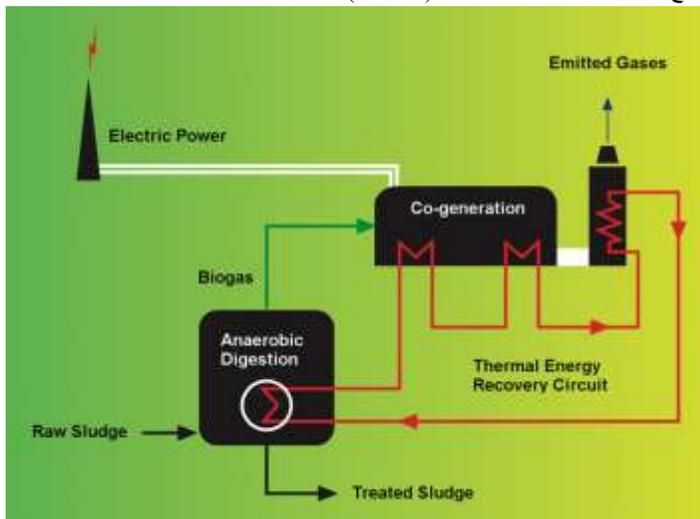
#### ٢-٤ الغاز الحيوي المنتج من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الماد

يعتبر الغاز الحيوي أحد مصادر الطاقة المتجددة عن طريق استخراجها من محطات المعالجة إذ تجمع بين توليد الطاقة وإعطاء تأثيرات إيجابية فورية على البيئة. ويرجع أهميتها كمصدر للطاقة بسبب كونها الرئيس هي الميثان، وهذا المركب لها قيمة حرارية عالية مما يجعلها أداة قيمة للغاية للتوليد المشترك للطاقة الحرارية والكهرباء. ويتكون الغاز الحيوي وفقاً لخصائص المياه الثقيلة وظروف التشغيل في عملية الهضم، ويتكون عادة من ٦٠ % ميثان و ٤٠ % ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى مثل النيتروجين ( $N_2$ ) وكبريتيد الهيدروجين ( $H_2S$ ) موجودة أيضاً في تكوين بكميات ضئيلة، وفي التحليل المختبري للغاز الحيوي المنتج من محطة المعالجة في الماد بلغت نسبة الميثان أكثر من ٦٥ % (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٥) (الشكل ٧).



الشكل (٧) مكونات الغاز الحيوي ومخرجاته (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٥)

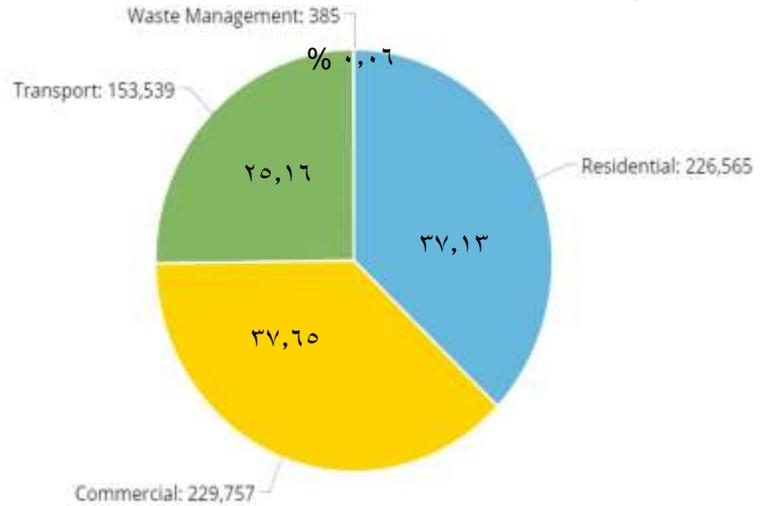
يتكون نظام التوليد المشترك في محطة معالجة المياه الثقيلة في الماد من وحدتي طاقة (محركات ومولدات) التي تتغذى على الغاز الحيوي المخزن في خزائين بسعة ٣٠٠ م³ لكل واحدة. تسمح وحدتي الطاقة (٢ \* ٢٥٠ كيلوواط) لتحويل حوالي ٣٣ % من الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي إلى كهرباء، ٦٠ % من هذه الطاقة يتم استردادها بشكل حرارة (بخار وماء حار) باستخدام المبادلات الحرارية للاستفادة من الطاقة الحرارية الموجودة في غازات العوادم ودوائر تبريد المحرك، والطاقة المفقودة في عملية التوليد المشترك تبلغ ٧ % فقط (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٥) (الشكل ٨).



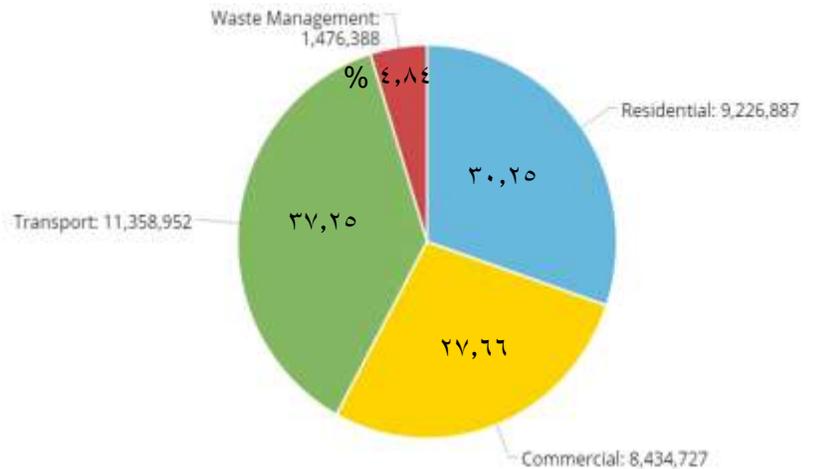
الشكل (٨) مكونات الغاز الحيوي ومخرجاته (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٥)

- منع التلوث وإدارة الأصول باستخدام التكنولوجيا لقياس ومراقبة كثيفة (بالتوازي مع إعادة تأهيل الصرف الصحي) لمعالجة عدم الترابط في شبكات الصرف الصحي وتسرب المياه الجوفية.
- الحد من التلوث عن طريق تطويع محطات معالجة مياه الصرف القديمة للوائح الحالية للاتحاد الأوروبي.
- تهيئة الحماية عن طريق استخراج الغاز الحيوي وإعادة استخدام الأراضي الزراعية.
- كفاءة استخدام الطاقة في محطات ضخ ومعالجة مياه الصرف الصحي.
- معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق التخطيط الفعال بعيد المدى.

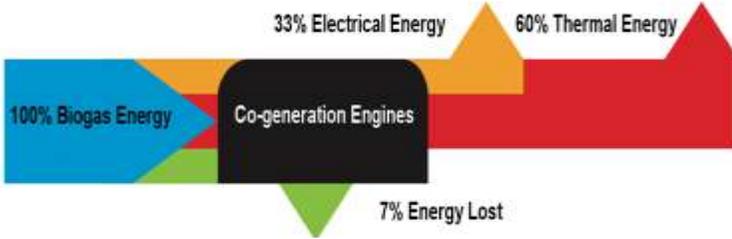
وتحدد خطة الماد الاستراتيجية أهدافاً محددة لنظام تصريف ومعالجة مياه الصرف الصحي داخل البلدية. وتتضمن الخطة أهدافاً لتطوير حلول الصرف الصحي الحضرية المستدامة، بما في ذلك الحصاد والإبقاء على مياه الأمطار (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٣).  
 إذ يستخدم قطاع النقل الطاقة بنسبة ٢٥,١٦ % من الاستخدام السنوي للطاقة في مدينة الماد (الشكل ٥). وتبين ان قطاع النقل الأكثر تلوثاً وتساهم بنسبة ٣٧,٢٥ % من مجموع الانبعاثات بالمدينة (الشكل ٦).



الشكل (٥) الاستخدام السنوي للطاقة عام ٢٠١٢ في مدينة الماد (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٤)



الشكل (٦) الانبعاث السنوي للكربون عام ٢٠١٢ في مدينة الماد حسب القطاعات (طن) (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٤)



الشكل (١٠) مخرجات واستخدام الغاز الحيوي في محطة المعالجة في المادا (ICLEL), ٢٠١٦, p. ٦

يمكن استخدام الغاز الحيوي للتوليد المشترك من توفير تكاليف التشغيل عن طريق استبدال الغاز الطبيعي واستهلاك الكهرباء والتي بلغت ٥٥٣٢٢ يورو عام ٢٠١١، ومع زيادة التعرف الجمركية والضرائب (من ٦% إلى ٢٣%) بلغ توفير التكاليف ما لا يقل عن ٦٠ ألف يورو سنوياً (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٨).

#### الاستنتاجات

١. يعتبر قطاع النقل الأكثر تلوثاً للبيئة نتيجة الوقود المستخدم في وسائل النقل المختلفة وهو الوقود الأحفوري بكافة أنواعه البنزين والغاز والغاز.
٢. التطور التاريخي للتنقل بدأت باستخدام وسائل النقل غير الآلية مثل الإنسان واستخدام الحيوانات لجر العربات ومن ثم بدأ التنقل لوسائل النقل الآلية واستخدام الوقود لتشغيل المحركات.
٣. مرحلة الانتقال والبحث عن البدائل للطاقة الأحفورية بدأت باستخدام الكهرباء وإنتاج السيارات الهجينة واستخدام الطاقة الشمسية وغيرها لكن تتعدى سوى تجارب لم تلقى مداها الواسع.
٤. من أهم مصادر الوقود الحيوي هي النباتات ومخلفاتها والنفايات الصلبة والسائلة المنزلية والصناعية وغيرها.
٥. يقسم الوقود الحيوي إلى سائل مثل الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي فضلاً عن الوقود الحيوي الغازي المتمثل بالغاز الحيوي.
٦. للوقود الحيوي تأثيرات إيجابية على الجوانب البيئية بتقليل الانبعاثات الملوثة فضلاً عن التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية في المدينة.
٧. يعتبر النفايات الصلبة والسائلة المصدر الرئيس لإنتاج الغاز الحيوي.
٨. تبين تجربة مدينة المادا البرتغالية أهمية استخدام مياه الصرف الصحي في إنتاج الغاز الحيوي فضلاً عن إنتاج الكهرباء والحرارة باستخدام الغاز الحيوي.

#### التوصيات

١. ضرورة انشاء مصنع لإنتاج الإيثانول والوقود الحيوي السائل من المنتجات الزراعية وخصوصاً التمر والذي يتميز بكثرته في العراق.
٢. إضافة وحدات معالجة المياه الصرف الصحي لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه مباشرة في وسائل النقل المختلفة، خصوصاً عدم معالجة المياه الصرف الصحي لأغراض مختلفة منها إعادة تدوير المياه وإنتاج الغاز الحيوي.
٣. تشجيع وسائل النقل العام استخدام الوقود المستدام وغير الملوث للبيئة عن طريق تطبيق برنامج خاص باستخدام النقل العام بوقود صديق للبيئة.
٤. تشجيع الفلاحين على زراعة المنتجات الخاصة بإنتاج الوقود الحيوي كالذرة والتمور وغيرها واستلام المنتجات عن طريق خطة زراعية خاصة بالوزارة.
٥. تبني وزارة الصناعة والمعادن ووزارة التجارة مشروع السيارة الهيدروجينية المقدمة من وزارة العلوم والتكنولوجيا وإنتاج سيارات محلية تعمل بالهيدروجين.

#### ٤-٣ عملية معالجة مياه الصرف الصحي في المادا

تستلم محطة المعالجة يومياً كمعدل ٩٥٠٠ م<sup>٣</sup> (٣٤٦٧٥٠٠ م<sup>٣</sup>/ سنوياً)، وتشمل المعالجة حالة مياه الصرف الصحي الصلبة والسائلة. تبدأ معالجة الحالة السائلة مع المرحلة الأولى بتصفية مياه الصرف الصحي، تليها المعالجة الفيزيائية - الكيميائية المتقدم (المعالجة الأولية). ويتبع ذلك المعالجة البيولوجية (المعالجة الثانوية) للمخلفات السائلة عن طريق المرشحات البيولوجية (Biofilters)، وتعمق المياه المستصلحة بأشعة فوق البنفسجية، ويتم تفريغها بالنهر عند المصب والذي يقع بعمق ٢٥ م و ١٥٠ م من ضفة نهر (Tagus). أما مرحلة معالجة مياه الصرف الصحي الصلب فتزداد سماكة الحمأة الناتجة عن المعالجة الأولية والثانوية من مياه الصرف الصحي عن طريق الجاذبية، في الخطوة التالية، تخضع الحمأة السمكة لعملية الهضم بنظام (Mesophilic) (بدرجة حرارة ٣٥ مئوية) باستخدام الحرارة المتولدة عن طريق محركات التوليد المشترك (cogeneration) للحفاظ على عملية التشغيل الذي يزيد من تولد الميثان. يتم تجفيف الحمأة المهضوم بواسطة الطرد المركزي، ومن ثم تخزين بالمستودعات وتستخدم في الزراعة. محطة المعالجة ذات تكنولوجيا متقدمة وفعالة بيئياً، إذ تحقق كفاءة معالجة عالية (إزالة المواد العضوية لاكثر من ٩٦%) وتنتج الغاز الحيوي، استخدام الحمأة كإسمدة عضوية، وإعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالج لغسل وسقي المساحات الخضراء (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٦) (الشكل ٩).



الشكل (٩) المعالجة الأولية للحمأة في محطة المعالجة في المادا (ICLEL), ٢٠١٦, p. ٦

يحمل الغاز الحيوي المنتج من محطة المعالجة على توليد الكهرباء وتغطي ٤٠% من احتياجات المرافق العامة أي حدود ٥٥٠ ميكاواط بالسنة. أما بيئياً، فأنها تخفض ٤٠% من الغازات الدفيئة وتمثل ١٨٠ طن من (CO<sub>2</sub>)، فضلاً عن تقليل الانبعاثات الناجمة عن عزل الغاز الطبيعي والكهرباء، وهذا الإجراء يقلل أيضاً من كمية ثاني أكسيد الكربون المكافئ الذي ينبعث من طمر الحمأة بالطمر الصحي، إذ يكون الحصول على الميثان أقل كفاءة، وبالتالي تساهم محطة المعالجة في المادا باحتواء وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة التي تنتج بالمدينة، ويضمن انشاء محطة المعالجة في المادا معالجة إضافية لـ ٢٤% من مياه الصرف الصحي في مدينة المادا بدون زيادة انبعاثات من قطاع النفايات، بسبب التصميم الذي ينص على نظام التوليد المشترك للطاقة لتحويل الغاز الحيوي إلى طاقة حرارية وكهربائية (ICLEL, ٢٠١٦, p. ٦) (الشكل ١٠).

## المصادر

١٧. (ICLEL) Local Government for Sustainability **(Recovering Energy from Biogas Produced in Wastewater Treatment Plants)** ICLEI Case Study - No. ١٨٩, Bonn, Germany, ٢٠١٦.
١٨. BIOCAP Canada Foundation **(An Information Guide on Pursuing Biomass Energy Opportunities and Technologies in British Columbia)** British Columbians (BC) Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, ٢٠٠٨.
١٩. C.R. Stucley and other **(Biomass energy production in Australia: Status, costs and opportunities for major technologies)** Rural Industries Research and Development Corporation, Publication No. ٠٤/٠٣١, Australia, ٢٠٠٤.
٢٠. Ida Karlsson, **(Environment: Swedes Going Green in Emergency)** Inter Press Service (IPS), July ٢٨, ٢٠٠٩. <http://www.ipsnews.net/news.asp?idnews=٤٧٨٤٤>.
٢١. IEA, International Energy Agency **(Energy Technology Essentials Biofuel Production)** ٢٠٠٧.
٢٢. Mother Cow.org, **(Gobar Gas Methane Experiments in India)** <http://www.mothercow.org/oxen/gobar-gas-methane.html>.
٢٣. R. Stucley and other **(Biomass energy production in Australia: Status, costs and opportunities for major technologies)** Rural Industries Research and Development Corporation, Publication No. ٠٤/٠٣١, Australia, ٢٠٠٤.
٢٤. Reilly, John & Paltsev, Sergey **(Biomass Energy and Competition for Land)** Report no. ١٤٥, Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Massachusetts Institute of Technology, England, ٢٠٠٧.
١. إبراهيم، عبد الباسط عودة (التمور مصدر بديل لإنتاج الوقود الحيوي (الوقود النباتي)) ٢٠١٣. [http://www.iraqi-datepalms.net/Uploaded/file/Bio%20fuel%20\\_Basi%20.pdf](http://www.iraqi-datepalms.net/Uploaded/file/Bio%20fuel%20_Basi%20.pdf).
٢. احمد، مهند فاضل (التراتب الهرمي للطرق والتنظيم المكاني) ٢٠٠٠.
٣. اواد، المنظمة العربية للتنمية الزراعية (دراسة تحليلية تقييمية لأثار استخدام المحاصيل الزراعية في إنتاج الوقود الحيوي) الخرطوم، السودان، ٢٠٠٩.
٤. برنامج الامم المتحدة الانمائي (UNDP) & برلمان المناخ (الدليل الارشادي للبرلمانيين من اجل الطاقة المتجددة) ٢٠١٣.
٥. الحسيني، زينب عبد الجبار (نبات الجارتر وفا كمصدر للوقود الحيوي) مجلة التنمية الزراعية في الوطن العربي، العدد الاول والثاني، بغداد، العراق، ٢٠٠٩.
٦. الراوي، اريج خيرى عثمان (تقدير كمية الغاز الحيوي المنبعث من مناطق الطمر الصحي في المدينة العراقية) مجلة المخطط والتنمية، العدد ٢٧، مركز التخطيط الحضري والإقليمي، جامعة بغداد، ٢٠١٣.
٧. الزبيدي، مها صباح سلمان (الاستدامة البيئية في تشكيل التجمعات الإسكانية في العراق) أطروحة دكتوراه، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة بغداد، ٢٠٠٦.
٨. سالم، محمد توفيق (هندسة النقل والمرور).
٩. فاو، منظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة (الوقود الحيوي الافاق والمخاطر والفرص) التقرير السنوي حالة الاغذية والزراعة ٢٠٠٨، نيويورك، الولايات المتحدة الامريكية، ٢٠٠٨.
١٠. كلاركسن هـ. اولسبي (هندسة الطرق) ترجمة د. علي سليمان حزين وآخرين.
١١. مبارك، فاطمة (توفير الوقود الحيوي المستدام ومزاياه وعقبات استخدامه) مجلة بيئة المدينة، مركز البيئة للمدن العربية، العدد ١٢، ٢٠١٥.
١٢. محمد، عقيل عبد & جعفر، محمد راضي (الوقود الحيوي السائل بديل النفط مع إشارة الى دولة الامارات العربية المتحدة) مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد ٩، الإصدار ٢٩، جامعة الكوفة، ٢٠١٣.
١٣. المديرية العامة للآثار والمتاحف، وزارة الثقافة في الجمهورية العربية السورية.
١٤. المعهد السويدي (توليد الطاقة من أجل مستقبل مستدام) ٢٠١٦. [http://sharingsweden.se/wp-content/uploads/٢٠١٥/٠٦/Energy\\_Arabic\\_low\\_res.pdf](http://sharingsweden.se/wp-content/uploads/٢٠١٥/٠٦/Energy_Arabic_low_res.pdf).
١٥. هاي، وليام و. (مقدمة في هندسة النقل) ترجمة د. سعيد عبد الرحمن القاضي د. أنيس عبد الله.
١٦. وزارة الصناعة والمعادن العراقية، شركة الفارس العامة (مشروع تدوير النفايات) تقرير ١ معد لأمانة بغداد، ٢٠١٠.

## نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة و أثرها في العمارة

أ.م.د. يونس محمود محمد سليم / المهندس / محمد سلمان داود

الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة / الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة

### المخلص :

لم يلتفت العالم الى اهمية استدامة الحياة بهذا الكوكب الا بعد ان صدر كتاب " الربيع الصامت " لريتشارد كارلسون ١٩٦٢ الذي ذكرت فيه ان التلوث البيئي ادى الى اختفاء العديد من انواع الطيور وعبرت عن خوفها بقدم ربيع بلا اصوات الطيور. و كانت نتيجة هذا الكتاب التفات العالم الى هذه المشكلة و عقدت عدة مؤتمرات بيئية عالمية نتج عنها ظهور اول تعريف لمفهوم التنمية المستدامة في عام ١٩٨٧ في تقرير بورتلاند تحت عنوان "مستقبلنا المشترك". حاولت هذه المؤتمرات لفت انظار العالم لاهمية الاستدامة وشكلت نقاط تحول مهمة في الخط الزمني للاستدامة و كان نتيجة هذه المؤتمرات العديد من الانعكاسات على القطاعات المختلفة . و ان احد اكبر القطاعات المسببة للتلوث بالعالم هو قطاع العمارة مما جعل الاستدامة في العمارة محط انظار العالم . و بالتالي كانت هناك انعكاسات على العمارة .

. ونتيجة لمشكلة "عدم وضوح الدراسات التي تربط نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة و اثره على العمارة " وبذلك اصبح هدف البحث " تحديد انعكاسات نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة على العمارة " و لتحقيق هدف البحث تمت دراسة نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة ومن ثم البحث عن انعكاساتها بالعمارة و لذا ستكون فرضية البحث "وجود مراحل مختلفة بالخط الزمني للاستدامة و لهذه المراحل انعكاسات مختلفة على العمارة " و للتحقق من صحة الفرضية سيتم تقسيم المدة من صدور كتاب الربيع الصامت و الى مؤتمر باريس ٢٠١٦ باعتبارها اخر مؤتمر عقد في الاستدامة الى فترات بحسب نقاط التحول او النقطات في الاستدامة البيئية ومن ثم تحديد اثر كل فترة في العمارة .

توصل البحث الى وجود ارتباط واضح بين العمارة و النقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة كانت نقاط التحول من خلال المؤتمرات العالمية هي التي تقود عملية التغيير لكن ظهرت بعض النماذج المعمارية التي سبقت المؤتمرات عالمياً . ووجود تطبيق للسياسة البيئية للبلد على ضوء الاتفاقات العالمية يجعل عملية التطوير متزامنة بين المؤتمرات و العمارة و بنفس الوقت مجدية اقتصادياً .

( الكلمات المرشدة: الخط الزمني للاستدامة ، الاستدامة البيئية ، التنمية المستدامة ، المؤتمرات البيئية العالمية ، العمارة المستدامة )

## The Milestone in the Sustainability Timeline and its Reflection on Architecture

Dr.Younis Mahmood M.

Saleem

University of Technology/

Department of Architecture

Mohammad S. Dawood

University of Technology/

Department of Architecture

### Abstract:

The concept of sustainability appear along time ago , but it become more important few ages ago , and in this time a great development happened to our understand to this concept . this development is clearly appears in the goals of global conferences which held in the past few decades.In this time we could study the development of this concept and look for the milestone in the sustainable timeline and it's reflections on architecture. so this research is allocated to study the conference and sustainable concepts from release the "Silent Spring" book by Rachel Carson in ١٩٦٢ to this day with allocate the change in concept in every stage of it's development .

So the research problem will be "there is no research link between the milestone in sustainable timeline and the in Architecture "so the goal of this research will be allocate the reflection of the sustainable timeline in Architecture. and to achieve this goal we should explore the thought of global conferences and the organization and the agreements so the assumption of this research will be "there is a deferent milestone of sustainable timeline that effect differently in Architectural "and to exam this assumption the research will match the change in sustainable timeline with the new concepts appears in the time.

(Keywords: global conference, sustainability, architecture, sustainable architecture)

#### ١-المقدمة :

تناول هذا البحث نقاط التحول في الخط الزمني للاستدامة بصفته احد العوامل المهمة و المؤثرة في العمارة الخضراء . و تبرز اهمية هذا البحث في الوقت الحالي بسبب تعدد انعكاسات الاستدامة في العمارة على المستوى التطبيقي ، فكان سبباً لاجراء هذا البحث لاجل تحديد ماهية تأثير نقاط التحول في الخط الزمني للاستدامة ، ومن ثم تقسيم فترات التحول في الخط الزمني للاستدامة الى مراحل كل مرحلة وقعت تحت تأثير نقطة تحول معينة بصورة رئيسية . و من ثم محاولة تتبع انعكاساتها في العمارة .

#### ٢-مشكلة البحث :

هناك العديد من الاحداث التي جرت في العالم في العقود الخمسة الماضية التي اثرت كثيراً في الخط الزمني للاستدامة و اصبحت نقاط تحول لها ومن اهم هذه الاحداث الذي ادى لاطلاق اول شرارة ادت الى الالتفات لمفهوم الاستدامة بصيغته الحالية هو اصدار ريتشال كارلسون الكاتبة الامريكية لكتابها الربيع الصامت عام ١٩٦٢ الذي تكلم عن التلوث الذي تسببه المصانع و انعكاسه على الحياة ومنذ ذلك اليوم تم الالتفات لحقيقة هذه اثار زيادة التلوث . وخلال خمسين عام من عمر الاستدامة المفعمة بالحيوية مر هذا المفهوم بالعديد من المراحل التي شكلت نقاط تحول في الخط الزمني له و التي كانت نتائجها مختلفة على مستوى العمارة . و لذا ظهرت مشكلة "غياب الدراسات التي تربط نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة و اثرة على العمارة " وبذلك اصبح هدف البحث " تحديد انعكاسات نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة على العمارة " و سيتم تحقيق ذلك من خلال استعراض و تحديد نقاط التحول في الخط الزمني للاستدامة و انعكاساتها على العمارة .

#### ٣-مفهوم الاستدامة :

جاء مفهوم الاستدامة من SUSTINERE لاتينية الاصل و تعني صان maintain و دام endure و دعم support [٦٨] و ظهرت كلمة SUSTAIN في القرن الثالث عشر [٦٩] و ظهرت كلمة SUSTAINABLE في ١٦١٠ بمعنى قابل للتحمل "bearable" و ثم وثقت في ١٨٤٥ بمعنى قابل للدفاع "defensible" [٧٠]

- وفي عام ١٩٨٧ في تقرير مؤتمر بورتلاند " Our Common Future " ربط قضية التطوير الاقتصادي ب الاستقرار البيئي environmental stability و تم من خلال ذلك تعريف التنمية المستدامة " sustainable development " على انها تلبية حاجات الجيل الحالي

من دون التأثير على حاجات الاجيال القادمة . (United Nations General Assembly, ١٩٨٧, p. ٤٣) [٧١] .

#### ٤- نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة (المؤتمرات البيئية العالمية و الافكار التي تبنتها و القوانين التي نتجت عنها ) في كل فترة :

مرت الاستدامة البيئية بنقاط تحول مهمة في المؤتمرات البيئية العالمية و مراحل واضحة نتجت عن تأثر بالسياسة او بالمجتمع او بالاقتصاد، و رغم معرفة العالم بقضية الاحتباس الحراري منذ عام ١٨٥٩ حين اكتشف العالم جون تندل ان بعض الغازات تسد الطريق على الاشعة تحت الحمراء و ان هذا التأثير قد يؤدي الى التغير المناخي. وفي عام ١٨٩٦ قام العالم السويدي سفانت ارهينيوس بنشر او حسابات للاحتباس الحراري و علاقتها بغاز ال CO<sub>2</sub> [١] ورغم العديد من الاكتشافات في ذلك الزمن الا انه لم يتم التحرك لاجل حلها لكن كتاب الربيع الصامت كان مؤثر بالجماهير حيث ادى الى انطلاقة شرارة الفكر و ان التغير باسعار الطاقة انعكس بشكل كبير على نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة و انشئ حركة جديدة بالاقتصاد في السعي لانشاء اكبر مراكز للطاقة المتجددة وبالتالي فان المؤتمرات البيئية العالمية هي انعكاس ظروف واقعية كان لها الاثر الاكبر في رسم نقاط التحول في الخط الزمني للاستدامة وبالتالي انعكاسه على العمارة .

#### ٥- نقاط التحول في المراحل التي مرت بها الاستدامة

يمكن تقسيم مراحل التحول في فكر الاستدامة البيئية بالمؤتمرات العالمية وفق عدة مراحل

#### ٥-١- المرحلة الاولى : بدأ الالتفات لاهمية الاستدامة

و تقسم للتالي

#### ٥-١-١- كتابات في الاستدامة

- بدأت فكرة الاستدامة في كتابات عالمة الاحياء الامريكية ريتشل كارلسون و تحديداً عام ١٩٦٢ في كتابها الربيع الصامت Silent\_Spring، وكانت بدايات الكتابة عن اثار المواد الصناعية على حياة الانسان و الانواع الاخرى من الكائنات الحية [١٦] الذي ادى الى انطلاقة ال "Green Building Movement" في امريكا. [٦٥] التي استمرت و تغيرت مع نقاط التحول بالخط الزمني للعمارة.

من خلال ملاحظة تقرير استهلاك المواد في الولايات المتحدة من ١٩٠٠-١٩٩٥ يمكن ملاحظة ان المواد المعاد تدويرها ظهرت في ستينات القرن الماضي [٧٤] كرد فعل لتقليل المخلفات .

#### ٥-١-٢- الالتفات الى المشكلة

١٩٧١- مبدأ التلوث يدفع . مجلس منظمة التعاون الاقتصادي و التطوير (OECD) و التي تقول بان الذي يسبب تلوث عليا ان يدفع عن نتائج. [١٣]

١٩٧١ تقرير فونكس ، عد بواسطة مجموعة من الخبراء يدعون ستراتيجية التكامل للاستدامة و التطوير [١٤].

١-٥-٨- انشاء منظمات التطوير البيئي لدول العالم الثالث بأفريقيا

١٩٧٢- (ENDA) انشاء منظمة التطوير البيئي في العالم الثالث في السنغال وفي عام ١٩٧٨ اصبحت منظمة حكومية عالمية و قامت ببحوث لاجل التطوير البيئي. [١٥]

١-٥-٩- انشاء عدة وكالات عالمية و برنامج الامم المتحدة البيئي

١٩٧٢- مجلس الامم المتحد للبيئة الانسانية و البرنامج البيئي للامم المتحدة UNEP في مجلس ستوكهولم رسخ لمعالجة مشكلة التلوث و الامطار الحامضية في شمال اوربا ، انها تقود لانشاء عدة وكالات لحماية البيئة و البرنامج البيئي للامم المتحدة UNEP. [٣١]

١-٥-٢- المرحلة الثانية : الالتفات لنقص الوقود و الاهتمام بالطاقات المتجددة

١-٥-٢-١- الالتفات لنقص الوقود و الموارد و محاولة دراسة اثارها على البيئة

١٩٧٣- مؤتمر اوبك (ازمة النفط) نقاشات حول محدودية الوقود . [١٧]

- مجموعة قوانين ولاية سيائل الامريكية

أ- ١٩٧٤ وضعوا كود خاص للاداء الحراري بسبب ارتفاع اسعار الطاقة.

ب- ١٩٧٧ وضعوا برنامج للحفاظ على الطاقة . [٥٩]

١٩٧٤- عمل رونالد و مولينا في مركبات الكربون (CFCs) قامت مجلة علمية عن الطبيعة بحساب اثر الكربون على تقليص طبقات الاوزون بالغلاف الجوي . [١٩]

١٩٨٠- ستراتيجية الحفاظ العالمي . اطلقت بواسطة الاتحاد العالمي للحفاظ على الطبيعة (IUCN). تحدود العوامل الاساسية في تدمير البيئة و الضغط السكاني و الظلم الاجتماعي . [٢٠]

١٩٨٠- تقرير العالم في ٢٠٠٠ ، اطلق و ميز التنوع البيولوجي لأول مرة كأمر مهم و خطير في النظام البيئي . و ان النظام البيئي يضعف مع تناقض الانواع . [٢١]

١٩٨١- تأسيس منظمة الصحة العالمية لوضع ستراتيجيات عالمية و خطط لاجل صحة البشر حتى عام ٢٠٠٠ . وقد قدمت منظمة الصحة العالمية عدد كبير من التقارير لجوانب مختلفة تؤثر على صحة البشر وكان

- في عام ١٩٦٧ صندوق الدفاع عن البيئة وضع لحل مشااكل الاخطار البيئية ، [٢].

- اما في العام ١٩٦٨ اقيم المؤتمر الاول للحكومات ( للاستخدام الامثل و الحفاظ على المحيط الحيوي) برعاية اليونسكو . و الذي يناقش فكرة تطوير الاستدامة البيئية . تحت عنوان المحيط الحيوي. [٣]

- وفي العام نفسه ١٩٦٨ قام باول ايريك بانشاء The\_Population\_Bomb وفكرته تحديد الارتباط بين عدد السكان و استهلاك الموارد . [٤]

١-٥-٣- اشراك المواطنين بالقرارات

- و تأسست في العام ١٩٦٩ منظمة الدفاع عن البيئة التي اطلق عليها Friends\_of\_the\_Earth للحفاظ على البيئة من التدهور و الحفاظ على التنوع البيئي من خلال المواطنين و القرارات التي يتخذونها . [٥]

١-٥-٤- بدأ تشكيل لجان و مراكز بحوث في دول العالم

- و بالعام نفسه ١٩٦٩ اطلق تقرير "شركاء في التنمية بالاضافة الى مركز بحوث التنمية الدولية " هذه اول لجان عالمية للاخذ بالاعتبار مقترحات جديدة للتطوير مركزاً على البحوث و المعارف . و ادى هذا التقرير الى انشاء مركز بحوث التنمية الدولية في كندا ١٩٧٠ IDRC . [٦]

١٩٦٩ مؤتمر نهر كويهاوغا ، اوهايو ، اقيم هذا المؤتمر لفرض سياسات خاصة للحفاظ على جودة المياه وكانت نتيجة انشاء وكالة حماية البيئة الامريكية احدى اول الاقسام للاستدامة في العالم . [٧]

١-٥-٥- اول قانون في السياسة البيئية في هذا العصر

١٩٦٩- قانون السياسات البيئية الوطنية وقامت به الولايات المتحدة الامريكية لتكون الدولة الاولى التي تفرض مثل هذه السياسات . [٨]

١٩٧٠- مجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية و الذي تأسس من علماء ومحامين لاجل الضغط باتجاه سياسة بيئية شاملة . [٩]

١-٥-٦- اول فعالية ضخمة يشارك بها عامة الناس لاجل الارض

١٩٧٠- يوم الارض الاول و هو احتفالية قام بها حوالي ٢٠ مليون شخص في امريكا لاجل التعريف بالاحطار البيئية . [١٠]

١٩٧١- بدأت مقررات السلام الاخضر في كندا لايقاف الاضرار البيئية بالطرق المدنية. [١١]

١٩٧١- المؤسسة العالمية للتطوير و الاستدامة IIED انشأت في المملكة المتحدة لاجل طرق للبلدان لاحداث تقدم اقتصادي من دون الاضرار بالبيئة . [١٢]

١-٥-٧- اول ربط للغرامات المالية بالتلوث

الهدف الاساسي تعاون الحكومات لاجل تحقيق الاهداف الصحية . [٢٢]

١٩٨٢- تم انشاء مؤسسة الموارد العالمية في الولايات المتحدة وبدات بنشر تقييمات للموارد . [٢٣]

١٩٨٢- اتفاقية الامم المتحدة لقانون البحار تم تعديلها وانشأت مواد قانونية خاصة تعنى بوضع معايير فياسية للبيئة و تتعامل مع التلوث . [٢٤]

١٩٨٣- حل التطوير و انشئ في الهند و حقق علاقة جديدة بين التقنية و البيئة . [٢٥]

٢-٢-٥- اكتشاف ثقب الاوزون  
١٩٨٥- اكتشاف ثقب طبقة الاوزون في المنطقة القطبية الجنوبية . [٢٦]

١٩٨٥ - التغيرات المناخية (لقاء النمسا) ، قدم مجتمع الارصاد الجوية العالمية تقرير لبرنامج الامم المتحدة البيئي و مجلس الاتحاد العلمي العالمي يتمحور هذا التقرير حول مخلفات الكربون الناتجة من انبعاثات في الغلاف الجوي و الاحتباس الحراري . [٢٧]

٣-٥- المرحلة الثالثة انعقاد مؤتمر مستقبلنا المشترك و اول تعريف لمفهوم التنمية الاستدامة

١٩٨٧- منظمة التعاون الاقتصادي و التطوير تضع ارشادات للتطوير البيئي في منظومة التعاون الثنائية بواسطة قبل اللجنة الاستشارية للتنمية الخاصة بها . [٢٨]

١٩٨٧- انعقاد مؤتمر مونتريال للمواد التي تستنفذ طبقة الاوزون . [٢٩]

١٩٨٧- مستقبلنا المشترك ( في تقرير برونتلاند وهو تقرير اللجنة العالمية للبيئة و التطوير) ، وقاموا بجمع المجتمع و الثقافة و القضايا البيئية و الحلول العالمية بمصطلح واحد هو التنمية المستدامة . [٣٠]

١٩٨٨- تم انشاء الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) وهو عبارة عن انشاء مؤسسة مستقلة للاهتمام ببحوث التغيرات البيئية على المستوى العالمي و الاقليمي . [٤٨]

١٩٨٩ - تحول في لجنة الجمعية الامريكية للمعماريين المختصة بالطاقة الى لجنة مختصة في البيئة .

- انشاء منظمة البريم للتقييم البيئي [٦٧]

١٩٩٠- تم انشاء المؤسسة العالمية للتطوير البيئي في كندا و قامت بعمل نشرة مفاوضات الارض . [٣٢]

١٩٩٠- تم انشاء المركز الاقليمي البيئي لمركز اوربا و شرقها . لقضايا التحديات البيئية على مستوى الاقليم و بالارتباط مع قطاع الاعمال و الحكومات و المجتمع المدني . [٣٣]

١٩٩٠- مؤتمر قمة الامم المتحدة للطفولة لرعاية حقوق اجيال المستقبل . [٣٤]

١٩٩٢- مؤتمر قمة الارض . مؤتمر الامم المتحدة للتطوير البيئي عقد في ريو دي جانيرو و حصلت الموافقة لخطة العمل ( اجندة ٢١ ) ، عقدت محادثتين في ريو و افتتحت لتوقيع اتفاقية التنوع البيولوجي و اتفاقيات مخطط العمل للتغير المناخي ، المفاوضات في الثالثة لاجل اتفاقية مكافحة التصحر. [٣٥]

١٩٩٢- طرحت الجمعية الامريكية للمعماريين دليل الموارد البيئي .

١٩٩٣- اللقاء الاول للجنة الامم المتحدة للتطوير المستدام . انشئ للتأكد من اتباع اتفاق الامم المتحدة للتنمية البيئية . لتحسين التعاون العالمي و ملاحظة القرارات التي اتخذتها الحكومات . [٣٦]

١٩٩٤- وضعت ولاية سياتل الامريكية نموذج للمباني السكنية لتبيان كفاءة استخدام الطاقة و كفاءة استخدام المياه و امكانيات اعادة التدوير و كمية المواد المستعملة في البناء و جودة الهواء بالمبنى . [٥٩]

١٩٩٥- انشاء منظمة التجارة العالمية لتنظيم التجارة و البيئة و ارتباطها بالتطوير . [٣٧]

٥-٤- المرحلة الرابعة : ادخال نظام جديد للتقييم من قبل الايزو للاستدامة

٥-٤-١- انطلاق فكرة تحديد الانبعاثات عالمياً

١٩٩٦- اعتماد الايزو ١٤٠٠١ رسمياً كمعيار عالمي لادارة الشراكة البيئية . [٣٨]

١٩٩٧- انعقاد مؤتمر كيو تو احد اهم المؤتمرات العالمية . [٣٩]

١٩٩٧- بدأ اعتماد نظام تقييم دورة الحياة LCA من قبل الايزو [٧٨]

١٩٩٩- تم افتتاح مبنى رسمي لادارة الاستدامة . في ولاية سياتل الامريكية . [٥٩]

١٩٩٩- اطلاق مؤشرات داو جونز الاولى من نوعها التي توفر ارشاد للمستثمرين لشركات مربحة و تتبع مبادئ الاستدامة . [٤٠]

٢٠٠٠- مؤتمر الاهداف الانمائية للالفية . وهو المؤتمر الاكبر جمع موافقة قادة العالم لانشاء اطر زمنية و اهداف قابلة للقياس لمحاربة الفقر و الجوع و تدهور المناخ و الجرائم ضد المرأة لتحقيق الاهداف في ٢٠١٥ . [٤١]

٢٠٠١- المؤتمر الوزاري الرابع لمنظمة التجارة العالمية الذي عقد في الدوحة قطر مابين البيئة و التنمية وكانت هناك مخاوف في خاتمته . [٤٢]

٢٠٠٢- عقد مؤتمر قمة الارض الثاني بعد ١٠ سنين مؤتمر البيئة و التنمية UNCED بسبب الاحباط ازاء عدم احراز اي تقدم . القمة بينت اطر الشراكة و النقاط غير المناقشة للاستدامة . [٤٣]

## ٥-٤-٢- تحديد كيفية صناعة التقارير العالمية

٢٠٠٢- مبادرة التقارير العالمية . اطلقت ارشادات لاجل تحديد كيفية صنع التقارير في مجال الاقتصاد و البيئة و الاثار الاجتماعية لذلك [٤٤]

٢٠١٠- الطقس يصبح اكثر تقبل و تغير حسب نماذج تغير المناخ . موجة حر في اوربا تم ملاحظتها في ٢٠٠٣ ادت لقتل ٥٥,٠٠٠ انسان في غرب روسيا و كلفت ١٥ مليار دولار من الخسائر و اثار الفيضانات انعكست على الكثير من البلدان كباكستان و جنوب الصين.[٥٤]

## ٥-٥-٣- التاكيد على مقررات كيوتو

٢٠١١- محادثات التغير المناخي في دوربان . وكان نتائج هذه المحادثات خطوة باتجاه تحقيق مقررات كيوتو لالتزامات تقليل الانبعاثات [٥٦]

٢٠١٢ . ريو ٢٠٠٤ . سنة بعد كتاب الربيع الصامت و ٤٠ سنة بعد ستوكهولم و ٢٠ سنة بعد قمة الارض . المجتمع الدولي ينعقد و الجهود المبذولة لتحقيق اتفاق لزيادة استدامة الخضراء في قطاعات الاقتصاد من خلال طرق قياس الطاقة النظيفة استخدام وظائف لائقة و أكثر استدامة والاستخدام العادل للموارد . [٥٧]

## ٥-٥-٤- اتفاق مؤتمر باريس ٢٠١٦ :

ذكرت كريستيانا فيغيريس الأمينة التنفيذية لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ ان الاتفاق الذي نتوقع التوصل اليه في باريس هو جزء من الجهد الدولي الذي يتكون من اربع اجزاء تعزز بعضها وتتطوي على امكانيات هائلة نتقلنا الى مستقبل مستدام بحق قادر للصمود امام تغيرات المناخ وهي :

اولاً اتفاق تغير المناخ نفسه

ثانياً: الخطة الوطنية لكل دولة لزيادة العمل في مجال المناخ

ثالثاً : حزمة تمويل قوية لدعم العمل المناخي في الدول النامية

رابعاً الاقرار باهمية العمل في مجال المناخ من غير مؤسسات الدولة

ويمكن توضيح نقاط التحول بالخط الزمني بشكل خطي . كما في الشكل (١)

٦- مراحل التأثير بالعمارة : بالرغم من ان فكرة الاستدامة و التلوث و الاحتباس الحراري هي ليست بالفكرة الجديدة فقبل كتاب الربيع الصامت بحوالي قرن كامل تم اكتشاف الاثر لغاز CO<sub>2</sub> على الغلاف الجوي لم تدخل فكرة الاستدامة للعمارة الا بعد حدوث المؤتمرات العالمية و بدأت بشكل خجول و ثم انطلقت بشكل كبير عندما تم اكتشاف مشكلة الطاقة.

٦-١- قبل الربيع الصامت : ولو تابعنا التحولات التي طرأت على فكر الاستدامة سنجد ان مرحلة ما قبل الربيع

٥-٥-٥- المرحلة الخامسة : بروتوكول كيوتو  
٥-٥-١- دخول بروتوكول كيوتو حيز التطبيق و محاولة نشر التطبيق

٢٠٠٥- دخل بروتوكول مؤتمر كيوتو حيز التطبيق . الزام الدول المتطورة قانونياً لاهداف تقليل الانبعاثات . و انشاء ميكانيكية تطوير نظيفة للدول التي ما تزال تحت التطوير . تقليل الانبعاثات حسب الالتزامات لنهاية ٢٠١٢ [٣٩].

٢٠٠٥- سترراتيجية الاستدامة لمؤسسة و المارت . واحدة من اكبر الشركات بالعالم قررت الاعتماد بنسبة ١٠٠% على الاستدامة . و الوصول ل كمية صفر من الملوثات و بيع منتجات تساعد البيئة و الانسان . من خلال سلسلة المراكز المختلفة حول العالم . [٤٥]

٢٠٠٥- اصدرت ولاية نيويورك واحد من اول قوانين المباني الخضراء بالعالم باسم LL86 الذي يتطلب مواصفات جديدة للمباني و عملت المدينة صندوق للتبرع لاجل البناء وفق معايير منظمة ال LEED [٦٦]

٢٠٠٦- تقرير مؤسسة ناسا بان ثقب الازون يقلص [٤٦].

## ٥-٥-٢- تنبئة عالمي لزيادة معدلات التغير المناخي

٢٠٠٧- مؤتمر مونتريال لتقليص طبقة الازون . [٤٧]  
٢٠٠٧- تنبئة عالمي لزيادة التغير المناخي . [٤٨]  
٢٠٠٨- ملتقى الازمة الغذائية و ازمة الوقود و الاقتصاد . [٤٩]

٢٠٠٨- لأول مرة بالتاريخ يجتاز عدد سكان المدن ال ٥٠% . [٥٠]

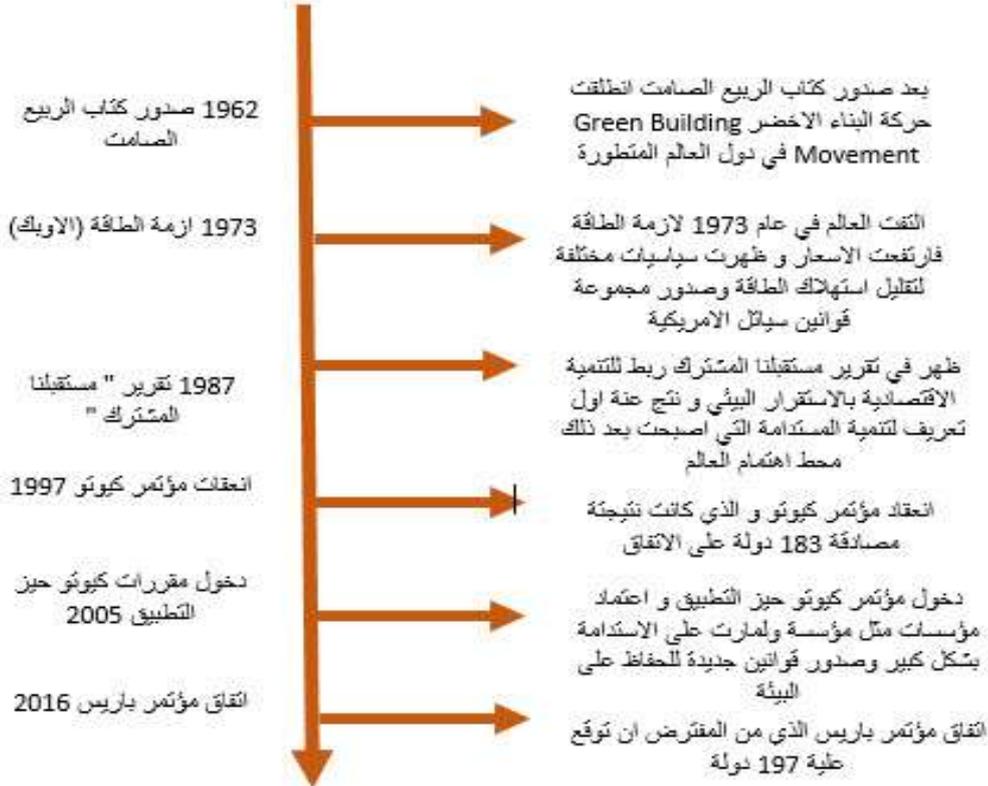
٢٠٠٨- افكار الاقتصاد الاخضر تدخل كثير سائد . قامت الحكومات بتحفيز الاجرائات البيئية في الاقتصاد . و الاقتصاد قليل التلوث و النمو الاخضر اصبح من مبادئ اقتصاد المستقبل . [٥١]

٢٠٠٨- تحمض المحيط و الارتباط بكمية الغازات الدفينة بالغلاف الجوي . وثق العلماء الارتباط بين تغير حموضة المحيطات و كمية الغازات الدفينة في الغلاف الجوي و الذي يؤثر كثيراً على النظام الحيوي العالمي [٥٢].

٢٠٠٩- العلماء قدموا فكرة " حدود الكوكب " التي انعكست كثيراً في الكثير من المقالات ، الفكرة تقول اننا وصلنا تقريباً للنهاية في تسعة جوانب ، تتضمن التنوع البيولوجي و المشاكل الكيميائية و التغيرات المناخية و ازدياد حموضة المحيط و المياه النقية .. وغيرها . [٥٣]

و كانت الحالة السائدة هي مباني الطراز العالمي شديدة الاستهلاك للطاقة و سيئة الفضاء الداخلي ولم تراعي المكان من خلال التصميم البيئي او من خلال استغلال الطاقات الطبيعية كطاقة الشمس فكانت النتائج سلبية جداً يمكن تطبيقها في مكان ولا تطبق في مكان اخر . الشكل (٢) [٧٣]

الصامت لم تكن للاستدامة اي صدى يسمع مجرد مباني تنسجم مع الطبيعة في احسن الاحوال و بعض المباني المحلية التي تسخر البيئة الطبيعية لاجل تكييف فضائاتها باستعمال معالجات وطرق قديمة لكن على مستوى الفكر لم يكن فكر الاستدامة متداول بين المعماريين قبل ال ١٩٦٢ .



شكل (1) : الخط الزمني لنقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة من خلال المؤتمرات و التفاعلات لعالمية ( منذ 1962 و الاهتمام العالمي بالاستدامة الى عام 2016 )

اعداد الباحث

عدد قليل من المباني المبنية بالمواد المعاد تدويرها مثل قناني الزجاج منذ ١٩٠٥ الا انها لم تكن فكرة شائعة بالرغم من ان عدد من شركات القناني قامت بتصميم القناني خصيصاً ليعاد تدويرها التي بدأت مع شركة هينكن و التي انتجت قناني قابلة لان تتشكل بشكل جدران زجاجية ١٩٦٥S الشكل (٣). [٦٢]

وهناك مثال اخر لاعادة التدوير هو المباني السكنية لجامعة فيرجينيا التي هدمت و اعيد استخدام مواد البناء القديمة بنسبة ٩٥% [٧٥] الشكل (٤)

٦-٢- بعد صدور كتاب الربيع الصامت ١٩٦٢: التفت العالم الى التلوث ومخلفات الصناعة و هذا هو المؤثر الاقوى على الاستدامة\* في العمارة في ذلك الوقت فاصبحت الفكرة السائدة جعل العمارة بيئية وهذه كانت بداية الاستدامة\*. وظهر فكر اعادة تدوير المواد كمنتجات للمباني وهناك امثلة عديدة عليها مثل [٦١] وتشير بعض المصادر ان فكرة اعادة التدوير ظهرت في بداية ال ١٩٣٠ لكنها لم تنتشر بسبب الحروب ولكن بعد عام ١٩٦٠ اصبحت هي التيار الرئيسي التي يقود الاستدامة على الرغم من وجود



شكل (4) المبنى السكني لجامعة فيرجينيا



شكل (5) بنك هونكونغ - نورمان فوستر



شكل (2) : مياتي الطراز العالمي



شكل (3) جدار من القناني المعدلة لتوفيرها

٦-٣- الالتهفات لنقص الطاقة : في السبعينات تم الالتهفات الى مشكلة اخرى وهي مشكلة نفاذ مصادر الطاقة و التي ادت الى ارتفاع كبير في اسعار الوقود عالمياً و جعلت العالم يتجه الى نقطة جديدة فاصبحت فكرة تقليل استهلاك الطاقة و استخدام مصادر الطاقة المتجددة هي التيار الرئيس في العمارة و يمكن ملاحظة ذلك في العديد من النماذج في تلك الفترة حتى ان ايجاد مصادر طاقة طبيعية و متجددة و تقليل استهلاك الطاقة فاصبح المبنى لا يعتمد على مباني قليلة التلوث فقط بل التقت بشكل كبير الى الطاقات المتجددة و من الامثلة لذلك احد مباني الحدائثة وهو بنك هونك كونك الذي قرر الاعتماد على ضوء الشمس للانارة باعتبار ان طاقة الانارة هي احدى اكبر طاقة تستهلك في المباني الادارية و بمعالجة تصميمية تمكن من جعل المبنى مضيء بضوء الشمس. [٦٤] الشكل (٥)

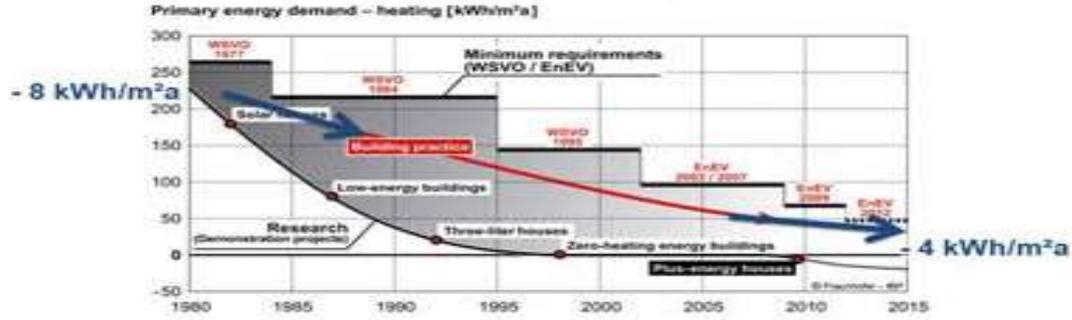
٦-٤- ظهور مفهوم التنمية المستدامة و انشاء منظمة الازو و ال USGBC : بعد ان طرح بالعالم مفاهيم جديدة تتعلق بدورة حياة المبنى او المنتج و الاستهلاك و الانبعاثات خلال هذه المدة ظهرت افكار جديدة كلياً في الاستدامة احد اهم هذه الافكار التي وضعت حدود جديدة للاستدامة هي مباني الطاقة الصفرية التي ترجع الى بداية التسعينات. [٦٣] الشكل (٦) واحد الامثلة على مباني الطاقة الصفرية المعروفة عالمياً هو مبنى CH٢ الذي يتميز باستغلال العديد من الافكار لتقليل استهلاك الطاقة، الشكل (٧) .

٦-٥- دخول بروتوكول كيوتو حيز التطبيق : كان انشاء المباني الصفرية احد اقوى الانجازات و الطفرات في فكر الاستدامة التي جعلت من الاستدامة مجدية اقتصادياً و زادت من اهميتها، لكن بالرغم من وجود بعض المباني التي تعتمد على الطاقة الصفرية لم تحقق مدينة مستدامة و بالتالي لم تحقق المدن شروط اتفاق كيوتو بتقليل استهلاك الطاقة بالقدر الكافي لتقليل الانبعاثات و الحفاظ على الارض لذا ظهر فكر جديد في الاستدامة وهو انشاء مدن مستدامة تنسجم اكثر مع اتفاق كيوتو . رغم ان حلم انشاء مدينة مثالية كان مطروح منذ زمن طويل لكن لولا التغيرات الحاصلة في التعامل مع الاستدامة لما ظهرت الحاجة الفعلية لانشاء مدن مستدامة جديدة.

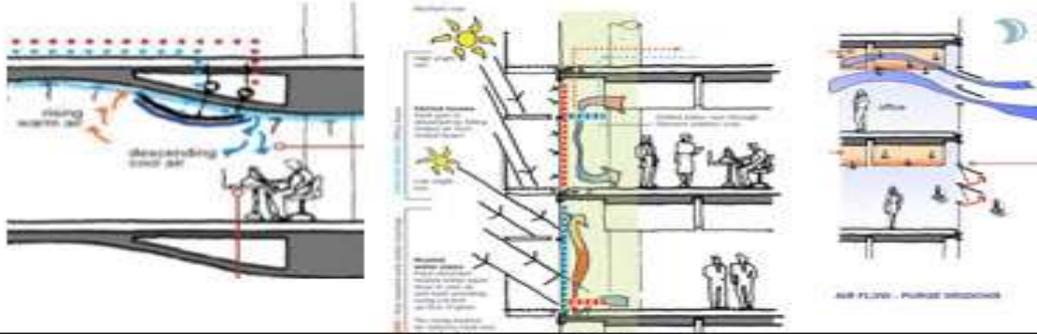
كانت المبادرة الاولى من دولة الصين بمشروع مدينة دونك تانك وهي اول مدينة تنشئ على اساس الاستدامة (طرحت المشروع في ٢٠٠٥) ومن ثم مشروع مدينة مصدر (٢٠٠٦) و التي لقبت باكثر مدينة مستدامة بالعالم ومن ثم مشاريع مدن اركوسانت في اريزونا امريكا و جانك جون في الصين و كلوبال تاون في روسيا، شكل (٨). [٦٠]

\* اول تعريف لمفهوم التنمية المستدامة ظهر في ١٩٨٧ في تقرير مستقبلنا المشترك و قبل ذلك كان مصطلح الاستدامة هو الاكثر رواج يرتبط مفهوم التنمية المستدامة بتحقيق حاجات الجيل الحالي مع مراعاة حقوق الاجيال القادمة.

## Development of Energy-saving Construction



شكل (6) تطور استهلاك المباني - اتحاد التبريد و التكييف في اوروبا - المصدر [76]



شكل (7) مبني CH2



شكل (8) المدن المستدامة التي انتشرت بعد 2005 ودخول اتفاقية كيوتو حيز التطبيق

## ٦-٦- الخلاصة :

الصفيرية التي لا تستهلك طاقة ولكن مع كل هذا التغيير لم نستطع ان نوقف التغيير بالمناخ رغم كل تقليل الانبعاثات الذي حصل برفع المعايير و لذا عمدت بعض الدول بعد دخول اتفاق كيوتو الى حيز التطبيق لانشاء مدن مستدامة تحاول من رفع مستوى الاداء الكلي .

ومن متابعة كل ما سبق يمكن ملاحظة ان هناك ارتباط و علاقة تأثر واضحة بين العمارة و نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة . و التي المستدامة يمكن للبحث ان يوضحها على وفق التسلسل الذي أدى الى ظهور نقاط تحول في العمارة . و التي بالامكان توضيحها بالشكل (٩)

ومن هنا يتبين ان العمارة تأثرت ببدأ ظهور نقاط تحول بالخط الزمني للاستدامة و بدأ الامر بسيط بظهور بعض نماذج اعادة التدوير عندما كان تيار اعادة التدوير هو التيار الاساسي في العمارة [٧٧] و ثم تغير الاتجاه العام للاستدامة باتجاه الطاقات المتجددة بعد ازمة الطاقة ١٩٧٣ و تأثرت العمارة كثيراً بازمة الطاقة حيث ظهرت نماذج مختلفة من المباني التي تقتصد باستهلاك الطاقة و استمر العمل بالتطوير بهذا المجال من خلال اعتماد انظمة للتقييم للمباني حتى وصلت العمارة الى مباني الطاقة



**الاستنتاجات :**

توصل البحث الى وجود ارتباط واضح بين العمارة و النقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة كانت نقاط التحول من خلال المؤتمرات العالمية هي التي تقود عملية التغيير لكن ظهرت بعض النماذج المعمارية التي سبقت المؤتمرات عالمياً . ووجود تطبيق للسياسة البيئية للبلد على ضوء الاتفاقات العالمية يجعل عملية التطوير متزامنة بين المؤتمرات و العمارة و بنفس الوقت مجدية اقتصادياً . ويمكن تحديد النقاط التالية :

- بالتطبيق المستدام و بالتالي يكون الانعكاس مباشر في حاله تطبيق سياسة دولية .
- اثرت نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة في تطور فكر المهندس المعماري على مستوى الفهم و التطبيق و الذي يمكن تحسين مستوى التطبيق دائماً من خلال متابعة التطور في المؤتمرات العالمية بصورة مباشرة.
- ادى كتاب الربيع الصامت الى لفت الانتباه لمفهوم الاستدامة و انعكس على العمارة من خلال انطلاق حركة البناء الاخضر .
- مرت حركة البناء الاخضر بمراحل تحول متأثرة في الخط الزمني للاستدامة .
- بعد مؤتمر الاوبك و الالتفات لنقص الطاقة المستقبلية زاد الاهتمام بطاقة المستقبل و من الممكن ملاحظة اثر هذه النقطة في الخط الزمني للاستدامة و انعكاسها على العمارة الخضراء .
- نتج مشروع التقييم البيئي عام ١٩٩٧ و نظام التقييم LEED في عام ٢٠٠٠ بعد عدة تحولات و تطورات خلال عقد كامل حيث اصدرت لجنة برونتلاند تقرير " مستقبلنا المشترك " Our Common Future و الذي ظهر فيه اول تعريف للتنمية المستدامة كمفهوم يسعى للتطوير باتجاهات تحافظ على الارض و كانت نتاج مؤتمر كيوتو ١٩٩٢ و انشاء منظمة ال Breem ، و بدأ التحضيرات لاتفاق عالمي ، و ايجاد منظمة ال USGBC التي قدمت ال LEED لاحقاً ٢٠٠٠ . و في عام ١٩٩٧ قدم مشروع التقييم البيئي لدورة الحياة . كل هذه العوامل ادت الى الاهتمام بكل مصادر الانبعاث للمبنى و الاهتمام بدورة حياة التي ادت الى انتاج نماذج معمارية مثل مبنى CH٢ و الذي يعتمد على الطاقة الصفرية .
- زاد الالتفات لاهمية انشاء مباني مستدامة و تقييم دورة الحياة لحساب الانبعاثات بعد ظهور طريقة تقييم دورة الحياة و انشاء نظام التقييم LEED و تم انشاء العديد من المباني التي تعتمد على الطاقة الصفرية نتيجة لذلك .
- زادت اهمية قياس الانبعاثات الناتجة من المباني بعد دخول اتفاق كيوتو حيز التطبيق في ٢٠٠٥ من خلال

- لا تسبق العمارة نقاط التحول بالخط الزمني للاستدامة (المؤتمرات العالمية ) زمانياً ، الا في بعض الحالات الشاذة . و العمارة بصورة عامة متزامنة او متأخرة عن الخط الزمني للاستدامة .

وجود تأثير مباشر للعمارة بالخطط الدولية مثل عندما دخل بروتوكول كيوتو حيز التطبيق شرعت الصين مباشرة بانشاء اول مدينة مبنية وفق اسس مستدامة و تتم مثل هذه الاحداث لابداء حسن نية الدول .

- تقييم دورة الحياة للمبنى الذي اعتمد من قبل الايزو و ظهرت حركة جديدة في انشاء مدن مستدامة بالكامل و كانت اولها بالطرح مدينة دونك تانك ٢٠٠٥ في الصين . و مدن اخرى اهمها مصدر عام ٢٠٠٩ .
- ربط الاستدامة بماهيم اخرى كالاقتصاد - حيث اصبحت الاستدامة مجدية اقتصادياً - قد يحقق الاهداف بشكل اكبر و تطور الرؤيا لطبيعة العلاقة بين الاستدامة و العمارة قد يمكن الباحثين من ايجاد طرق و مفاهيم تزين من اهمية او فاعلية الاستدامة على المستوى التطبيقي .
- دور المجتمع قد يكون هو الدور الاهم في نقل الافكار الى مستوى التطبيق و بالتالي فان فهم دور المؤتمرات و انعكاسها التطبيقي يمكن المجتمع لا من التطبيق فحسب بل يمكنه ايضاً من التطوير.
- التوصيات : توصل البحث الى عدد من التوصيات**
- فهم الباحث لطبيعة هذه العلاقة و كيف بالامكان تطوير العلاقة التبادلية في تطوير الافكار التي يجب ان تتبناها العمارة بالاستدامة و بالعكس ( اي تطوير رؤى العالم للاستدامة من خلال التطوير على المستوى المعماري ) . و التي قد تنعكس بشكل بحوث مستقبلية .
- فهم المجتمع لدور المؤتمرات العالمية على الواقع التطبيقي و ما هو الدور الذي تلعبه هذه المؤتمرات و كيف ينعكس على الواقع لفهم اهمية هذه النقاط التي تؤثر على حياة المجتمع ككل .
- تحسين واقع العراق البيئي من خلال فهم المعماري بشكل اكبر لاثر و طبيعة التصميم الذي يجب ان يتبناه .
- تطوير الدور التطبيقي للمعمار من خلال فهمة لآخر المستجدات و التطورات في خط الاستدامة و العمارة الخضراء فيصبح اكثر تمييز لطبيعة الاختلاف بين التيارات المختلفة و اكثر مقدرة على اتخاذ القرار .
- العمل في الاستدامة بالمستوى الذي يحقق استدامة المدينة و الذي يحتاج لسياسات تخطيطية و بحوث في هذا المجال .

<https://www.oecd.org/env/٤٨٩٤٣٦٩٦.pdf>  
 ١٤- THE FOUNEX REPORT ON ENVIRONMENT – DEVELOPMENT AND ١٩٧١  
<http://www.stakeholderforum.org/fileadmin/files/Earth/٢٠Summit/٢٠٢٠١٢new/Publications/٢٠and/٢٠Reports/founex/٢٠report/٢٠١٩٧٢.pdf>  
 ١٥- مؤسسة حماية البيئة بالعالم الثالث [www.enda.sn](http://www.enda.sn)  
 ١٦- موقع الكاتبة الامريكية ريتشل كارلسون صاحبة كتاب الربيع الصامت <http://www.rachelcarson.org/SilentSpring.aspx>  
 ١٧- موقع جامعة بيركلبي <http://bancroft.berkeley.edu/ROHO/projects/debt/oilcrisis.html>  
 ١٨- خدمة حماية الاسماك و الحياة البرية الامريكية (موقع تابع للحكومة الامريكية) <https://www.fws.gov/angered/laws-policies/esa-history.html>  
 ١٩- موقع Understanding science التابع لجامعة بيركلبي [http://undsci.berkeley.edu/article/cfcs\\_checklist](http://undsci.berkeley.edu/article/cfcs_checklist)  
 ٢٠- الاتحاد العالمي للحفاظ على الطبيعة [www.iucn.org](http://www.iucn.org)  
 ٢١- التقرير العالمي لعام ٢٠٠٠ مجلس الكونكرس للولايات المتحدة اصدار ١٩٨٠ [http://www.jec.senate.gov/reports/٩٦th/٢٠Congress/The/٢٠Global/٢٠٢٠٠٠/٢٠Report/٢٠\(٩٨\).pdf](http://www.jec.senate.gov/reports/٩٦th/٢٠Congress/The/٢٠Global/٢٠٢٠٠٠/٢٠Report/٢٠(٩٨).pdf)  
 ٢٢- منظمة الصحة العالمية [www.who.org](http://www.who.org)  
 ٢٣- مؤسسة الموارد العالمية [www.wri.org](http://www.wri.org)  
 ٢٤- موقع الامم المتحدة [www.un.org/depts/los](http://www.un.org/depts/los)  
 ٢٥- تجمع بدائل التطوير [www.devalt.org](http://www.devalt.org)  
 ٢٦- مؤسسة نوى البحثية، <http://www.ozonelayer.noaa.gov/science/ozhole.htm>  
 ٢٧- المنظمة العالمية للارصاد الجوية [www.wmo.ch](http://www.wmo.ch)  
 ٢٨- منظمة التطوير و التعاون الاقتصادي [www.oecd.org/dac](http://www.oecd.org/dac)  
 ٢٩- البرنامج البيئي للامم المتحدة، ثقب الازون <http://ozone.unep.org>  
 ٣٠- Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

- قياس دورة الحياة للمباني و حساب الانبعاثات الكلية للمدينة و سبل التطوير لتحقيق اهداف اخر الاتفاقات في مؤتمر كيوتو .  
 - متابعة المعماري لاحدث التطورات و الافكار التي تطرح في المؤتمرات العالمية لاجل نقلها الى الواقع التطبيقي بصورة اسرع.

### المصادر و المراجع :

١- المؤسسة الامريكية للفيزياء ، تاريخ اكتشاف التغير المناخي <https://www.aip.org/history/climate/timeline.htm>  
 ٢- صندوق الحفاظ على البيئة <https://www.edf.org/about/our-history>  
 ٣- تقرير اليونسكو ل٢٥ سنة بعد مؤتمر التغير البيولوجي <http://unesdoc.unesco.org/images/0٠١٤/0٠١٤٧١٤٧١٥٢eo.pdf>  
 ٤- Dr. Ehrlich , Paul R. "THE POPLUTION POMP" Ballentain Books ١٩٧٥ <http://staff.washington.edu/jhannah/geog٢٧٠aut٠٧/readings/population/Ehrlich/٢٠Population/٢٠Bomb/٢٠Ch١.pdf>  
 ٥- موقع حركة اصدقاء الارض <http://foeaction.org/about-us>  
 ٦- مركز بحوث التطوير العالمي <https://www.idrc.ca/en/about-idrc>  
 موقع اليونسكو <http://unesdoc.unesco.org/Ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=٢٠٦٩٣٥&gp=١&lin=١&ll=١>  
 ٧- موقع لبعض الاحداث التاريخية <http://clevelandhistorical.org/items/show/٦٣#?V٨٥mCtznC٤s>  
 ٨- وكالة حماية البيئة الامريكية <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-national-environmental-policy-act>  
 ٩- مجلس حماية المصادر الطبيعية [www.nrdc.org](http://www.nrdc.org)  
 ١٠- منظمة يوم الارض [www.earthday.net](http://www.earthday.net)  
 ١١- منظمة السلام الاخضر العالمية [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)  
 ١٢- المؤسسة العالمية للتطوير المستدام [www.iied.org](http://www.iied.org)  
 ١٣- Joseph ,Sally-Ann , "THE POLLUTER PAYS PRINCIPLE AND LAND REMEDIATION" Australian Journal of Environmental Law ٢٠١٤ <http://www.law.mq.edu.au/public/download.jsp?id=١٨٨٠٢٩>

- ٣١- البرنامج البيئي للأمم المتحدة [www.unep.org](http://www.unep.org)
- ٣٢- المؤسسة العالمية للتطوير المستدام [www.iisd.org](http://www.iisd.org)
- ٣٣- مركز المناخ الاقليمي لمركز وشرق اوربا [www.rec.org](http://www.rec.org)
- ٣٤- منظمة الامم المتحدة للطفولة [www.unicef.org/wsc](http://www.unicef.org/wsc)
- ٣٥- موقع الامم المتحدة <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>
- ٣٦- موقع الامم المتحدة [www.un.org/esa/sustdev](http://www.un.org/esa/sustdev)
- ٣٧- منظمة التجارة العالمية [www.wto.org](http://www.wto.org)
- ٣٨- مؤسسة الايزو [www.iso.org](http://www.iso.org)
- ٣٩- بروتوكول كيوتو ، موقع مؤتمر الامم المتحدة للمناخ و التنمية [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/٢٨٣٠.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/٢٨٣٠.php)
- ٤٠- موقع المؤشرات العالمية المستدامة [www.sustainability-index.com](http://www.sustainability-index.com)
- ٤١- موقع الامم المتحدة [/www.un.org/millenniumgoals](http://www.un.org/millenniumgoals)
- ٤٢- منظمة التجارة العالمية ، المؤتمر الوزاري [http://www.wto.org/english/thewto\\_e/minist\\_e/min٠١\\_e/min٠١\\_e.htm](http://www.wto.org/english/thewto_e/minist_e/min٠١_e/min٠١_e.htm)
- ٤٣- موقع قمة الارض ٢٠٠٢ [www.worldsummit٢٠٠٢.org](http://www.worldsummit٢٠٠٢.org)
- ٤٤- مؤسسة التقارير العالمية [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org)
- ٤٥- تقرير الاستدامة العالمية لمؤسسة و المارت التجارية عن ٢٠١٠ [http://ce6b2bcc.db٥٨٦٥f٥a٧٦-٩١c٢ff٨eba٦٥٩٨٣a١c٣٣d٣٦٧b٨٥٠٣d٠٢.r٧٨.cf٢.rackcdn.com/a٧/٩e/٨٢٤c٩b١٣٤٢٢a٨٩٤a٦acc٧f٧٧ef٧d/٢٠١٠-global-responsibility-report\\_١٢٩٨٢٣٧٠٩٤٢٢٥٥٠٦٠١.pdf](http://ce6b2bcc.db٥٨٦٥f٥a٧٦-٩١c٢ff٨eba٦٥٩٨٣a١c٣٣d٣٦٧b٨٥٠٣d٠٢.r٧٨.cf٢.rackcdn.com/a٧/٩e/٨٢٤c٩b١٣٤٢٢a٨٩٤a٦acc٧f٧٧ef٧d/٢٠١٠-global-responsibility-report_١٢٩٨٢٣٧٠٩٤٢٢٥٥٠٦٠١.pdf)
- ٤٦- موقع ناسا [http://science.nasa.gov/headlines/y٢٠٠٦/٢٦may\\_ozone.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y٢٠٠٦/٢٦may_ozone.htm)
- ٤٧- البرنامج البيئي للأمم المتحدة [/http://www.unep.org/ozone](http://www.unep.org/ozone)
- ٤٨- المصدر ٣١ الفريق الحكومي الدولي لتغير المناخ [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- ٤٩- موقع ازمة الغذاء العالمية <http://www.globalissues.org/article/٧٥٨/global-food-crisis-٢٠٠٨>
- ٥٠- صندوق الامم المتحدة للسكان [www.unfpa.org/pds/urbanization.htm](http://www.unfpa.org/pds/urbanization.htm)
- ٥١- منظمة التعاون الاقتصادي و التطوير توضيح للنمو الاخضر ل المؤتمر الوزاري في ٢٥ ٢٠٠٩ June [www.oecd.org/dataoecd/٥٨/٣٤/٤٤٠٧٧٨٢٢.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/٥٨/٣٤/٤٤٠٧٧٨٢٢.pdf)
- ٥٢- وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم [www.pnas.org/content/١٠٥/٤٨.toc](http://www.pnas.org/content/١٠٥/٤٨.toc)
- ٥٣- موقع جامعة ستوكهولم [www.stockholmresilience.org/research/researchnews/tippingtowardstheunknown/thenineplanetaryboundaries.٤٠١fe٨f٣٣١٢٣٥٧٢b٥٩ab٨٠٠٠٧٠٣٩.html](http://www.stockholmresilience.org/research/researchnews/tippingtowardstheunknown/thenineplanetaryboundaries.٤٠١fe٨f٣٣١٢٣٥٧٢b٥٩ab٨٠٠٠٧٠٣٩.html)
- ٥٤- مركز بحوث المناخ و الطاقة ، التغير المناخي المتطرف <http://www.c2es.org/publications/extreme-weather-and-climate-change>
- ٥٥- Boone & Kurtz, Louis E. Boone , David L. Kurtz "Contemporary Business" ٢٠١٠ [https://books.google.iq/books?id=B٠٣ZwmnvkXQC&pg=PA٩٦&lpg=PA٩٦&dq=٢٠١٠+++rise++of++wind++power++٢٠١٠&source=bl&ots=٩٢٩VsU٦٥Nq&sig=tZZnfErz٢tYHIHvNrm١IDSvvRv٤&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=٢٠١٠%٢٠%٢٠of%٢٠%٢٠wind%٢٠%٢٠power%٢٠%٢٠١٠&f=false](https://books.google.iq/books?id=B٠٣ZwmnvkXQC&pg=PA٩٦&lpg=PA٩٦&dq=٢٠١٠+++rise++of++wind++power++٢٠١٠&source=bl&ots=٩٢٩VsU٦٥Nq&sig=tZZnfErz٢tYHIHvNrm١IDSvvRv٤&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=٢٠١٠%٢٠%٢٠of%٢٠%٢٠wind%٢٠%٢٠power%٢٠%٢٠١٠&f=false)
- ٥٦- A Reporting Service for Environment and Development Negotiations [www.iisd.ca/download/pdf/enb١٢٥٣٤e.pdf](http://www.iisd.ca/download/pdf/enb١٢٥٣٤e.pdf)
- ٥٧- [/www.uncsd٢٠١٢.org/rio٢٠](http://www.uncsd٢٠١٢.org/rio٢٠)
- ٥٨- Korkmaz , Sinem Korkmaz "A Review of Green Building Movement Timelines in Developed and Developing Countries to Build an International Adoption Framework "School of Planning, Design and Construction, Michigan State University, East Lansing, MI, USA ٢٠٠٩ [https://www.researchgate.net/publication/٢٢٨٩٨٩٨٣٥\\_A\\_Review\\_of\\_Green\\_Building\\_Movement\\_Timelines\\_in\\_Developed\\_and\\_Developing\\_Countries\\_to\\_Build\\_an\\_International\\_Adoption\\_Framework](https://www.researchgate.net/publication/٢٢٨٩٨٩٨٣٥_A_Review_of_Green_Building_Movement_Timelines_in_Developed_and_Developing_Countries_to_Build_an_International_Adoption_Framework)
- ٥٩- الخط الزمني لقوانين ولاية سياتل للبناء الاخضر <http://www.seattle.gov/environment/buildings-and-energy/green-building-timeline>
- ٦٠- ERYILDIZ, & XHEXHË "Eco Cities" Under Construction Semih ERYILDIZ, Klodjan XHEXHË Epoka University, Faculty of Engineering ٢٠١١ and Architecture, Tirana, Albania <http://gujs.gazi.edu.tr/article/viewFile/١٠٦٠٠٠٠٨١١/١٠٦٠٠٠٠٥٦٤>

- ٧٠  
<http://www.dictionaty.com/browse/sustainable>
- ٧١  
[https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/٥٨٣٩GSDR\\_٢٠١٥\\_SD\\_concept\\_definiton\\_rev.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/٥٨٣٩GSDR_٢٠١٥_SD_concept_definiton_rev.pdf)  
 -٧٢ - مؤتمر باريس
- [http://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris/index_en.htm)  
 -٧٣ إشكالية التحيز في الفن والعمارة: رؤية معرفية ودعوة للاجتهد بيتر واتكنز وآخرون  
<https://books.google.iq/>  
<https://pubs.usgs.gov/annrev/ar-٢٣-٧٤-١٠٧/aerdocnew.pdf>  
 -٧٥
- [https://www.virginia.edu/housing/faq.php?faq\\_id=alderman](https://www.virginia.edu/housing/faq.php?faq_id=alderman)  
 -٧٦ مؤسسة التهوية والتبريد في أوروبا  
<http://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/٢٠١٢/٠٣٢٠١٢/the-path-towards-٢٠٢٠-nearly-zero-energy-buildings.html>  
 -٧٧
- [http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Recycling\\_explained](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Recycling_explained)  
 -٧٨ موقع الايزو ١٤٠٤٠ ١٩٩٧
- [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=٢٣١٥١](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=٢٣١٥١)
- \*ملاحظة : كل المواقع تم زيارتها و التأكد منها في تاريخ ٢٠١٦/١٠/٦-٢
- ٦١ "Strategies for Sustainable Architecture"  
 Sassi , Paola Sassi "٢٠٠٦  
[http://library.uniteddiversity.coop/Ecological\\_Building/Strategies\\_for\\_Sustainable\\_Architecture.pdf](http://library.uniteddiversity.coop/Ecological_Building/Strategies_for_Sustainable_Architecture.pdf)
- ٦٢ Designing Buildings Wiki The construction industry knowledge base  
[http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Recycling\\_explained](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Recycling_explained)
- ٦٣ بحوث تحسين الطاقة في المباني برعاية وزارة الاقتصاد و الطاقة الألمانية  
<http://www.enob.info/en/net-zero-energy-buildings-net-zero-energy-buildings-as-built-reality>
- ٦٤ ArchDaily  
<http://www.archdaily.com/٧٩٠٨٧٧/from-productivism-to-scenography-the-relighting-of-norman-fosters-hongkong-and-shanghai-bank>
- ٦٥ Korkmaz , Sinem Korkmaz "A Review of Green Building Movement Timelines in Developed and Developing Countries to Build an International Adoption Framework"  
 School of Planning, Design and Construction, Michigan State University, East Lansing, MI, USA ٢٠٠٩  
[https://www.researchgate.net/profile/Duygu\\_Erten/publication/٢٢٨٩٨٩٨٣٥\\_A\\_Review\\_of\\_Green\\_Building\\_Movement\\_Timelines\\_in\\_Developed\\_and\\_Developing\\_Countries\\_to\\_Build\\_an\\_International\\_Adoption\\_Framework/links/٥٦٣badab٠٨ae٤٥b٥d٢٨٦٩٨٢e.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Duygu_Erten/publication/٢٢٨٩٨٩٨٣٥_A_Review_of_Green_Building_Movement_Timelines_in_Developed_and_Developing_Countries_to_Build_an_International_Adoption_Framework/links/٥٦٣badab٠٨ae٤٥b٥d٢٨٦٩٨٢e.pdf)
- ٦٦ موقع حكومة نيويورك ، قانون LL٨٦ ، تاريخ زيارة الموقع مع ٢٠١٦/١٠/٤ ١١:٠٠am  
<http://www.nyc.gov/html/oec/html/green/green.shtml>
- ٦٧ موقع مؤسسة البريم ، لماذا البريم ، تاريخ زيارة الموقع مع ٢٠١٦/١٠/٤ ١:٠٠pm  
<http://www.breeam.com/why-breeam>
- ٦٨ Events, Society and Sustainability: Critical and Contemporary Approaches Edited by Tomas Pernecky, Michael Lück  
<https://books.google.iq/>  
 -٦٩  
<http://www.etymonline.com/index.php?term=sustain>

## المؤشرات الإسكانية المستدامة

م. شيماء مطشر حمزة

الجامعة المستنصرية – كلية الهندسة – قسم العمارة

shaimaamh2002@gmail.com

م. م. فرح غازي محمد

الجامعة المستنصرية – كلية الهندسة – قسم العمارة

farrah.arch@yahoo.com

**المقدمة:** تعد استدامة المسكن جزءاً من قضية الاستدامة العالمية التي تشغل الكثير من الباحثين في كافة المجالات وبخاصة المنشغلين بقضايا الحفاظ على البيئة وتوازنها والتي لا تتحقق الا باستدامة كافة أشكال التنمية، وبخاصة التنمية السكنية التي توفر احتياج الانسان من المسكن الملائم المريح.

اعتمد البحث على المنهج الاستنباطي في تحليل المفاهيم الاسكانية الأساسية على مستوى الوحدة السكنية والمجمع السكني، ومعرفة اهم التوجهات الاسكانية المستدامة، ودراسة لاهم المشاريع الاسكانية المستدامة على المستوى الحضري والتصميمي، وثم استخلاص المؤشرات الاسكانية المستدامة منها.

اما هيكلياً البحث فقسم البحث الى اربعة أجزاء هي: الجزء الأول: يتضمن مفهوم الوحدة السكنية وأهدافها وخصائصها وأنواع السكن، كذلك دراسة تخطيط المجمعات السكنية ومعاييرها، فضلاً عن مبادئ الاستدامة بالمسكن التقليدي.

الجزء الثاني: يتضمن التوجهات الاسكانية المستدامة ومنها التضام والنمو الذكي والحضرية الجديدة والقرية الحضرية والمشاة الجديدة.

الجزء الثالث: يتضمن المشاريع الاسكانية المستدامة ومنها القرية الالفيه، ومشروع التجميع السكني المتضام ومسكن أكسفورد البيئي، تطوير مجموعة مساكن في Civil lines.

الجزء الرابع: يتضمن استخلاص المؤشرات الاسكانية المستدامة المستخلصة واهم الاستنتاجات والتوصيات.

### الجزء الأول

#### ١-١ التعاريف العامة

**المؤشرات Indicators:** تستعمل المؤشرات لتقييم واقع حال التجمع العمراني مقارنة بمعايير التخطيط المقترحة، اذ تمثل معايير التخطيط بحدودها الدنيا والعليا الوضع الامثل الذي يتوجب ان يكون عليه المجتمع (الغني، ٢٠١١، ص ٤٥)، فيما يتكون الدليل من عدد من المؤشر ات التي يتم دمجها احصائياً ليعبر عنها بمقياس واحد (الغني، ٢٠١١، ص ٤٧).

**الاستدامة Sustainability:** تعرف بانها توجه عالمي ساد في العقدين الأخيرين من القرن العشرين لمواجهة الأخطار البيئية وتناقص الموارد التي تواجه كوكب الأرض؛ وتُعرّف بأنها تلبية متطلبات واحتياجات المجتمع في الوقت الحاضر بشكل يوفر للأجيال القادمة الإمكانيات لتحقيق احتياجاتها.

**المسكن المستدام Sustainable House:** هو المسكن الذي يلبي الاحتياجات الحقيقية للسكان في الوقت الحاضر والمستقبل بشكل كفوء في استغلال الموارد بشكل مستدام، من حيث: الحفاظ على الطاقة، توفير بيئة داخلية مريحة وصحية للسكان، والتقليل من نسب التلوث طوال دورة حياة المبنى، بما يسمح للأجيال القادمة لأن يكون لها الحق في مسكن صحي لائق يلبي احتياجاتها الفيزيائية والنفسية ضمن وحدة جيرة آمنة، مريحة وحفاظة على البيئة.

#### ٢-١ الوحدة السكنية

هي مجموعة من الفضاءات ذات مواصفات عمرانية ثابتة تؤثر وتتأثر في طبيعة تصرف وسلوك الاسرة الساكنة (العبداني، ٢٠٠٤، ص ٢٢) وهي النواة الأساسية لأي مجمع سكني، وتُعدّ المؤشر الرئيس لكثير من المحددات، والقيم التخطيطية في الإسكان (القيسي، ١٩٨٨، ص ٢٢) اذ

**ملخص البحث:** يعتبر قطاع الاسكان من اهم القطاعات الحيوية في المدينة، اذ ترتبط به جميع القطاعات والنشاطات الاخرى بالمدينة بعلاقات وتشابكات وظيفية متكاملة.

تمثل المؤشرات الاسكانية القاعدة الاساسية عند اعداد المشاريع الاسكانية، ومع التطور الفكري والانساني والمفاهيمي للتخطيط والتصميم والتوجه نحو الاستدامة تتطلب ان تكون المؤشرات الاسكانية سواء على المستوى التصميمي للوحدة السكنية والمستوى التخطيط الحضري ذات طبيعة مستدامة تراعي فيها الابعاد العمرانية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

يركز البحث على دراسة مجموعة من المشاريع الاسكانية العربية والدولية لاستخراج المؤشرات الاسكانية المستدامة والتي يمكن الاعتماد عليها عند اعداد المشاريع الاسكانية المحلية والتي تعمل على الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية وتراعي الابعاد الاجتماعية للمجتمع والهوية المحلية وذات كفاءة اقتصادية وتتميز بنمط معماري وحضري تراعي السياق من النواحي المناخية والطبيعية والعمرانية.

**الكلمات المفتاحية:** المؤشرات الاسكانية المستدامة، الوحدة السكنية، المشاريع الاسكانية.

**Abstract:** The housing sector is the most dynamic sectors in the city, associated with all sectors and other activities in city by relations and intricacies of integrated functional.

Housing indicators represent the basic rule when setting up housing projects, with development of intellectual, humanitarian and conceptual for planning and design, and orientation towards sustainability, require to be housing indicators are (both at unit housing design level and urban planning level) sustainable taking into account physical, economic, environmental and social dimensions.

Research focuses on studying a group of Arabic and international housing projects to extract sustainable housing indicators which can be relied upon when preparing local housing projects that work to preserve the environment and natural resources, taking into account the social dimensions of society and local identity, efficient economical, and featuring architectural and urban style take into account the context of climate, natural, and urban areas.

**مشكلة البحث:** ضعف وضوح المؤشرات الاسكانية عند تخطيط وتصميم المجمعات السكنية في العراق.

**هدف البحث:** بيان مجموعة من المؤشرات الاسكانية المستدامة التي تعتمد عند اعداد المشاريع الاسكانية.

## ٣-٢-١ حجم الوحدة السكنية

ان مساحة الوحدة السكنية تتأثر بعاملين رئيسيين، وبغض النظر عن الكلفة هما:

أ - مساحة قطعة الارض المخصصة للبناء، وضوابط البناء في تحديد عدد الفضاءات السكنية.

ب حجم الأسرة (عدد افرادها).

فقد تم تقسيم المساكن في العراق في الثمانينات من القرن العشرين بموجب دراسة المخطط العام للإسكان وحسب عدد افراد الاسرة، اما الاحجام وهي (الجدول ١) (النجمي، ٢٠٠٤، ص٣٠).

الجدول (١) تقسيم المخطط العام للإسكان في العراق لحجم المسكن بالاستناد الى عدد افراد

حجم المسكن للفضاءات	عدد الأشخاص	المساحة المطلوبة
المساكن الصغيرة	٢ - ٣	٩٠ م <sup>٢</sup>
المساكن المتوسطة	٤ - ٦	١٢٠ م <sup>٢</sup>
المساكن الكبيرة	٧ - ٩	١٧٠ م <sup>٢</sup>

## ٤-٢-١ أنواع السكن

يقسم السكن الى نوعين وحسب نمط البناء وهما (التكريتي، ١٩٨٢، ص٣٢).

أ - السكن الافقي: وهو على اشكال عدة منها:

- دار منفصلة ضمن الحديقة: ان هذا الشكل هو طراز غربي، ويظهر في الاحياء الجديدة للمدن التي تزيد مساحة قطعها السكنية عن (٢٠٠) او (٣٠٠) م<sup>٢</sup>، وهذا النوع يحقق الخصوصية، وحرية الحركة للسكان بدرجة كبيرة، فضلاً عن انه يتمتع بميزة التوسع، وحسب حجم العائلة، ان هذا الشكل من السكن يرتبط بأسباب اقتصادية او اجتماعية كغبة العائلة بالحصول على مردود مالي بتأجيرها، ومساهمتها أيضاً بزيادة عرض الوحدات السكنية، وهناك دور حديثة منفصلة أيضاً محاطة بالحدائق ذات الطراز الغربي، وبمساحة (٤٠٠-٧٠٠) م<sup>٢</sup> ويحتوي أكثر من ثلاث غرف.
- دار قديمة على الطراز التقليدي: ان هذا الشكل يمثل الطراز المعماري الشرقي القديم، وهي الدور القديمة المبنية من الخشب او الطابوق ذات الفناء الداخلي (Court)، والشناشيل الخشبية، والتي تكون ذات قيمة تراثية لمجتمعنا، وهي موجودة في الاحياء القديمة للمدن، حيث الازقة الضيقة، وانعدام الخدمات الأساسية، اما من الناحية البنائية، فإن اغلب الدور بحاجة الى اعمال الترميم والحفاظ، وتتميز هذه الوحدات السكنية بأنها صغيرة من حيث المساحة، فمساحة الدار الواحد يقل عن ١٠٠ م<sup>٢</sup>، واغلبها اقل من ٥٠ م<sup>٢</sup> للدار الواحد، وتطل هذه الدور على الشوارع، والطرفات الضيقة والملتوية، وعلى الرغم من التأثيرات الواضحة التي تركتها تقاليد العمارة الفارسية والتركية في البيت البغدادي غير انه ظل محافظاً على جوهره الاصيل.

- دار متصلة: ان هذا الشكل تتولى الدولة توزيعه على موظفيها، وهي من الناحية البنائية جيدة، وتكون متصلة من جهتين مع الابنية المشتركة، وتتراوح مساحة الدار الواحد من ٧٤ - ١٥٠ م<sup>٢</sup>.

يتميز السكن الافقي بخصائص ايجابية اهمها:

- إنه يلائم المناطق الحارة والجافة.
- يشيد على مختلف انواع الاراضي سواء أكانت جبلية أم سهلية.
- إمكانية التوسع، وحسب متطلبات حجم العائلة.
- يحقق الخصوصية، ويقلل الشرفية لِمَا يوفره من فضاءات افقية.
- يوفر حرية الحركة للأفراد.
- اما سلبيات السكن الافقي فاهمها:
- منخفض الكثافة الاسكانية للأراضي المشيد عليها.
- يتطلب كلفة عالية من الخدمات التحتية، مثل: الماء، والكهرباء، والمجاري، والهاتف وذلك لكبر المساحة المشغولة بالوحدات السكنية.
- يتطلب شبكة شوارع كثيرة، وترتبط مع الطرق الداخلية للمدينة.

تمثل الوحدة السكنية الصيغة الاولى التي استطاع الانسان ان يكيف نفسه للبيئة، فمفهوم (وحدة السكن) لا يشمل فقط الحماية، وإنما يشمل توفير المتطلبات الحياة الأساسية، فضلاً عن نقل صورة التراث الحضاري للمجتمع، وكذلك رسم صورة التمايز الطبقي فيه (البيبي، والجنابي، ١٩٨٢، ص٥).

## ١-٢-١ اهداف الوحدة السكنية

أ - الاجتماعية: خلق التفاعل بين الانسان والوحدة السكنية لتحقيق الهدف المنشود في خلق سلوك سليم يعمل على تقوية الروابط الاجتماعية بين الافراد او الفرد مع الجماعة عن طريق التزاور، وتبادل الحاجات، لأن جميع هذه الاشياء ترفع قيمة الانسان بالمجتمع، وتقوي ارتباط الانسان بمحيطه الاجتماعي.

ب - العمرانية - الفيزيائية: تشمل التصميم الهندسي للمنطقة السكنية من فضاءات، وبنية، وخدمات، والتي تعكس هوية المنطقة، وهوية سكانها بحيث تحقق اهداف الانسان في خلق بيئة معيشية آمنة تلائم الحياة الانسانية، وتليق به ليصبح فرداً نافع في المجتمع.

ج - الاقتصادية: هي الحالة المادية للفرد التي تتحكم في اختيار الشكل، والحالة البنائية للمسكن، مما له أثر كبير في سلوك ونفسية السكان، والتي تسعى الى تحقيق الامن، والراحة، والاستقرار.

د - الوجودية: هو خلق بيئة سكنية مناسبة للإنسان تمكنه من التفكير والابداع، حيث يمثل السكن في نظر الفرد هو نقطة البداية للانطلاق الى جميع الفعاليات اليومية.

ه - الحضارية: يحقق المسكن حاجة حضارية مادية ومعنوية.

## ٢-٢-١ خصائص الوحدة السكنية

أ - الخصائص الذاتية للوحدة السكنية: هناك جملة من الاختلافات فيما بين الوحدات السكنية، ومنها:

- مساحة الوحدة السكنية مقاسة بالأمتار المربعة (الفضاءات).
  - كيفية توزيع مساحة الدار الداخلية.
  - مستوى الخدمات الموجودة في الدار من انظمة التكييف، وصحبات، وكهربائيات.
  - نوعية المواد الانشائية المستخدمة في البناء، وماتنها (الأسس، والسقف).
  - تصميم الوحدة السكنية الداخلي كنوعية الارضيات، والنوافذ المستخدمة، والانهاءات، وغيرها.
- ب - الخصائص الموقعية للوحدة السكنية: من اهم الخصائص الموقعية للوحدة السكنية هي:

- سهولة الوصول: يختلف موقع الوحدة السكنية في محاورها للوصول من والى الموقع العمل، والتسوق، وغيرها من الاهتمامات الأخرى.
- الخدمات العامة المحلية: تقدم العاصمة خدمات عامة أكثر وأفضل من المراكز الحضرية الأخرى، لامتلاكها عدداً كبيراً من المؤسسات المحلية، مثل المدارس، والشرطة، والمطافئ، وغيرها.
- نوعية البيئة المحيطة: هي البيئة المحيطة للوحدة السكنية من ضوضاء، وتلوث، واهتزازات بفعل المركبات، والطائرات، والمعامل (fishman, 1971, p. 419).

ج - الثباتية: تتميز الوحدة السكنية بأنها كيان مادي غير قابل للنقل مثل باقي السلع الاقتصادية الأخرى، فهي تؤثر في ميكانيكية التوازن بين العرض والطلب.

د - الديمومة: تُعدّ من السلع الاستهلاكية المعمرة، وهي سلعة استثمارية.

ه - الكلفة: تُعد كلفة انشاء الوحدة السكنية مرتفعة بالنسبة لذوي الدخل المحدود والمتوسط. (الموسوي، ٢٠٠٤، ص٥٢).

• ان الوحدة السكنية تكون مجهزة بالكهرباء، وانابيب الماء الصالح للشرب، ومجاري الصرف الصحي مع مراعاة انظمة الراحة البيئية من وجود فتحات للتهوية، وفتحات لدخول اشعة الشمس...

ان مخطط الاسكان العام قد وضع حدود لكل المساحات الخاصة سواء أكان بخدمات المعيشة، والمطبخ، والحركة، وحسب حجم الوحدة السكنية، وكذلك الاقتراحات في معايير الاسكان الحضري، والمتعلقة بتفاصيل الوحدات السكنية سواء أكان للأسر المنفردة أم للأسر المتعددة فقد حدد تفاصيل الفضاءات بأكملها منها بمساحات الحركة أو المدخل أو فضاءات الحمام والمرافق الصحية.

#### ٤-١ خدمات البنى التحتية الاجتماعية والفنية

ان عملية اختيار مواقع وتحديد مساحة الخدمات البنى التحتية الاجتماعية والفنية في المناطق السكنية يكون ذات تأثير كبير في الاقتصادية البنائية الاجمالية للمنطقة السكنية. لقد تناول مخطط الاسكان العام في العراق الى العلاقة التكاملية والتبادلية فيما بين الوحدات السكنية، والبنى التحتية الاجتماعية والفنية، وأحد العناصر المهمة ذات تأثير كبير في السياسة الاسكانية، وهناك عاملان رئيسان يُسهمان في تحديد معايير البنى التحتية الاجتماعية في التصميم الاساس: (جعفر نبي، ١٩٩٠، ص ٩٥)

• ان الحجم الوظيفي للخدمة ذا علاقة بحجم السكان المخدومين وتكون ذات كفاءة عالية واقتصادية توفرها لذلك الحجم.  
• كلما زادت المسافة بين الساكن وموقع الخدمة، فإن جاذبية الخدمة المقدمة تتناقص، فالمسافة لها علاقة بقلّة او كثرة التردد على موقع الخدمة.

يكون التدرج الهرمي لمستوى الخدمات موزع على اربعة مستويات هي المدينة - القطاع - الحي - المحلة، ولكل مستوى من هذه المستويات فعاليات وخدمات تقع في مركز المستوى لتحقيق سهولة الوصول الى جميع الاطراف، وتشكل هذه الفعالية النواة او المركز المنطقة المركزية، والمبدأ الذي اعتمده معايير الاسكان الحضري في العراق هو مبدأ وحدة الجيرة السكنية بدلاً عن المحلة، فموجب هذه المعايير كان هناك تحديد لتسلسل البنى التحتية الاجتماعية والفنية الخاصة بها، فضلا عن خدمات الحي السكني.

#### ٥-١ الكثافات الاسكانية

تحدد الكثافات الاسكانية بالعوامل الآتية:

• المخطط العام.  
• كثافة استعمالات الارض.  
• التنظيمات والتشريعات التخطيطية، ومنها: حجم البناء على القطعة السكنية، وكلفة الارض المخصصة للبناء، وتزداد كلفة الارض السكنية حسب موقعها، فكلما كانت في مركز المدينة كانت كلفتها عالية، ومن ثم زيادة كلفة البناء، ولغرض استغلال هذه الكلفة تستخدم الكثافات الاسكانية العالية في مثل هذه المناطق، وفي بعض الحالات تنعذر زيادة الكثافة الاسكانية، فيكون دعم الحكومة هو الحل الافضل في سبيل تقليل من كلف البناء المرتفعة التي تشغل كاهل المواطن، فالكلفة الانشائية للمشروع السكني تتأثر بعاملين رئيسيين هما: (جعفر نبي، ١٩٩٠، ص ٦١-٦٦)  
- الكثافة الاسكانية.  
- ارتفاع المبني.

#### ٦-١ المعايير والمحددات الاجتماعية والمناخية

ان العوامل الاجتماعية لها تأثير كبير في عملية التخطيط، فالتفاعل الاجتماعي بين السكان ضروري، ويوازي الاهمية الاقتصادية لكلف البناء، ومن بين العوامل المهمة لتقوية هذا التفاعل هو: عنصر الامان، فالعلاقات الاجتماعية التي تظهر بين السكان لوجود خصائص مشتركة سواء أكان من الناحية العمرية أم

ب- السكن العمودي: هو بناء عمارات سكنية من عدة طوابق وتضم عدة شقق، وتعتبر كل شقة هي وحدة سكنية مستقلة. ومن مميزاته هي: الاقتصاد في كلفة الاراضي، إذ يمكن استثمار مساحة معينة من الارض في بناء عمارة سكنية او بناء متعدد الطوابق مع الأخذ بنظر الاعتبار مساحات للتشجير، والخدمات، وغيرها، وكذلك من الممكن الاستفادة من هذه الميزة في الاراضي المرتفعة الثمن، والتي تكون قريبة من مراكز المدن، كما يساهم البناء العمودي في خفض تكاليف البناء، في حين على العكس السكن الافقي الذي سوف تترتب عليه مشكلات الارتفاع في تكاليف البناء، والخدمات، والزحف على الاراضي الزراعية، ويتخذ السكن العمودي شكلين هما:

• السكن منخفض الطوابق: يتكون هذا الشكل من ثلاثة او اربعة طوابق، ويضم الطابق الواحد اثنتين او أكثر من الوحدات السكنية، ولا يحتاج الى مصاعد.

• السكن متعدد الطوابق: يتكون هذا الشكل من السكن من طوابق عدة خمسة فأكثر، ويحتاج الى مصاعد، وتكون الشقة Flat ضمن الشكلين السابقين هي الوحدة السكنية ضمن عمارات سكنية حديثة موجودة في مراكز المحافظات او المدن الرئيسية.

يتميز السكن العمودي بخصائص ايجابية اهمها:

• إنه يكون ذا كثافة إسكانية عالية.  
• تكون شبكات الخدمات التحتية مستخدمة استخداماً اقتصادياً.  
• ان استعمال مواد البناء في هذا الشكل من السكن يكون اقتصادياً.  
• من الممكن تشييده في مناطق قريبة من مراكز المدن لتسهيل حركة الساكنين من الوحدات السكنية الى مركز المدينة، وبالعكس.  
• من الناحية الجمالية يمكن تصميم واجهات العمارات السكنية بحيث توضح التناسق بين الابنية، ويضيف جمالاً الى المدينة.

#### ٣-١ تخطيط المشاريع الاسكانية

لا تتمثل مشكلة الاسكان في ايجاد فضاءات معيشية تقسم على افراد المجتمع لسد الحاجة السكنية فقط وإنما هي مشكلة منظومة متكاملة الخدمات والسكن، وان هذه المنظومة تشمل خدمات البنى التحتية الاجتماعية وهي التعليم، والصحة، والترفيه، وغيرها، وخدمات البنى التحتية الفنية وتضم الماء، والكهرباء، والاتصالات، والشوارع، وغيرها. ولكي تتمكن من توفير متطلبات هذه المنظومة التي علينا ان نتعامل مع بعض المتغيرات التي لها تأثير كبير في تخطيط المشاريع الاسكانية، وتحديد الحالة المعيشية للسكن. (جعفر نبي، ١٩٩٠، ص ٩٨)

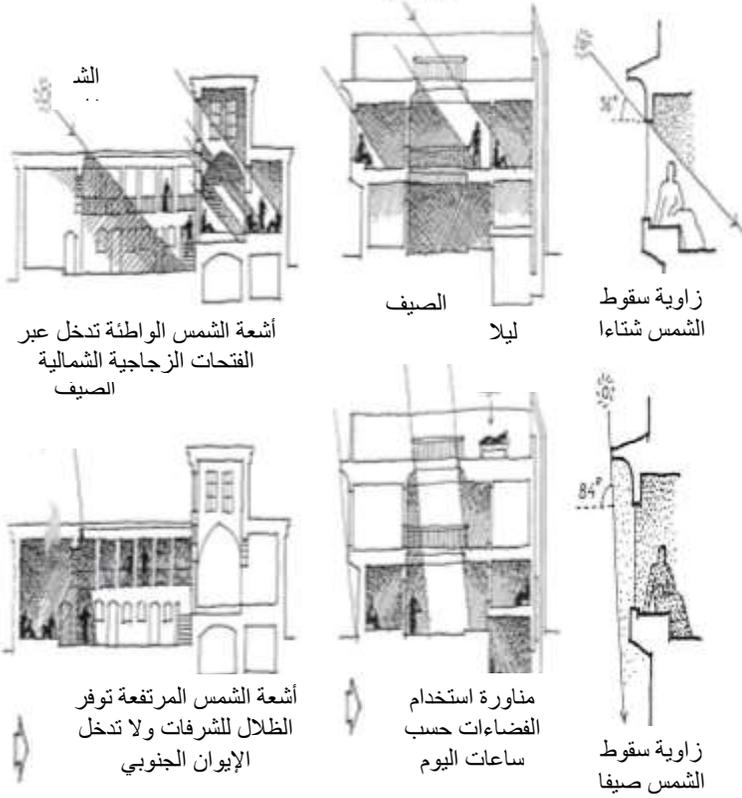
#### ١-٣-١ العوامل المؤثرة على تخطيط المشاريع السكنية

المعايير السكنية هي أداة مهمة لتحقيق السيطرة على استهلاك الموارد الاقتصادية الموجهة للتنمية الاسكانية، وبما يسهم في تحقيق اهداف السياسة العامة الاقتصادية والاجتماعية للدولة، وكذلك المعايير السكنية تمثل الناتج المباشر للتقنيات البنائية، والموارد الاقتصادية فضلاً عن التقاليد والقيم الاجتماعية الخاصة، فالاساس في المعيار السكني هو القدرة على تنفيذه، والمعيار الامثل هو: المعيار الملائم للمعيشة: فربما لا يكون مناسباً في الوقت الراهن، لذلك يجب اعتماد معيار سكني بديل قد يكون من الناحية المنطقية والحياتية غير مناسب، وان المخطط العام للإسكان في العراق للمدة من ١٩٨١ - ٢٠٠٠، نص على حق الاسرة بامتلاك وحدة سكنية مستقلة خاصة بها، اما معايير النمط السكني الاساس فقد نصت على اعتبارات فضائية:

• ان الوحدة السكنية لا تشغل بأكثر من اسرة واحدة.  
• ان الوحدة السكنية تتضمن فضاءات مغلقة عددها ثلاثة متناسبة مع عدد ساكنيها بحيث لا يزيد من يشغل الفضاء المغلق عن شخصين بالغين، وطفل لا يزيد عمره عن عشر سنوات.  
• ان تحتوي الوحدة السكنية مطبخ، وحمام، ومرافق صحية.  
• تكون الخدمات الاجتماعية ووسائل النقل العام متوفرة.

**ت - التصميم البيئي والحفاظ على الطاقة:** يعتبر المسكن التقليدي مثلاً وحيداً على التصميم البيئي من حيث المبدأ التصميمي ومواد البناء والمعالجات البيئية التي اعتمدت أساساً على استغلال مصادر الطاقة الطبيعية وصولاً لتوفير بيئة داخلية مريحة. لقد تجاوب المسكن التقليدي مع البيئة المحيطة، وفق مفهوم الاستدامة، تحقق عبر التفاعل المتوازن مع الموارد الطبيعية كالشمس، الرياح، طبوغرافية الموقع ومواد البناء المتوفرة ومواءمتها مع القيم الاجتماعية وعادات وتقاليد المجتمع (الشكل ٢).

الشتاء



الشكل (٢) توافق المسكن التقليدي مع حركة الشمس صيفاً وشتاءً  
(المصدر: الباحثان استناداً إلى Ragette, ٢٠٠٣)

**ث - التهوية الطبيعية في النظم التقليدية:** تمثل التهوية الطبيعية أهم استراتيجيات المسكن التقليدي لتقليل العبء الحراري والتخلص من الحرارة المخزنة في قشرة المبنى لتوفير بيئة مريحة للسكان. فعلى الرغم من صغر النوافذ أو انعدامها في الطابق الأرضي في واجهة المسكن المطلّة على الشارع، فلقد طورت العمارة التقليدية أساليب مبتكرة للحصول على التهوية الطبيعية. الفناء الوسطي يعتبر الرئة والمنتفخ الرئيسي للمسكن والذي يعمل كمنظم حراري مستقيماً من التذبذب الكبير بين درجات الحرارة ما بين الليل والنهار (الشكل ٣).

الاقتصادية أم الثقافية أم المهنية أم بعض القيم، فعملية تصميم الوحدات السكنية يجب ان تراعي فيها الخصوصية عن طريق توفير فضاءات متنوعة في المجمعات السكنية المتعدد الاسر مما أسهم في زيادة كلف البناء. اما المعايير المناخية فدورها كبير في تصميم الوحدات السكنية وتحديد النمط العمراني للأحياء، والمعالجات المناخية، بالاعتماد على الطبيعة في تبريد وتدفئة الوحدة السكنية، والتي تسهم في خفض كلفة البناء، وخاصة لذوي الدخل المحدود. (جعفر نبيل، ١٩٩٠، ص ٦٧)

### ٧-١ مبادئ الاستدامة في المسكن التقليدي

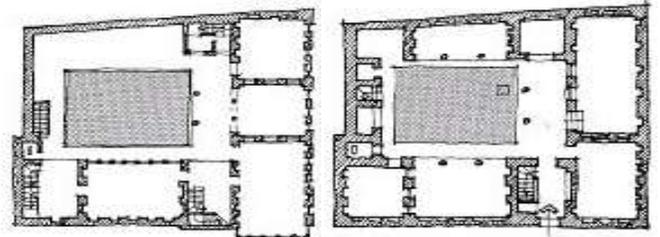
لقد كانت العمارة التقليدية للمسكن في الوطن العربي متضمنة للعديد من مقومات العمارة المستدامة بمفهومها المعاصر، إلا أنه قد حدث تغيير بل وتبدل جذري في عمارة ذلك المسكن حتى خفت تواجده وتلاشى تقريباً تاركاً محله لأنماط أخرى، قد لا تضارعه في التوافق البيئي ومقومات الاستدامة. إن دراسة العلاقات بين مكونات المسكن كمنتج معماري واسع الانتشار وبين الاستدامة كهدف حيوي عام، تعني الحفاظ على الوجود الإنساني صحيحاً معافى، وذلك عبر استطلاع مدى توافر مقومات الاستدامة بمفهومها المعاصر في عمارة المسكن التقليدي في الوطن العربي (عبد الله، ٢٠٠٤، ص ١٣٤)

توافق المسكن التقليدي مع البيئة، بكل إيجابياتها وسلبياتها، تم تحقيقه وفق استراتيجيتين هما: الحماية والتكيف. تم تحقيق الحماية بالحد من تأثير ظروف البيئة الطبيعية القاسية كالمناخ الحار وقلة الرطوبة النسبية في بعض المناطق وارتفاعها في مناطق أخرى وشدة الإشعاع الشمسي. أما التكيف فكان باستغلال الإمكانيات الكامنة لهذه الظروف القاسية والتعامل معها بما يحقق الراحة الحرارية للسكان واستغلال مصادر الطاقة الطبيعية كالشمس والرياح وقدرة التربة على الخزن الحراري.

هناك العديد من المبادئ الأساسية التي استندت عليها عمارة المسكن التقليدي المتضمنة لمفهوم الاستدامة، والتي يمكن مع بعض التعديل والتحوير والنظير أن تكون مؤشرات دالة لتصميم المسكن المستدام المعاصر.

**أ - التخطيط والتعامل مع الموقع:** تعاملت العمارة التقليدية مع الموقع بكونه جزءاً من النسيج الحضري للمدينة ككل. يكون النسيج الحضري للمدينة بشكل عضوي متضام من الكتل البنائية والمحلات السكنية التي تترابط فيما بينها بالشوارع ومسارات الحركة المتدرجة في الطول والعرض تبعاً لأهميتها والمنطقة التي تؤدي إليها ودرجة خصوصيتها سواء كانت أماكن عامة أو وحدات سكنية. التكيف مع البيئة المحيطة يبدأ على مستوى تخطيط المدينة وتعتمد درجة التكيف ونوعية المعالجات والتفاصيل المعمارية تبعاً لدرجة الخصوصية والموقع وطبيعة البناء.

**ب - الفكر التصميمي للمسكن التقليدي:** استند الفكر التصميمي للمسكن التقليدي على استخدام الفناء الوسطي كنقطة مركزية لتحقيق مبدأ التوجه نحو الداخل (الشكل ١). إن استخدام الفناء الوسطي كان أحد أهم المبادئ التصميمية في عمارة مختلف الحضارات في العالم رغم التباين في البيئات الحضرية والطبيعية، وهذا نابع من قدرة البناء ذي الفناء الوسطي على التكيف مع مختلف الظروف من حيث تحقيق الكثير من المتطلبات البيئية والحضرية والجمالية والاجتماعية مثل الخصوصية والتوجه نحو الداخل والحماية سواء من الأخطار الخارجية أو البيئة القاسية خاصة في مناطق المناخ الحار (الزبيدي، ٢٠٠١، ص ١٢).



الشكل (١) الفناء الوسطي يحقق مبدأ التوجه نحو الداخل في المسكن التقليدي



الشكل (٣) تنوع معالجات التهوية الطبيعية في الوطن العربي (المصدر: الباحثان استنادا إلى Herzog, Ragette, ٢٠٠٣ (١٩٩٧)

الملقف الهوائي الوسطي- بيت تقليدي في القاهرة

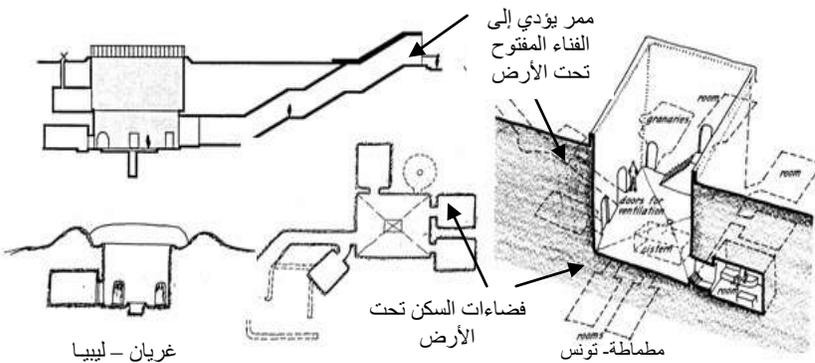
الملقف الهوائي رباعي التوجيه - بيت تقليدي في دبي

الملاقف الهوائية أحادية التوجيه في المناطق الحارة الجافة

الملاقف الهوائية متعددة التوجيه في المناطق الحارة الرطبة

المناخية الخارجية على الفضاءات الداخلية وذلك بالاستفادة من إمكانيات الخزن الحراري لكتلة التربة الذي يسمى التكييف (التبريد أو التدفئة) بتأثير الكتلة Mass-effect Cooling or Heating تعتبر الأرض مغطساً حرارياً كبيراً ويمكن الاستفادة من قابلية الخزن الحراري لكتلة التربة لأغراض الخزن الموسمي، فعلى عمق أكثر من ٦-٨ أمتار تكون درجات الحرارة ثابتة عادة نسبة لمعدل درجة حرارة السطح الخارجية وتقل الذبذبة الحرارية كلما ازداد العمق إن الحرارة المكتسبة من قبل التربة صيفاً ستساعد على تدفئة المبنى في الشتاء، والفقد الحراري شتاءً سيؤدي لتبريد المبنى في الصيف (الشكل ٤) (Carmody, & Sterling, ١٩٩٣, P. ٤٣)

ج - الأداء الحراري لقشرة المبنى: يمثل غلاف المبنى Building Envelope للوحدة السكنية في العمارة التقليدية الحاجز الأساسي بين الداخل والخارج، حيث يمكن اعتباره الوسط الذي يتم عبره وبواسطته التخفيف من تأثير وتلطيف مؤثرات البيئة الخارجية القاسية لجعل الفضاءات الداخلية مريحة للسكان. يمتاز المناخ في الوطن العربي، بشكل عام، بكونه مناخاً حاراً صحراويًا، حيث تكون سعة المدى الحراري اليومي والفصلي وارتفاع درجات حرارة الهواء الخارجي وشدة الإشعاع الشمسي هي الظروف المناخية الأكثر تأثيراً على البيئة الداخلية للأبنية. يتكون غلاف المبنى من مواد بناء متعددة لكل منها خصائص فيزيائية وحرارية مختلفة اعتماداً على أسلوب تركيبها مع بعض، يمكن تحديد أدائية هذا الجزء من غلاف المبنى للانتقال الحراري خلاله والتخفيف من تأثير الظروف البيئية الخارجية على البيئة الداخلية (Hyde, P. ١١٥, ٢٠٠١)



الشكل (٤) البناء الكلي تحت الأرض للتكيف مع البيئة الصحراوية في مطاطة وغريان (المصدر: الباحثان استنادا إلى Bagdad, ١٩٨٩؛ Moore, ١٩٩٣)

### الجزء الثاني

#### ١-٢ التوجهات الإسكانية المستدامة

برزت العديد من التوجهات لتخطيط المدن والتجمعات السكنية ونورد أهمها:

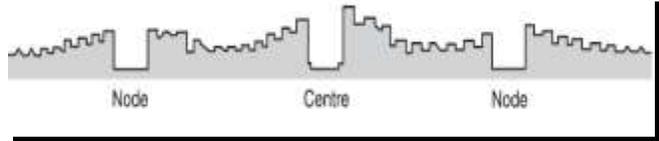
ح - مواد البناء: يمتاز المسكن التقليدي باستخدام المواد المتوفرة في البيئة ذات الديمومة العالية كالتابوق والحجر الذي يمكن أن يعمر مئات السنين وكذلك الجبس وجذوع وسعف النخيل وذلك في بناء الوحدات السكنية ومعظم الأبنية والعناصر المعمارية مواد البناء هذه كتلية (Massive) كالتابوق للجدران والحجر للأسس، وهي مواد ذات سعة حرارية عالية تبعا لسمكها ولها قدرة على خزن الطاقة الحرارية الساقطة عليها لفترات طويلة في الفترة الحارة من اليوم (النهار) ثم إعادة بثها إلى الفضاءات الخارجية ثانية في ساعة المساء (بعد الغروب) أي بعد غياب مصدر الطاقة بذلك يتم تحقيق الموازنة الحرارية بين الحرارة المكتسبة والمفقودة عبر قشرة المبنى (السطح والجدران) مما يؤدي إلى توزيع داخلي منتظم لحرارة داخل المبنى من خلال تقليل تأثير الأعباء الحرارية الخارجية عبر خزنها داخل قشرة المبنى الكتلية (Giovani, ١٩٩٨, P. ١٢٠)

خ - استغلال إمكانيات التربة (البناء تحت الأرض): أحد المبادئ التي يعتمد عليها التصميم المستدام للاستفادة من الموارد الطبيعية تعتمد فكرة البناء تحت الأرض على تقليل أو تحديد تأثير الظروف

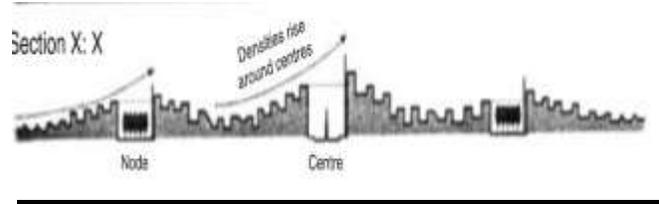
## ٢-١-١ المدينة المتضامة (Compact city)

تمثل مساحة حضرية منظمة بصورة مركزية تتباين فيها الكثافات او هي بنية مرنة الاجزاء ترتبط مع بعضها البعض ومع الكتل ومع اماكن اخرى مرتبة بنفس الطريقة (De Chiara, ١٩٦٩, pp.٤١٥). وتتميز بما يلي:

- شكل حضري ذو كثافة عالية، والتركيز على الاستعمال المختلط، (٥٠ وحدة سكنية/الهكتار).
- يتم تطويرها خارج حدود المنطقة المركزية.
- ترتبط العناصر الهيكلية المهمة والمتمثلة بالشوارع والقطاعات والساحات والمناطق المفتوحة مع بعضها البعض (De Chiara, ١٩٦٩, p. ١١٤).
- ترتفع المباني حول العقد الرئيسية والثانوية، وتتنخفض في اماكن السكن والضواحي (الشكل ٥ و٦).



... الشكل (٥) ارتفاع المباني حول العقد وحول المركز في المدينة المتضامة  
De Chiara, ١٩٦٩, p ٤



الشكل (٦) ارتفاع الكثافات حول العقد وحول المركز في المدينة المتضامة  
De Chiara, ١٩٦٩, p ٢٢٢

- الوحدات السكنية قريبة من العمل والخدمات التعليمية والترفيهية بأقصى مسافة سير تبلغ ١٠-١٥ دقيقة.
- احتوائها انماطاً مختلفة وكثافات مختلفة، اذ تكون المباني السكنية اما عالية او متوسطة او منخفضة الارتفاع لتكون المربع السكني.
- يتحقق استقرارها من خلال التنوع بالفعاليات والمرونة في استغلال الفضاءات فضلاً عن تحقيق الهوية والمتطلبات التصميمية.
- التأكيد على شبكة الفضاءات العامة والمفتوحة، ووجود بيئة للمشاة والتقليل من استخدام السيارات الخاصة.
- الاعتماد على النقل العام وحركة المشاة واستخدام الطاقة بشكل كفو مع الابتعاد عن الضوضاء والملوثات (De Chiara, ١٩٦٩, p.٢٢١).

## ٢-١-٢ حركة النمو الذكي (Smart Growth)

تسعى لوضع الحلول المناسبة للسيطرة على النمو وضمان التطوير المجتمعي والبيئي والاقتصادي ضمن نظرة شمولية متكاملة وباستعمال معايير ومقاييس ومؤشرات الاستدامة المختلفة مثل استهلاك الطاقة ومصادر المياه ومستويات التلوث والمهم ايجاد ترابط بين هذه المعايير قبل وبعد التطبيق (Moughtin, ٢٠٠٥, p.٢٨٦)، ومن اهم مبادئها:

- أ - المباني المتضامة: يعتمد تصميم المباني على البناء العمودي بدلاً عن الأفقي في محاولة لاستغلال الأرض بالشكل الأمثل، مع تقارب مناطق السكن والترفيه من العمل وتوفير مساحات خضراء ومفتوحة.

- ب - الاستخدام المختلط: يكون استخدام الارض متنوع ومتقارب ليمسح بزيادة الاستخدامات العامة ونشاط المجتمع واختلاطه مع توفير محلات تجارية وساحات ترفيهية وانظمة حركية تربط بينهم.
- ت - اعتماد حركة المشاة: اعتماد حركة المشاة سيراً على الاقدام وبأقل مسافة وصولاً لاماكن العمل والسكن والاسواق واللعب وغيرها بما يحقق السلامة والامان.
- ث - خيارات سكنية متنوعة: استخدام خيارات سكنية متنوعة لتحقيق التوازن بين العوائل في المناطق السكنية.
- ج - التمكين الاجتماعي: مشاركة المجتمع بشكل فعال بالمبادئ التخطيطية وفهمهم لها.
- ح - الاحساس بالمكان: التأكيد على انتماء الساكن للمكان بما يحقق الهوية والخصوصية.
- خ - خيارات النقل المتعددة: تم اعتماد النقل العام والنقل الذكي وحركة المشاة للربط بين الخدمات والسكن.

## ٢-١-٣ حركة العمران الجديدة (New Urbanism)

ارتبطت بشكل موثق بحماية البيئة وحركة النمو الذكي، وقد انتقدت موضوع الانتشار الحضري للمدن والمواقع السكنية (David Walters, ٢٠٠٧, p.١٣٥)، اذ يؤكد روادها على قوة وقدرة المجاورات السكنية التقليدية على استعادة المجتمعات الوظيفية المستدامة (Ministry of Housing and Construction, ١٩٨٣, p.٢٩٠). حيث عد تصميم المجاورة قلب حركة العمران الجديدة، وقد دعت الى المبادئ التالية (Ministry of Housing and Construction, ١٩٨٣, pp.٢٩٠-٢٩٢).

- أ - تشجيع حركة المشاة: اعتمدت حركة المشاة بمسافة سير لا تزيد عن ١٠ دقائق من المسكن الى المبنى المراد الوصول اليه، مع وجود بيئة صديقة للمشاة، كما اكدت على تقليل استخدام السيارات واعتماد وسائل بديلة كالدراجات الهوائية لما لها من فوائد صحية وبيئية واجتماعية.
- ب - للاستخدام المختلط والتنوع: اعتماد مجموعة متنوعة من الوحدات السكنية في ذات المنطقة، وبكثافة مختلفة مع تنوع مستخدميهما من حيث الاعمار والثقافات والطبقات على ان تتوفر لهم كافة الخدمات الاجتماعية والترفيهية والتجارية بشكل يضمن سهولة الوصول.
- ج - تعريف الفضاءات العامة: اضافة عناصر التنوع والحيوية على الفضاءات العامة فهي ليست وظيفية بل مكان لخلق تفاعلات اجتماعية، ويكون باستخدام المواد والاضاءة والاثاث والمساحات الخضراء.
- د - الكثافة العالية: تكون المساكن والمباني والمحلات التجارية أكثر تقارباً وعدداً لسهولة الوصول والتمكن من الاستخدام الاكفاً للموارد والخدمات.
- هـ - الارتباطية: تعتمد وجود شبكة مترابطة من الشوارع المتسلسلة هرمياً مع تحقيق الاحساس بالمكان والمتعة من حيث العناصر المستخدمة.
- و - بنية المجاورة التقليدية: تعتمد بنية المجاورة السكنية التقليدية، مع تميز المركز والحافات بحيث يكون الفضاء في المركز ذا قيمة وجودة الاماكن والساحات العامة المفتوحة.
- ز - النقل الذكي: تربط الاحياء والمدن باستخدام شبكة من القطارات العالية الجودة الى جانب استخدام طرق المشاة والدراجات الهوائية الصديقة للبيئة (الشكل ٧).

## ٢-١-٤ حركة المشاة الجديدة

تعد هذه الحركة صورة اخرى لحركة العمران الجديدة، وقد اهتمت بالايكولوجيا والطاقة البديلة وجماليات العمران، واكدت فصل حركة المشاة عن السيارات، التنمية الجديدة سواء كانت مجاورات او احياء جديدة. وقد تميزت بتخطيطها لمراكز خالية من السيارات والاستعمال المختلط للأراضي، وعمل شبكتين منفصلتين لحركة النقل والمرور بحيث تكون لمناطق العمل والسكن مداخل خلفية للسيارات وامامية للمشاة (Moughtin, ٢٠٠٥, p.٢٨٥).



الشكل (٧) مخطط موقع الوحدات السكنية في (Florida)

<http://planitlimbo.wordpress.com/2011/07/29/new-urbanism-old-suburbanism-with-better-practice/>

<http://www.fivestargulfrentals.com/communities/seaside>

لقد وضع المصمم مجموعة من الأهداف التخطيطية والتي أثرت بشكل مباشر على التخطيط العام للموقع وعلى التصاميم المعمارية والتفاصيل البنائية. أهم هذه الأهداف (Derbyshire, ٢٠٠٠, P. ٩١).

- توجيه المخطط العام للسابلة وممرات المشاة وليس للسيارات.
- إعادة إحياء مبدأ القرية بأسلوب عصري يتلاءم مع نمط الحياة في القرن الحادي والعشرين.
- تحقيق مبدأ المجتمع المستدام.
- توجيهات جديدة لتصميم المسكن باستخدام النظم الذكية.
- وضع نموذج للتطوير البيئي المستدام.
- ترشيد مرحلة البناء بالاعتماد على تصنيع مواد البناء خارج الموقع (التصنيع المسبق).
- تحديد أسس لأفكار مستقبلية خلاقة للتصميم المستدام في المشاريع اللاحقة.

على الرغم من كون التجمع السكني في جرينتش حديثاً، إلا أن المصمم حاول إدخال روحية المكان والهوية التي تميزت بها التجمعات السكنية التقليدية في تصميم معاصر يتجاوب مع متطلبات العصر ضمن التخطيط متعدد الاستخدامات والمستويات الاجتماعية لقرية الألفية والتي يعتبر السكن الميسر أحد أهم مكوناتها التخطيطية ومعالمها المعمارية، سواء من حيث تشكيلها المعماري أو قوة تعبيرها اللوني من خلال جرأة الاستخدام اللوني للواجهات والعناصر المعمارية (Green Millennium Village, ٢٠٠٤, P. ٩).

امتاز المشروع بالاستدامة الاجتماعية من حيث التنوع في أنماط المساكن، حيث لجأ المصمم للتنوع في استخدام الشرفات، التخفيف المتنوع، الألوان الصارخة والتي تكسر من عدم انتظام الأبنية والتي تعتبر الأعلى في الجانب الشمالي الشرقي من الموقع بمحاذاة نهر التايمز (الشكل ٩) (Powell, ٢٠٠٣, P. ١٧٥).



شكل (٩) التنوع التصميمي في معالجات الوحدات السكنية (المصدر: Powell, ٢٠٠٣)

## ٢-١-٥ القرية الحضرية

برز مفهوم القرية الحضرية في حقل التخطيط والتصميم وعلم الاجتماع الحضري، وقد عبرت في مفهومها عن نموذج فكري تخطيطي للتنمية في الأحياء الحضرية، هدفها الرئيسي تحقيق (كثافة عمرانية متوسطة، استعمالات مختلطة، توفير منظومة مواصلات جيدة مع التأكيد على تصميم الأماكن العامة وحركة المشاة)، وأهم مبادئها في تصميم الأحياء السكنية (Sustainable Development Department, ٢٠٠٨, pp. ٦٦, ٦٨).

أ - يتراوح عدد سكانها ٣٠٠٠-٥٠٠٠ نسمة ضمن مساحة ٤٠ هكتار مع سهولة التنقل.

ب - اعتماد مبدأ المرونة لاستيعاب التغيرات الديمغرافية وأنماط العمل.

ج - تكون ذا استعمال مختلطة على أن تحقق نسبة (١/١) بين فرص العمل والسكان.

د - اعتماد المقياس الإنساني في الكتل البنائية.

هـ - جعل البيئة صديقة للمشاة من خلال تقليل استخدام السيارات وتشجيع حركة المشاة والدراجات.

و - المشاركة العامة في انشاؤها بوجود ادارة متكاملة لتنظيم القرية.

## الجزء الثالث

### ٣-١-٣ المشاريع الإسكانية المستدامة

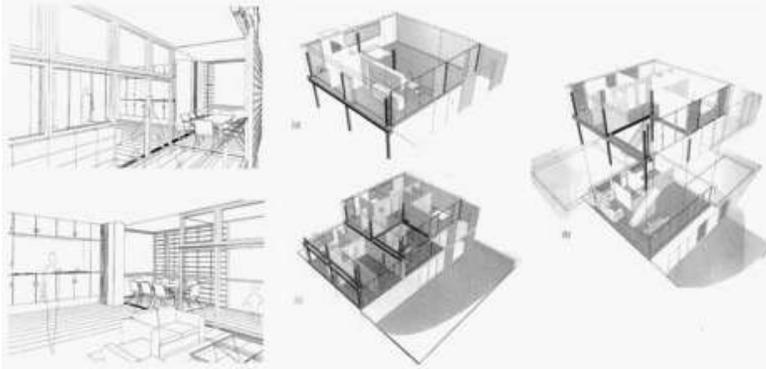
#### ٣-١-٣-١ قرية الألفية Millennium Village

في عام ١٩٩٧ أقيمت مسابقة تطوير قرية الألفية بالقرب من قرية الألفية، وقد أرسى المشروع على Greenwich Millennium Village Ltd بالعمل مع المعماري رالف أيريكسن. مشروع التطوير كان جزءاً من تطوير شبه الجزيرة بكاملها والتي وضع المعماري ريتشارد روجرز مخططها الأساس واشتملت كذلك على المتنزه الإيكولوجي ومناطق ترفيهية وتجارية ومكاتب (الشكل ٨).



الشكل (٨) مخطط قرية الألفية والذي يعتمد التخطيط متعدد الاستخدامات لإعادة إحياء مبدأ القرية بأسلوب عصري (المصدر: Derbyshire, ٢٠٠٠)

كانت فكرة نمو العائلة أحد أهم توجهات الفكرة التصميمية لأن هذا يشجع الساكنين على البقاء في مساكنهم دون الحاجة لتغيير المسكن مع نمو العائلة لأن المسكن يحمل إمكانيات التحوير والإضافة تبعاً لنمو العائلة وتطور احتياجاتها (الشكل ١١) (Derbyshire, ٢٠٠٠, P. ٩٤).



شكل (١١) المرونة التصميمية والإنشائية في الفضاءات الداخلية و في حجم الوحدة السكنية (المصدر: Derbyshire, ٢٠٠٠)

**النظام الإنشائي:** أحد أهم أهداف التصميم كان التقليل من مدة البناء بنسبة ٢٥% وفي كلفة البناء بنسبة ٣٠% وقد تم تحقيق ذلك باستخدام هياكل حديدية ونظام تعليق مسبق الصنع بالاعتماد على معايير أمان عالمية وتقليل النفايات الإنشائية إلى أقل حد ممكن. كما ساعد على النظام الإنشائي على مرونة التغيير والتحوير والإضافة في الوحدة السكنية (Derbyshire, ٢٠٠٠, P. ٩٠).

اعتمد في مشروع قرية الألفية نظام تقييم " Eco Homes " الذي وضعته " مؤسسة بحوث البناء BRE " في المملكة المتحدة لتأكيد أن بالإمكان تحقيق أعلى كفاءة للأداء البيئي عبر التصميم الجيد المدروس أكثر من الاعتماد على رؤوس الأموال العالية. ويعتبر أول مشروع تطوير مستدام في المملكة المتحدة يحصل على درجة "ممتاز" لكفاءة أدائه البيئي. كما حاز على جائزة الاستدامة لأفضل تصميم للمشاريع السكنية التي تقدمها " الجمعية الملكية للمعماريين البريطانيين RIBA " (Green Millennium Village, ٢٠٠٤, P. ١٠).

### ٢-١-٣ مشروع التجميع السكني المتضام

يعتبر هذا التصميم مشروعاً تجريبياً قابلاً للتنفيذ تم تقديمه ضمن بحث إلى " ندوة الإسكان الميسر ٢ " التي أقيمت في المملكة العربية السعودية عام ٢٠٠٤. يهدف المشروع لتحقيق المفاهيم والأفكار المرتبطة بالتنمية المستدامة من خلال إيجاد وحدة تصميمية أولية (نموذج سكني) يمكن بتكرار تجميعه تحقيق كفاءة التشكيل والتحكم في هيئة العمران وتحسين الأداء الوظيفي والبيئي مع مراعاة اقتصاديات التشكيل.

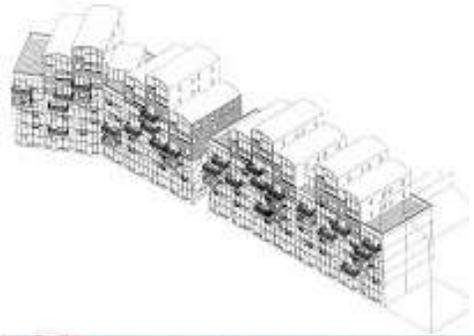
تم اختيار الموقع بمنطقة أسبوط الجديدة بجمهورية مصر العربية وهي منطقة صحراوية جافة، ويهدف المشروع إلى محاولة إيجاد حلول تتوافق مع البيئة الصحراوية وبحقق مفاهيم الاستدامة مع التركيز على قطاع الإسكان العام وفق نظام (العمارات متعددة العائلات) حيث تفقر الدراسات إلى تطوير أنماط التشكيل لهذا النوع من الإسكان ليناسب البيئة الصحراوية والملاحظ أن معظم المواقع لهذا النمط من الإسكان يتم التعامل معها تشكلياً من خلال النسيج الخطي (عبد يوسف، ٢٠٠٤، ص ٣٣٨). النموذج المقترح للوحدة السكنية يتكون من ثلاث غرف وصالة مع المرونة في إمكانية نمو المسكن بإضافة غرفة رابعة؛ المساحة الإجمالية للوحدة السكنية ١٥٠ م<sup>٢</sup> والتي تم تجميعها وفق أسلوب التخطيط المتضام.

تعتمد الفكرة الأساسية للمشروع التجريبي المقترح على النقاط التالية (الشكل ١٢):

**المعالجات البيئية:** لتحقيق الاستدامة البيئية في المشروع تم تحديد مجموعة من الأهداف البيئية، في مجال الطاقة والمياه والنفايات، التي سيتم ترشيدها و تقليلها نسبة لتصاميم المساكن الاعتيادية (Derbyshire, ٢٠٠٠, P. ٩١).

- تقليل في الاستخدام الأساسي للطاقة بنسبة ٨٠%.
- الاعتماد على الطاقة من مصادر متجددة كالشمس والرياح بنسبة ١٠%.
- التقليل في الطاقة الكامنة بنسبة ٥٠%.
- التقليل في الحاجة للمياه بنسبة ٣٠%.
- التقليل في النفايات الموقعية بنسبة ٥٠%.
- استخدام مواد قابلة للتدوير بنسبة ٨٠%.
- عدم التسبب في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون.

اعتمدت استراتيجية الطاقة على منهج شمولي لتقليل الحاجة للطاقة المطلوبة للتدفئة والتبريد باستخدام مستويات عالية من العزل واستغلال انحدار الموقع نحو الجنوب وتوجيه الفتحات بهذا الاتجاه للاستفادة من الكسب الحراري الذاتي (الشكل ١٠). التشكيل المتدرج لكتل الأبنية سمح بنفاذية أشعة الشمس إلى الأبنية المغطاة وداخل الفضاءات في معظم الوحدات السكنية. محطة الطاقة للمشروع تزود الطاقة والحرارة باستخدام طاقة الكتلة الحيوية Biomass مما يزيد من كفاءة الإنتاج ويقلل من التلوث (Powell, ٢٠٠٢, P. ١٧٥). وقد تم تحقيق التوفير في الطاقة بنسبة ٦٥% في المرحلة الأولى من المشروع، بالاعتماد على الاستراتيجيات السابقة واستخدام معدات كفاءة باستخدام الطاقة (Green Millennium Village, ٢٠٠٤, P. ٩).



شكل (١٠) استغلال تجميع الوحدات السكنية للاستفادة من الكسب الحراري (المصدر: ٢٠٠٤, Green Millennium Village & Derbyshire, ٢٠٠٠)

تحقيق الاستدامة الاجتماعية كانت أحد أهم أبعاد الاستدامة التي سعى المشروع لتحقيقها، وذلك باعتماد أفكار مبتكرة في التصميم والبناء وتطوير إمكانيات الاختيار في الأنماط السكنية. هذا التنوع الكبير للمعايير كان يهدف أساساً لتوفير تجمعات سكنية مستدامة حيث يرغب الناس بالعيش.

أوضحت الدراسة الخاصة بالمشروع الدور الذي يلعبه التشكيل في رفع كفاءة الأداء البيئي للمسكن والارتباط الوثيق بين التشكيل واقتصاديات التنمية المستدامة. يهدف المشروع عبر استخدام الوحدة البنائية وتنويعاتها في التأثير على الكفاءة الاقتصادية وتحقيق الاقتصاد في شبكات البنية الأساسية وممرات الحركة وبالتالي المساهمة في خفض التكلفة الكلية وبما يؤدي إلى تيسير الحصول على الوحدة السكنية حيث يتأكد دور التجميع السكني في دعم استدامة المسكن من خلال مجموعة من الاعتبارات منها:

- التحكم في التشكيل مع المرونة في نمو الوحدة السكنية والموقع.
- الفصل بين مرور السيارات وحركة المشاة مع سهولة الوصول إلى المواقع المختلفة.
- التركيز على البعد البيئي والاجتماعي وتلازمهما وتقوية خاصية الجوار .
- تقليل الاعتماد على التبريد الميكانيكي عن طريق إيجاد مناخ محلي خاص والتحكم في الحرارة الخارجية بوسائل مختلفة منها تشكيل الكتل والفراغات واستخدام النباتات وتقليل تعرض السطوح الخارجية للإشعاع الشمسي المباشر.
- مساهمة التشكيل في خفض التكاليف الابتدائية والتشغيلية نظراً لانخفاض نصيب الوحدات السكنية من تكاليف البنية الأساسية (شبكات المياه والصرف الصحي والغاز).
- رفع الكثافة داخل الموقع وخفضها على مستوى التجمع ككل مع الاستفادة بالمساحات المحيطة بالموقع كظهير زراعي بتعظيم الفائدة منه باستخدامه في الزراعة المثمرة (عيد ويوسف، ٢٠٠٤، ص ٣٤٢).

### ٣-١-٣ مسكن أكسفورد البيئي Oxford Eco-house

يتكون من ثلاثة طوابق ويحتوي ست غرف نوم ويعتبر أول مسكن يستخدم نظام الخلايا الكهروضوئية في المملكة المتحدة يقع في الضواحي وموجه ببحر شمال - جنوب. النظام الإنشائي تقليدي من جدران مجوفة. اعتمدت الفكرة التصميمية على بناء مسكن هادئ وصحي بأقل انبعاث من ثاني أكسيد الكربون. تم تحقيقها باستخدام نظام إنشائي مصمت، مواد إنهاء طبيعية وفضاءات عازلة من الجهتين الأمامية والخلفية (<http://www.ecosite.co.uk>)

يعتبر مسكن أكسفورد البيئي أقل مسكن يستخدم الطاقة في المملكة المتحدة. لقد أثبت هذا المشروع أن أداء المسكن الاعتيادي في الضواحي يمكن تطويره جوهرياً، مع بقاء إمكانية بنائه بالأسلوب التقليدي. طاقة الخلايا الكهروضوئية تصل إلى ٤ كيلو وات، ومساحة الخلايا التي تزود بالماء الساخن تصل مساحتها إلى ٥ م<sup>٢</sup>. حقق المسكن توفيراً في كلفة كل من الطاقة الكهربائية والغاز مع بقاء نفس كلفة البناء. من أهم أهداف المسكن الحفاظ على البيئة وهذا ما تم تحقيقه، حيث أطلق مسكن أكسفورد البيئي حوالي ١٤٨ كغم من ثاني أكسيد الكربون/السنة، مقارنة مع ٦٥٠٠ كغم/السنة لمسكن اعتيادي بنفس الحجم (الجدول ٣) ([www.carfaxlibdems.org.uk](http://www.carfaxlibdems.org.uk))

- اعتماد الفناء كمكون أساسي في مجال الإسكان العام، لرفع كفاءة التشكيل وتوافقه مع خصائص وسمات البيئة العمرانية الصحراوية من جهة وباعتباره يشكل خطوة أكثر توافقاً مع مبادئ ومفاهيم العمارة المستدامة.

- تحقيق مفاهيم النسيج المتضام في قطاع الإسكان العام، مع المرونة في تشكيل الوحدات الأساسية بما يحد من النمطية مع التنوع والتغير في الطابع العام.

- خفض التكلفة في إطار العلاقة أو النسبة بين أطوال شبكات معابر الحركة والاتصال والوحدات الأساسية.

- الحد من المرور العابر وتوفير أفضل استخدام لمسارات حركة للمشاة داخل النسيج العمراني.

- إيجاد أقصى استغلال للمساحات المستخدمة للاستخدام السكني مع إمكانية رفع الكثافة السكنية بالموقع، وخفضها على مستوى التجمع ككل من خلال إيجاد مساحات محيطة بالموقع تستغل كظهير زراعي ومساحات للترفيه.



الشكل (١٢) مرونة التنوع في تشكيل التجمعات أفقياً وعمودياً (المصدر: عيد ويوسف، ٢٠٠٤)

**الفكرة التخطيطية:** اعتمد تجميع الوحدات السكنية على استخدام نمط التخطيط المتضام مع اعتماد الفناء كمكون أساسي للبنية التكوينية للتخطيط مع استخدام الوحدة البنائية لإنتاج بدائل تخطيطية متنوعة للتجمعات السكنية. أسلوب التجميع يسمح بإمكانية تجميع الكتل في الاتجاه العمودي بما يسمح بالتنوع في التجميع بما يساعد على خلق أماكن متباينة في الضغط وتكوين الظلال داخل الموقع (الجدول ٢).

الجدول (٢) مقارنة الخصائص التخطيطية للبدائل المقترح مقارنة بالحلول الاعتيادية

نوع المسكن الموقع	الموقع بالحلول الاعتيادية	الموقع بالحل المقترح
مساحة الموقع	١٢٢٠٠٠ م <sup>٢</sup> (حوالي ٣٠ فدان)	١٣٤٤
عدد الوحدات	٥٦٠	١٣٤٤
مساحة الوحدة	٢١٠ م <sup>٢</sup>	٢٢٤ م <sup>٢</sup>
الكثافة الإجمالية	٩٣ شخص/فدان	٢٢٤ شخص/فدان
الكثافة السكنية	١٩ وحدة/الفدان	٤٥ وحدة/الفدان
نسبة الفراغات	٧٥%	٤٤%
نسبة البناء	٢١,٦%	٢,٦%

(المصدر: الباحثان استناداً إلى عيد ويوسف، ٢٠٠٤)

الجدول (٣) مقارنة للأداء البيئي وكلفة استهلاك الطاقة لمسكن أكسفورد البيئي

نوع المسكن	كلفة الكهرباء (*£)	كلفة الغاز (£)	الكلفة الكلية (£)	انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (كغم/السنة)	كلفة البناء (£م <sup>٢</sup> )
مسكن أكسفورد البيئي	٨	٤٤	٥٢	١٤٦	٧٢٠
مسكن اعتيادي	١٨٠	٤٧٦	٥٦٦	٦٥٠٠	٧٢٠
التوفير	١٧٢	٤٣٢	٥١٤	٦٣٦٠	٠٠
النسبة المئوية	٩٥%	٩٠,٧٥%	٩٠,٨%	٩٧,٨%	%٠

المصدر: الباحثان بالاستناد إلى ٢٠٠٣، Roaf & Others

الجسور الباردة في النظام الإنشائي، خاصة في الفترات الباردة والمعتدلة من السنة.

مفهوم دورة حياة المبنى كان مهماً في التصميم، وقد قدرت دورة حياة المسكن ٥٠٠ عام، حيث روعيت مفاهيم الاستدامة في مرحلة التصميم والبناء، إلا أن الأهم هو فترة الإشغال حيث يمكن للسكان وبمرور الوقت تحديد أفضل أسلوب لاستخدام النظم المختلفة في المسكن وبما يحقق ارتباط الساكن بالمبنى من خلال التفاعل الإيجابي بينهما.

### ٣-٤ تطوير مجموعة مساكن في Civil lines

يمثل هذا المشروع تحدياً لتصميم وبناء مسكن في منطقة حضرية ذات كثافة سكانية عالية. يتكون من أربعة مساكن مطلة على فناء مفتوح وبارتفاع طابقين وثلاثة طوابق مطلة على الشارع. المساكن بالاتجاه الشمالي من الشارع هي مساكن ذات فناء وسطي تؤدي إلى حديقة باتجاه الجنوب، بينما المساكن على الجانب الجنوبي من الشارع تكون حدائقها الاتجاه الخفي باتجاه الشمال. التجميع الكتل للمساكن كان عاملاً مؤثراً قوياً على الفكرة التصميمية، كما أن التصميم وفق مبادئ الاستدامة البيئية والاستفادة من الإشعاع الشمسي شتاء أدى إلى تفاعل عناصر الواجهات الخارجية لتكون جزءاً أساسياً من القيمة التعبيرية المعمارية للمشروع (الشكل ١٣).

طريق جانبي



الشكل (١٣) مخطط للمساكن والتي تعتمد على الافتتاح على فناءات وسطية، كما تعمل الطرق المجاورة عمل الأتربة التقليدية

(المصدر: الباحثان استناداً إلى ٢٠٠٣، Roaf & Others)

**مواد البناء:** شهدت المرحلة التي بني فيها المسكن بدايات الاهتمام بنوعية مواد البناء وطريقة تصنيعها. اختيرت مواد ذات طاقة كامنة قليلة مثل الطابوق والخشب التأسيسات الصحية والمجاري كانت مصنعة من مواد قليلة الطاقة الكامنة والتي شملت أنابيب المجاري، المرافق الصحية، المغاسل، قاعد الأدشاش كانت مصنعة من السيراميك والبورسلين الكثير من المبادئ المستخدمة في البناء كانت مستندة على مبادئ البناء التقليدي المحلي والذي أثبتت الدراسات الحديثة مدى عمقها وجدواها (<http://www.ecosite.co.uk>)

**النظام الإنشائي:** اعتمد النظام الإنشائي للمسكن على نظام الجدران الحاملة للاستفادة من استراتيجية سعة خزن الكتلة الحرارية. السقف تم إنشاؤه من بلاطات خرسانية على ٥٠ ملم من البولسترين مدد على عازل سليبوزي بعمق ٢٠٠ ملم بين عوارض خشبية مغطاة من الأسفل برفائق خشبية بسمك ٦ ملم. الموصولية الحرارية U-value لمكونات السقف ٠,١٩ واطام ٠,٢٠ م، فضلاً عن أن خشب الأرضيات معزول بطبقة من الصوف المعدني بسمك ٢٠٠ ملم حيث كانت الموصولية الحرارية ٠,٢٤ واطام ٠,٢٠ م. الجدران الخارجية كانت من الطابوق المصنوع يدوياً. عازل من الصوف المعدني بسمك ١٥٠ ملم، مغلف بنايلون خلف الجدار الطابوق وبلوك خرساني بسمك ١٥٠ ملم للداخل مع طبقتين من الإنهاء الجبسي. الموصولية الحرارية لمكونات الجدار ٠,٢٢ واطام ٠,٢٠ م. النوافذ خشبية بزجاج ثلاثي الطبقات (الموصولية الحرارية ١,٣ واطام ٠,٢٠ م)، أما الرواق العازل وفضاء التشميس استخدمت فيه نوافذ ثنائية الزجاج (الموصولية الحرارية ٢,٩ واطام ٠,٢٠ م لكل نافذة) (الجدول ٤) (Roaf & Others, ٢٠٠٣, P. ٢٩١)

### الجدول (٤) الموصولية الحرارية للعناصر البنائية لمسكن أكسفورد البيئي

التوصيف	الموصولية الحرارية (واطام ٠,٢٠ م)	العنصر البنائي
طابوق البلوك	٠,٢٢	الجدران
١٥٠ ملم مع العازل	٠,١٩	الأرضية
٢٥٠ ملم مع العازل	٠,١٤	السقف
ثلاثية الزجاج	١,٣	النوافذ

(المصدر: الباحثان بالاستناد إلى ٢٠٠٣، Roaf & Others)

أهم ما يمكن استخلاصه من هذا المسكن، هو إمكانية دمج التصميم التقليدي مع تقنيات الطاقة المتجددة ومواد البناء المستدامة لتقليل التلوث والحفاظ على البيئة. يثبت هذا المسكن أنه ليس من الصعب بناء مسكن يستهلك طاقة قليلة، إنه يحتاج إلى التعامل مع الموقع بجديّة ودراسة استراتيجيات التعامل مع المناخ وتقليل تسرب الهواء والجسور الباردة مع زيادة الكسب الحراري الذاتي من الشمس ([www.carfaxlibdems.org.uk](http://www.carfaxlibdems.org.uk)). يعتمد التصميم على تفاعل العناصر البنائية فيما بينها، بحيث يكون كل عنصر في المبنى ذا أداء بيئي يتكامل مع غلاف المبنى ككل. من أهم الدروس التي يمكن استخلاصها:

- نجاح الحلول لا يعتمد على فكرة واحدة فحسب، ولكن على تداخل الخيارات الصحيحة والمتفاعلة فيما بينها.

- استخدام وسائل تهوية في منطقة الرواق العازل وفضاء التشميس (الفناء الصيفي) ساعد على إحداث تهوية طبيعية جيدة في أكثر أوقات السنة برودة في أكسفورد.

- استقراره الذبذبة الحرارية على أوجه الجدران الداخلة للمسكن من خلال استخدام استراتيجية الكتلة الحرارية العالية التي توفر بيئة داخلية مريحة طوال العام.

- كان لاختيار نوافذ ثلاثية الزجاج ووجود الفضاء العازل عاملاً مؤثراً على الأداء الحراري للمريخ للمبنى ككل وقلل من تأثير

الأوقات ما قبل الرياح الموسمية، فأن التبريد التبخيري لا يكون كفوياً، لذا لا بد من اللجوء لمبردة الهواء التبخيري (Roaf & Others, ٢٠٠٣, P. ٣٣٢)

إحداث تحرك هوائي عبر  
تأثير البريد التبخيري



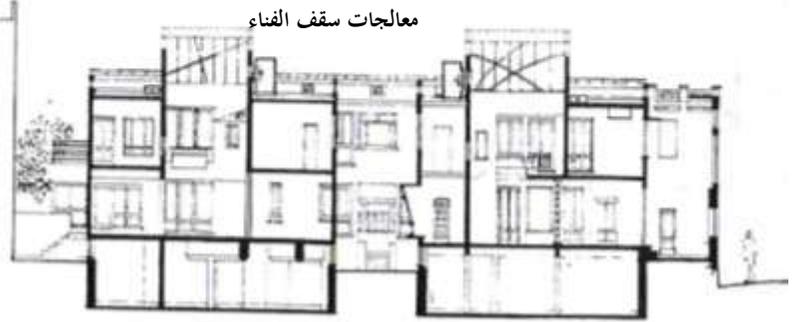
المحور العام للأبنية هو شرق- غرب، حيث تفتح معظم النوافذ باتجاه الشمال أو الجنوب. ونظراً لاعتماد التصميم على وجود الفناء المفتوح، فإن هناك واجهات شرقية وأخرى غربية. النوافذ باتجاه الشرق والغرب صغيرة ومطللة على زقاق ضيق مظلل أو على الفناء الوسطي ما بين المساكن المجاورة. الزقاق الغربي مظلل بجدار المبنى المجاور ذي الطابقين المشيد على جانب الطريق (الشكل ١٤) (<http://academic.evergreen.edu->)

ملاقف هوائية رباعية تعمل مع

الزقاق المظلل



معالجات سقف الفناء



الشكل (١٤) استغلال لطاقت الطبيعية عبر التدرج في المقاطع ومرونة الفناء الوسطي بما يسمح بالتحكم بدخول الإشعاع الشمسي وخلق مناطق متباينة في الضغط (المصدر: الباحثان استناداً إلى Roaf, ٢٠٠٣)

الشكل (١٥) التبريد التبخيري والتهوية عبر ملقف الهواء حيث يتم تبريد الهواء الحار عند مروره عبر فتحات ملقف الهواء المغطى بقطع الخوص الرطبة (المصدر: الباحثان استناداً إلى Roaf & Others, ٢٠٠٣)

مما لا شك فيه، أن استراتيجية التبريد التبخيري معروفة منذ القدم في العمارة التقليدية في العراق باستخدام البادكير الذي يمتد من سطح المسكن وحتى السرداب حيث يتم من خلاله تبريد الفضاءات الداخلية خلال نهار الصيف شديد الحرارة. إن مبادئ العمارة التقليدية يمكن إعادة توظيفها في العمارة المعاصرة بتوجهات تصميمية مبتكرة وبتقنيات حديثة.

**ثانياً: معالجة سقف الفناء الوسطي:** كان اللجوء للفناء الوسطي المسقف الإستراتيجية الأساسية للتعامل مع المؤثرات البيئية الطبيعية المحيطة. السقف مكون من إطار حديدي مسنن بشكل جمالون، مغطى بمقاطع من الزجاج بسمك ٢٠ ملم مزود بطبقة عاكسة مع لوح من الزجاج الشفاف بالاتجاه الجنوبي. من الداخل السقف مزود بلوحين من مادة مرنة قابلة للرفع والانخفاض (الفتح والغلق)، والتي يمكن سحبها لإغلاق السقف (لغرض العزل) أو يمكن رفعها عمودياً (للسماح بالتخلص من الحرارة الزائدة). فوق السقف هناك شبكة مرنة من مقاطع البامبو القابلة للفتح والغلق، والتي يمكن أيضاً فردها لتغطية السقف أو رفعها للسماح لأشعة الشمس بالنفاذية شتاءً (الشكل ١٦).

والواجهات الخارجية فحسب، بل كان لتصميم المقاطع دور مؤثر على كفاءة الأداء البيئي للمساكن. صممت المقاطع بشكل متدرج بما يسمح لأشعة الشمس شتاءً بالنفاذ إلى فضاءات المعيشة والطعام التي تمثل البؤرة المركزية للتصميم في الطابق الأرضي.

**أولاً: التبريد التبخيري باستغلال التحرك الهوائي:** اعتمدت الفكرة التصميمية على إحداث تحرك هوائي طبيعي في كل مسكن خاصة في الأوقات الحارة من السنة عن طريق ملقف الهواء العمودي على جانب المبنى. البرج مزود بفتحات مغطاة بشاشات ذات فتحات صغيرة وفتحات البرج مغطاة بقطع من الخوص المزود بمضخة ماء (الشكل ١٥).

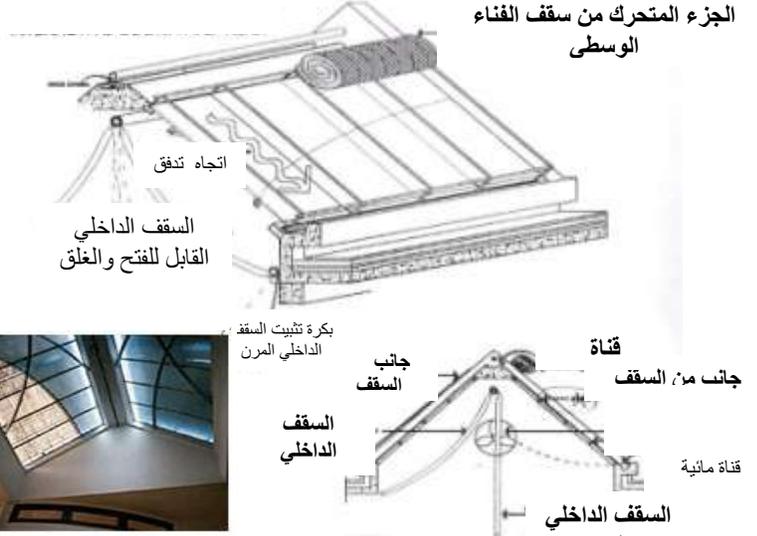
ضغط الرياح الطبيعي سيدفع الهواء عبر قطع الخوص الرطبة، حيث يتم تبريد الهواء عند مروره عبر هذه الفتحات فيتشبع بالرطوبة والذي عند تبخره ستقل درجة حرارته (التبريد التبخيري) (Moore, ١٩٩٣, P. ١٧٩). يعمل هذا التحرك الهوائي على تلطيف البيئة الداخلية للفضاءات من خلال فتحات جانبية على سطح البرج تفتح بشكل مباشر على الفضاءات المجاورة حيث يتم توزيع التحرك الهوائي في أرجاء المسكن وعلى امتداد طابقين. تعتبر إستراتيجية التبريد التبخيري، مع اللجوء للمراوح السقفية، ناجحاً جداً في أوقات الصيف لتوفير بيئة داخلية مريحة. إلا أنه في الأوقات الحارة والرطوبة من السنة، منذ منتصف الشهر السادس إلى منتصف الشهر السابع، والتي تصل فيها درجات الحرارة إلى ٣٨°م والرطوبة النسبية إلى أكثر من ٦٥% في

- تحقيق الهوية والخصوصية والانتماء للمكان.
- وجود بيئة صديقة للمشاة والتقليل من السيارات.
- الاعتماد على النقل العام ووسائل صديقة للبيئة كالدراجات الهوائية.
- التنوع بخيارات السكن وانماطها.
- مشاركة المجتمع بشكل فعال في التخطيط.
- التنوع والحيوية للفضاءات العامة لخلق تفاعل اجتماعي.
- استخدام المواد والاثاث والمساحات الخضراء.
- تحقيق شبكة مترابطة من الشوارع المتسلسلة هرمياً.
- التخطيط في مركز المدينة على اساس محطات النقل العام.
- استخدام تقنيات الطاقات البديلة والمتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها عند تصميم الوحدات السكنية والمجمعات السكنية.
- استخدام الانظمة الذكية في الوحدة السكنية لتقليل استهلاك الطاقة والموارد.
- الاعتماد على اعادة تدوير مياه الصرف الصحي والنفايات والاستفادة من مياه الامطار.
- زيادة نسبة المناطق الخضراء نسبة الى المنطقة المبنية.
- المرونة في تصميم الوحدة السكنية والامكانية على توسعها مستقبلاً.
- الاعتماد على تقنيات بناءية تقلل من استهلاك المواد والنفايات الانشائية.
- مراعاة توجيه المجمعات السكنية بما يحقق بالتقليل من استهلاك الطاقة.
- استخدام مواد بناء محلية تراعي البيئة وتقلل من استهلاك الطاقة والموارد.
- استخدام المواد العازلة في الوحدات السكنية بما يحقق من التقليل بالتوصيل الحراري للجدران والسقوف والارضيات والنوافذ.
- الاستفادة من عناصر المناخ وتوظيفها بشكل ملائم مع أشهر السنة والبيئة.
- زيادة المساحات المائية بالمجمعات السكنية عن طريق انشاء القنوات المائية التي تمر بالمجمعات بشكل يحقق التقليل بدرجات الحرارة فضلاً عن ايجابياتها البيئية والترفيهية.

#### ٢-٤ الاستنتاجات

١. تمثل الاسكان منظومة متكاملة من العناصر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والعمرائية واي اختلال في هذه العناصر يحدث الاختلال وتظهر المشاكل الاسكانية في مجالات تحديده منها العجز السكني وتدهور البيئة السكنية وغيرها.
٢. تمثل المؤشرات الاسكانية خطوط عريضة يعتمد عليها عند اعداد تخطيط وتصميم المجمعات السكنية بكافة انماطها لتحقيق نوعية حياة جيدة للمجتمع والساكنين.
٣. يعتبر الاستعمال السكني هو الاستعمال المهيمن على نسيج المدينة وهذا يتطلب عند اعدادها وضع مؤشرات مستدامة لتحويل مدنتنا التقليدية الى مدن مستدامة.
٤. معظم الوحدات السكنية والتجمعات السكنية اعتمدت على تخطيطها وتصميمها على معايير مخطط الاسكان العام والتي تم تحديثها عام ٢٠١٠ لكنها تفتقر الى وضع مؤشرات ومعايير مستدامة لتعمل على تحويل هذه التجمعات والوحدات السكنية الى مدن قابلة للعيش ومستدامة.
٥. تؤثر عوامل متعددة على تخطيط المناطق والمجمعات السكنية والتي تجعلها ذات جذب سكاني لها، ومنها توفر الخدمات الاجتماعية والبنى التحتية والمتكاملة مع التجمعات السكنية والتي تحقق التكامل الوظيفي بين الفعاليات السكنية وباقي

#### مكونات سقف الفناء الوسطي القابل للفتح والغلق



الشكل (١٦) المرونة في معالجة سقف الفناء الوسطي حيث يعمل السقف عمل مبردة هواء تبخيري كبيرة فوق فضاء المعيشة المركزي (المصدر: الباحثان استنادا إلى ٢٠٠٣, Roaf & Others)

الجزء العلوي من السقف عبارة عن قناة مائية ينحدر منها الماء على مكونات السقف حيث يتبخر قسم من هذا الماء، بينما يتجمع بقية الماء الذي لم يتبخر عند نهاية السقف المنحدر لتتم إعادة تدويره. إن هذه المعالجات البيئية تجعل من السقف مبردة هواء تبخيري كبيرة فوق فضاء المعيشة المركزي والذي تفتح عليه بقية فضاءات المسكن حيث يتم الحصول على بيئة داخلية مريحة في جميع أرجاء المسكن. إن هذه الطريقة من التبريد التبخيري يعتبر مبردة هواء تبخيري إضافية تكون ذات تأثير كبير في توفير بيئة داخلية مريحة عندما يكون التبريد التبخيري الاعتيادي عبر أبراج الهواء غير فعال في الأوقات الحارة الرطبة من السنة في الشهرين السادس والسابع. إن نظام التكيف الطبيعي من السقف بمكوناته المختلفة: شبكة البامبو المرنة، تدفق الماء، الجزء الداخلي المرن المتحرك لايد من التحكم بها وتعديلها تبعاً لفصول السنة المختلفة وما بين النهار والليل.

إن سقف الفناء الوسطي بأجزائه المتحركة وألوانه المختلفة يسمح بالتفاعل مع الخارج والاستمتاع بمنظر السماء ليلاً في الفصول المختلفة مما يضيف قيمة جمالية عالية للمعالجات البيئية بالتفاعل مع التغيرات الطبيعية المحيطة (٢٣٤، P. ٢٠٠٣، Roaf & Others). بقية أجزاء السطح غطيت بقطع من الموزاييك العاكس، أما السقف الخرساني فمغطى بألواح البوليبريثين بسبك ٣٠ ملم.

#### الجزء الرابع

##### ١-٤ المؤشرات الاسكانية المستدامة

- استخدام الفناء الداخلي.
- نسيج متضام.
- تدرج بالفضاءات والابنية.
- كثافة عالية.
- استعمالات مختلطة.
- التنوع بالفعاليات.
- المرونة باستغلال الفضاءات.

٨. الهيتي، الجنابي، صبري فارس، صلاح حميد، "جغرافية الاسكان"، مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٢م.  
المصادر الأجنبية

١. Craig W. Kelsey, Ph.D. Thesis, "Smart Growth Planning Principles", California State University, USA, ٢٠٠٦.
٢. David Walters, "Designing Community", London, Elsevier Ltd., ٢٠٠٧.
٣. De Chiara & Lee, K, "Planning Design Criteria", London, ١٩٦٩.
٤. Derbyshire, Ben, (٢٠٠٠), **Greenwich Millennium Village: a Case Study of Sustainable Housing**, in Edwards & Turrent, edit, "Sustainable Housing: Principles & Practice", E. & F. N. Spon, London, UK.
٥. Giovanni, Baruch, (١٩٩٨), **Climate Considerations in Buildings & Urban Design**, JohnWiley & Sons, Inc., USA.
٦. Herzog, Thomas, (١٩٩٧), **Solar Energy in Architecture and Urban Planning**, Prestel, Munich-London- New York.
٧. Hyde, Richard, (٢٠٠١), **Climate Responsive Design: A Study of Buildings in Moderate & Hot Humid Climates**, Spon Press, London, UK, ٢٠٠١.
٨. Ministry of Housing and Construction, "**Housing Technical Standards and Codes of Practice**", Iraq, ١٩٨٣.
٩. Moore, Fuller (١٩٩٣), **Environmental Control Systems**, International Edition, McGraw-Hill, Inc, New York, NY, USA.
١٠. Moughtin, "**Urban Design, Green Dimensions**", London, ٢٠٠٥.
١١. Powell, Kennet, (٢٠٠٣), **New Architecture in Britain**, Merrell Publishers LTD, London, UK.
١٢. Ragette, Friedrich, (٢٠٠٣), **Traditional Domestic Architecture of the Arab Region**, Axel Menges, Stuttgart
١٣. Schoeauer, Norbert, (٢٠٠٠), **٦٠٠٠ Years of Housing**, W.W. Norton, New York, USA.
١٤. Sustainable Development Department "**Next Step Recommendations for Affordable Housing - Policy and National Housing Program in Egypt**", ٢٠٠٨, PDF, IVSL, www.ivsl.org

الفعاليات في المدينة والتي تعمل على تحقيق سهولة الوصول وقرب السكن عن العمل والترفيهية وغيرها.

٦. تمثل الوحدات السكنية والنسيج العضوي التقليدي في المدن العربية والمدينة العراقية الاستدامة بمفهومها البيئي والاجتماعي والاقتصادي باستخدام عناصر ومفردات معمارية وانشائية بسيطة حققت التناغم والتكامل مع البيئة والمناخ والمجتمع والتي راعت الهوية المحلية والاجتماعية للمجتمع بكافة اصنافها.
٧. استنبطت معظم التوجهات المستدامة الحديثة من اساسيات المدن التقليدية العربية والعراقية واستمدت مدارس فكرية تراعي البيئة والمجتمع بأسلوب معماري وحضري حديث وباستخدام تكنولوجيا ومواد بناء تحقق الاستدامة وتراعي الابعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

#### ٤-٣ التوصيات

١. تضمين مؤشرات الاستدامة الاسكانية ضمن مخطط الاسكان العام والتي تعتمد عند اعداد المخططات والتصاميم للمجمعات السكنية.
٢. ضرورة استخدام تقنيات الطاقات المتجددة بكافة انواعها عن طريق تشريع قوانين خاصة تضمن استخدامها في المجمعات والوحدات السكنية.
٣. وجوب تكليف وزارة الاسكان والاعمار انشاء مجمع سكني مستدام نموذجي كدراسة بحثية تطبيقية تساعد على نشر مفهوم الاسكان المستدام في العراق.
٤. تأسيس هيئة اسكانية تراعي مفاهيم الاستدامة في السكن من النواحي المعمارية والانشائية تعمل على توفير مواد بنائية مستدامة تراعي كافة ابعاد الاستدامة واعداد مخططات وتصاميم ذات ابتكارات تراعي الهوية المحلية بنمط حديث يراعي التطور التكنولوجي.

#### المصادر العربية

١. الزبيدي، مها صباح (٢٠٠١)، استخدام الطاقات الذاتية في المدن الجديدة وأثرها في الحفاظ على البيئة، مؤتمر المعايير التخطيطية للمدن العربية، ١١-١٤/٥/٢٠٠١، هيئة المعمارين العرب، طرابلس، ليبيا.
٢. عبد الله، معاذ أحمد محمد، (٢٠٠٤)، مقومات الاستدامة في عمارة المسكن التقليدي، مؤتمر التنمية المعمارية والعمارة بالمجتمعات النامية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية.
٣. عبد الواحد، اسماء اديب، ٢٠٠٩، المشاريع الاسكانية المستدامة كرافد للتنمية المستدامة للمدن، رسالة ماجستير، المعهد العالي للتخطيط الحضري والاقليمي - جامعة بغداد.
٤. عيد، محمد عبد السميع ويوسف، وائل حسن، (٢٠٠٤)، التشكيل العمراني ودعم استدامة المسكن، السجل العلمي لندوة "الإسكان ٢: المسكن الميسر"، الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٨-٣٠/٣/٢٠٠٤.
٥. العيداني، سنان وسام عبد الرزاق، "مشاكل تنفيذ الإسكان متعدد الاسر في العراق"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية الهندسة، ٢٠٠٤.
٦. الغنيم، عثمان، "معايير التخطيط فلسفتها وانواعها ومنهجية اعدادها وتطبيقاتها في مجال التخطيط العمراني" عمان، دار صفاء للنشر والتوزيع ٢٠١١.
٧. القيسي، ليلي عبد الله، "معايير الوحدات السكنية الحضرية منطقة بغداد"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية الهندسة، قسم الهندسة المعمارية، ١٩٨٨.

## توصيات مؤتمر الطاقة المستدامة والمتجددة الثاني

بعد إنتهاء جلسات مؤتمر الطاقة المستدامة والمتجددة الثاني لجمعية المهندسين العراقية ومن خلال المحاور والجلسات الخاصة ندرج التوصيات التي توصل اليها المؤتمر وهي كما يأتي:

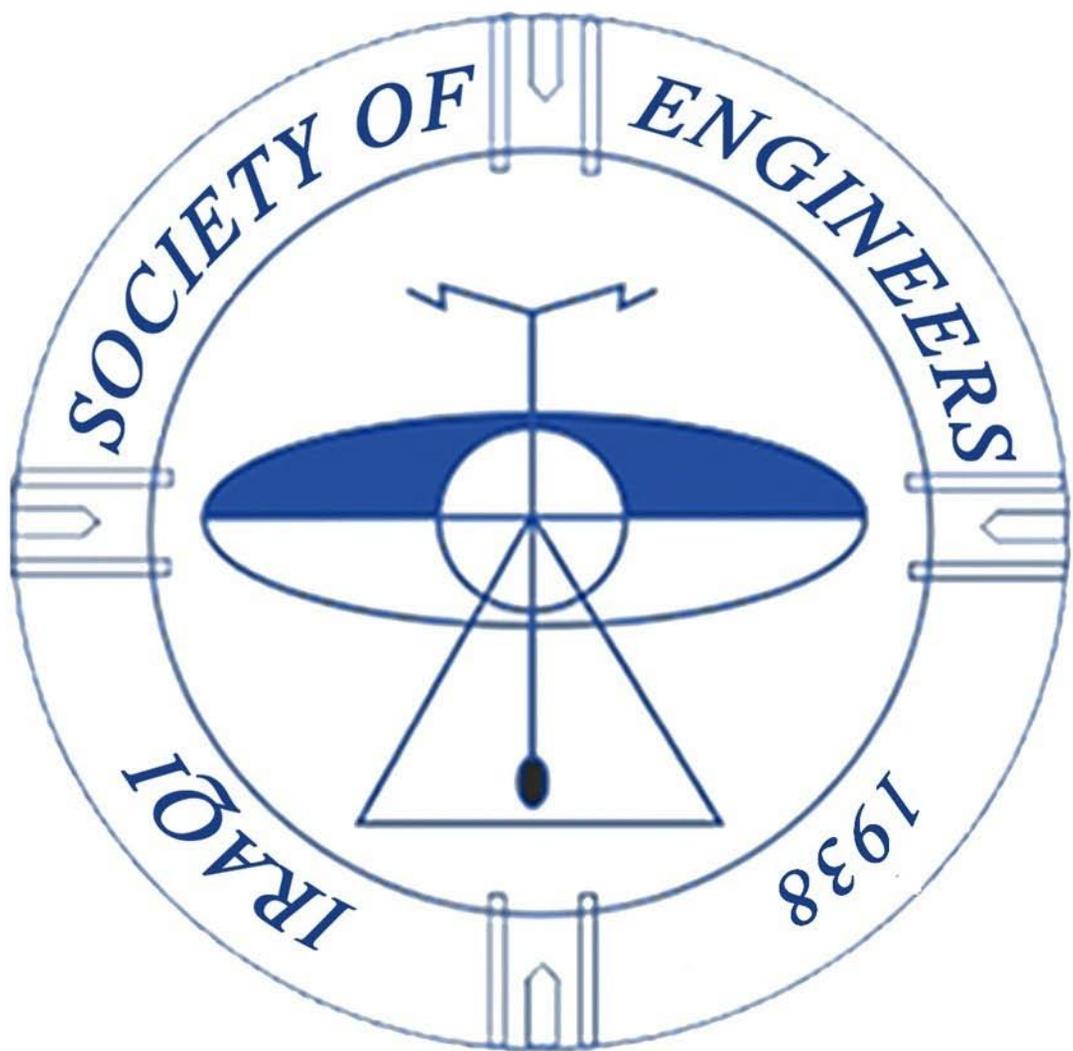
١. تأسيس هيئة أو مركز وطني للطاقات المستدامة والمتجددة.
٢. توحيد وتطوير التشريعات لتنظيم ودعم استخدامات الطاقة المستدامة والمتجددة.
٣. وضع ضوابط وتعليمات وتسهيلات لمنح إجازات البناء لمستخدمي معدات الطاقات المستدامة والمتجددة وموفرات الطاقة ومنح إعفاءات لتشجيع أصحاب الإجازات لبناء الدور والعمارات والأسواق والمنشآت الخدمية وغيرها.
٤. تحديث معايير منح إجازات البناء بما يتفق مع الاستدامة وتوفير الطاقة.
٥. تشجيع الاستثمار في مجالات تطبيق الطاقات المستدامة والمتجددة من خلال التعاون بين القطاعين العام والخاص.
٦. تشجيع ودعم الباحثين وطلبة الدراسات العليا على العمل ببحوث تطبيقية تخدم مجالات الطاقات المستدامة والمتجددة والمحافظة عليها.
٧. البدء بخطة رصينة لاستغلال الطاقات المهدورة (الغاز المصاحب للنفط). وتدوير النفايات الصلبة.
٨. استخدام مواد البناء المتوفرة محلياً بعد المعالجة والتطوير بما يتلاءم والتطورات العلمية على سبيل المثال (منظومة البناء الحديث وكذلك باستخدام المواد الصديقة للبيئة مثل البردي والقصب والنورة وغيرها من المواد الأولية).
٩. التأكيد على دعم وتنشيط بحوث الطاقة المقدمة من الجهات البحثية وإلزامها بتقديم ما لا يقل عن ثلاثة بحوث تطبيقية سنوياً تصب في خدمة المجتمع من ناحية توفير الطاقة وذلك من خلال التنسيق مع الهيئات النوعية في جمعية المهندسين العراقية.
١٠. تنشيط ودعم الاستخدام الأمثل للأجهزة المنزلية بإقتناء أجهزة واطئة الاستخدام للطاقة (غاز التكيف والتبريد) واستخدام الإنارة العامة الحديثة (الشوارع والمرافق العامة) واطئة الاستهلاك "LED".
١١. تشكيل لجنة متخصصة من أساتذة الجامعات ومراكز البحوث والتشكيلات المتخصصة بالطاقات المستدامة والمتجددة في وزارات التعليم العالي والبحث العلمي/ العلوم والتكنولوجيا/ الصناعة والمعادن/ الكهرباء/ البيئة/ النفط/ الإعمار والإسكان والبلديات العامة تكون مهمتها المتابعة والتنسيق بين الجهات المعنية كافة لتحقيق تنفيذ التوصيات.
١٢. تنشيط ودعم التعاون بين الوزارات ذات العلاقة في الفقرة أعلاه وذلك بهدف تنفيذ مشروعات الطاقات المستدامة والمتجددة للحفاظ على البيئة من جهة وتوفير الطاقة من جهة أخرى.
١٣. إلزام الشركات النفطية الأجنبية باستخدام تكنولوجيا الطاقات المستدامة والمتجددة بما يخدم البيئة العراقية ولتساهم في نقل هذه التكنولوجيا.
١٤. مفاحة الجهات المعنية لتسمية منسقين للتعاون مع جمعية المهندسين العراقية حول موضوع الطاقات المستدامة والمتجددة. (منسق من مجلس النواب) و(منسق من مجلس الوزراء) و(منسق من كل من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ووزارة الصناعة والمعادن ووزارة الكهرباء ووزارة الصحة والبيئة ووزارة النفط ووزارة الإعمار والإسكان والبلديات العامة ووزارة التخطيط).
١٥. إقامة الورش المتخصصة في فروع الطاقات المستدامة والمتجددة.
١٦. التعاون بين وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والجامعات العراقية وجمعية المهندسين العراقية في انشاء مختبر متخصص للفحص الهندسي يحتوي على أجهزة القياسات الخاصة بالطاقات المستدامة والمتجددة.
١٧. تفعيل دور الإعلام بتوعية المجتمع باستخدام وسائل الطاقات المستدامة والمتجددة والبناء بطرق العمارة المستدامة.
١٨. قيام الجهات التربوية في نشر الوعي لدى التلاميذ والطلبة عن استخدام الطاقات المستدامة والمتجددة واستحداث مناهج دراسية لمختلف المراحل التربوية.
١٩. ترفع هذه التوصيات إلى مجلس الوزراء لغرض إعداد مسودة التشريعات الخاصة بالطاقات المستدامة والمتجددة ورفعها إلى مجلس النواب لإصدارها.
٢٠. يقوم مجلس الوزراء بتعميم التوصيات على كافة الوزارات ومتابعة تنفيذها بموجب اختصاصاتها.
٢١. تقييم جمعية المهندسين العراقية مؤتمر الطاقات المستدامة والمتجددة الثالث الدولي في نهاية تشرين الثاني من عام ٢٠١٧.
٢٢. إرسال وقائع مؤتمر الطاقات المستدامة والمتجددة الثاني إلى منظمة أرينا. وكذلك مفاحتها عن إمكانية مشاركتها في مؤتمر الطاقات المستدامة والمتجددة الثالث الدولي ومشاركتها في رعاية المؤتمر.

# AL- Muhandis



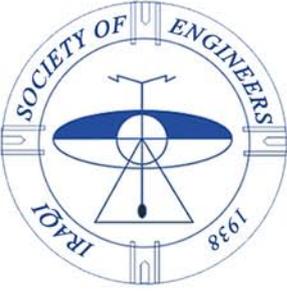
Scientific Refereed Journal Published by The Iraqi Society of Engineers

Special Issue of The Second Scientific Conference on  
Renewable Energies to Ensure a Better Environment (part 1)



**Volume 154, Number 1**  
**Issn 2413 - 0230**

**March - 2017**  
**Email: [jmise@ise-iq.org](mailto:jmise@ise-iq.org)**

<p>Sixty Second Year The First Issue March - 2017</p> <hr/> <p>All Correspondence Should be on the e-mail of the Journal jmise@ise-iq.org Iraq - Baghdad - Hay Al-Nedhal 103 Dist. - 30 St. - 5 Bldg.</p>	 <p><b>Al-Muhandis Journal</b></p>	<p>Issued by Iraqi Society of Engineers</p> <hr/> <p>Annual Subscription for</p> <table> <tr> <td>Institutions</td> <td>100.000 ID.</td> </tr> <tr> <td>Enginers</td> <td>60.000 ID.</td> </tr> <tr> <td>I.S.E. Members</td> <td>40.000 ID.</td> </tr> <tr> <td>Universities Students</td> <td>40.000 ID.</td> </tr> </table>	Institutions	100.000 ID.	Enginers	60.000 ID.	I.S.E. Members	40.000 ID.	Universities Students	40.000 ID.
Institutions	100.000 ID.									
Enginers	60.000 ID.									
I.S.E. Members	40.000 ID.									
Universities Students	40.000 ID.									

Quarterly Jour.

Deposit No. at the National Library in Baghdad, 510, 1983

Registered by Mail Department No. 56

# Forward

Al-Muhandis Journal is an open forum on engineering and papers related to any of the engineering issues are always welcome. All materials submitted for possible publication should meet the requirements of "The Iraqi Society of Engineers Publication Policy" and "Author Guidelines and Submission procedures".

All topics related to the general and multidisciplinary engineering subjects are included in the scope of the Al-Muhandis Journal. Architectural, Civil, Electrical, Mechanical, Production and manufacturing, Control and Systems, Mechatronics, Chemical, Petroleum and Metallurgy, are targeted issues for this journal.

The main aim of this journal is to promote the communications between the researchers and the engineers in the field for better understanding to engineering issues and the optimum procedure to solve our local engineering or technology problems particularly in the industry.

Developments in engineering topics will never be stopped and for this purpose we are continuing welcome innovative research works and papers that the engineering industry will inevitably evolve.

AL-Muhandis Ed.Board

# Iraqi Society of Engineers

# Founded in 1938

## Administrative Board 2017

- President** : Consultant Eng. Falih Kadhim Zayer
- Vice President:** Prof. Dr. Hussein Yousif Mahmood
- Secretary** : Consultant Eng. Ali H. Alaiiaq
- Treasurer** : Eng. Mohammed Farooq Abdulkhaleq
- Members** : Assistant Professor Dr. Maher Yahya Salloom  
Lecturer Dr. Falih Hamzah Edan AL-Rubyee  
Lecturer Dr. Salah R. Ae-Zaidee  
Lecturer Dr. Ahmed Saleh Al-Zuhairi  
Consultant Eng. Munim Salih Al-Sab'e  
Consultant Eng. Riadh Ketab Hussain  
Consultant Eng. Hamodi Kdeer.Mhmad  
Eng. Abdullateef.H.Sankoor

## Editorial Board

- Head** : Professor Dr. Hussein Yousif Mahmood
- Editorial Director** : Assistant Professor Dr. Maan Salman Hassan
- Editorial Secretary:** Lecturer Dr. Zainab B. Mohammed
- Members** : Professor Dr. Najdat Nashat Abdullah  
Professor Maher K. Mahmood Al Azawi  
Professor Dr. Mohammed Z. Al Faiz  
Professor Dr. Rasulcon M. Khalaf  
Assistant Professor Dr. Sameera M. Hamdullah  
Assistant Professor Dr. Naseer A. Al Habobi  
Lecturer Dr. Furat Ebrahim Hassan

## Members of the Advisory Board

- Prof. Dr. Ameen Daway Thamir  
Prof. Dr. Majid H. Majeed  
Prof. Dr. Mudaffar S. Al-Zuhairy  
Prof. Dr. Kasim J. Slaiman  
Prof. Dr. Hussien Yousif Mahmood  
Prof. Dr. Rami Hikmat Fouad Al-Hadeethi  
Prof. Dr. Khaled Al Sultany  
Prof. Dr. Ihsan Fethi

## Iraqi Society of Engineers:

**Administration:** 07702526721 – 07901471621  
**Journal:** 07901151092 - 07901803967  
**P.O Box:** 18429

**Email:** [jmise@ise-iq.org](mailto:jmise@ise-iq.org)  
[info@ise-iq.org](mailto:info@ise-iq.org)  
[www.ise-iq.org](http://www.ise-iq.org)

**instructions for authors**

- 1- **The Kind of Letters should be (Times New Roman) for English manuscripts, and (Arabic Transparent) for Arabic manuscripts.**
- 2- **The four margins of the page should be 4cm.**
- 3- **The header and footer should be 3cm.**
- 4- **The title font should be bold and in size (14). It should be placed above the abstract in English & Arabic. The subtitles should be without numbering and underlining. For English manuscripts the font should be bold and in size (12).**
- 5- **Manuscript font in English should be typed bold, and in size (11), and it should be typed bold, and in font (12) for Arabic manuscripts.**
- 6- **Researcher name should be typed in font (12), with asterisk above the last name. When the authors are more than one, Their names should be typed in one line, with enough space, between each name, and asterisk at the first left name, If they are affiliated the same institution, if they are not the asterisk should be placed above the last name of each author.**
- 7- **The paper should be typed in two columns each column of 6 cm, with 1cm space between each one. The number of lines should be not less than (42) line, (this not included the abstract, figures, and tables).**
- 8- **For Arabic manuscripts, an asterisk should be placed at the bottom of the right column margin, refers to the authors work place and his email, if there is. The asterisk should be placed at the bottom of the left column margin, for English margins.**
- 9- **The Keywords should be placed at the bottom of the abstract, for both English and Arabic manuscripts.**
- 10- **The title should be write on the right column for Arabic manuscripts, and on the left column for English manuscripts (within the page margin). The following item is not belong to the author, when he/she writes the journal, the volume and the number at the apposite direction, where the title is written.**
- 11- **References should be arranged as they are mentioned in the manuscripts (its number should be in square brackets). Each reference should be described as following:**
  - a. **The books: Authors surname, other names or the first letter, a dot should be placed between the author and the other. It should be in capital letter, followed by the publishers name and the year of publications.**
  - b. **The papers and articles: The author name should be written as in (a), the first letter should be in capital letter. The article title should be placed between (" " ), then (the journal name, volume, number, pages, and year), they should be separated by commas.**



Iraqi Society of Engineers  
Held

The Second Conference for  
**Ensure a Better Environment  
With Renewable Energy**

Under the Auspices and Participation of  
The Ministry of Higher Education and  
Scientific Research



With the Participation of  
Iraqi Universities, Government  
Departments, Specialized Companies and  
Civil Society Organizations

November 26 - 27/ 2016

Iraqi Society of Engineers Baghdad - Iraq

**Scientific Committee**

Prof. Dr. Hussien yousif Mahmood	Baghdad University/ College of Engineering	President
Prof. Dr. Nada Mahdi Fawzi	Baghdad University/ College of Engineering	Member
Prof. Dr. Ahmed Qasem Mohammed	Middle Technical University/ Engineering Technical College	Member
Prof. Dr. Thamir Jassim Mohammed	Technology University/ Engineering Department Alkemiaoahq	Member
Prof. Dr. Ammar S. Abbas	Baghdad University/ College of Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Ekhlas Mohammed Fayyadh	Technology University/ Department of Mechanical Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Fouad A. Saleh	Al-Mustansiriya University/ College of Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Raheek Ismael Ibrahim	Technology University/ Electromechanical Engineering Department	Member
Assist. Prof. Dr. Anwar Subhi Ramdan	Technology University/ Department of Architectural Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Kareem K. Mohammad	AL-Nahrain University/ Al-Nahrain Nanorenewable Energy Research center	Member
Assist. Prof. Dr. Shaimaa Hameed Hussein	AL-Nahrain University/ Assistant Dean For Scientific Affair	Member
Assist. Prof. Dr. Nasser Ahmed Al Aoad	AL-Mustansiriya University/ College of Engineerin	Member
Assist. Prof. Ahmed Waheed Mustafa	AL-Nahrain University/ Mechanical Engineering Department	Member
Lecturer. Dr. Ameel Mohammed Rahman	Baghdad University/ AL-Khwarizmi College of Engineerig	Reporteur
Lecturer. Dr. Hanan Mikhael Dawood Habbi	Baghdad University/ College of Engineering	Member
Lecturer. Dr. Shatha Abass Hassan	Baghdad University/ College of Engineering	Member

**Preparatory Committee**

Consultant Eng. Falih Kadhim Zayer	President of Iraqi Society of Engineers	President
Assist. Prof. Dr. Alaa Abdul Hassan Atiyah	Technology University /Vice President for Scientific Affairs	Member
Assist. Prof. Dr. Alaa Karim Mohammed	Baghdad University/ Al-Khwarizmi College of Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Amer Hassan Alhadad	Baghdad University/ College of Engineering	Member
Assist. Prof. Dr. Naseer Abood Al-Habobi	AL- Nahrain University/College of Engineering	Member
Lecturer. Dr. Hayam Hameed Al - Saatee	Al-Mustansiriya University/ College of Engineering	Member
Lecturer. Dr. Tawfeeq W. Mohmmed	Al-Mustansiriya University/ College of Engineering	Member
Lecturer. Dr. Nabil Taha Ismael	Diyala University/ College of Engineering	Member
Assist. Lecturer Ahmed Salih Mahdi	Al-Mustansiriya University/ College of Engineering	Member
Assist. Lecturer. Areej Muhy Abdul Wahab	Al-Mustansiriya University/ College of Engineering	Member
Assist. Lecturer. Aws Jawad Jafar	Technology University/ Department of Architectural Engineering	Member
Architect and Academic Mowaffaq Al-Taai	Iraqi Society of Engineers	Member
Consultant Eng. Munim Salih Al-Sab'e	Iraqi Society of Engineers	Member
Consultant Eng. Wahhab Rezooqi AL Murieb	Iraqi Society of Engineers	Member
Consultant Eng. Sabah Abdul Ridha Al-Jazaieri	Iraqi Society of Engineers	Member
Consultant Eng. Alya Muhdi Mohammed Jawad	National Center for Engineering Consultancy	Member
Consultant Eng. Dhia Jalil Baiee	Renewable Energy Directorate Ministry of Science and Technology	Member
Consultant Eng. Amer Essa AL-Jewahi	Board Member Baghdad Economic Form	Member
Eng. Mohammed Farook Abdulkhaleq	Iraqi Society of Engineers	Member
Eng. Hassanien Mohammed Hassan	Iraqi Society of Engineers	Member

## **Contents Issue**

<b><u>English Section Research</u></b>	<b><u>Page No.</u></b>
<b>Effect of Using Solar Energy on Improving the Performance of</b> Assist. Lecturer. Nassr Fadhil Hussein*	<b>7</b>
<b>Electrical design tracking system for solar panel</b> *Dr. Sahar R. Alsakini <sup>1</sup> , Dr. Ibtisam A. Al-Baldawi <sup>2</sup> , Abd Al-Hussen K. <sup>3</sup>	<b>20</b>
<b>Manufacturing of the Photo Electrodes uses in the Organic Solar Cells</b> Kassim Mohammed Sahan	<b>36</b>
<b>New MPPT Algorithm Based on PIC Microcontroller</b> Esraa M. Ismail*      Isam M. Abdulbaqi      Ammar I. Majeed	<b>41</b>
<b>On-line fault estimation and compensation approach to sustainable wind</b> Asaad A. Kraidi* and Montadher S. Shaker*	<b>57</b>

## Effect of Using Solar Energy on Improving the Performance of Compressed Air Energy Storage Systems.

Assist. Lecturer. Nassr Fadhil Hussein\*  
University of Technology Email: moon.nassr@gmail.com

### ABSTRACT

The present research aims to study analytically the feasibility of using solar energy for improving the performance of adiabatic-compressed air energy storage system. The analysis is applied by using a graphical tool (Cycle Tempo 5.0) which is used to perform thermodynamic analysis and making optimization for energy systems. Two scenarios are applied in this study. The first scenario includes using solar receiver in compression stage (charging stage) to increase thermal content of thermal storages, while the second scenario includes adding solar receiver in expansion stage (discharging stage) to preheat the pressurized air before entering low pressure (LP) turbine. The results showed that the feasibility of using solar energy for increasing the power production of the system by 48 % when using the first scenario and 49.6 % when using the second scenario. On the other hand, the system efficiency decreases by 12.5% and 30.9% for first and second scenario respectively due to consuming large amount of solar energy by the system.

**Keywords:** Solar energy, Compressed air energy storage, Thermal energy system.

### تأثير استخدام الطاقة الشمسية على تحسين اداء أنظمة خزن الطاقة بالهواء المضغوط

#### الخلاصة

يهدف البحث الحالي لدراسة تحليلية لبيان استخدام الطاقة الشمسية لتحسين اداء منظومة خزن الهواء المضغوط الأديباتية. الدراسة التحليلية تم تطبيقها باستخدام الأداة البيانية (Cycle Tempo 5.0) التي تُستخدم لأداء تحليل ثرموديناميكي وعمل استفادة مُتلى لأنظمة الطاقة. تم تطبيق سيناريوين في هذه الدراسة. السيناريو الاول يتضمن استخدام مستقبل شمسي في مرحلة الانضغاط لزيادة المحتوى الحراري في الخزانات الحرارية، بينما يتضمن السيناريو الثاني اضافة مستقبل شمسي في مرحلة التمدد لتسخين الهواء المضغوط قبل الدخول الى توربين الضغط الواطئ . النتائج بينت إمكانية استخدام الطاقة الشمسية لزيادة انتاج الطاقة بمقدار 48 % عند استخدام السيناريو الاول و 49.6 % عند استخدام السيناريو الثاني. ومن جانب اخر، كفاءة المنظومة تقل بمقدار 12.5 % و 30.9 % للسيناريو الاول والثاني تباعا نتيجة الى استهلاك كمية كبيرة من الطاقة الشمسية من قبل المنظومة.

**الكلمات المرشدة:** الطاقة الشمسية، خزان طاقة بالهواء المضغوط، منظومة الطاقة الحرارية.

**Introduction:**

During the last century, a huge reduction in traditional energy sources has been noted due to increasing in the energy demand of conventional energy [1]. Moreover, fluctuations in oil prices and the need to minimize greenhouse gas emissions led to pay remarkable attention towards renewable energy sources such as wind, solar and biomass energies [2]. However, these sources have unstable nature over the time, hence, reducing reliability of the electricity supply. Therefore, it is necessary to add energy storage systems in order to enhance the supply and meet the demand fluctuating. Energy storage systems are available in various kinds depending on the physical principle and the energy range. Some of these systems have some drawbacks. For example, fuel cells have low numbers of charge and discharge cycles as well as its cost are very high [3]. Compressed air energy storage (CAES) technologies are considered more attractive for contributing to overcome the variability of renewable energy [4]. However, the actuality of using fuel in these systems leads to increase of carbon emissions [5]. Thus, to eliminate using fuel and reducing environmental pollution, an-Adiabatic Compressed Air

Energy Storage (ACAES) was proposed. In these systems heat which is produced during compression stage is stored via thermal energy storage to reuse again in the expansion stage [6].

Many researchers pay attention to investigate the working of Compressed Air Energy Storage systems (CAES) and try improving their performance.

**Sun et al** [7] presented direct integration between CAES and wind turbine to achieve efficient system with low cost of structure and maintenance. They demonstrated that this hybrid system has a potential to raise the efficiency up to 55 percent if the operation conditions are well controlled. In addition, a hybrid system between wind power and adiabatic compressed air energy storage and flywheel energy storage system (ACAES+FESS) were proposed by **Zhao et al** [8]. They aimed to decrease the passive effects of wind energy and improve the electricity supply. **Zhang et al** [9] investigated hybrid system (AA-CAES + wind turbine) to analyze the effect of wind speed for both stable and unstable cases on the system efficiency. They showed that the wind speed affect the compressor efficiency, therefore the overall efficiency will be affected also.

On the other hand, the effect of different configurations on the overall efficiency of ACAES was conducted by **Grazzini and Milazzo [10]** who proposed different configurations which can be used in energy storage system. While, **Hartmann et al [11]** analysed four configurations to figure out their impact on the efficiency. They stated that the two-stage adiabatic CAES configuration can raise the efficiency to a maximum value between 52% and 62%, depending on the cooling and heating demand. **Yang et al [12]** studied the effect of effectiveness and pressure loss in heat exchanger on the efficiency of advanced adiabatic compressed air energy storage system. The results showed that with increasing effectiveness, the efficiency increases as well. While, the efficiency reduce with increasing pressure loss even though the effectiveness is high. **Jannelli et al [13]** presented a novel small scale advanced adiabatic storage system, which integrated with PV power unit to produce electricity demand of a radio base station for mobile telecommunications and also to cool its equipment's. The outcomes showed that the system efficiency reached 57 percent despite its small size.

Although many efforts have been done to improve the efficiency of ACAES

systems by using different energy sources, it is worth noting that using solar energy for this purpose did not investigate. Therefore, the present study aims to analyze the feasibility of using solar energy to improve the performance of ACAES system. SOLUGAS receiver [14] has been selected in order to use its data in this study.

#### **System Description and Methodology:**

The Adiabatic-Compressed Air Energy Storage system (ACAES) was built based on the conventional system developed by Zhao et al [15] and all data that were used in calculations were mentioned in table-1. This system as shown in figure-1 consists of two main stages. The first stage which is called charging or compression stage includes two compressors used to compress air from ambient pressure to maximum pressure level in the cavern as shown in figure-2. The pressurized air passes through solid thermal energy storage (STES) after each compressor to store heat energy that is released from compression process. Finally, the compressed air enters the cavern in order to be stored for the next stage (discharging stage). The second stage is called expansion or discharging stage. During this stage, the compressed air is preheated by using the first (STES) unit

before entering high pressure turbine. Then, the expanding air enters second (STES) unit to reheat before entering low pressure turbine to expand to ambient pressure. The modeling software (Cycle-Tempo Release 5.0) was used for modelling the system and its processes. This software is a graphical tool which is used to perform thermodynamic analysis and conducting comprehensive thermodynamic analysis such as energy and exergy analyses [16]. Energy analysis in this software is done depending on mass and energy balances which are shown by equations 1 and 2 for each apparatus of the system [17].

$$\sum_{j=1}^n \phi_{m,in} \cdot (j) - \sum_{i=1}^n \phi_{m,out} \cdot (i) = B(k) \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \phi_{m,in} \cdot (j) \cdot h_{in}(j) - \sum_{i=1}^n \phi_{m,out} \cdot (i) \cdot h_{out}(i) = B(k) \dots\dots\dots (2)$$

Where

i, j and k are numbers of equations.

In order to increase the power capacity of the (ACAES) system, using of solar receiver was proposed in two scenarios. The first scenario is using solar energy for heating the compressed air after

the low pressure (LP) compressor in order to increase the heating content of the (STES) to use it again in the discharging stage as shown in figure-3. The second scenario is using solar energy to preheat the expanding air after the high pressure (HP) turbine as shown in figure-4. The available data of (SOLUGAS) receiver which was used as a solar source in this study are mentioned in table-2 [18]. (SOLUGAS) receiver consists of 170 absorber tubes which are made from nickel based alloy as shown in figure-5.

In calculations the maximum temperature of (STES) units was assumed 700<sup>0</sup>C. Furthermore, the time of charge and discharge stages were assumed equal. The performance of original ACAES system can be evaluated by the following equation [19]:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Energy}_{\text{turbine}}}{\text{Energy}_{\text{compressor}}} \times 100 \dots(3)$$

The energy that comes from solar source is used in both first and second scenario. Hence, the performance can be evaluated by the following equation:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Energy}_{\text{turbine}}}{\text{Energy}_{\text{compressor}} + \text{Energy}_{\text{solar}}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

**Results and Discussion:**

**A: Effect of using solar energy on power production:**

Calculations were made by using tool (Cycle Tempo 5.0) and the results for all scenarios were mentioned in tables 3 – 5. Moreover, the comparison between the first and the second scenario in power production was shown in figure-6. It can be seen from this figure that the rate of power production increases remarkably by using solar energy. The rate of increasing in power production for the first scenario is 48% with consumption rate of solar energy 15310 KW. While, when using second scenario the increasing rate rises to 49.6% with consumption rate of solar energy 27599 KW.

**B: Effect of using solar energy on system efficiency:**

The system efficiency for all scenarios is presented in Figure-7. It can be observed that the efficiency of original system equal 88%. This can be attributed to use solid thermal energy storage units in this analysis, as well as assuming all the energy that comes from compression stage is used in discharging stage. In addition, it is noted that using solar energy leads to reduce system efficiency by 12.5 % for first scenario, and 30.9 % for second scenario. This decreasing can be attributed

to the large consumption of solar energy during processes in first and second scenarios.

**Conclusion:**

The present study analyzed the feasibility of using solar energy as a source for improving performance. The following points are concluded:

1. Using solar energy increases power production, especially when applying solar energy in discharging stage of the system (second scenario), where the power production increases by 49.6% higher than the original system.
2. The system efficiency decreases significantly when using solar energy by 12.5% for first scenario and 30.9% when applying second scenario due to consuming large amount of solar energy.

**Nomenclature**

LP	Low pressure.
HP	High pressure.
STES	Solid thermal energy storage.
$A_r$	Receiver Area.
$A_a$	Aperture Area.
C	Concentration ratio.
ACAES	Adiabatic Compressed Air Energy Storage.
h	Specific Enthalpy.
$\Phi_m$	Mass Flow

B Amount of Energy Losses.

**References:**

- [1] Ibrahim, H. Iinca, A. Perron, J. "Energy Storage Systems Characteristics and Comparisons", *Renew Sustain Energy Rev* 12, pp. 1221-1250, 2008.
- [2] Karellas, S. Tzouganatos, N. "Comparison of The Performance of Compressed-Air and Hydrogen Energy Storage Systems", *Karpathos island case study, Renew Sustain Energy Rev* 29, pp. 865-882, 2014.
- [3] Grazzini, G. Milazzo, A. "Thermodynamic Analysis of CAES/TES Systems for Renewable Energy Plants", *Renewable Energy*, 33(9), pp. 1998–2006, 2008.
- [4] Lund, H. Salgi, G. "The Role of Compressed Air Energy Storage (CAES) in Future Sustainable Energy Systems", *Energy Convers Manage*, 50(5), pp. 1172-1179, 2009.
- [5] Succar, S. Williams, RH. "Compressed Air Energy Storage: Theory, Resources, and Applications for Wind Power", *Princeton Environmental Institute, PRINCETON UNIVERSITY*, pp. 1-81, 2008.
- [6] Grazzini, G. Milazzo, A. "Thermodynamic Analysis of CAES/TES Systems for Renewable Energy Plants", *Renewable Energy*, 33, pp.1998–2006, 2008.
- [7] Sun, H. Luo, X. Wang, J. "Feasibility Study of A Hybrid Wind Turbine System – Integration With Compressed Air Energy Storage", *Applied Energy*, 137, pp. 617–628, 2015.
- [8] Zhao, P. Dai, Y. Wang, J. "Design and Thermodynamic Analysis of A Hybrid Energy Storage System Based on A-CAES (Adiabatic Compressed Air Energy Storage) and FESS (Flywheel Energy Storage System) for Wind Power Application", *Energy*, 70, pp. 674–684, 2014.
- [9] Zhang, Y. Yang, K. Li, X., and Xu, J. "Thermodynamic Analysis of Energy Conversion and Transfer in Hybrid System Consisting of Wind Turbine and Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage", *Energy*, 77, pp. 460-477, 2014.
- [10] Grazzini, G. Milazzo, A. "A Thermodynamic Analysis of Multi Stage Adiabatic CAES", *Proceedings of the IEEE*, 100 (2), pp. 461–72, 2012.
- [11] Hartmann, N. et al., "Simulation and Analysis of Different Adiabatic Compressed Air Energy Storage Plant

- Configurations", *Applied Energy*, 93, pp. 541–548, 2012.
- [12] Yang, K. Zhang, Y. Li, X. and Xu, J. "Theoretical Evaluation on The Impact of Heat Exchanger in Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage System", *Energy Conversion and Management*, 86, pp. 1031-1044, 2014.
- [13] Jannelli, E. Minutillo, M. Lavadera, A. L., & Falcucci, G. "A Small-Scale CAES (Compressed Air Energy Storage) System for Stand-Alone Renewable Energy Power Plant for A Radio Base Station: A Sizing-Design Methodology", *Energy*, 78, pp. 313-322, 2014.
- [14] Olivenza-León, D. Medina, A. Hernández, A. "Thermodynamic Modeling of A Hybrid Solar Gas-Turbine Power Plant", *Energy Conversion and Management*, 93, pp. 435-447, 2015.
- [15] Zhao, P. Dai, Y. Wang, J. "Design and Thermodynamic Analysis of A Hybrid Energy Storage System Based on A-CAES (Adiabatic Compressed Air Energy Storage) and FESS (Flywheel Energy Storage System) for Wind Power Application", *Energy*, 70, pp. 674– 684, 2014.
- [16] Bagdanavicius, A. Jenkins, N. "Exergy And Exergoeconomic Analysis of A Compressed Air Energy Storage Combined With A District Energy System", *Energy Convers Manag*, 77: pp. 432-440, 2014.
- [17] Cycle-Tempo Release 5.1. Delft University of Technology; 1980–2007.
- [18] Korzynietz, R. Quero, M. Uhlig, R. "SOLUGAS-Future Solar Hybrid Technology", Tech. rep., Solar Paces, 2012.
- [19] Yang, Z. Wang, Z. Ran, P. Li, Z. Ni, W. "Thermodynamic Analysis of A Hybrid Thermal-Compressed Air Energy Storage System for The Integration of Wind Power", *Appl. Therm. Eng.* 66 (1-2) pp. 519-527, 2014.

**Table-1: Simulation data of ACAES system based on Zhao et al [15].**

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
Ambient pressure	1.013	bar
Ambient temperature	20	<sup>0</sup> C
Pressure ratio of LP compressor	10	-
Pressure ratio of HP compressor	10.6	-
Outlet temperature from each (STES)	20	<sup>0</sup> C
Temperature of the cavern	20	<sup>0</sup> C
Minimum pressure in the cavern	65	bar
Maximum pressure in the cavern	100	bar
Pressure ratio of HP Turbine	9	-
Pressure ratio of LP Turbine	7.1	-
Mechanical efficiency of compressor & Turbine	97	%
Rated flow rate of compression stage	35	kg/s
Rated flow rate of turbine stage	52	kg/s

**Table-2: Simulation data of SOLUGAS receiver based on [18].**

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
Optical efficiency	0.73	%
Irradiance	850	W/m <sup>2</sup>
Convective heat loss coefficient	5	W/m <sup>2</sup> . K
Stefan–Boltzmann constant	$5.67 \times 10^{-8}$	W/(m <sup>2</sup> . K <sup>4</sup> )
Operating pressure	10	bar
Effective emissivity of the collector	0.1	-
Concentration ratio $C = A_a / A_r$	425.2	-
Working temperature of the solar collector	1088	K

**Table-3: Results data from graphical tool for original system.**

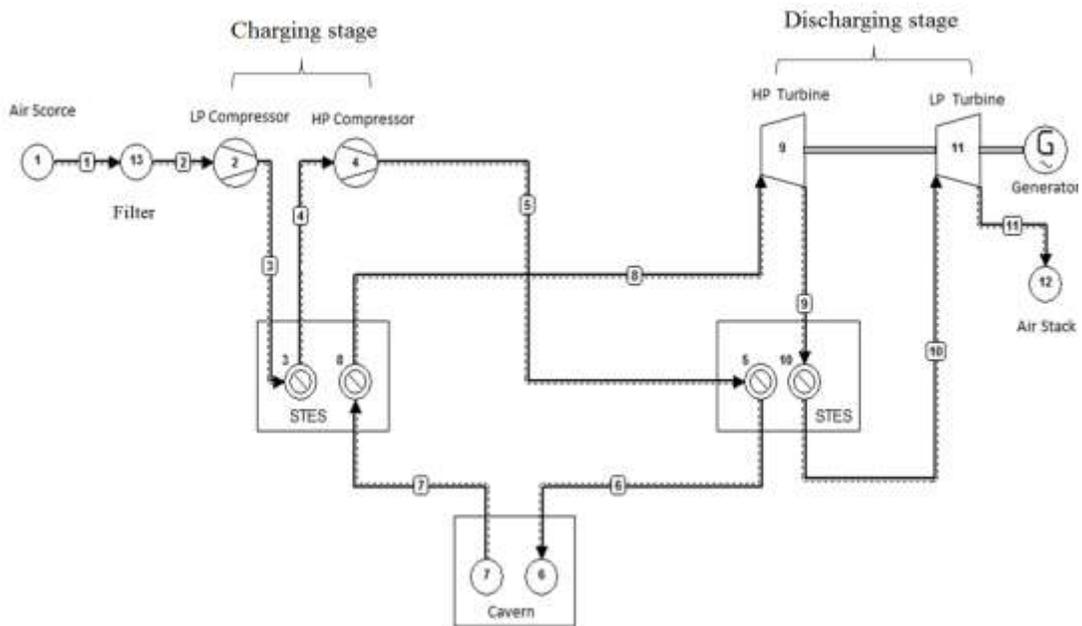
	No.	Apparatus	Type	Energy [kw]	Totals [kw]	Exergy [kw]	Totals [kw]
<b>Delivered gross Power</b>	2	Generator	G	18369.08		18639.08	
					18639.08		18639.08
<b>Aux. Power Consumption</b>	4	Compressor	29	10566.76		10566.76	
	2	Compressor	29	10595.40		10595.40	
					21162.17		21162.17
<b>Delivered net power</b>							
					-2523.09		-2523.09
<b>Delivered heat</b>	3	Heat Sink	10	10693.87		3347.68	
	5	Heat Sink	10	10364.00		3190.83	
	8	Heat Sink	10	- 10693.87		-2380.83	
	10	Heat Sink	10	- 10364.00		-2323.66	
					0.00		1834.02
<b>Total Delivered</b>							
					-2523.09		-689.07

**Table-4: Results data from graphical tool for the first scenario.**

	No.	Apparatus	Type	Energy [kw]	Totals [kw]	Exergy [kw]	Totals [kw]
<b>Delivered gross Power</b>	2	Generator	G	27569.20		27569.20	
					27569.20		27569.20
<b>Aux. Power Consumption</b>	4	Compressor	29	10568.75		10568.75	
	2	Compressor	29	10595.40		10595.40	
					21164.15		21164.15
<b>Delivered net power</b>							
					6405.04		6405.04
<b>Delivered heat</b>	3	Heat Sink	10	26001.08		12860.28	
	5	Heat Sink	10	10368.95		3193.31	
	8	Heat Sink	10	- 26001.08		- 10473.35	
	10	Heat Sink	10	- 10368.95		-4834.39	
					0.00		745.85
<b>Total Delivered</b>							
					6405.05		7150.90

**Table-5: Results data from graphical tool for the second scenario.**

	No.	Apparatus	Type	Energy [kw]	Totals [kw]	Exergy [kw]	Totals [kw]
<b>Delivered gross Power</b>	2	Generator	G	27890.14	27890.14	27890.14	27890.14
<b>Aux. Power Consumption</b>	4	Compressor	29	10566.76	10566.76	10566.76	10566.76
	2	Compressor	29	10595.40	10595.40	10595.40	10595.40
					21162.17		21162.17
<b>Delivered net power</b>					6727.97		6727.17
<b>Delivered heat</b>	3	Heat Sink	10	10693.87		3347.68	
	5	Heat Sink	10	10364.00		3190.83	
	8	Heat Sink	10	-		-2380.83	
	10	Heat Sink	10	-		-2323.66	
					0.00		1834.02
<b>Total Delivered</b>					-2523.09		8562.00



**Figure-1: Scheme of Original System.**

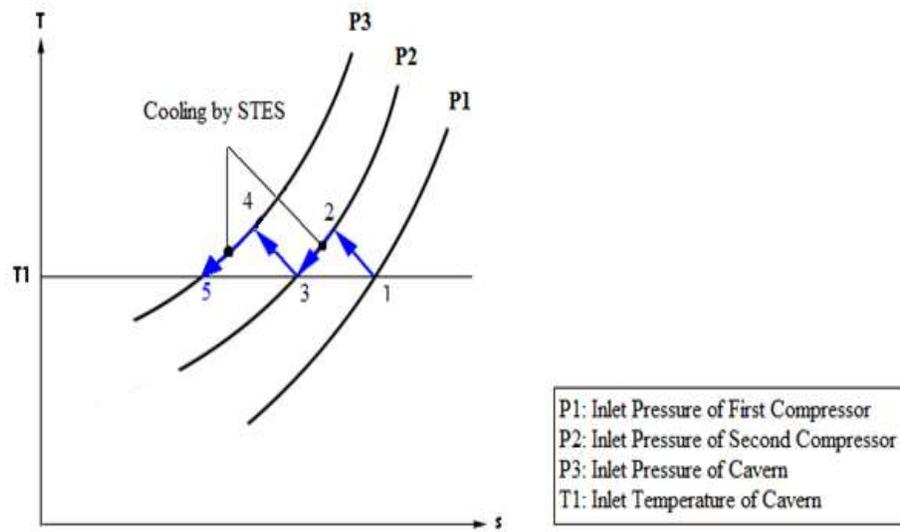


Figure-2: T-S Diagram of Compression Stage of Original System.

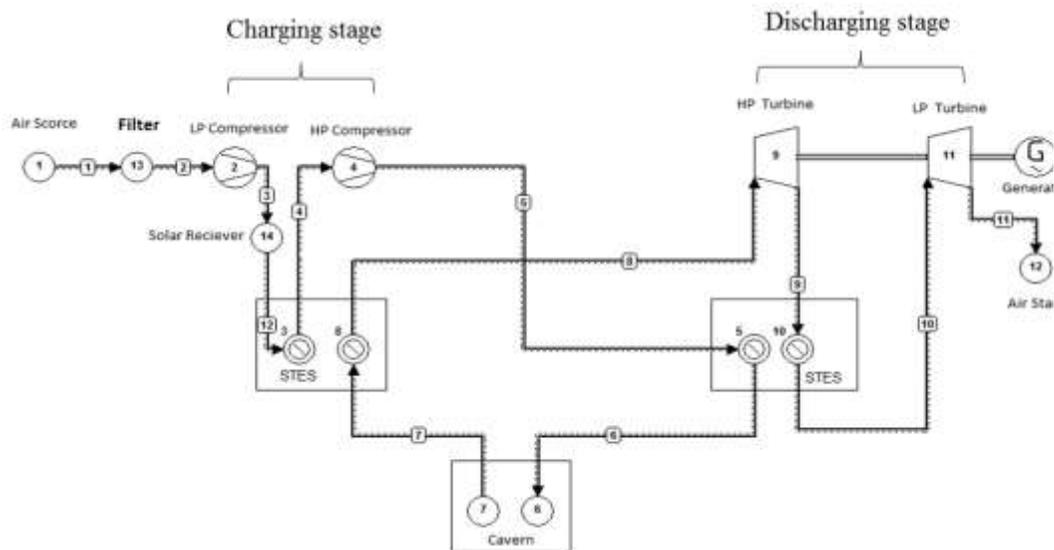


Figure-3: Scheme of the first scenario.

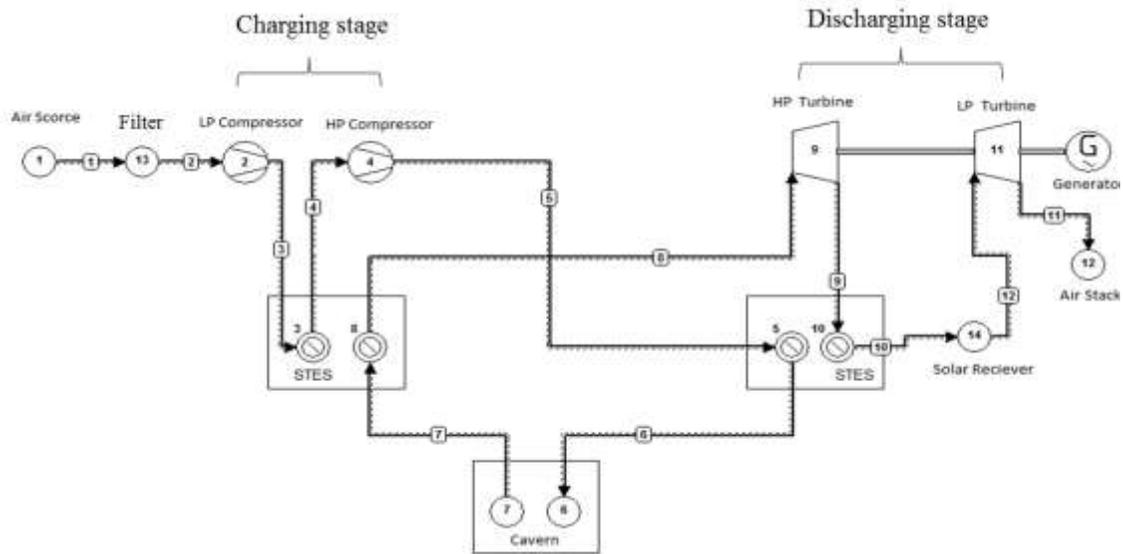


Figure-4: Scheme of the second scenario.

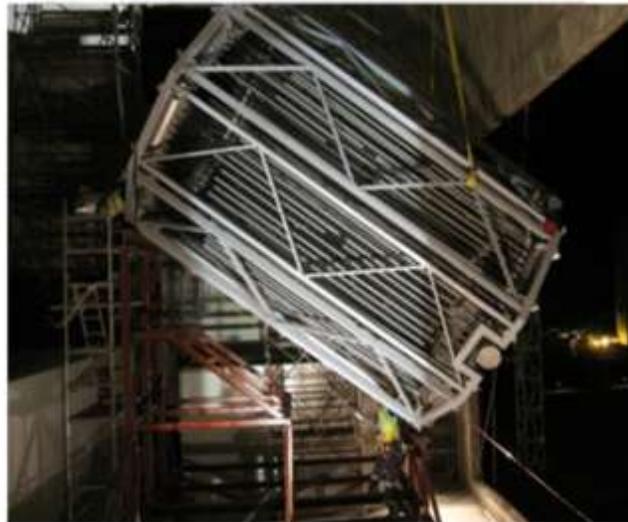
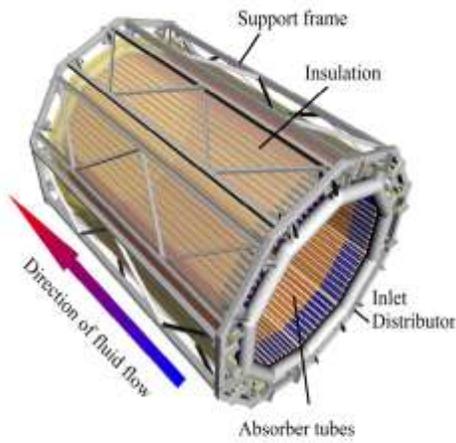
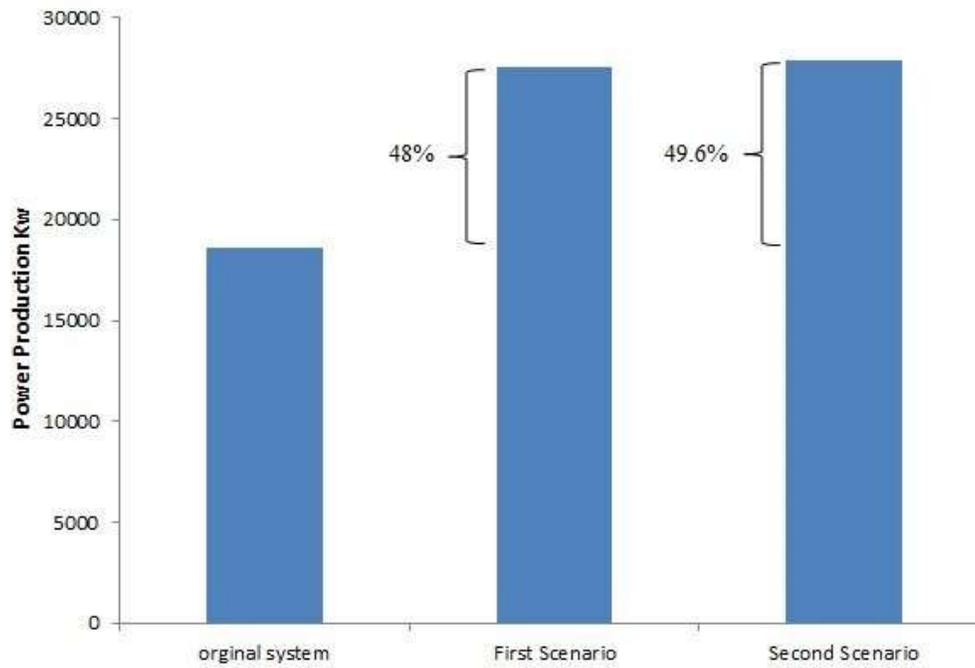
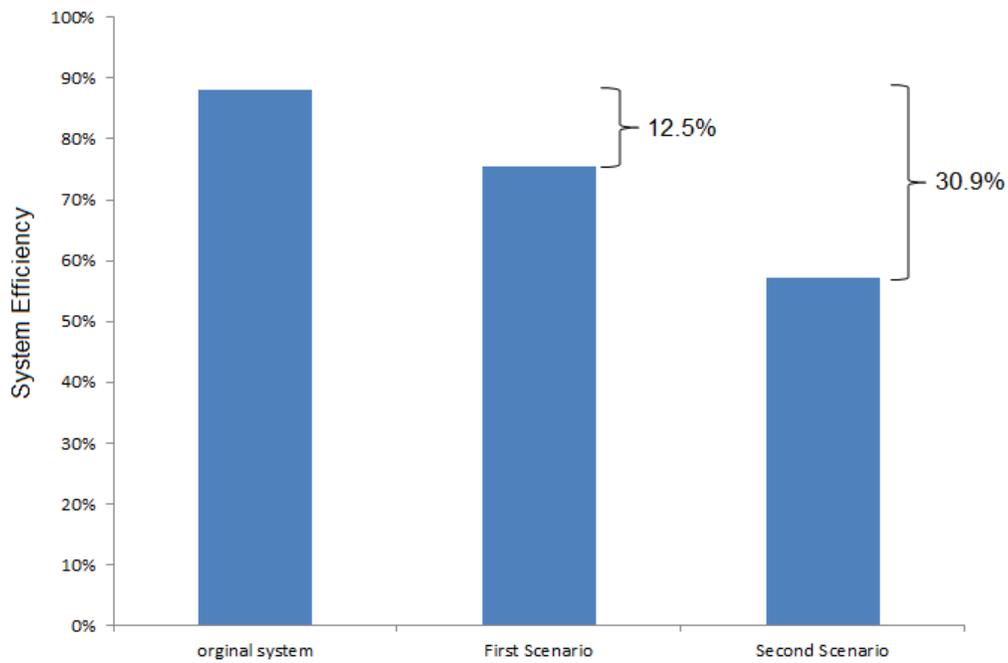


Figure-5: SOLUGAS receiver.



**Figure-6: Comparison between first & second scenario in power production.**



**Figure-7: Effect of using solar energy on system efficiency.**

## Electrical design tracking system for solar panel

\*Dr. Sahar R. Alsakini<sup>1</sup>, Dr. Ibtisam A. Al-Baldawi<sup>2</sup>, Abd Al-Hussen K.<sup>3</sup>

- 1- Lecture. Electromechanical engineering, University of technology, Baghdad, Iraq.
- 2- Assist Prof., Electromechanical engineering, University of technology, Baghdad, Iraq.
- 3- Engineer, University of technology, Baghdad, Iraq.

**Abstract:** This study presents the design and implementation for a prototype for the solar tracking system that has a dual axis. A light depended resistors (LDR) are used for the sun light detection. The solar tracker is device that keeps photovoltaic (PV) panels in optimum position which that perpendicular to a solar radiation during the day light hours to increases the collected of energy. The sun tracking system is more effective solution in cost than the buy of the solar panels. The solar tracker system is used in a various systems to improve of harnessing of solar radiation. A control circuit is implemented by DC. motors which are used to orient a solar panel optimally.

The results of experimental work for solar tracking system (Duel -a axis), explain the output voltage which was increase to (18.69V) and the efficiency for tracking system increase to 17 %)

**Key words:** control circuit, solar cell, tracking system, dual axis, solar radiation.

### تصميم كهربائي لمنظومة تتبع شمسي لألواح الطاقة الشمسية

**الخلاصة:** هذه الدراسة تقدم تصميم وتنفيذ منظومة كهربائية لنموذج نظام تتبع خلية طاقه شمسيه ثنائية المحور. مقاومات معتمده على الضوء هي المستخدمة لكشف ضوء الشمس. نظام التتبع الشمسي هو جهاز يعطي ألواح الخلايا الضوئية أفضل موقع عمودي مع الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار المشمس بزيادة جمع الطاقة. نظام التتبع الشمسي يعتبر حل فعال لتكلفة شراء ألواح خلايا الطاقة الشمسية. نظام التتبع الشمسي يستخدم بمختلف الانظمة لتحقيق استخدام الشعاع الشمسي. دائرة السيطره نفذت باستخدام ماطور رات تيار مستمر والتي استخدمت لتوجيهه امثل لألواح الطاقة الشمسية.

النتائج العملية لهذا العمل تبين إن نظام التتبع الشمسي ( ثنائي المحور ) يزيد الفولتيه إلى (18,69 فولت ) والكفاءة تزداد إلى ( 18,12 % ) .

**Introduction:** The solar energy is very fast becoming very important means for resource renewable energy. With the solar tracking, it's become possible to generate energy since a solar panel can be maintaining as a perpendicular profile at the rays of sun. The initial cost of the setting up for tracking system is considerably high, there are "cheaper options" that have been proposed over the time. [1]

The efficiency for the solar can be improved significantly by using the sun tracking. Tracking for the flat plate photovoltaic "PV" arrays provide about (33%) more power than the fixed arrays. [2]

The solar tracking system can be implemented by the using of one axis, and for the higher accuracy two axis sun tracking systems. There are two types are known as: polar "equatorial"

tracking and the azimuth/elevation "altitude-azimuth" tracking system.

Many parts of a world, sun shines intensely at daily basis, providing nearby unlimited the power resource for the devices that can convert the sun's insulation into the useful energy. The solar cells are playing role for increasing importance in the household and the other areas for electricity consumption. The applying of solar tracking can increase electric energy that produced by solar cells and enhance overall efficiency for solar cell as well. Photovoltaic "PV" technologies can be easily operated in a remote off grid areas.

Earth revolves around sun in elliptical orbit with a sun as one foci. The plane for this orbit is called "the ecliptic". A time taken for an earth to complete the orbit defines a "year". "Solar declination angle ( $\delta$ )" is the angle between a line joining the center of a sun and earth and its projection on equatorial plane.

The earth rotates at rate of one revolution per the day around a polar axis. The daily rotation for the earth is depicted by rotation of a celestial sphere about polar axis and instantaneous position for a sun is described by hour angle ( $\omega$ ). The angle between meridian passing through a sun and a meridian of site. Hour angle is " zero" at the solar noon, and increase toward east. For supervisor on earth's surface at location with geographical latitude ( $\phi$ ) . A suitable coordinate system is define by the vertical line at a site which intersects the celestial sphere in two pointes, the nadir and the nadir zenith, and subtends angle ( $\phi$ ) with the polar axis as show in Fig. (1).

The latitude ( $\phi$ ) for the point or the location is the angle which made by a radial line joining a location to a center of the earth with a projection of line on the equatorial plane. Earth's axis of the rotation intersects earth's surface at ( $90^\circ$ ) latitude "north pole" and ( $-90^\circ$ ) latitude "south pole". Any location at the surface for the earth can be defined by the intersection a longitude angle and the latitude angle.

Solar altitude angle(  $\alpha$ ) is the vertical angle between a projection of the sun's rays at the horizontal plane and the direction of sun's rays which passing through a point , as shown in

Fig1. The alternative, a sun's altitude may be described the " solar zenith angle" ( $\theta_z$ ) which is the vertical angle between the sun's rays and the line perpendicular to a horizontal plane through a point ( $\theta_z=90-\alpha$ ). "Solar azimuth angle" ( $\gamma_s$ ) is the horizontal angle measured from the south to a horizontal projection of a sun's rays. [3]

Rizk, J. chaiko,(2008)[4] explained the potential system advantages of the tracking solar system using light sensor and stepper motor. The method increase the power efficiency by developing the device that tracks a sun to keep a panel at the right angle to it is rays.

Ahmed, S. suhaid, (2012) [5] proposed design, programming and results for device which achieved a low power consumption. The system has dual axes tracking controlled by "Programmable Logic Controller" (PLC) by using formula which was pre calculated by using the azimuth and altitude of the sun. The design for solar tracker was tested in several weather conditions a tropical climate environment. At a clear and sunny day a power generated at tracker is higher than that non tracking system, the powers consumed by controller and motor were 5.84%, and 0.05 %, respectively. The power consumption for the tracker is 5.89% for total power generated.

S.Kivarak, M. Gunduzap, (2012) [6] showed open loop, two axes movable (PV), the solar tracker system which designed and analyzed. It is performance at fixed tilted ( $37^\circ$ ) PV system is calculated theoretically and experimentally for climatic condition for Turkey. Two DC motors are used to the movement for solar tracker. In addition to an experimental data, the computer program at( Visual C#2005) that uses an equations for solar radiation values at fixed and moving systems which is developed. A performance difference for fixed tilt "PV" panel and two axis moving "PV" panel was compared at months of( May and June) and it was found the energy generation increases about (64%)

for the tracking system when it was compared with the fixed "PV" system.

**Radiation on inclined and tracking surfaces:**

A solar radiation information are usually given in form of a global radiation on PV panels and horizontal surface are usually positioned an angle at the horizontal plane, therefore; the input energy to the (PV) system must calculate accordingly .this calculation proceeds full in three steps. The first step: the data of the site is used to determine the diffused and the beam components for the global irradiation at the horizontal plane\_ "G". This carried out by using extraterrestrial daily irradiation "B<sub>o</sub>" as reference and calculating ratio "K<sub>T</sub> =G/B<sub>o</sub>" where:

K<sub>T</sub>:- clearances index.

The second step: the diffused irradiation at the horizontal plane "D" is obtained by using the empirical rule that the diffused fraction "D/G" of global radiation is the universal function of "K<sub>T</sub>." so B=G-D, this procedure determines both of the diffuse and the beam irradiation at the horizontal plane, where:-"B" is the daily beam irradiation at a horizontal plane.

The third step: the appropriate angular dependence of each component used to determine the beam and the diffuse irradiation at the inclined surface. With allowance of the reflectivity of the surrounding area; the albedo also can be determined. Total daily irradiation at the inclined surface is obtained by collecting tree components.

The sun moving at the sky during the day. In the case of fixed solar collectors; the projection for the collector area at the plane, which is perpendicular on the radiation direction, is given by function cosine for the angle of incidence.

The higher is the angle incidence "θ" the lower is the power. Theoretical calculation for extracted energy in case of (using tracking

collectors) is carried out by considering that the maximum radiation intensity (I=1100Wm<sup>-2</sup>) is falling on an area which oriented perpendicularly for the direction of radiation .Tracking day length (t=12h=43,200s), intensity of tracking collector which always best to orient facing the sun compared to that fixed collector which orient perpendicularly to direction of radiation only at noon. The collector area is known as "S<sub>o</sub>".[3]

- i. For the fixed collector, projection area at the area oriented perpendicularly to radiation direction is( S=S<sub>o</sub> cos θ), where "θ" is the changing in the interval (- π /2, +π/2) during day. The angular velocity of sun moving cross sky is (ω=2 π /T= 7).

(27×10<sup>-5</sup>rad/s) and the different of the falling energy is( dW=ISdt). Neglecting an atmosphere influence; energy per unite area is calculated at whole day :-

$$W = \int_{-21,600}^{+21,600} IS_0 \cos\omega t \, dt =$$

$$IS_0 \left[ \frac{\sin \omega t}{\omega} \right]_{-21,600}^{+21,600} = \frac{2IS}{\omega}$$

$$=3.03 \times 10^7 \text{Ws/m}^2 \text{day} = 8.41 \text{kWh/m}^2 \text{day}$$

(1)

- ii. For the tracking collector and neglecting an atmosphere influence, energy per unit area for whole day is:-

$$W = IS_0 t = 4.75 \times 10^7 \text{Ws} =$$

$$13.2 \text{kWh/m}^2 \text{day} \quad (2)$$

By comparing the Eqs.(1) &(2),57% more of energy is calculated for latter case. This amount of energy can be gained, for the example; on moon surface. The sun rays reach the earth surface through the thick layer of atmosphere. As deviate from moon, the solar insolation at the surface is weakened. [8]

**Effect of light intensity and Efficiency of solar panels:**

The change of light intensity incident at a solar cell changes all parameters, including the short circuit current, the open circuit voltage, the efficiency, the fill factor and impact for series and shunt resistances. Therefore; the decrease or the increase has proportional effect on amount of the power output from a panel [9]. The efficiency is the parameter most commonly used to compare performance of one solar cell to another. It is the ratio of energy output from the solar panel to input energy from the sun. In addition to reflecting on the performance of solar cells, it will depend on the spectrum and intensity of the incident sunlight and the temperature of the solar cell. As a result, conditions under which efficiency is to be measured must be controlled carefully to compare performance of the various devices. The efficiency of solar cells is determined as the fraction of incident power that is converted to electricity. It is defined as:

$$P_{max} = V_{oc} I_{sc} FF$$

$$\eta = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{P_{in}}$$

where  $V_{oc}$  :- is the open-circuit voltage;  
 $I_{sc}$ :- is the short-circuit current  
 $FF$ :- is the fill factor  
 $\eta$  :-is the efficiency.

The input power for efficiency calculations is (1 kW/m<sup>2</sup> )or (100 mW/cm<sup>2</sup>). Thus the input power for a (100 × 100 mm<sup>2</sup> cell is 10 W).

**Design components:**

**Light Dependent Resistor (LDR):** Light detecting sensor that maybe used to build solar tracker include; phototransistors, Photodiodes, LDR. The simplest optical sensor is a photon resistor or photocell which is a light sensitive resistor these are made of two types, cadmium sulfide (CdS) and gallium arsenide (GaAs). The photocell to be used for the tracker is based on its dark resistance and light saturation resistance. The term light saturation means that further increasing the light intensity to the CdS cells will not decrease its resistance any further. Normally the resistance of an LDR is very high, but when they are illuminated with light resistance drops dramatically. When the light level is low the resistance of the LDR is

high. This prevents current from flowing to the base of the transistors. Consequently the LED does not light. However, when light shines onto the LDR its resistance falls. Show in Fig (2). [11]

**The H-Bridge circuit:** In many applications, the DC motor needs to change its direction. The H-Bridge is an electronic circuit that enables a voltage to be applied across a load in either direction. It is designed to drive a motor clockwise and anticlockwise. To reverse a motor, the supply must be reversed and this is what the H-Bridge does. Microcontroller has a voltage level in the range of 0-5V, so it cannot drive a DC motor with 12V operating voltage. The H- Bridge is used to amplify the voltage level to the level of DC motor, which is 12V. The H- Bridge consists of relays, transistors, resistors and diodes as seen in Fig(3)[7]

**Limit switches:** In order to prevent the tracking system from exceeding the predefined angles, limit switches are used for that purpose. It is used to stop the motor when the predefined limits are reached and also to keep the tracker from disorientation back and forth. Limit switch has three terminals as seen in Fig(4); common terminal (C), normally open (NO) and normally closed (NC). Common terminal with either NC or NO are connected to the microcontroller according to the designer. It is clear from the figure above that when the common terminal is connected to the ground or to the 5V and the NO is connected to the microcontroller, Then, after the metal strip is pressed, the connection between common terminal (C) and normally open (NO) is achieved, this connection represents an indication to the microcontroller that the limit switch is pressed. [10]

**DC motor with gearbox:** Two 12V DC motors with gearbox arrangement are used to control the movement of the tracker in both directions. Every motor with its gearbox controls one axis, one for altitude angle and the other for azimuth angle as shown in Fig(5) is worth noting that current consumption of both motors is 0.323A.

The angular motion of altitude shaft is 0.0986 rpm, which means that the altitude shaft completes one revolution in 10.14 min. Also, the angular motion of azimuth shaft is 0.0632 rpm,

which means that the azimuth shaft completes one revolution in 15.83 min. show Fig(5).

**U. PV Holder:** It is an Aluminum structure made of four parallel rectangular hollow section tubes. The tubes are connected together by screw rivets in order to form a frame which holds the solar cell as in Fig.(6).

**ATmega328P:** ATmega328P is low power CMOS (8-bit) microcontroller based on the automatic voltage controller enhanced" RISC" architecture. By implement powerful

**Hardware design:** The solar tracker is a device which directs the photovoltaic array toward a sun. At flat panel photovoltaic applications trackers are used to decreases the angle for incidence between incoming light and photovoltaic panel. This arrangement of the system increases amount of the energy produced by photovoltaic array. The solar tracking system is form of the mechanical side and the electronic side, the mechanical part is the body and the holder tracker while the electronic part is the control circuit of system that leads mechanical part. The control circuit is considered thinking behavior for the system. The design of this system is presented in to two parts: 1-The mechanical components: the mechanical components are two parts, the first is the frame that holds the solar cell panel, which is as U shape, and where the panel is fixed on one side and other side is coupled to (5v d.c motor) moving the panel from top to bottom which achieved the vertical axis. The second part is the base which coupled to (5v d.c motor) which fixed in the middle to move the first part from right to left and achieved the horizontal axis. 2-The electrical components: the electrical components are two parts, the first is the control circuit which deal with the signals coming from the LDR (light depended resistance) and convert it to logic orders to move the motors vertically and horizontally at the same time to have the optimum sun beam at day light (vertically on solar cell panel). The second part are two motors (one for the vertical motion and the other for horizontal motion), and four LDRs which

instructions single clock cycle, ATmega328P achieves throughputs approaching (1) MIPS per MHz allowing system designed to optimize the power consumption versus processing the speed. Show Fig(7) [10]

**Solar Cells:** Mono-crystalline (285×350mm) solar cells are used this work. The peak power is (10W), open circuit voltage is (220V), short circuit current (0.5gA), max system voltage (600V) and the test condition 25°C, 100W/m<sup>2</sup>. show Fig(8).

divided into two groups, two for vertical axis putting one in the top middle and the other one in bottom middle of the panel, the other two(LDR) for horizontal axis putting one in the left middle and the other one in the right middle of the panel. There are also four limit switches to limit the panel motion in vertical and horizontal axis with half cycle only, because the sun azimuth motion is a half cycle only.

**Deception of tracking system:** A direct radiation solar system includes the most of energy. It's come from a sun circle in defined direction. A small amount of the energy is diffused by the atmosphere; but its keep some direction in the major angle. Only the low energy is in the isotropic diffuse radiation that does not depend on a direction and it dominants at the case of the cloudy weather. A solar tracker keeps PV in an optimum position which is perpendicularly to solar radiation during the day light hours and then increases collected energy up to 30%. The main important factor in solar cell plant is the sun beam incidence angle, where a maximum power produced from the solar cells when the sun beam is vertical on the panel. So it's more efficient to use tracking system for sun beam than using a fixed panel.

**The fixed system:** This is directed to an ideal angle. In this system researchers study the ideal sun beam angle which gives the maximum power for a day. For example in Baghdad city they found the ideal sun beam angle for maximum power produce are (32.1<sup>0</sup>) for vertical axil, and (15<sup>0</sup>) for horizontal axil show Fig(9)

A&B. In the fixed system the power produced daily is more less than other types because the incidence sun beam on the panel is not vertical at: **4:45 am to 11:40 am and at 3:20 pm to 7:30 pm**. So the maximum sun beam incidence is from: **11:40 am to 3:20 pm**. this means only less than 20% of maximum power period daily will have from this system. In this system there is no need for moving parts or control circuits.

**Dual axis tracking system:** It is the efficient system to produce the power because it tracks the incidence sun beam for the ideal condition of incidence angle (vertically). The cost of this type is more by (25%) than the other types. So the aim of the research is to build a dual axis tracking system with lower cost and highest power produced (the power produced here is higher by 30%) than the fixed system. **Experimental work:** The experimental for this study includes two parts to improve performance of solar cells. These two parts can be explained as following: 1-First part of this study is to use tracking system of solar to get the best angle between a surface of the (PV) panel and the incident ray at a cloudy day and measuring the output voltage. 2-Second part of this study focused on a comparison between fixed system and tracking system which are at the same prosperities at setup and after that calculating the power and efficiency of these two systems.

**The cloudy day orders:** After many tests for the cloudy day in (27 march 2016), and using seven solar cell panels (7 panels), at the same prosperities at setup, which were putting in ( $0^{\circ}$ ,  $9^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $24^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ) angles, show Fig (10) it found that for the cloudy day the best angle to produce highly power is the ( $0^{\circ}$ ) angle and in these days the four LDRs gives equal current. But when the sun shines the system go back to its ordinary work by the control circuit, as show in Fig ( 11 ).

**Operation of control circuit for tracking system at sunny day (29 July 2016) :**

When the incidence sun beam falls on the solar cell panel, the LDRs received the sun beam with different intensity (the LDR which received more intensity will have less resistivity which means bigger current pass through it). The four values of current reaches the AT mega328 which converted it to logical orders to (H- bridge) where the priority first for the higher value of current send from LDRs. Moving the motor according to this order till the current of both LDRs become equal and the same think happen for the other two LDRs, and so on keeping the sun beam vertically on the panel as its possible.

Four limit switches are connected to limit the motion of panel in a half cycle only in the vertical and horizontal axis.

Limit switches (for sun rise and sun down) at the end of the half cycle (sun down) cut the voltage of the motor, and then moved the panel to the first point (sun rise). Show Fig (11).

**Comparison between fixed and track solar systems:** A fixed solar panel was erected at inclination angels on the horizon  $32.1^{\circ}$ , which represent the best angels at Baghdad. The solar tracking system insulating near the fixed system as show in fig (12). Booth panels are at the atmosphere to demonstrate the advantage of solar panels which that works fixed and track solar panels system. The result explains that the electric power and efficiency from solar panel tracking better than the solar panel fixed in the early hours (morning). At the period from 9am to 11:40 am the radiation of the sun failing on the solar panel tracking largest than failing on the fixed solar panels. So the power output and efficiency of tracking system larger than the fixed solar panels. at 12:00 pm to 1:40 pm the amount of the incident radiation on the solar panels convergent extent of matching. After 2:00pm to 5:00 pm will be the amount of the incident radiation on the solar tracking bigger than a fixed solar panel. So the electrical power and the efficiency resulting from the tracking system greater than a fixed panels results.

Therefore, we have provide that the tracking system much better than a fixed system, depending on the obtained results.

**Result And Discussion:** The result for this study were gotten at (LDR) for the solar tracking system and for the fixed position of the panel. The results were obtained for the cloudy day recorded and then tabulated as show in table (1). The works dependent on the output of the (LDRs) which were dependent on of a light intensity were falling at the surfaces of the panels. Show in Fig(13). From the curve (Fig (13)) , it can be seen that the cloudy day values obtained from many angls ( $0^\circ$  ,  $9^\circ$  ,  $15^\circ$  ,  $20^\circ$  ,  $24^\circ$  ,  $31^\circ$  ,  $35^\circ$ ) which select from anther studies and by using the tracking system. The results obtained show that the best angel used in a cloudy day is ( $0^\circ$ )as show in table (1) because the best output voltage at this angel. From the curve (Fig(14)) the output voltage of the solar panel for the fixed and the tracking system , it's clear that a tracking system will have increased at the output voltage and current. The increases in the power and efficiency can be see it at the figs(15),(16) in comparison the tracking system with the fixed system. At a very hot day (29 July 2016) at midday both systems (tracking and fixed ) have almost a same output voltage show in Fig(14) and at the power and efficiency as show in Figs(15), (16).because a sun is perpendicularly above them , so the both system received nearly the same amount of the radiation from the sun. **Conclusion :** The solar panel which tracks a sun was designed with duel axes, because this type of trackers are very efficient in tracking the sun and more suitable in the regions where is change in a position of a sun like our country(Iraq) . The results which obtained in this study explained that the using of tracking system in flowing a sun position is very important because it can increases the power and

efficiency of the photovoltaic cells (PV) about 30% ,40%.

- References:**[1] Olka Reagan, Olieno 24 April 2015 "Solar tracking for solar panel".  
 [2] P. Roth, A. Georgio, H. Boudinor 25 August 2004, "Cheap Two Axis Sun Following Device".  
 [3] Hossein Mousazadeh, Alireza Keyhani, Arzhany Javadi 2009 "A Review Of Principle and sun tracking methods for maximizing solar systems output".  
 [4] Rizk, J. chaiko, 2008. "Solar tracking system for more efficient use of solar panels".  
 [5]Ahmed, S. suhaid, 2012. "A higher power generation and low power consumption solar tracker".  
 [6]S.Kivarak, M. Gunduzap, 2012, "Theoretical and experimental performance investigation of two axis solar cell tracker under a climate condition of Turkey.  
 [7] [http:// www. Power from the sun. Net/book/](http://www.Powerfromthesun.Net/book/).  
 [8] Bionej, Vilelaoc, 2007, "comparison of the performance of PV water pumping system driven by fixed tracking solar system".  
 [9] M. Paul, A.J, 2013. "Design and performance analysis of automated two axis solar tracking system.  
 [10] F. Farouk, 2015. "Direct and indirect sensing of two axis solar tracking system".  
 [11]R. Abdulmunem, 2014. "Experimental investigation of improving the hybrid photovoltaic / thermal solar by using tracking system and nanotechnology"

**Table (1) The result of cloudy day.**

<b>Time</b>	<b>volt-ang 0</b>	<b>volt-ang 9</b>	<b>volt-ang 15</b>	<b>volt-ang 20</b>	<b>volt-ang 24</b>	<b>volt-ang 31</b>	<b>volt-ang 35</b>	<b>smith angle</b>	<b>direction</b>
<b>09:00am</b>	17.1	17.32	17.44	17.89	18.1	18.23	18.34	75	E
<b>9:20am</b>	17.6	17.65	17.68	18.22	18.23	18.46	18.5	73	E
<b>9:40am</b>	17.65	17.66	17.45	17.31	17.1	17	17	69	E
<b>10:00am</b>	17.62	17.51	17.22	17.21	16.98	16.45	16.44	66	SE
<b>10:20am</b>	17.68	16.99	16.98	16.81	16.76	16.51	16.52	61	SE
<b>10:40am</b>	17.82	17.2	17	16.96	16.99	17	17.2	55	SE
<b>11:00am</b>	17.84	17.43	17.1	16.9	16.5	16.71	16.8	45	SE
<b>11:20am</b>	18.12	17.9	17.33	17.1	17.4	17.1	16.99	35	SE
<b>11:40am</b>	18.92	18.1	17.95	17.4	17	16.93	16.9	25	SE
<b>12:00pm</b>	19.9	18.9	18.26	17.87	17.66	17.2	17.1	10	S
<b>12:20pm</b>	20.1	19.1	18.44	18.1	17.57	17.32	17.22	-15	S
<b>12:40pm</b>	20.23	19.2	18.58	18.4	17.42	17.12	17	-32	SW
<b>13:00pm</b>	20.5	18.8	18	17.55	16.94	16.76	16.46	-40	SW
<b>13:20pm</b>	19.34	17.8	17	16.99	16.4	15.9	15.88	-45	SW
<b>13:40pm</b>	18.47	17.5	16.4	16.25	15.96	15.3	14.99	-52	SW
<b>14:00pm</b>	17.8	16.79	15.98	15.48	14.9	14.4	13.8	-61	SW
<b>14:20pm</b>	16.79	15.4	15.3	14.7	13.99	13	12.95	-67	SW
<b>14:40pm</b>	15.44	13.99	13.8	12.76	12.66	11.1	11	-74	W
<b>15:00pm</b>	15.1	12.8	12.3	11.98	10.78	9	8.9	-79	W
<b>15:20pm</b>	15.1	12.78	12.21	11.77	10.77	9	8.9	-83	W
<b>15:40pm</b>	14.9	12	11.98	10.9	9.56	8.5	8.1	-85	W
<b>16:00pm</b>	14.73	11.4	11.1	9.68	9.1	7.88	7.65	-88	W
<b>16:20pm</b>	13.41	10.49	9.78	9.1	8.9	6.89	6.54	-93	W
<b>16:40pm</b>	10.88	9	8.7	8.4	8.1	6.46	6.12	-98	W
<b>17:00pm</b>	9.3	8.1	7.6	6.98	6.23	5.7	5.1	-101	NW

**Table (2) The result of fixed panel**

Time	Tf-original	Tb-original	Tair	Isc	Vair	output voltage	latitude angle	horizontal ang	dirction	I MAX	area panel	efficiency	power out
9:00am	50.3	48.8	44.2	650	9.5	14.5	31.2	-15	S	0.15	0.09975	0.033545402	2.175
9:20am	50.98	49.1	44.31	680	9.1	14.9	31.2	-15	S	0.18	0.09975	0.039540027	2.682
9:40am	51.9	50.21	43.9	710	7.1	15.1	31.2	-15	S	0.21	0.09975	0.044773907	3.171
10:00am	53.65	52	44.2	840	6.2	15.9	31.2	-15	S	0.34	0.09975	0.064518439	5.406
10:20am	54	53.03	45.1	885	8.1	16.6	31.2	-15	S	0.35	0.09975	0.065814253	5.81
10:40am	55.12	54.4	45.3	910	7.22	16.8	31.2	-15	S	0.37	0.09975	0.06847889	6.216
11:00am	55.6	54	45.42	990	7	17.7	31.2	-15	S	0.38	0.09975	0.068109668	6.726
11:20am	56.2	55.6	45.7	1022	8.1	17.99	31.2	-15	S	0.39	0.09975	0.068822742	7.0161
11:40am	56.99	55.98	45.76	1034	6.8	18.1	31.2	-15	S	0.391	0.09975	0.068615446	7.0771
12:00pm	63	61.11	45.9	1150	3.6	18.6	31.2	-15	S	0.471	0.09975	0.076370056	8.7606
12:20pm	64.1	62.77	46.4	1151	3.3	18.7	31.2	-15	S	0.48	0.09975	0.078179811	8.976
12:40pm	65.2	64.1	47.1	1163	3.1	18.69	31.2	-15	S	0.489	0.09975	0.078781735	9.13941
13:00pm	66.9	65.6	48	1171	2.9	18.6	31.2	-15	S	0.501	0.09975	0.079777582	9.3186
13:20pm	67.68	66.8	48.36	1112	2.4	17.2	31.2	-15	S	0.509	0.09975	0.078927535	8.7548
13:40pm	68.98	67.44	48.8	1089	2	17	31.2	-15	S	0.43	0.09975	0.067294039	7.31
14:00pm	67.3	66.5	49.1	942	1.45	16.99	31.2	-15	S	0.41	0.09975	0.074133316	6.9659
14:20pm	67.99	66.1	48.99	914	1.33	16.34	31.2	-15	S	0.37	0.09975	0.066312389	6.0458
14:40pm	69.4	68.9	48.5	890	0.44	15.3	31.2	-15	S	0.36	0.09975	0.062042747	5.508
15:00pm	68.9	65.88	48.47	755	0.01	15.2	31.2	-15	S	0.255	0.09975	0.051466414	3.876
15:20pm	67	64.93	48.1	745	0.16	15.1	31.2	-15	S	0.245	0.09975	0.049782174	3.6995
15:40pm	65.4	63.1	48	660	0.19	14.8	31.2	-15	S	0.16	0.09975	0.03596871	2.368
16:00pm	61.9	59.6	47.2	650	0.85	14.7	31.2	-15	S	0.15	0.09975	0.034008097	2.205
16:20pm	58.4	57.97	46.2	635	1.8	13.8	31.2	-15	S	0.13	0.09975	0.028322775	1.794
16:40pm	55.6	54.33	45.78	580	2.7	13.3	31.2	-15	S	0.1	0.09975	0.022988506	1.33
17:00pm	55.23	53.8	44.89	565	2.5	13.1	31.2	-15	S	0.09	0.09975	0.020919556	1.179

**Table (3)The result of tracking system**

Time	Tf-original	Tb-original	Tair	Isc	Vair	output voltage	latitude angle	horizontal ang	dirction	imax	area panel	efficiency	power out
9:00am	50	49.2	44.2	890	9.5	18	41.2	74	E	0.29	0.09975	5.88%	5.22
9:20am	51.5	49.9	44.31	901	9.1	18.1	38.1	81	E	0.31	0.09975	6.24%	5.611
9:40am	52.61	50.78	43.9	921	7.1	18.21	36.2	96	E	0.32	0.09975	6.34%	5.8272
10:00am	53.78	52.1	44.2	950	6.2	18.3	31.4	92	E	0.36	0.09975	6.95%	6.588
10:20am	55	53.79	45.1	975	8.1	18.41	26	83	E	0.36	0.09975	6.81%	6.6276
10:40am	57.33	54.38	45.3	1001	7.22	18.5	24.9	65	SE	0.37	0.09975	6.86%	6.845
11:00am	58.31	57.1	45.42	1024	7	18.6	19.4	52	SE	0.38	0.09975	6.92%	7.068
11:20am	59.7	58.46	45.7	1044	8.1	18.4	12.8	46	SE	0.42	0.09975	7.42%	7.728
11:40am	61.2	59.7	45.76	1123	6.8	18.1	11.3	28	SE	0.432	0.09975	6.98%	7.8192
12:00pm	63	61.11	45.9	1150	3.6	18.6	9.7	15	S	0.46	0.09975	7.46%	8.556
12:20pm	64.1	62.77	46.4	1151	3.3	18.7	16.5	3	S	0.471	0.09975	7.67%	8.8077
12:40pm	65.2	64.1	47.1	1163	3.1	18.69	15.3	-15	SW	0.5	0.09975	8.06%	9.345
13:00pm	66.9	65.6	48	1171	2.9	18.6	19.8	-26	SW	0.51	0.09975	8.12%	9.486
13:20pm	67.68	66.8	48.36	1112	2.4	17.2	23.8	-34	SW	0.52	0.09975	8.06%	8.944
13:40pm	68.98	67.44	48.8	1089	2	17	27.6	-50	SW	0.43	0.09975	6.73%	7.31
14:00pm	69.7	68.45	49.1	1078	1.45	16.99	30.1	-52	SW	0.46	0.09975	7.27%	7.8154
14:20pm	68.99	67.35	48.99	1057	1.33	16.8	32.1	-63	SW	0.45	0.09975	7.17%	7.56
14:40pm	68.67	66.89	48.5	1055	0.44	16.7	41.4	-73	SW	0.45	0.09975	7.14%	7.515
15:00pm	67.57	66.9	48.47	1045	0.01	17	44	-79	W	0.44	0.09975	7.18%	7.48
15:20pm	66.53	65.1	48.1	1003	0.16	17.4	50	-80	W	0.36	0.09975	6.26%	6.264

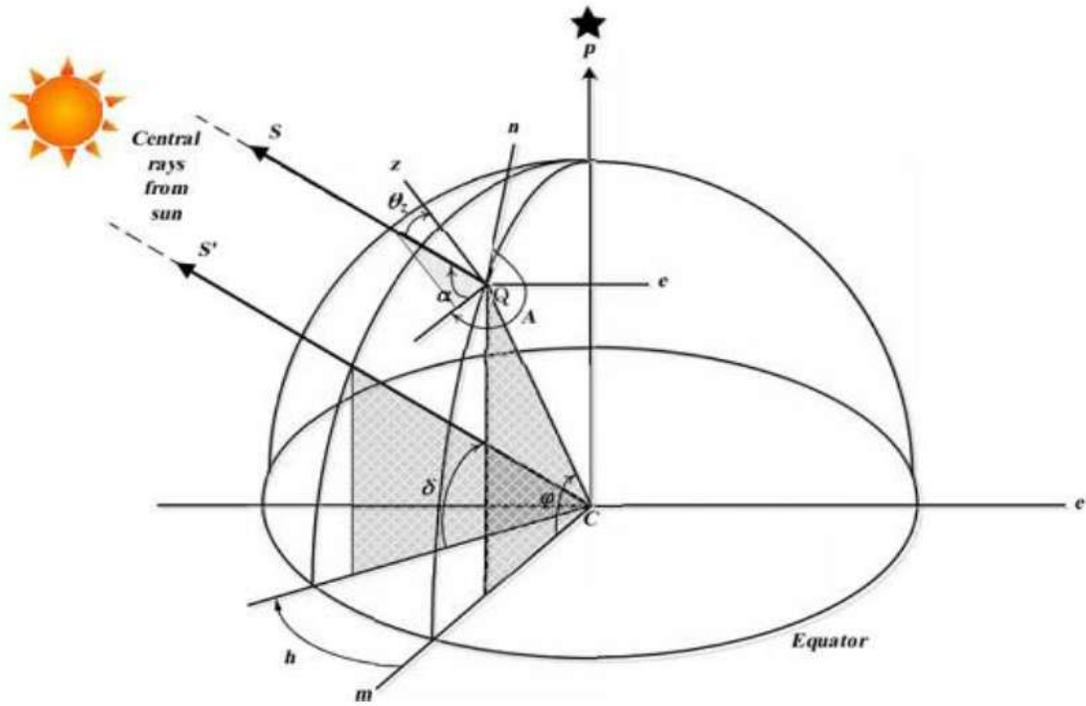


Fig (1) Representation for solar angles [7]

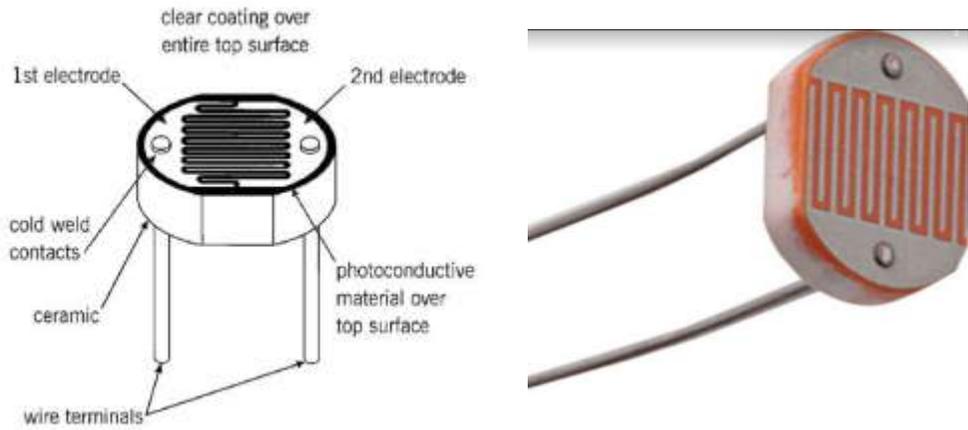


Fig.(2) light depended resistor (LDR)

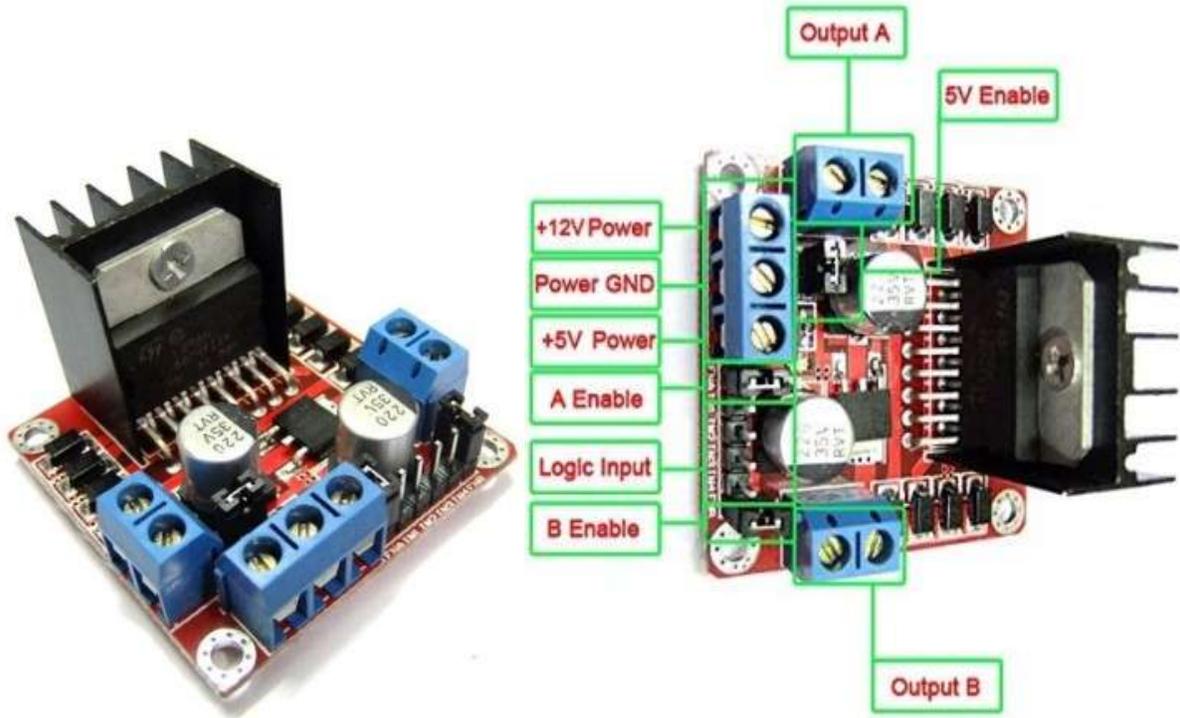


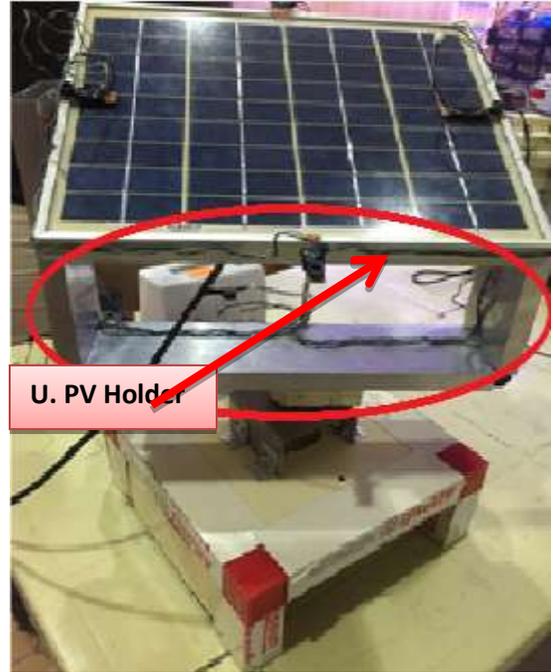
Fig (3) H-bridge



Fig( 4) Limit switches



Fig( 5) DC motor with gearbox



Fig(6)U. PV Holder

**Atmega328**

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Fig ( 7 ) At mega328



Fig(8) solar cell



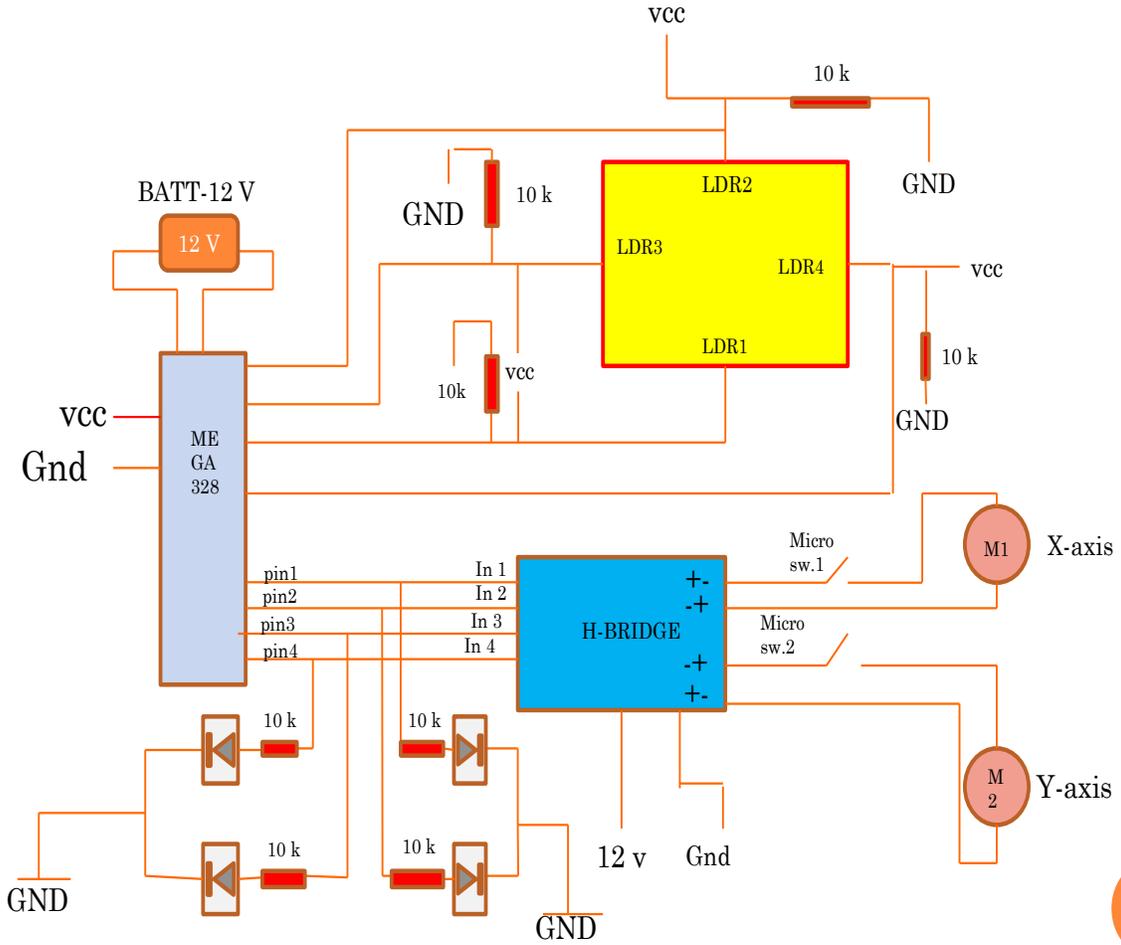
(A) Angel (31°)

(B) Angel (9°)

Fig(9) angels panels



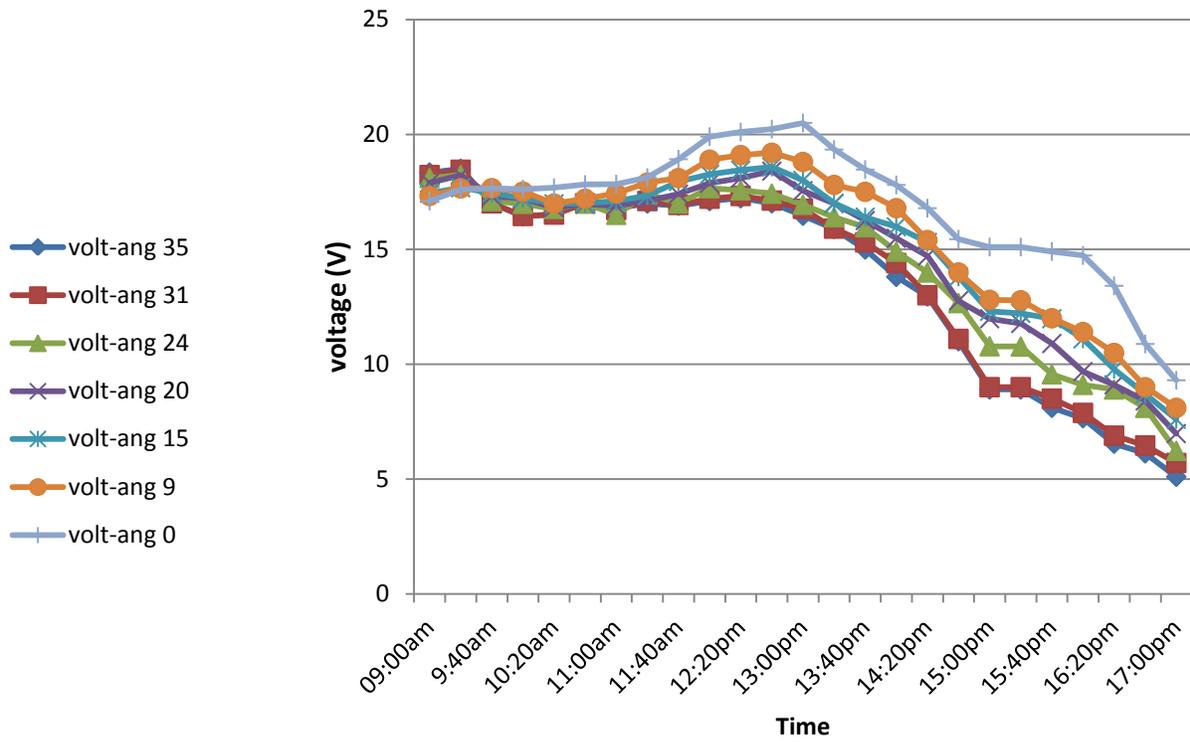
Fig (10) Panels at different angels.



Fig(11) control circuit for tracking system



Fig(12) Comparison between fixed and track solar systems.



Fig(13) Voltage Vs. Time for cloudy day

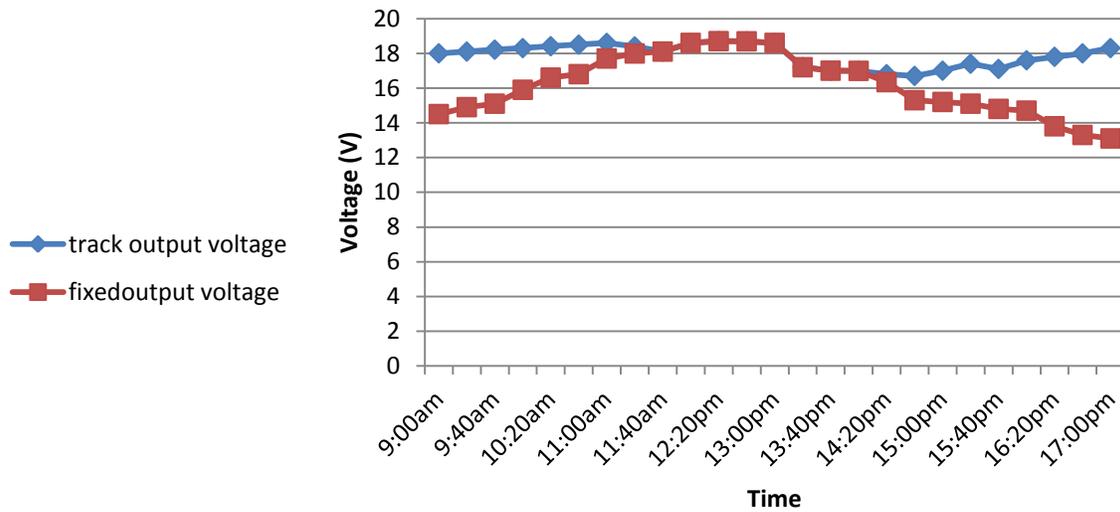


Fig (14) Time Vs. Voltage for fixed and tracking system

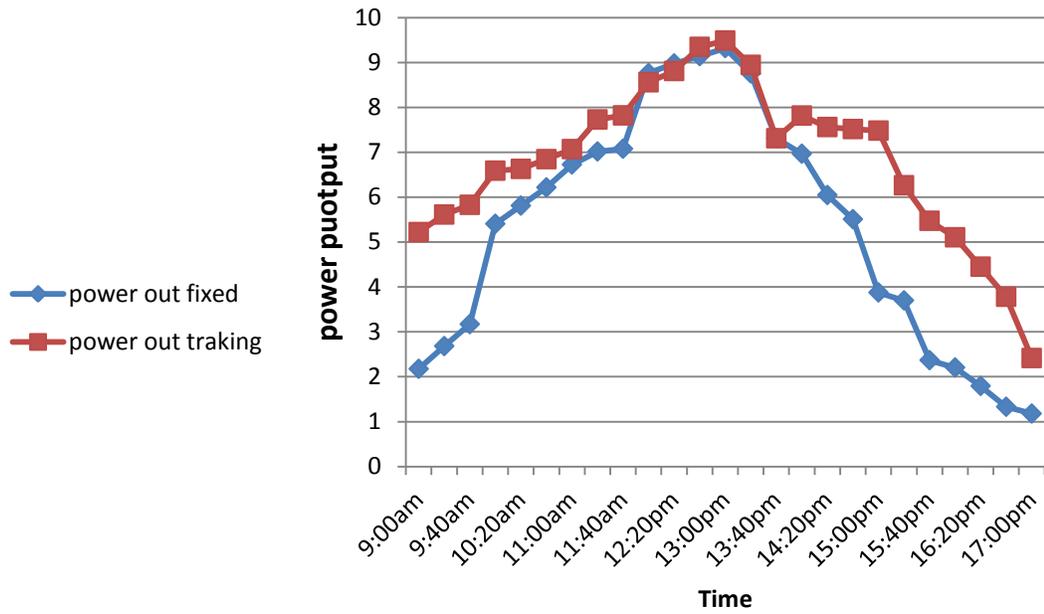


Fig (15) Time Vs. power output for fixed and tracking system

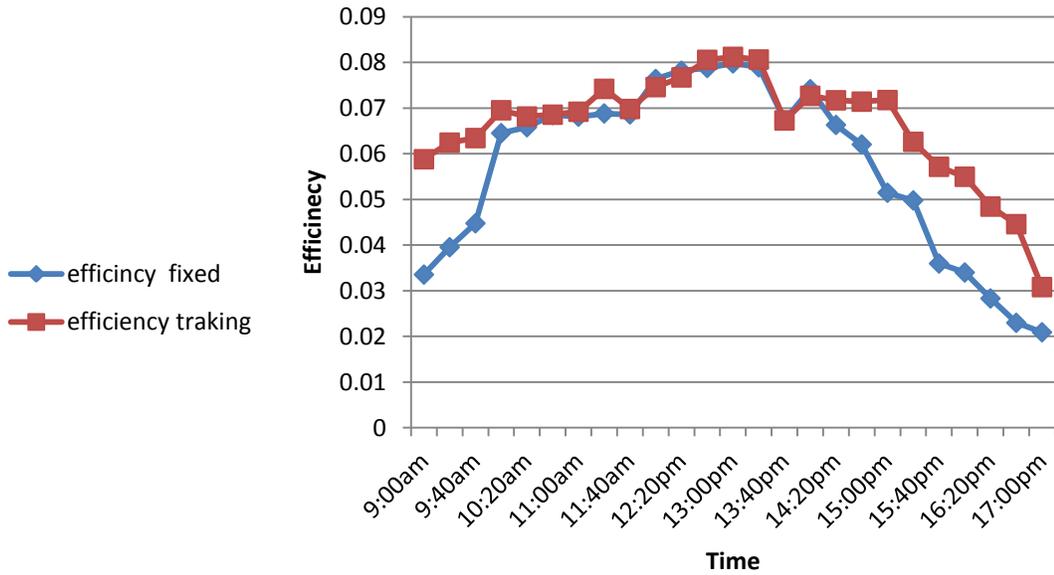


Fig (16) Time Vs. Efficiency for fixed and tracking system.

## Manufacturing of the Photo Electrodes uses in the Organic Solar Cells

Kassim Mohammed Sahan  
 Ministry of Science and Technology  
 Renewable energy directorate- Baghdad- Iraq  
 sahasahan68@gmail.com

### Abstract

In this research, manufacture of Photo-electrode has been using in the organic solar cell (OSC) fabrication. Thin film of the fluorine doped tin oxide (FTO) has been manufactured on glass substrate, through doped for the tin oxide by a fluorine element at a ratio (15.5 wt% ) using  $\text{SnCl}_2$  and  $\text{NH}_4\text{F}$  materials, then this material is sprayed on the hot glass substrate at  $450^\circ\text{C}$  for 15 min, where was the transparency of the FTO film about 80% at the wavelength ( $\lambda_{\text{max}} = 650 \text{ nm}$ ) and the surface conductivity of the FTO thin film about ( $30 \Omega/\square$ ), then was prepared of nano- titanium dioxide colloidal solution via (sol – gel) method, where was the absorbance of the colloidal solution about 1.57 at the wavelength 340 nm. the photo-electrode of the solar cell was manufacturing by step by step, through coated the FTO layer by- Nano- $\text{TiO}_2$  / poly(3,4- ethylenedioxythiophene) – poly(styrenesulfonate)(PEDOT:PSS) / poly(3-hexylthiophene) (P3HT) via spin coating method at normal temperature, then dry at  $120^\circ\text{C}$ , then annealing at  $150^\circ\text{C}$  for 30 min to coherence atoms together and FTO layer, then testing and storage of electrode away the light.

**Keywords:** Organic solar cell,  $\text{TiO}_2$ , P3HT, FTO, AFM, XRD.

### المستخلص

في هذا البحث، قد تم تصنيع القطب الضوئي (Photoelectrode) الذي يستخدم في تصنيع الخلية الشمسية العضوية نوع (OSC)، من خلال تحضير غشاء فلوريد القصدير FTO الموصل الشفاف على قاعدة زجاجية، بطريقة تشويب أكسيد القصدير tin oxide بعنصر الفلور fluorine بنسبة (15.5wt%)، باستخدام مادة ثاني كلوريد القصدير  $\text{SnCl}_2$  وفلوريد الامنيوم  $\text{NH}_4\text{F}$ ، حيث رش المحلول المحضر على لوح زجاجي ساخن بدرجة حرارة  $450^\circ\text{C}$  درجة مئوية، باستخدام جهاز الرش الحراري الذي يعمل بالموجات الصوتية، فكانت شفافية الغشاء FTO حوالي 80% عند الطول الموجي ( $\lambda_{\text{max}} = 650 \text{ nm}$ ) ، التوصيلية السطحية للغشاء ( $30 \Omega/\square$ ). ثم تحضير محلول ثنائي اوكسيد التيتانيوم النانوي بطريقة (السول- جيل)، فكانت امتصاصية المحلول الغروي المحضر بحدود 1.57 عند الطول الموجي 340 نانومتر. ثم تم تصنيع القطب الضوئي للخلية الشمسية ، مع خلال طلاء غشاء FTO بمادة ثنائي اوكسيد التيتانيوم النانوي - Nano  $\text{TiO}_2$  ، ثم مادة PEDOT:PSS البوليمرية، ثم مادة P3HT بطريقة الطلاء البرمي في درجة الحرارة الاعتيادية، ثم تجفيفها بدرجة حرارة  $120^\circ\text{C}$  درجة مئوية لمدة ساعة، بعد ذلك تم تلدينها بدرجة حرارة  $150^\circ\text{C}$  درجة مئوية، لتماسك الذرات مع بعضها وتماسكها مع الغشاء الموصل FTO ، وبعد ذلك تم التبريد البطيء لطبقة الطلاء، واجراء الفحوصات التشخيصية وحفظها بعيدا عن الضوء.

**الكلمات المفتاحية:** الخلايا الشمسية العضوية OSC، مادة  $\text{TiO}_2$  ، P3HT ، AFM ، XRD ، FTO.

## I. INTRODUCTION

Organic solar cells are becoming increasingly efficient due to the discovery of the bulk heterojunction concept [1]. Organic solar cells have been developed, through using semiconducting organic materials, which are capable of absorbing light and generate charge carriers [2- 3]. Solar cell technologies have evolved into three generations, the first generation photovoltaic are based on a single crystalline semiconductor, second and third generation photovoltaic utilize inorganic (or organic) film structure of the cell at assembly [4]. The [6,6]-phenyl C61-butyric acid methylester (PCBM) and poly(3-hexylthiophene) (P3HT) blends is one of the promising materials of the organic solar cells, it is the more efficient fullerene derivate based donor-acceptor copolymer so far [5-6]. Conventional organic solar cells are generally consist of an acidic poly (styrenesulfonate) (PEDOT : PSS) layer : poly (3, 4- ethylenedioxythiophene), which is detrimental to the transparent conducting oxide anode [7]. organic solar cell (small molecule) with an optimized hybrid planar-mixed molecular heterojunction structure of indium tin oxide / poly (3, 4 ethylenedioxythiophene) : poly (styrenesulfonate) doped with 4 wt% sorbitol / pentacene (2 nm)/ copper phthalocyanine (10 nm)/ CuPc : C60 mixed (20 nm)/ fullerene C60 (20 nm)/ bathocuproine (10 nm)/Al was fabricated [8]. The inverted bulk heterojunction organic solar cells featuring solution-processed zinc oxide nanoparticles as an electron extraction layer, prepared at low annealing temperature about 150 °C, the zinc oxide interlayer was present in the solar cell, the vertical phase separation of the active layer spreated with and with out solvent annealing exhibited similar gradient concentrations and, therefore, similar photocurrent generation, both of which were superior to those of conventional devices incorporating a poly (3,4 - ethylenedioxythiophene) : poly (styrene sulfonic acid) (PEDOT : PSS) hole extraction layer [9-10]. Fluorine doped tin dioxide (FTO) films belong to a class of metal oxide, transparent conducting films which are a special parts of nano-structured film solar cells, the sheet resistance of FTO film was decrease with doping concentration to a minimum of (1.75  $\Omega/\square$ ) for 15 % wt of  $\text{NH}_4\text{F}$  material. The highest optical transmittance obtained is 85 % at (810 nm) of ( $\text{NH}_4\text{F}:\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) film with ratio 15.5 % and the transmittance was found to increase with the increase in fluorine concentration [11-12]. To good substrate adherence and the high optical transmittance in the visible range was used to dopants for  $\text{SnO}_2$ , crystal can behave as a conductor generating oxygen deficiencies by heating or by chemical doping of the sample, due to its wide band gap 3.67 eV[13-15]. It has been reported that the spontaneous phase separation of donor and acceptor in bulk heterojunction of the organic solar cell are exhibits higher concentration of acceptor at the the transparent conducting oxide side. Such a vertical concentration distribution of donor and acceptor disfavors charge transport in the direction required in conventional organic solar cell. An alternative solution is to use the inverted structure, with

which the collecting nature of electrodes is reversed[16]. The performance of an encapsulated inverted bulk-heterojunction solar cells with zinc oxide material manufacture by different processes as the electron selective contact are compared to conventional bulk-heterojunction for the solar cells. The low temperature processed inverted devices using zinc oxide nanoparticles on indium tin oxide plastic substrates showed high power conversion efficiency of 3.3% [17]. Solar energy conversion [18]. Antistatic coatings [19]. Infrared-reflecting glass [20].

### A. Operating principle

The organic solar cells are a photovoltaic device which consists of donor - acceptor material shown in the figure 1, When an organic donor - acceptor system is excited by light (photons), the electron-hole pairs are not readily generated as in silicon semiconductors. Instead, intermediate quasiparticles known as (Frenkel) excitons are generated, which is consisting of an electron - hole pair bonded by electrostatic forces.

In order to establish a current flow, these excitons need to disassociate at the D-A interface, so that holes and electrons can travel to their corresponding electrodes, the process excitons in organic semiconductors tend to have quite short lifetimes ( $\tau_{EX} < 10$  ns), the mean distance for travel before extinguish,  $LEX$ , is very short too (1 – 20 nm) according to the relation  $LEX = DEX\tau_{EX}$  (where  $DEX$  is the exciton diffusivity coefficient), the thickness of the D-A active layer to a few nanometer [21].

### B. The objective

The objective of this project to further understand the conversion processes for photon-to-electron, that occur within an organic solar cells with the purpose of optimizing the different cell performance parameters.

## II. EXPERIMENTS

### A. Materials

poly (3,4- ethylenedioxythiophene) – poly (styrenesulfonate) (PEDOT: PSS, Sigma Aldrich), poly (3 hexylthiophene) (P3HT, Sigma Aldrich), Tin chloride ( $\text{SnCl}_2$ , Sigma Aldrich), ammonium fluoride ( $\text{NH}_4\text{F}$ , Sigma Aldrich), Trititanium chloride ( $\text{TiCl}_3$ , Sigma Aldrich), Ammonium hydroxide ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , Sigma Aldrich).

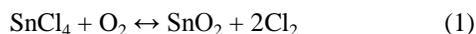
### B. Preparation of FTO solution

Take of 84.5 gm  $\text{SnCl}_2$  and reacted with 15.5 gm  $\text{NH}_4\text{F}$  under mixing at 100 rpm for 5 h, by using of the magnetic stirrer device, to obtain a FTO colloidal solution.

### C. Fabrication of FTO film

The colloidal solution of the FTO prepared was sprayed on hot glass substrate by using of spray pyrolysis equipment, figure 2. After washing, thoroughly by using acetone 50 ml for 30 min, then ethanol 50 ml for 15 min, then deionized water 50 ml for 15 min to prevent the traces of minerals [22],

using a hot-air blower for drying, the FTO glass, is put on the heater which was working temperature up to 350 °C in the presence of air, then was sprayed the solution by spray pyrolysis for 15 min, depending on the chemical interaction (1), followed by annealing process at a temperature of 450 °C for 30 min, equation 1 [23]:



The surface conductivity of the FTO film about (30 Ω/□) measuring by (Four-point probe, Jandal TFC) and the thickness of the FTO film prepared was 80 nm measuring by an Atomic Force Microscope (AFM, AA 3000 Scanning probe microscope, Angstrom Advanced Inc.) [11] [12].

#### D. Preparation of TiO<sub>2</sub> solution

Have been preparing of titanium dioxide nanoparticles, through interaction 10 ml of TiCl<sub>3</sub> with 0.25 ml acetic acid added to it 60 ml of ethanol and 40 ml Water at room temperature and under the mixing process at 100 rpm speed for 5 hours, then added to 20 ml of NH<sub>4</sub>OH solution to get PH = 8, then leave to 6 hr to complete of the interaction for all the chemicals used, where the note is deposit of white material from a of titanium dioxide in the form of colloidal solution tends to blue color, and the to red color when light pass through them. when the examination of the colloidal solution proved that the absorbance about 1.57 when the wavelength 340 nm by device (Spectro UV / Vis Double Beam (UVD-3500) Labomed, Inc. ).

#### E. Annealing of the nano- TiO<sub>2</sub> layer

Put FTO glass substrate was coated by TiO<sub>2</sub> layer on the heater device for 30 min to dry at 100 °C, then setting up of the heater to 450°C for 15 min; then allow the FTO glass substrate to cool down and remove it from the heater device.

#### F. Making of (Anode) the Photo Electrode

To fabricate of the organic solar cells were step by step at the follows. At first step was wished of the FTO glass substrate by sonication in detergent, acetone, ethanol and DD-water for 30 min, then second step was coated of the TiO<sub>2</sub> layer onto of FTO glass substrates by a spin coated process at speed of 2000 rpm for 15 sec, followed by annealing at 450 °C for 30 min, then third step was coated of the PEDOT:PSS polymer onto TiO<sub>2</sub> layer by spin coated at speed of 5000 rpm for 50 sec, followed by baking at 120 °C for 6 min, then four step was coated of The P3HT into PEDOT: PSS polymer by spin coated at a spin speed of 1500 rpm for 50 sec, followed by baking at 120 °C for 5 min all electrode annealing a 150 °C for 5 min.

### III. RESULTS AND DISCUSSIONS

The Photoelectrodes are mainly used to generate of electrons in the organic solar cells, through the P3HT donor layer, and the PEDOT:PSS layer was acting as a barrier preventing oxygen from entering the active layer of cell. Currently the most popular methods for controlling the morphologies of polymeric active layers are thermal and solvent annealing, particularly to increase a material's crystallinity and to develop suitably phase- separated domains

for efficient carrier transport. Effects of two spin coating parameters, the viscosity of solution and speed of spin coater resolution on power conversion efficiency of devices, were investigated to obtain optimum conditions for highly efficient inorganic-organic hybrid solar cell production by the spin coating method. The TiO<sub>2</sub> coating increases the roughness of the surface, as shown in Figure 3. However, the PEDOT:PSS coating on the TiO<sub>2</sub> layer reduces that roughness. Figure 3, shows the examined the topographic surface of the TiO<sub>2</sub> layer, by using atomic force microscope AFM, which manufactured by the spin coating method at 2000 rpm and annealing at 450 °C. Figure 4, shows the test result for the transparency spectra of FTO conductive glass 80% at the wavelength (λ<sub>max</sub>= 650 nm). Figure 5, shows UV- Vis absorption spectra for the TiO<sub>2</sub> colloidal solution at 1.57 when the wavelength (340 nm). There is a strong absorption band below (λ<sub>max</sub> = 340 nm). Figure 6, shows the XRD pattern of the FTO film was fabricated by the spray pyrolysis equipment figure 2, the orientations were (110), (101), (200) in (2θ = 27.7°, 34.5°, 38.6°), respectively, time spray about 20 min [24].

The sizes of the crystalline FTO film were estimated from the XRD results by using Scherrer's formula (2) [25].

$$D = K \lambda / \beta \cos \theta \quad (2)$$

Where, K is the shape factor (0.9), λ- is the wavelength of Cu-Kα, Irradiation (1.5406 Å), β is the full width at half maximum (FWHM), θ is the Bragg's diffraction angle. The average crystalline size of the plane orientation of crystals (101) and (110) was 4.13 and 5.35 nm, respectively [25].

### IV. CONCLUSION

Current targets, to achieving higher conversion efficiencies for the organic solar cells are related, higher operational stability and simpler high throughput manufacturing processes allowing them to be competitive against traditional silicon technologies and another solar cell. organic solar cell design are needs to maximize and the photon-to-electron conversion efficiencies, also need to a compromise between its structural, electrical, optical and chemical properties which, different architectures and structural designs, along with active materials and novel materials, which have made possible the increments on performance observed during the last decade. The high transmittance together with high conductivity makes these films suitable for window materials in thin film solar cells was got from doped tin oxide thin films from SnCl<sub>2</sub>: NH<sub>4</sub>F precursor.

### ACKNOWLEDGMENT

I would like to seize this opportunity to express my gratitude to the Renewable Energy Directorate at the Ministry of Science and Technology. I am thankful for their technical and financial support in implementing my project.

## REFERENCES

- [1] Travis L. Benanti, and D. Venkataraman, (2006). Organic solar cells: An overview focusing on active layer morphology, *Photosynthesis Research* 87: 73–81.
- [2] A. Gosh, and T. Feng, (1978). Merocyanine organic solar cells, *J. Appl. Phys.*, no. 49, p. 5982.
- [3] N. Espinosa, R. García-Valverde, A. Urbina, and F. Krebs, (2011). A life cycle analysis of polymer solar cell modules prepared using roll-to-roll methods under ambient conditions, *Sol. Energy Mat. Sol. Cells*, vol. 95, pp. 1293-1302.
- [4] J. H. Werner, (2004). Second and third generation photovoltaics dreams and reality, *Advances in Solid State Physics*, 44, 51–67.
- [5] Perzon, E. Wang, X. Zhang, F. Mammo, W. Delgado, J. L. Cruz, P., Inganäs, O., Langa, F., and Andersson, M. R., (2005). Design, Synthesis and Properties of Low Band Gap Polyfluorenes for Photovoltaic Devices”, *Synthetic Metals* 15, pp.53-56.
- [6] Al-Ibrahim, M. Ambacher O., (2005). Effects of solvent and annealing on the improved performance of solar cells based on poly(3-hexylthiophene): Fullerene, *Appl. Phys. Lett.* 86, 201120.
- [7] Frederik C. Krebs, (2009). Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 9, 394–412.
- [8] Chien-Jung Huang, Jhong-Ciao Ke, Wen-Ray Chen, Teen-Hang Meen, and Cheng-Fu Yang, (2011). Improved the efficiency of small molecule organic solar cell by double anode buffer layers”, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 95, 3460–3464.
- [9] Mohammed Aziz Ibrahim, Hung-YuWei, Meng-Hung Tsai, Kuo-ChuanHo, Jing-Jong Shyue, ChihWieChu, (2013). Solution processed zinc oxide nanoparticles as interlayer materials for inverted organic solar cells), *Solar Energy Materials & Solar Cells* 108, 156–163.
- [10] Yi Yang, Kamil Mielczarek, Mukti Aryal, Anvar Zakhidov, and Walter Hu, (2012). "Nanoimprinted Polymer Solar Cell", *American Chemical Society*, Vol. 6, No. 4, 2877–2892
- [11] A.V. Moholkar, S.M. Pawar, K.Y. Rajpure, Saleh N. Almari, P.S. Patil, and C. H. Bhosale, (2008). Solvent-dependent growth of sprayed FTO thin films with mat-like morphology, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 92, 1439–1444.
- [12] E. Elangovan, and K. Ramamurthi, (2003). Optoelectronic properties of spray deposited SnO<sub>2</sub>: F thin films for window materials in solar cells”, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* Vol. 5, No. 1, p. 45 – 54.
- [13] T. Sahn, L. Mädler, A. Gurlo, N. Barsan, S. E. Pratsinis and U. Weimar, (2004), *Sens. Actuators B* 98, 148.
- [14] H. Kim, R. C. Y. Auyeung and A. Pique, (2008), *Thin Solid Films*, 516, 5052.
- [15] L. R Hou, C. Z Yuan, Y. Peng, and J. Hazard, (2007). *Mater.*, 139, 310.
- [16] Jen-Chun Wang, Wei-Tse Weng, Meng-Yen Tsai, Ming-Kun Lee, Sheng-Fu Horng, Tsong-Pyng Perng, Chi-Chung Kei, Chih-Chieh Yu and Hsin-Fei Meng, (2010). Highly efficient flexible inverted organic solar cells using atomic layer deposited ZnO as electron selective layer, *J. Mater. Chem.*, 20, 862–866.
- [17] Steven K. Hau, Hin-Lap Yip, Nam Seob Baek, Jingyu Zou, Kevin O’Malley and Alex K.-Y. Jen, ( 2008). Air-stable inverted flexible polymer solar cells using zinc oxide nanoparticles as an electron selective layer, *Appl. Phys. Lett.* 92, 253301.
- [18] K. A. Yaacob, M. N. Ishak, and N. N. Alias, (2013). Quantum dots sensitized solar cell: effect of CdSe nanoparticles purification procedure of QD sensitized photoanodes, *Journal of Physics: conference series*, 431, 012019.
- [19] A. L. Dawar, J. C. Joshi, and J. Mat. (1984). *Sci.* 19 1.
- [20] S. I Boiadjev, G. H. Dobrikov, and M. Rassovska (2007). *Thin Solid Films*, 515, 8465.
- [21] I. Bruder, (2010). Studies on Organic Solar Cells between molecular structure, morphology and device and performance, *PhD Thesis. in Stuttgart University*, vol. 12.
- [22] Jayant B., and Ghandhi S., and Electrochem J., (1976) *Soc.* 123, 94.
- [23] D. W. Shee, H. M. Yates, P. Evans, U. Dagkaldiran, A. Gordijn, F. Finger, Z. Remes, and M. Vanecek, (2009). *Thin Solid Films*, 517, 3061.
- [24] M. Shalom, J. Albero, Z. Tachan, M. Ferrero, A. Zaban and E. Palomares, (2010). Quantum dot dye bilayer-sensitized solar cells: breaking the limits imposed by the low absorbance of dye monolayers, *J. Phys. Chem. Lett.*, 1, 1134-1138.
- [25] Yoshiaki Oda, Heping Shen, Lin Zhao, Jianbao Li, Mitsumasa Iwamoto and Hong Lin, (2014). Energetic alignment in nontoxic SnS quantum dot-sensitized solar cell employing spiro-ometad as the solid-state electrolyte, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 15. 035006 (8pp).

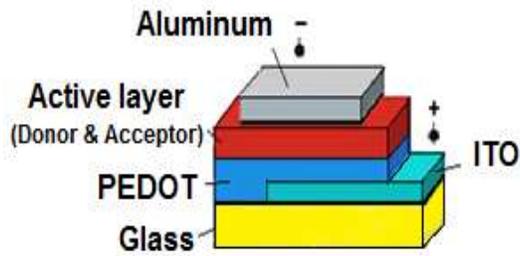


Fig. 1. Schematic illustration of the structure of an organic solar cells.

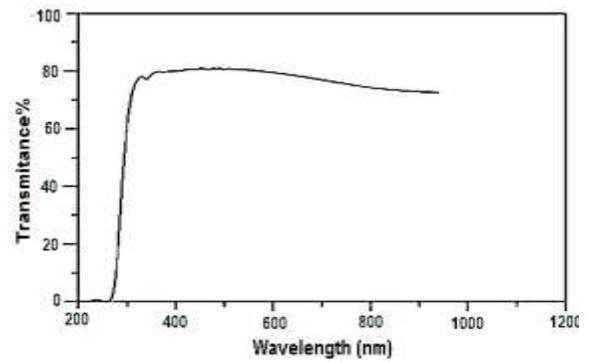


Fig. 4. The transparency spectra of transmittance vs. wavelength of FTO glass substrate about 80%.



Fig. 2. The spray pyrolysis equipment used in the manufacturing of organic solar cell.

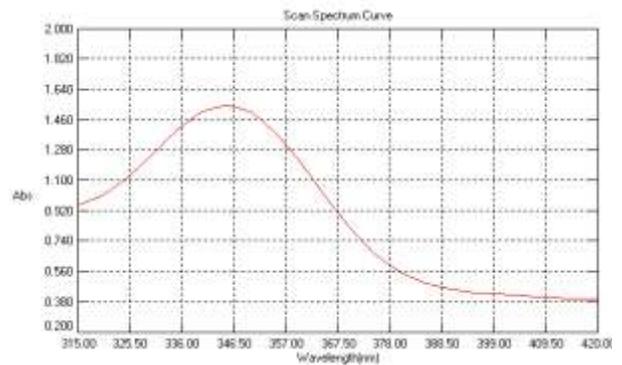


Fig. 5. The Absorption spectra of TiO<sub>2</sub> colloidal solution.

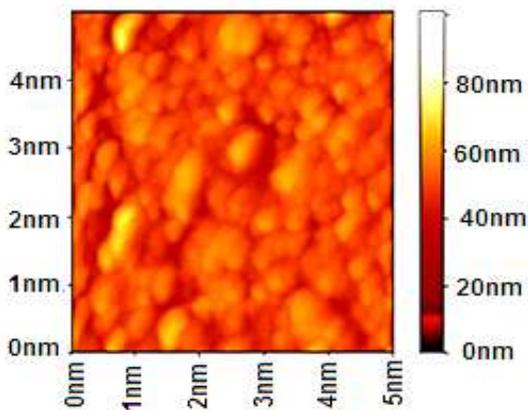


Fig. 3. The examined the topographic surface of the TiO<sub>2</sub> thin layer by AFM.

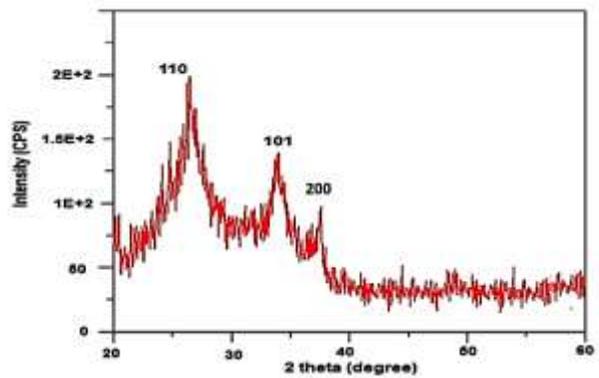


Fig. 6. X-ray Diffraction (XRD) pattern of FTO glass substrate after annealing at 450 °C for 20 minutes.

## New MPPT Algorithm Based on PIC Microcontroller

Esraa M. Ismail\* Isam M. Abdulbaqi Ammar I. Majeed

\* M.Sc. Student in Elec. Eng. Dept., Al-Mustansiriya University, Baghdad, Iraq  
esraamohammed1992@gmail.com

### Abstract

This paper suggests a new MPPT (maximum power point tracker) algorithm and compares it with the two most popular algorithms. A comparison was done with the (perturbation and observation) algorithm and the (incremental conductance) algorithm. The accumulation of the testing results in this research is a difficult task. Hence, this will be obtained by using an interface software build by the designer, drawing on the LabVIEW software for this task. LabVIEW software will help to build a driver in the computer, for the USB of the PIC18f4550, such that the operation of data transfer will be across the USB cable connecting the PIC to the computer. The comparisons show the ability of the proposed algorithm to accumulate more energy as compared with other algorithms.

Key words: MPPT, PIC Microcontroller, USB Connection.

### الخلاصة

هذا البحث يقترح خوارزمية متابع لنقطة القدرة القصوى (م.ن.ق.ق) جديدة ويقارنها مع أكثر الخوارزميات شيوعاً. المقارنة تمت مع خوارزمية (الإضطراب والمراقبة) وخوارزمية (التصرف التدريجي). إن عملية تجميع نتائج هذه المقارنات مهمة صعبة. وبالتالي تم الحصول عليها بواسطة بناء برامج بسيطة من قبل المصمم وذلك عن طريق برنامج LabVIEW إذ تم توظيفه لهذه المهمة. إن برنامج LabVIEW سيساعد في بناء سائق لوصلة الـ USB التابعة للمسيطر المايكروبي PIC18f4550 في الحاسوب المسؤول عن المهمة، بحيث يقوم بعملية نقل المعلومات خلال وصلة الـ USB المتصلة بين المسيطر والحاسوب. أظهرت المقارنات إمكانية الخوارزمية المقترحة على تجميع طاقة أكبر مقارنة بالخوارزميات الأخرى.

الكلمات الدالة: م.ن.ق.ق، PIC المسيطر المايكروبي، وصلة الـ USB.

### Introduction

Since the manufacturing of the solar energy panels, the researchers worked on enhancements of its performance in many respects especially in the MPPT algorithms. The task of the MPPT algorithm is transferring maximum power from the solar panel to the user by making the

maximum point of the power voltage curve (P-V), the operating point of the system. Since, any difference in solar irradiance intensity has led to different P-V curves and that will make MPPT algorithm operates again to find the new maximum power point. The tracking response differs in time, accuracy and quality,

depending on the type of the algorithm. The comparison process between algorithms responses is difficult to be done, so LabVIEW software adopted for this task. As the power supplied by the solar array depends on the insolation, temperature and orientation, then the design of an efficient tracking algorithm of the maximum power point is very important for any solar array system. The purpose of the MPPT is to move the array operating voltage close to the MPP under changing atmospheric conditions [1].

Most of the design guides are based on the constant output while the input can have some pulsation of voltage. The difficulty of the MPPT design is that the input voltage and output voltage are variable [2]. The methods of MPPT vary in complexity, sensors required, convergence speed, cost, range of effectiveness, hardware implementation, popularity, and in other respects [3]. The DC to DC converter which has been used was already designed and implemented by the researchers as seen in Fig.1 [4]. To reach the optimum converter and MPPT controller design, a need arises for much information about the PV panel used. Table 1 illustrates the parameters of SOLAR ONE 250W PV panel.

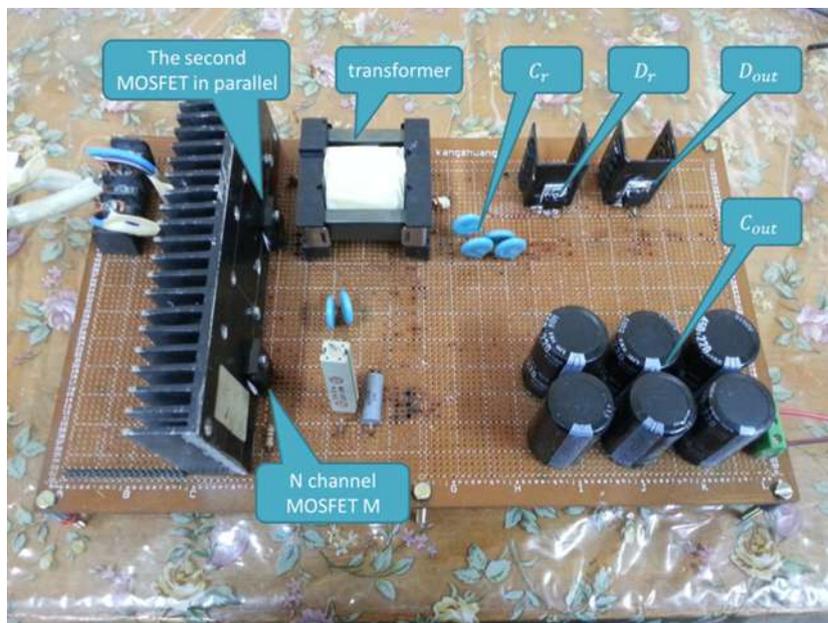


Fig. 1. The DC to DC converter

**Table 1:** parameters of the PV panel SOLAR ONE 250W tested by "Sun Simulator"<sup>[5]</sup>

Operator	Value
Current temperature coefficient (mA/°C)	2.0000
Voltage temperature coefficient (mV/°C)	-2.0000
Model area (cm <sup>2</sup> )	100.00
Sensor temperature (°C)	32.5
Irradiance (mW/cm <sup>2</sup> )	100.0
Isc (A)	10.3186
Voc (V)	34.7315
P <sub>MPP</sub> (W)	296.4684
I <sub>MPP</sub> (A)	10.1569
V <sub>MPP</sub> (V)	29.1889
F.F. %	82.72
Module efficiency (%)	29.6541
Estimated shunt resistance (Ω)	180.5127
Estimated series resistance (Ω)	0.1401

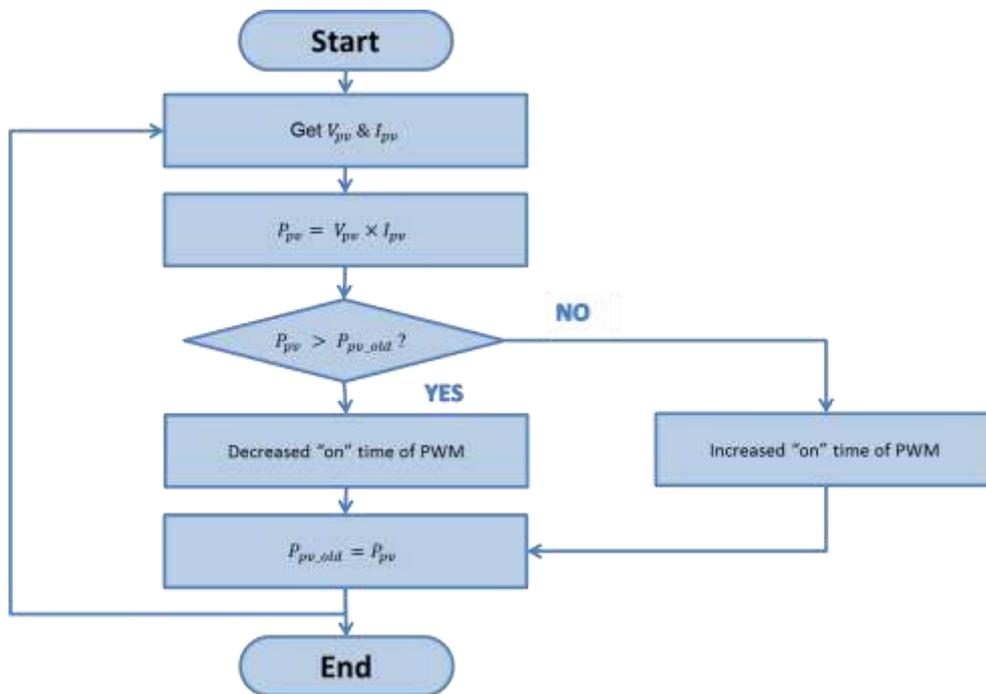
### Maximum Power Point Tracker (MPPT)

The MPPT is a strategy followed to harvest the most generated power from certain sources like PV systems and wind turbine [1]. In this research, this mission was entrusted by a microcontroller based DC to DC converter that optimize the match between the solar array (PV panels), and the load. Simply, it is an algorithm fed by the values of the voltage and current of the panel at each

instant. It has an ability to utilize these values in changing the input resistance of the load to match the internal resistance of the panel at each instant by changing the pulse width of the DC to DC converter [6]. This process provides the ability to change the load input resistance such that it extract ( $I_{mpp}$ ) from the panel at its terminal voltage ( $V_{mpp}$ ) at that instant. This means that the maximum power point of the panel can be instantaneously

tracked. This converter cannot be dispensed in any way if solar PV panels used as a source. Different Methods and topologies are available for applying the MPPT algorithm. The choice depends on many factors according to the ability of each algorithm and its compatibility with the circumstances of the required system. The main topology of these algorithms is shown in Fig. 2.

There are several types of MPPT algorithms (Constant Voltage Method, Short-Current Pulse Method, Open Voltage Method, Perturb and Observe Method and Incremental Conductance Method) [7]. The popular algorithms are P&O (perturb and observe) and I\_C (incremental conductance). Each type has several advantages and disadvantages that make the user prefer one of them due to many requirements and conditions.



**Fig. 2.** The Main MPPT Algorithm

1. Perturb and Observe method (P&O)

Perturb and Observe method has been widely used because of its simple implementation structure [1]. Perturb and observe operating essentially on

the perturbation of the system by increasing or decreasing the "on" time of the PMW at each cycle of MPPT and observing the array terminal voltage and current to detect the maximum point of the PV curve. Its drawback is that, when the maximum

point reached, the perturbation persists, and that makes an oscillation around the maximum power point which is leading to decrease the harvesting power from the panel array. There are some types of P&O algorithms have been implemented later [7], but the classical one will be relied on here. At each algorithm cycle, there is a difference between the array terminal voltage and power as compared with the previous one, these are  $\Delta V$  and  $\Delta P$  respectively as shown in Fig.3.a. Then the algorithm decides whether the "on" period must be increased or decreased, and it assigns and records the voltage and power values of the cycle to be considered as a reference to the next cycle and so on. This operation repeated until the maximum power point reached as a hill climbing. Hence, the algorithm will continue to oscillate around the MPP in spite of reaching the top of the hill, but the oscillation will be minimized by reducing the perturbation step size [3].

## 2. Incremental Conductance Method

The I\_C's algorithm has many topologies, but all that depends on the  $\Delta V$  and  $\Delta I$ . The algorithm name came from the term  $(\Delta I/\Delta V)$  which is known as the incremental conductance [1]. This value makes the algorithm go in the right direction and achieving the goal at which  $\{(\Delta P/\Delta V) = 0\}$  means reaching the maximum power point, as seen in Fig. 4. The I\_C algorithm catches the

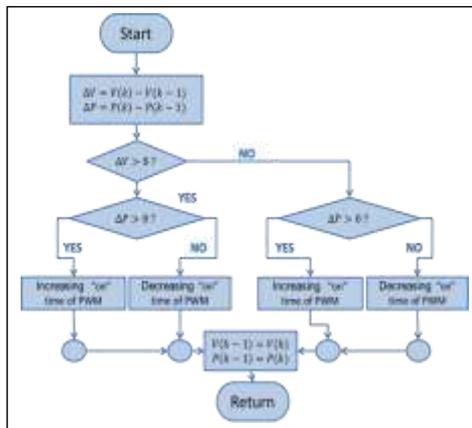
maximum power point exactly and still observing the system by observing the  $\Delta V$  and  $\Delta I$ , if they have any changes, then it will repeat the procedure to catch the maximum power point again. After calculating the  $\Delta V$  and  $\Delta I$  through new condition, see Fig. 3.b, if the  $\Delta V \neq 0$  this means the algorithm point is somewhere, but not on the maximum power point, so the algorithm looking again at the sign of the new  $(\Delta P/\Delta V)$ , whether it is positive or negative for pursuing the right direction to reach the MPP again. Assuming it catching up the maximum power point (MPP) at certain weather condition, if the condition change suddenly the  $\Delta V$  not change and still equal to zero, but the  $\Delta I$  has greatly changed, that makes the algorithm to operate again and so on. The increment size determines how fast the MPP is tracked [7]. It's possible to increase the increment size, but at the expense of the accuracy [3].

## 3. The Proposed MPPT Algorithm Method

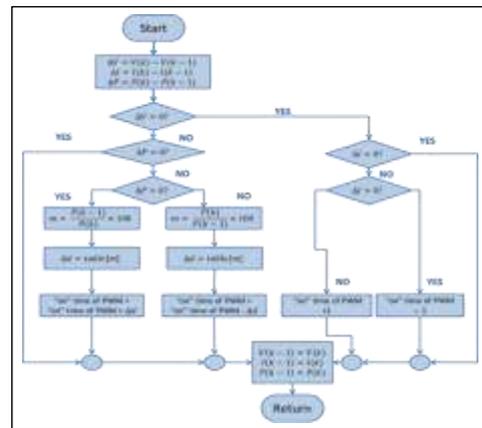
The proposed system has the same basics of the I\_C algorithm, but it possible to control the incremental size depending on the tracking position [8]. If the tracking position is far away from the MPP, the incremental size will adopt its maximum value, and then its size decreased gradually as it moves towards the MPP until it becomes a very small value at the MPP exactly. That makes it faster than the I\_C

algorithm in order to reach the MPP as seen in Fig. 3.c. This is will be done by using a lookup table shown in Fig. 3.d. The table has different values of the increment step  $\Delta d$  that make it possible to change the size of the step easily to reduce the time elapsed to reach the MPP as fast as possible.

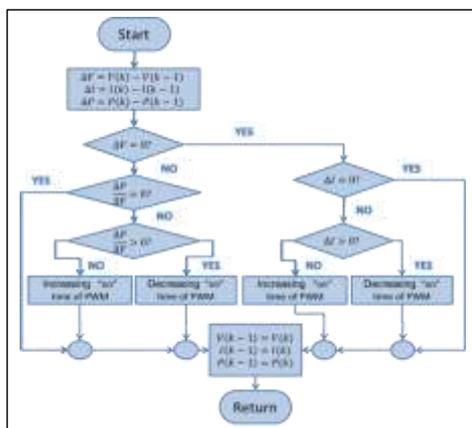
It observes the ratio of the power  $m$  w.r.t. the previous one, if the tracking on the left side (positive side) or on the right side (negative side). Then the value of  $m$  will be calculated, and from the lookup table the right value of  $\Delta d$  can be determined.



a



c



b

Table[100]

00	10
01	10
02	10
...	...
98	1
99	1

$m$  is indicated on the left side of the table, and  $\Delta d$  is indicated on the right side of the table.

d

**Fig. 3.** The types of MPPT algorithms (a) P&O MPPT Algorithm (b) I\_C Algorithm (c) Proposed MPPT Algorithm (d) The Lookup Table

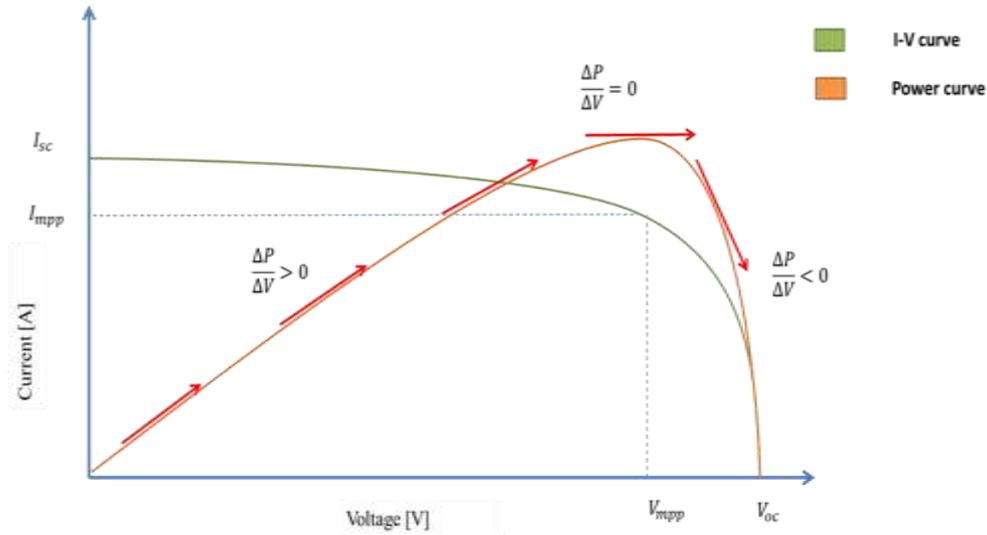
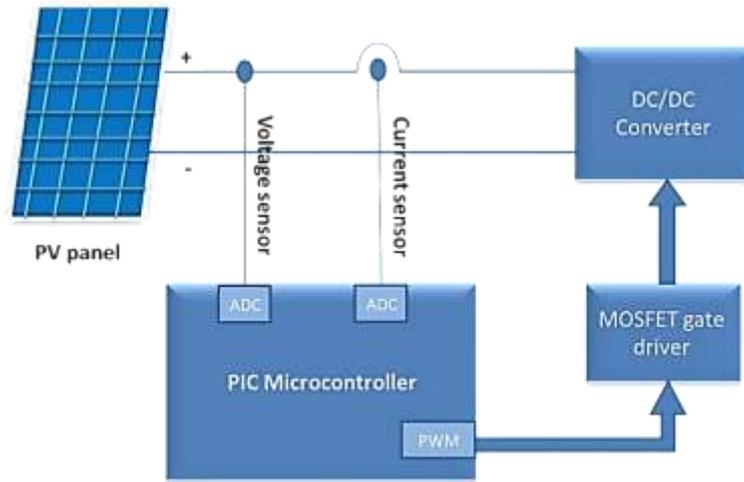


Fig. 4. Operation of I\_C Algorithm

**PIC Microcontroller**

The microcontrollers played revolutionary role in the embedded industry after the invention of Intel 8051. The steady and progressive research in this field gave the industry more efficient, high-performance and low-power consumption microcontrollers. The AVR, PIC and ARM are the prime examples. The new age microcontrollers are getting smarter and richer by including latest communication protocols like USB, I2C, SPI, Ethernet, CAN etc. [9]. Novices in electronics usually think that the microcontroller is the same as the microprocessor. That's not true. They differ from each other in many ways. The first and most important difference in favor of the microcontroller is its functionality. In order to use the microprocessor, other components, first of all memory must be added to it. Even though it is

considered a powerful computing machine. It is not capable of establishing direct communication with the peripherals [10]. The name PIC initially referred to Peripheral Interface Controller [11]. The PIC microcontroller is very easy to use. It is a single chip that can do all functions you need like ADC (analog to digital converter), timer, comparator, PWM generator and all mathematical functions. In this paper PIC get two values in analog from the sensors in the Fig. 5 and convert it to digital form by ADC function, then multiply it to get the power coming from the PV panel  $P_{pv}$  and compare whether this power more than the old one  $P_{pv\_old}$ . From that condition it can decide to increase or decrease the duty cycle ratio.



**Fig. 5.** Microcontroller block diagram

The PIC18f4550 has some useful features, first is an analog to digital module (ADC) built-in with it, so no need to convert the analog signals from the sensors to digital form to involve it within the code. The second feature is the built in module for pulse width modulation. The third feature is the existence of the USB connection, which is the reason behind choosing the PIC18f4550. It also contains a full-speed and low-speed compatible USB Serial Interface Engine (SIE) that allows fast communication between any USB host and the PIC microcontroller. Fig. 6 is the 40-Pin PDIP package [12]. Voltage sensor: is no more than a voltage signal used as a measure of the PV panel output voltage ( $V_{pv}$ ). A voltage divider used for this purpose to send a corresponding signal of the PV panel output voltage to the microcontroller. This is done due to the fact that the maximum voltage can deal with by the microprocessor no more than five

volts. Hence, the output voltage ( $V_{vs}$ ) as shown in Fig. 7.a can be calculated by using the following formula:

$$V_{vs} = V_{pv} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots \dots \dots (1)$$

Current sensor: it is a transducer converting the current flow from the PV panel to its corresponding signal of no more than 5V. This is achieved by using simple sensor of a very small value of resistor, but it is of high power rating in order not to be damaged when it passes the high values of the current and at the same time do not affect the circuit operation as shown in Fig. 7.b Due to its small value, a small voltage appears across it for high current values and that's not enough for current sensing, in that case it will need an amplification unit like an Op-Amp as a noninverting amplifier by ten times to achieve the required value ( $V_{cs}$ ).

40-Pin PDIP

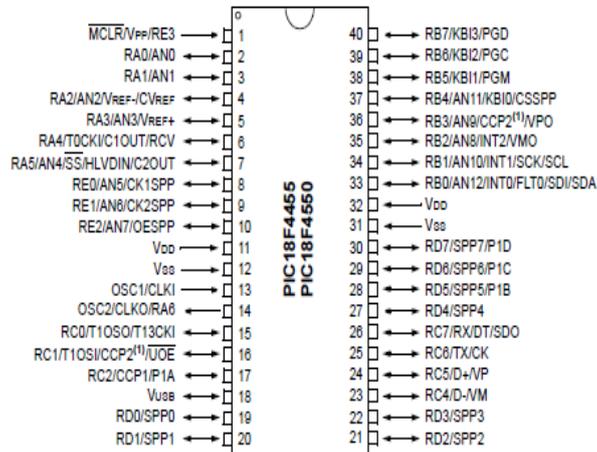


Fig. 6. Pin Diagram of PIC18f4550 Microcontroller [12]

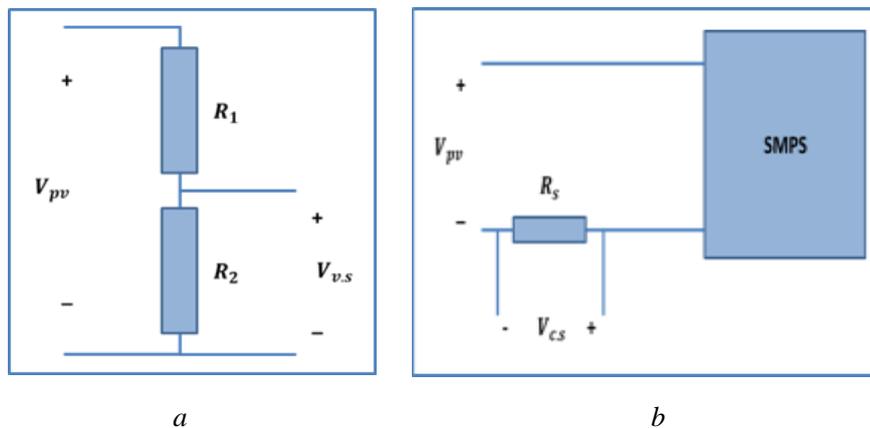


Fig. 7. Analogue sensors (a) simple divider circuit (b) current sensor location to get a true sense

### Instantaneous Power Meter Program Design

To study and analyse the designed system, a need arises to use the Universal Serial Bus (USB) as an information collector to transfer the

data to the computer. The USB was developed by the PC manufacturers to provide a low-cost solution for attaching any peripheral devices and communicate with him, like getting instantaneous information from that device. Since the microcontroller

PIC18f4550 has USB support, and it deals with input/output information through USB connector, so it can be connected to the personal computer (PC). The PC dealings with identified devices like mouse, keyboard, camera, etc. through their USB's connectors because their descriptors are installed on this PC earlier. But when using a new USB device the PC is not able to deal with, in that case a need arises for using a program able to communicate the PIC18f4550 with PC and that's requires to use LabVIEW.

NI LabVIEW is a software used for many industrial applications. It is a highly productive development environment for creating custom applications that interact with the real environment data or signals in fields such as science and engineering. It is a tool providing higher quality projects that have been completed in less time with fewer people involved.

Productivity is its special benefit, which is the reason behind the attraction of the engineers and scientists to the product for the later years. Engineers and scientists have a research and work done, they need to show the results of what they did, and they need tools that help them do that. LabVIEW will help because it makes a wide variety of tools available in a single environment, ensuring that the compatibility is as simple as drawing wires between functions. One of these tools used in this research is NI-VISA to communicate with a USB device. LabVIEW is able to install a new

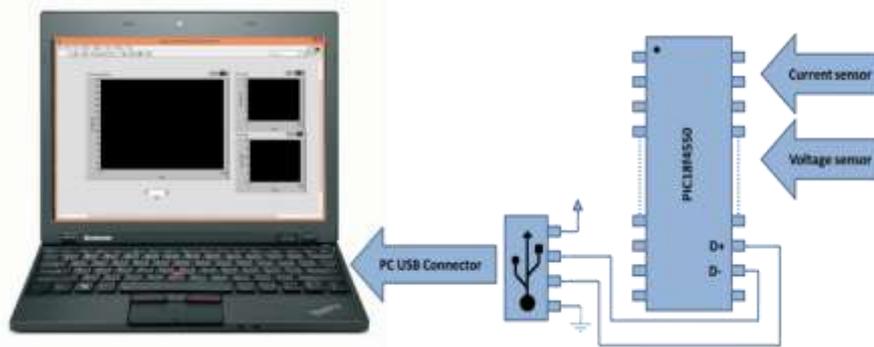
USB device and use NI-VISA to communicate with that device, as long as it understands the device communication protocol. VISA is a high-level application used to communicate with instrumentation buses. It has an independent platform, independent bus, and independent environment. In other words, the same application is used regardless of whether a program is created to communicate with a USB device with LabVIEW on a machine running Windows 7 or with a GPIB device with C on a machine running Mac OS X [13].

USB is a message based on communication bus. A PC and a USB device communicate by sending commands and data over the bus as text or binary data. Each USB device has its own command set, can be provided by the designer in case of using PIC18f4550, a descriptor file edited by the designer. The read and write functions of NI-VISA can be used to send commands to an instrument (new USB device) and read the response from this instrument.

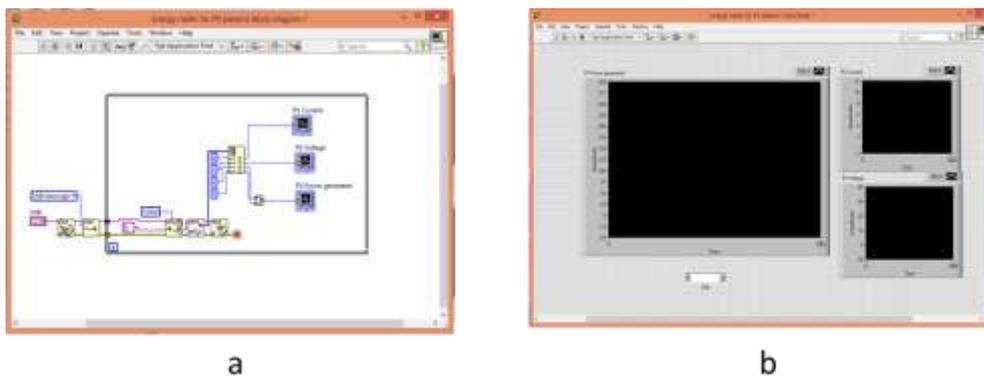
Each USB device has a definition, so-called descriptor file. Descriptor file is a program carries all of vendor name and product name of the USB device so it cannot resemble another USB device. While the PC must have a driver for this USB device and still waiting until that USB connector have the same names of the vendor and product to interact with it. So the descriptor file in the PIC18f4550

programmed and prepare the driver through the program LabVIEW as mentioned above to receive the information from the PIC through the sensors. Finally, the Instantaneous Power Meter achieved by using the information from the sensors to get the value of the input power at each instant. This is done by multiplying the input voltage and the input current together. Then, it displays the result on the PC screen as illustrated in the Fig. 8.

The USB connector needs more than hardware particles and specific code software, its need another software installed on the PC as a driver for a new USB device and that achieved by LabVIEW as mentioned earlier. Fig. 9 illustrates the block diagram of all the functions that needed to deal with the USB device and can display the information come from it and shows the display units on the front panel window.



**Fig. 8.** Instantaneous Power Meter Structure



**Fig. 9.** LabVIEW program windows (a) Front Panel Window of the LabVIEW (b) Block Diagram Window of the LabVIEW

**Experimental results**

Since, the converter is already implemented [4], and then a comparison between different MPPT algorithms used in this converter is possible now. In this section a test and analysis of three different MPPT algorithms can be done. The comparison between them considers three aspects:

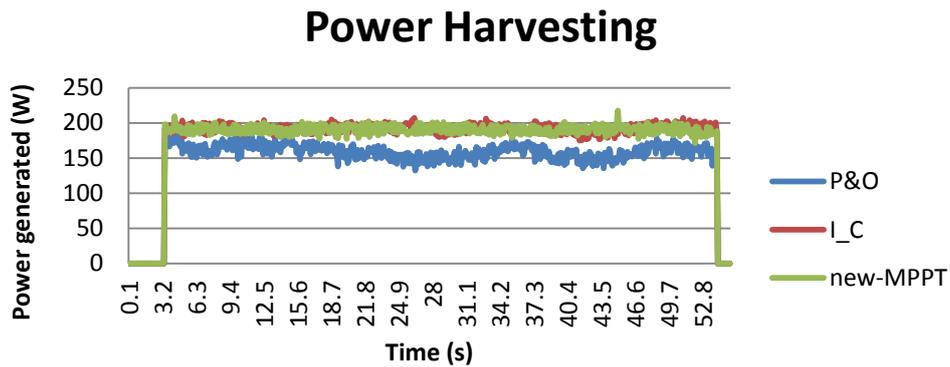
1. The value of the harvest energy.
2. The speed of reaching the maximum power point for certain weather condition.
3. The tracking response to a quick change in weather conditions.

Hence, the advantages and disadvantages of each algorithm achieved. This leads to the ability of utilizing the most suitable algorithm for a certain circumstance.

The MPPT algorithms differ in the above three features. This means that there is a certain algorithm to be chosen for a specified case to obtain maximum energy. Tests have been done as follows below, by using an Instantaneous Power Meter program (LabVIEW driver and USB match the PIC and PC).

1. The value of the harvest energy

The result obtained from the Instantaneous Power Meter program, I\_C and the new MPPT were equal in harvesting the power as much as possible, but the P&O algorithm appears unstable all the period causing a decrease in the energy which harvested from the PV panel. Note the Fig. 10 below.



**Fig. 10.** Power Harvesting Comparison

- The speed of reaching the maximum power point for certain weather condition

Speed of reaching the MPP or speed of detecting the MPP does not mean speed of the algorithm execution because the latter itself is another problem.

As it must be, the speed of the algorithm is limited to be (not so fast and not slow); it must be compatible with the response of the power circuit (the time constant of the circuit). Fig. 11 represents the results of the energy meter program, showing the time elapsed to reach the MPP for each algorithm.

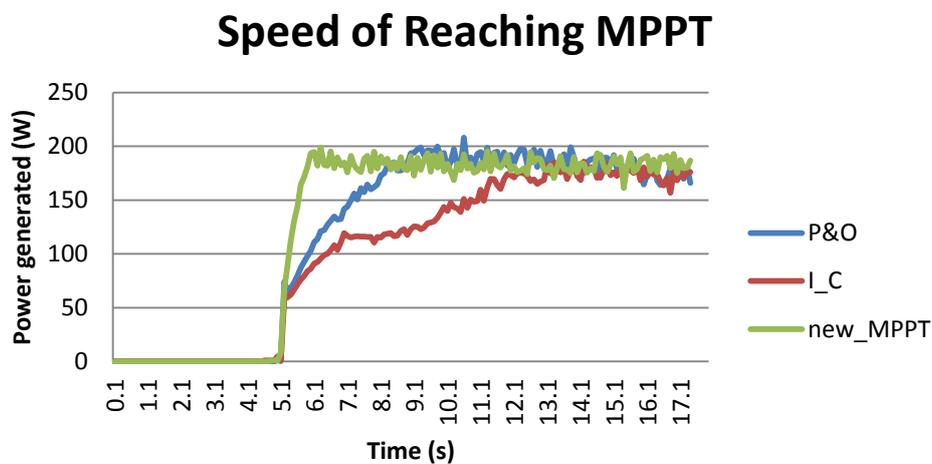


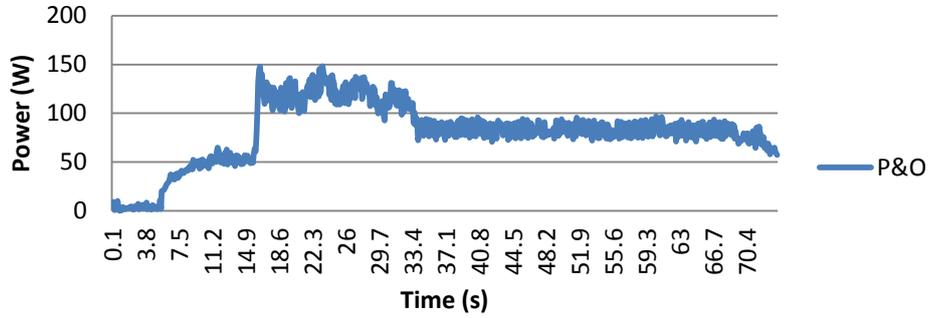
Fig. 11. Periods reaching to MPP Comparison

- The tracking response to a quick change in weather conditions

This test is the most complex one because it requires special experimental conditions which are not available in the lab. This is simulated practically by changing the tilt angle manually (the same angle,

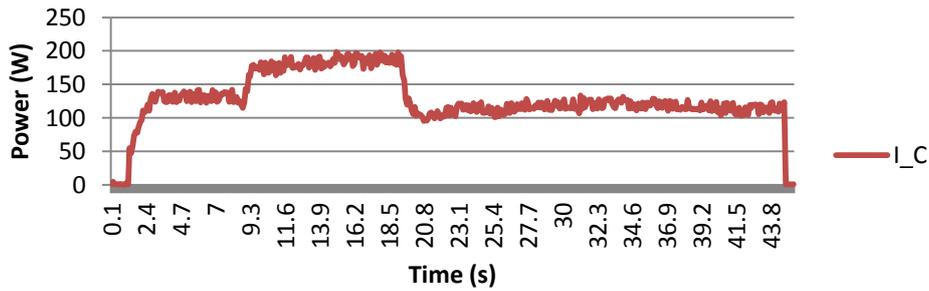
irradiance intensity and temperature for the same Panel) and getting the result through the energy meter program for each algorithm. The results of the P&O algorithm in Fig. 12 show the algorithm response due to the weather condition changing and show the response for I\_C and new\_MPPT algorithms respectively.

### P&O Algorithm



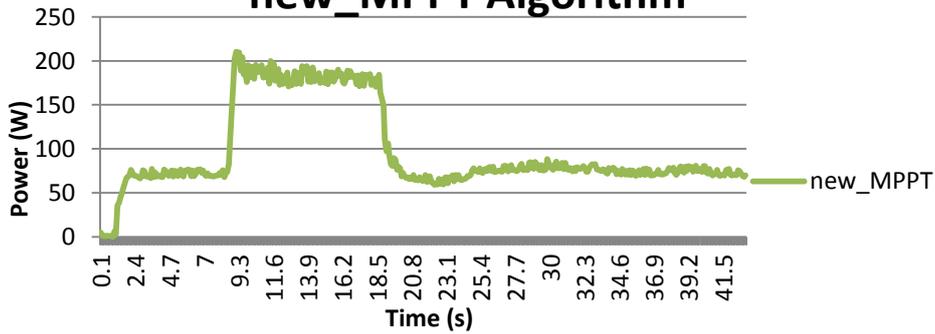
a

### I\_C Algorithm



b

### new\_MPPT Algorithm



c

Fig. 12. The tracking response to a quick change in weather conditions (a) P&O Response (b) I\_C Response (c) Proposed Algorithm Response

**Conclusion**

The prototype of the proposed converter shows that it is robust and reliable. Also, the application of the (new\_MPPT) increases the extracted energy from the panel due to its ability in what is known as a (hill climbing) to reach the MPP in the shortest time as compared with other algorithms.

Hence, the new algorithm is the preferable one, since the weather changes are a quick events in nature. Table 2 shows the comparison between the three studied algorithms from different points of view.

**Table 2:** Comparisons of Algorithms Features

Features	P&O	I_C	New_MPPT
Complexity	Simple	Complex	More complex
Program coded	Easy to implement	Difficult	Difficult
Processor Memory	Little space	More space	More space than previous
Power harvesting in Steady state	Lowest as compared to the others	Better	Better
Hill clamping speed	Fast	Slow	Faster
Fast changes in Weather	Fail	Successful to some extent	Successful
Stability	Vibrant (oscillatory)	Stable to some extent	More stable
Total Extracted Energy	Good	Better	Best

## References

- [1] Chihchiang H. Chihming S. "Study of Maximum Power Tracking Techniques and Control of DC/DC Converters for Photovoltaic Power System", IEEE Power Electronics Specialists Conference, 1998, pp. 86–93.
- [2] Pavels, S., Ilya, G., Janis, Z. "Design and Implementation of Flyback MPPT Converter for PV-Applications", IEEE Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ), 2014, pp. 291–296.
- [3] Trishan, E., Patrick, L. "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques", IEEE transactions on energy conversion, 2007, pp. 439–448.
- [4] Esraa M. Isam M. Ammar I. "High Step up DC-DC Converter Fed from Photovoltaic System ", International Journal of Computer Applications, April 2016, pp. 7–13.
- [5] Ministry of Industry and Minerals, Corporation of Research and Industry Development, Energy and Environment Research Center (EERC) It has been getting solar panel information through this institution.
- [6] Longlong Z. William G. Werner W. "A New Approach to Achieve Maximum Power Point Tracking for PV System with a Variable Inductor", IEEE The 2nd International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems, June 2010, pp. 948–952.
- [7] Dolara A. Faranda R. Leva S. "Energy Comparison of Seven MPPT Techniques for PV Systems", Scientific Research Electromagnetic Analysis & Applications, September 2009, pp. 154–162.
- [8] Jae H. HyunSu B. Bo H. "Advanced Incremental Conductance MPPT Algorithm with a Variable Step Size", IEEE Power Electronics and Motion Control Conference, 2006, pp. 603–607.
- [9] "PIC Microcontroller", <http://www.engineersgarage.com/articles/pic-microcontroller-tutorial>, accessed 12 August 2016.
- [10] "MIKROELEKTRONIKA", <http://learn.mikroe.com/ebooks/picbasicprogramming/chapter/introduction/>, accessed 12 August 2016.
- [11] "PIC microcontroller From Wikipedia, the free encyclopedia", [https://en.wikipedia.org/wiki/PIC\\_microcontroller](https://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontroller), accessed 12 August 2016.
- [12] PIC18F4550 "PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet", 2009.
- [13] "USB Instrument Control Tutorial", <http://www.ni.com/tutorial/4478/en/>, accessed 12 August 2016.

## On-line fault estimation and compensation approach to sustainable wind turbine systems

Asaad A. Kraidi\* and Montadher S. Shaker\*

\*Department of Electrical Engineering, University of Technology, Baghdad, Iraq

E-mail: 30211@uotechnology.edu.iq, montadher\_979@yahoo.com

asaadabdlbari@gmail.com

**Abstract:** This paper develops a novel observer-based estimation and compensation approach to fault tolerant control (FTC) for a wind turbine system affected by sensor faults. The main contribution of this paper is the proposal of multiple proportional-proportional-integral-observers (PPIOs) to on-line compensate the effects of simultaneous sensor faults from the inputs of the reference and inner controllers and thereby guaranteeing robust tracking performance of the blade pitch control system. Specifically, the generator speed sensor and the pitch angle sensor have direct influence on the blade pitch control system and hence in this paper two PPIOs have been designed to provide on-line estimation/compensation of faults that affecting these sensors. Stability analysis has been clearly demonstrated using linear matrix inequality and Lyapunov approach. The proposed method is applied to 5 MW wind turbine benchmark model.

**الخلاصة:** تطور هذه الورقة مراقب جديد قائم على مبدأ تقييم التعويض كوسيلة للسيطرة المستحتملة للخطأ (FTC) لنظام توربينات الرياح التي تتأثر بأخطاء أجهزة التحسس. المساهمة الرئيسية لهذه الورقة هي اقتراح المراقب (PPIO) لتوفير تتبع لزاوية الريشة المرجعية مقاوم لآثار أخطاء أجهزة الاستشعار. تحديداً، متحسس سرعة المولد ومتحسس زاوية دوران الريش لهما تأثير مباشر على نظام تدوير الريش ولهذا في هذه الورقة تم اقتراح مراقبين PPIO للمساهمة بشكل أني في تقييم الغاء تأثير الاعطال على تلك المتحسسات. الاستقرارية تجلت بوضوح باستخدام مصفوفة التفاوت الخطية (LMI) ومنهاج (Lyapunov). يتم تطبيق الطريقة المقترحة الى النموذج القياسي لتوربينات الرياح 5 ميغاواط.

**Keywords:**

SMC, proportional-proportional-integral-observer (PPIO), wind turbine control, robust control, and robust fault estimation.

### 1 Introduction:

The last decades have witnessed an increasing interest in maximizing the percentage of green energy over the fossil fuel energy resources. However, installation and maintenance costs are real challenges to the rapid growth in the use of green energy [1]. Hence, recent research studies have paid great attention into methods that relax these challenges. In this context, wind turbine control systems have played vital role in maximizing the conversion efficiency of wind energy into electrical energy [2-3]. Additionally, research into FTC methods offer significant reduction of plant downtime and, thus, avoid the unscheduled maintenance costs [4-9].

In this perspective, the authors in [10] adopt the Takagi-Sugeno fuzzy approach to synthesis a multiple-model active sensor FTC strategy for 4.8 MW wind turbine. The proposal uses the sensor faults

estimate signals to compensate the effects of generator and/or rotor sensor faults from the controller inputs. The simulation results confirm the ability of the proposed FTC strategy to maintain the nominal wind turbine system response over a wide range of sensor fault scenarios. In [11], an interesting fault tolerant dynamic output feedback fuzzy controller has been developed for wind turbine systems operating in the low range of wind speed. The proposed controller guarantees maximum conversion efficiency regardless the effects of sensor faults. [12] integrates model-based fault detection and diagnosis scheme with proportional integral fuzzy controller to ensure closed-loop system robustness against sensor faults. Recently, several publications have shown interest in making use of the relative design simplicity and the robustness of SMC for wind turbine control applications.

In the aforementioned literature, the proposals are designed to tolerate sensor faults and thereby the challenge is to develop an FTC design strategy to tolerate simultaneous sensor faults. Thus, the main contribution of this paper is the proposal of FTC architecture that maintain desired performance of wind turbine systems in spite of the effects of simultaneous sensor faults..

**2 Wind turbine model and fault analysis**

Generally, wind turbine models are obtained via combining its individual component models. Specifically, in this paper, the drive train subsystem includes a flexible rotor side shaft, generator side shaft, and a gearbox. Its model is given as [6]:

$$\begin{cases} \dot{x} = A_s x + B_s T + D_s \psi \\ y = C_s x + D_s f_s \end{cases} \quad (1)$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_r \\ \dot{\omega}_g \\ \dot{\theta}_\Delta \end{bmatrix}, A_s = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix},$$

$$B_s = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} T_a \\ T_g \end{bmatrix}$$

$$C_s = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, D_s = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$a_{11} = -\frac{(B_{dt} + B_r)}{J_r}, a_{12} = \frac{B_{dt}}{n_g J_r}, a_{13} = -\frac{K_{dt}}{J_r},$$

$$a_{21} = \frac{B_{dt}}{n_g J_g}, a_{22} = -\frac{(B_{dt} + n_g B_g)}{n_g^2 J_g}, a_{23} = \frac{K_{dt}}{n_g J_g},$$

$$a_{31} = 1, a_{32} = -\frac{1}{n_g}, a_{33} = 0, b_{11} = \frac{1}{J_r}, b_{22} = -\frac{1}{J_g}$$

where  $J_r, B_r, J_g, \omega_g, T_g, B_g, n_g, K_{dt}, B_{dt}, \theta_\Delta$  and  $T_a$  are the rotor inertia, the rotor external damping, the generator inertia, the generator speed, the generator torque, generator, external damping, the gearbox ratio, the torsion stiffness, the torsion damping coefficient, the torsion angle, and  $T_a$  is the aerodynamic torque and has the form:

$$T_a = 0.5 \rho \pi R^2 C_p(\lambda, \beta) \frac{v^3}{\omega_r} \quad (2)$$

where  $\omega_r, \beta$ , and  $v$  are the rotor speed, the blade pitch angle, and the wind speed respectively.  $\rho, R$ , and  $C_p$  are the air density, the radius of the rotor and the power coefficient. The  $C_p$  depends on the blade pitch angle and the tip-speed-ratio ( $\lambda$ ) defined as [1]:

$$\lambda = \omega_r R / v \quad (3)$$

The electrical system is given by the following linear relation

$$\dot{T}_g = -\frac{1}{\tau_g} T_g + \frac{1}{\tau_g} T_{gr} \quad (4)$$

where  $T_{gr}$  is the reference generator torque signal and  $\tau_g$  is the time constant.

Finally, the hydraulic pitch system consists of three identical pitch actuators, which are modeled as a closed-loop transfer function between the measured pitch angle  $\beta$  and its reference  $\beta_r$ . The state space model of the system can be written as

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B \beta_r + D \psi(x, \beta_r) \\ y = Cx \end{cases} \quad (5)$$

where

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_n^2 & -2\zeta\omega_n \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_n^2 \end{bmatrix}, C = [1 \ 0], D = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$x = [\beta \ \dot{\beta}]^T$  is the state vector,  $\psi(x, \beta_r)$  represents system and/or actuator fault,  $\zeta$  is the damping factor, and  $\omega_n$  is the natural frequency. The nominal values of the parameters are  $\zeta = 0.6$  and  $\omega_n = 11.11$  rad/sec [6].

Wind turbine faults affect different parts of the wind turbine system. The control objective is to tolerate their effects so that good closed-loop performance can be maintained. Analyses of some fault scenarios are given below:

- *Rotor speed sensor scaling fault:* the sensor scaling fault drives the turbine away from the optimal operation. Specifically, in this scenario, the controller now tries to force the faulty measurement to follow the optimal rotor speed ( $\omega_{r_{opt}}$ ) causing a decelerating or accelerating of the actual rotor speed and hence causing the wind turbine to operate away from the optimal value  $\omega_{opt}$ . When scale fault occurs at the high range of wind speed, the control system forces the turbine

to operate below or above the rated rotational speed.

- Fixed rotor speed sensor fault:** based on the fixed measured rotor speed (magnitude of stuck fault) and  $\omega_{ropt}$ , the controller will force the system toward the cut-off region if  $\omega_{ropt}$  is lower than the fixed rotor speed measurement. On the other hand, if  $\omega_{ropt}$  is higher than the fixed rotor speed then the controller will simply release the turbine to rotate according to the available wind speed without control.
- Generator torque scaling fault:** the effect of torque bias fault is similar to the effect of the rotor speed sensor fault. In this fault scenario the inner-loop generator controller minimises the difference between the  $T_{gr}$  and the measured generator torque  $T_{gm}$ . In fact,  $T_{gm}$  is not directly measured but obtained via soft sensing. Therefore, any bias in this measurement results in driving the system away from optimal operation. This results in a decrease of the wind turbine power conversion efficiency. Fortunately, from a global control stand point this fault appears as a scale actuator fault. This interpretation is considered in the simulation section.
- Blade pitch sensor scaling fault:** in this fault scenario, the inner-loop blade pitch controller minimises the difference between the  $\beta_r$  and the faulty measurement  $\beta$  and thus causing incorrect pitching of the rotor blades. Clearly, this scenario induces mechanical loads on the rotor and tower and thereby affects the structure of the wind turbine system due to the unevenness in the forces of the rotor.
- Fixed blade pitch sensor fault:** The effects of this fault scenario are similar to the effects of the bias pitch sensor fault. However, depending on the value of the fixed measurement fault, the inner-loop blade pitch controller will pitch the blade toward the maximum or minimum value of pitch angle. Consequently, this large deviation from a reference pitch angle could cause system damage due to the increased structural loads on the wind turbine.
- Blade pitch actuator fault:** This fault scenario is attributed to the drop of oil pressure or the increase in air content of the pitch actuator. This fault will directly affect the tracking performance of the actuator.

Figure 1 shows the effects of different fault scenarios on the optimal operation of wind turbine.

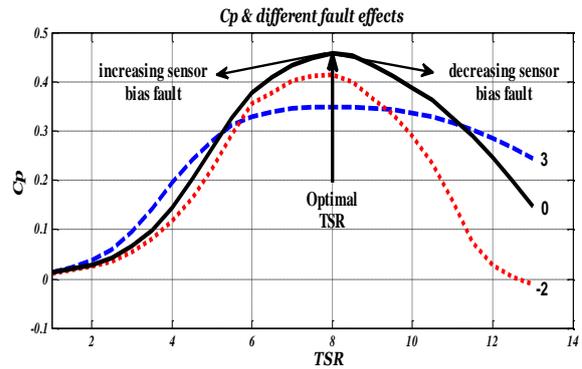


Figure 1: The effect of sensor faults on power optimization

Generally, the aim of the proposed strategies in this paper is to maintain the same control law during both faulty and fault-free cases. Estimators are used to simultaneously estimate the sensor fault signals and tolerate their effects on the output signal delivered to the input of the pitch system. In this work, the pitch actuator system is studied since its faults have the highest failure rate [3].

### 3 The proposed control structure:

This section presents the proposed control structure that exploits the robustness of PPIO within a feedback loop. Specifically, the next subsection presents the PPIO design methodology for the pitch actuator system and drive train system affected by sensors faults. On the other hand, subsection 3.2 will present a new control structure that compensate pitch angle and generator speed simultaneous sensors faults (see Figure 2).

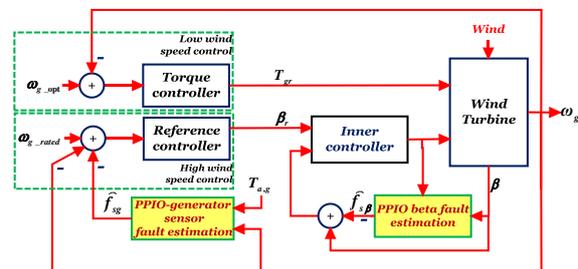


Figure2: the proposed control structure

**3.1 PPIO based pitch system sensor fault estimation**

In this section, the fault estimation/compensation approach to FTC is nominated to correct the faulty blade pitch angle sensor. A proportional state observer augmented by proportion-integral feedback term for fault estimation is proposed to provide accurate estimates of wider ranges of sensor fault scenarios. The model of the actuator system with sensor fault can be of the following form:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= Ax + B\beta_r + D\psi(x, \beta_r) \\ y &= Cx + D_s f_s \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

where  $D_s = [1 \ 0]^T$  and  $f_s$  is the unknown sensor fault signal. To cope with the sensor fault estimation problem in a similar way to actuator fault estimation, an augmented system assembles the system (6) with output filter is constructed [13]. The filtered output is represented by the following form:

$$\dot{x}_s = -A_s x_s + A_s Cx + A_s D_s f_s \quad (7)$$

where  $-A_s \in R^{1 \times 1}$  is a stable filter matrix. The augmented model is given as follows:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\bar{x}} &= \bar{A}\bar{x} + \bar{B}\beta_r + \bar{D}\psi(x, \beta_r) + \bar{D}_s f_s \\ \bar{y} &= \bar{C}\bar{x} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ A_s C & -A_s \end{bmatrix}, \bar{x} = \begin{bmatrix} x \\ x_s \end{bmatrix}, \bar{B} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix}, \bar{D} = \begin{bmatrix} D \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\bar{D}_s = \begin{bmatrix} 0 \\ A_s D_s \end{bmatrix}, \bar{C} = [0 \ I_1]$$

the proposed control strategy requires compensation of the sensor faults affecting the system. The PPIO for the system (8) is given as:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= \bar{A}\hat{x} + \bar{B}(\beta_r + u) + \bar{D}_s \hat{f}_s + L\bar{C}\hat{e}_x \\ \hat{y} &= \bar{C}\hat{x} \\ \hat{f}_s &= \rho [K_1 \bar{C}\hat{e}_x + K_2 \bar{C}\hat{e}_x] \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

where  $\hat{x}$  is the estimated state,  $\hat{y}$  is the estimated output,  $e_y = \bar{y} - \hat{y} = \bar{C}\hat{e}_x$ ,  $K_1 \in R^{(m_f \times r)}$ ,  $K_2 \in R^{(m_f \times r)}$  are the proportional and integral gains, respectively, and  $\rho \in R^{(m_f \times m_f)}$  is a symmetric positive definite matrix. Subtracting the observer in (9) from the system (6), the state estimation error will be defined as:

$$\left. \begin{aligned} \dot{e}_x &= (\bar{A} - L\bar{C})e_x + \bar{D}\psi(x, \beta_r) + \bar{D}_s e_{f_s} \\ e_y &= \bar{C}e_x \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

where  $e_{f_s} = f_s - \hat{f}_s$ . Using (10), the fault estimation error dynamics will become:

$$\left. \begin{aligned} \dot{e}_{f_s} &= \dot{f}_s - \dot{\hat{f}}_s \\ \dot{e}_{f_s} &= \dot{f}_s - \rho K_1 \bar{C}\bar{A}e_x + \rho K_1 \bar{C}L\bar{C}e_x - \rho K_2 \bar{C}e_x \dots \\ &\quad - \rho K_1 \bar{C}\bar{D}_s e_{f_s} - \rho K_1 \bar{C}\bar{D}\psi \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

by combining (10) and (11), the state and fault error dynamics can be assembled as in (12):

$$\dot{\tilde{e}}_a(t) = \tilde{A}\tilde{e}_a + \tilde{N}\tilde{z} \quad (12)$$

Where

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \bar{A} - L\bar{C} & \bar{D}_s \\ -\rho K_1 \bar{C}\bar{A} + \rho K_1 \bar{C}L\bar{C} - \rho K_2 \bar{C} & -\rho K_1 \bar{C}\bar{D}_s \end{bmatrix}$$

$$\tilde{e}_a = \begin{bmatrix} e_x \\ e_{f_s} \end{bmatrix}, \tilde{z} = \begin{bmatrix} \psi \\ f_s \end{bmatrix}, \tilde{N} = \begin{bmatrix} \bar{D} & 0 \\ -\rho K_1 \bar{C}\bar{D} & I \end{bmatrix}$$

Now, the objective is to compute the gains  $L, K_1$  and  $K_2$  that attenuate the effects of the input  $\tilde{z}$  on the estimation error via minimizing the  $\mathcal{L}_2$  norm  $\|\tilde{z}\|_2$ , which should stay below a desired level  $\gamma$ .

**Remark1:** based on the available information of  $\bar{D}_s$  and  $\bar{D}$ , the following theorem ensures an attenuation of disturbance effects ( $\tilde{z}$ ) on fault estimation signal via  $\mathcal{L}_2$  norm minimization.

**Theorem:** The augmented estimation error in (12) is stable and the  $\mathcal{L}_2$  performance is guaranteed with an attenuation level  $\gamma$ , provided that the signals  $(\dot{f}_s, \psi)$ , are bounded,  $\text{rank}(\bar{C}\bar{D}_s) = m_f$ , and the pair  $(\bar{A}, \bar{C})$  is observable, if there exists a symmetric positive definite matrices  $P_1, \rho^{-1}$  and  $G$ , design variables  $H, K_1$  and  $K_2$ , and a scalar  $\mu$  satisfying the following LMI constraint:

Minimize  $\bar{\gamma}$  such that

$$\begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & 0 & \varphi_{16} & 0 \\ * & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & \varphi_{25} & 0 & 0 \\ * & * & -\bar{\gamma}I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ * & * & * & -\bar{\gamma}I & 0 & 0 & 0 \\ * & * & * & * & -G^{-1} & 0 & 0 \\ * & * & * & * & * & -2\mu P_1 & \mu I \\ * & * & * & * & * & * & -G \end{bmatrix} < 0 \quad (13)$$

where  $w_1$  and  $w_2$  are weighting matrices, and

$$L = P_1^{-1}H, \gamma = \sqrt{\bar{\gamma}}$$

$$\varphi_{11} = P_1\bar{A} + (P_1\bar{A})^T - H\bar{C} - (H\bar{C})^T + w_1$$

$$\varphi_{12} = P_1\bar{D}_s + \bar{A}^T\bar{C}^TK_1^T - \bar{C}^TK_2^T, \varphi_{13} = P_1\bar{D}_s,$$

$$\varphi_{16} = (H\bar{C})^T, \varphi_{22} = -K_1\bar{C}\bar{D}_s - (K_1\bar{C}\bar{D}_s)^T + w_2$$

$$\varphi_{23} = -K_1\bar{C}\bar{D}, \varphi_{24} = \rho^{-1}, \varphi_{25} = K_1\bar{C}$$

**Proof:** see [11]

### 3.2 PPIO based generator speed sensor fault estimation

In this section, the fault estimation/compensation approach to FTC is nominated to correct sensors reading contaminated by fault. A proportional state estimation observer augmented by proportion-integral feedback term for fault estimation is proposed to provide accurate estimations of various sensor fault scenarios. The model of the drive train system is given in eq.(1). Using Eq.(1) and the design procedure presented in section 3.1, it is easy to design PPIO for generator speed sensor faults estimation and hence the details are omitted here.

**Remark2:** The aerodynamic and generator torques of the equation (1) are not directly measured. Instead, these two input signals are obtained via soft sensors

[14-15]. In (14), the term  $\psi$  represents the expected error between the actual and the soft sensed  $T_{a,g}$ . Consequently, the PPIO should guarantee robust fault estimation regardless the effect of  $\psi_D$ .

### 4 Simulation Results:

In this section, the proposed control strategy has verified based on Matlab/Simulink software.

When a pitch angle sensor fault occurs, the inner controller generates pitch angle signal based on faulty measurement and hence the control system minimises the error  $e = (\beta + f_s) - \beta_r$ . Hence, when the pitch system makes  $e = 0 = (\beta + f_s) - \beta_r$ , the actual pitch angle is  $\beta = \beta_r - f_s$ . Therefore, it has been suggested to integrate PPIO with pitch system in order to provide fault tolerance capability against parameter and sensor faults simultaneously. Solving the LMI constraints of the PPIO gives the following values:

$$G = \begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \end{bmatrix}, \rho = 0.1, A_s = 10, \gamma = 0.3549,$$

$$L = [0.4122 \quad 0.2456 \quad -0.6107]^T,$$

$$K_1 = 1.1052, \text{ and } K_2 = 82.2216$$

Figure 3 clarifies the effect of this fault scenario and the performance of the proposed integrated pitch system and PPIO.

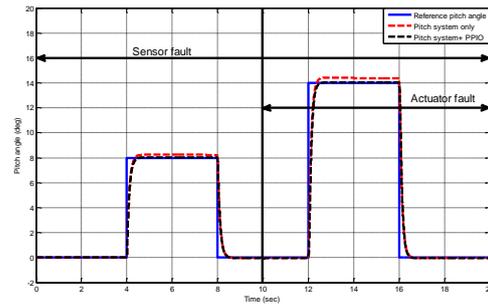


Figure 3: The integrated Pitch system+PPIO performance against sensor fault ( $f_s = 0.5\beta$ ).

It should be noted that the sensor fault ( $D_s f_s = 0.5\beta$ ) has been tolerated using estimation and compensation approach to FTC (See Figure 1). Figure 4 shows sensor fault estimation accuracy.

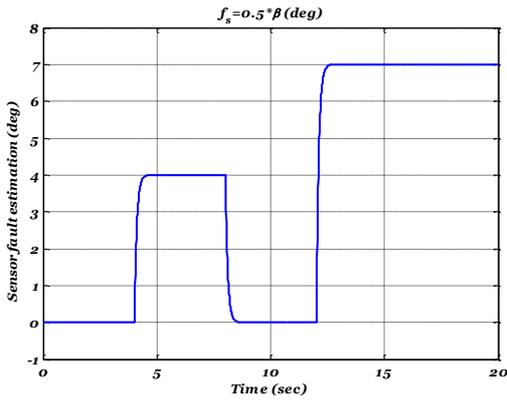


Figure 4: Sensor fault estimation using PPIO.

**Remark2:** The proposal has been tested using wind turbine FTC/FDI benchmark model [6]. In figures 5 and 6, fault estimation capability of the PPIO has been exploited to estimate blade-1 stuck sensor fault and blade-2 scale sensor fault separately. Additionally, the benefits of using the integrated pitch system and PPIO scheme to tolerate simultaneous actuator and sensor faults have been demonstrated in figure 7.

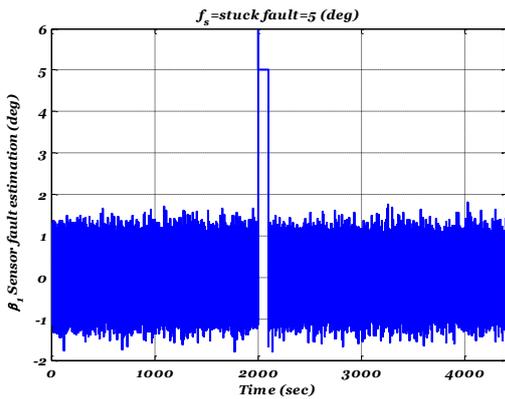


Figure 5: Blade-1 stuck sensor fault estimation using PPIO.

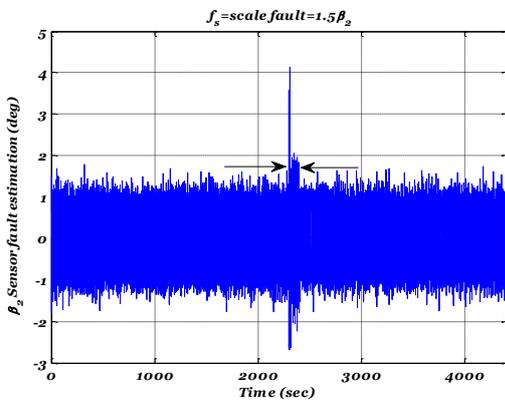


Figure 6: Blade-2 scale sensor fault estimation using PPIO.

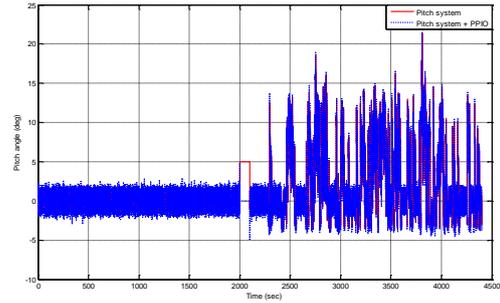


Figure 7: The performance of integrated Pitch system+PPIO against blade-1 stuck sensor fault.

With reference to figure 2, the speed controller is directly affected by the generator speed sensor fault. The consequence is that this controller will produce incorrect  $\beta_r$ . The pitch system controller shows inability to tolerate the effects of incorrect  $\beta_r$ , since it directly affect the sliding surface. Figure 3 clarifies the effect of this fault scenario. Therefore, it has been suggested to integrate the drive train system with PPIO in order to provide fault tolerance capability against generator speed sensor faults simultaneously.

Solving the LMI constraints of the PPIO gives the following values:

$$\rho = 0.1, A_s = 10, \gamma = 0.0198,$$

$$L = [0.00003 \quad -0.0585 \quad 0.000002 \quad 1.5068]^T,$$

$$K_1 = 0.6451 \text{ and } K_2 = 5969$$

The proposal has been tested using the realistic faults and wind data of the wind turbine FTC benchmark model[6]. Figure 8 show nominal generator speed and faulty generator speed. In figure 9, fault estimation capability of the PPIO has been exploited to estimate generator speed sensor fault. Additionally, the benefits of using the integrated drive train system and PPIO scheme to tolerate simultaneous sensor faults have been demonstrated in figure 10.

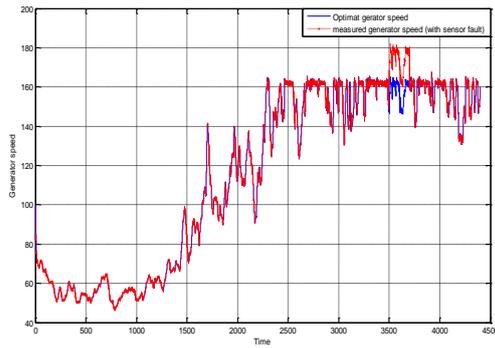


Figure 8: normal generator speed (without sensor fault) and faulty generator speed.

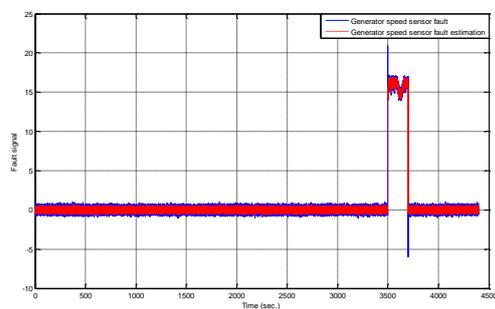


Figure 9: generator speed sensor fault and its estimation using PPIO.

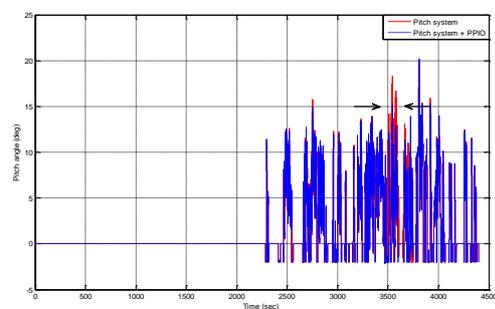


Figure 10: The performance of integrated Pitch system+PPIO

## 5 Conclusions:

This paper proposes PPIO for pitch actuator system of wind turbine affected by sensor faults to achieve sensor fault tolerant. The results have shown that the pitch system controller cannot compensate the effects of sensor faults. It should be pointed out that combining the conventional inner and reference controllers with PPIO solve all sensor faults scenarios that affect the pitch actuator system. Another contribution is a rigorous analysis of the closed-loop stability of the system when driven by the fault estimate.

## References

- [1] N. Luo, Y. Vidal, and L. Acho, *Wind Turbine Control and Monitoring*: Springer, 2014.
- [2] D. F. Bianchi, H. de Battista, and J. R. Mantz, *Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*: Springer-Verlag, 2007.
- [3] L. Bergami and N. K. Poulsen, "A smart rotor configuration with linear quadratic control of adaptive trailing edge flaps for active load alleviation," *Wind Energy*, vol. 18, no. 4, pp. 625-641, 2015.
- [4] G. Stewart and M. Lackner, "Offshore Wind Turbine Load Reduction Employing Optimal Passive Tuned Mass Damping Systems," *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, vol. 21, no. 4, pp. 1090-1104, 2013.
- [5] S. Simani and P. Castaldi, "Data-driven and adaptive control applications to a wind turbine benchmark model," *Control Engineering Practice*, vol. 21, no. 12, pp. 1678-1693, 2013.
- [6] P. F. Odgaard, J. Stoustrup, and M. Kinnaert, "Fault-Tolerant Control of Wind Turbines: A Benchmark Model," *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, vol. 21, no. 4, pp. 1168-1182, 2013.
- [7] H. Badihi, Y. Zhang, and H. Hong, "Fuzzy gain-scheduled active fault-tolerant control of a wind turbine," *Journal of the Franklin Institute*, no. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfranklin.2013.05.007>, 2013.
- [8] M. Sami and R. J. Patton, "Fault Tolerant Adaptive Sliding Mode Controller for Wind Turbine Power Maximisation," 7th IFAC Symposium on Robust Control Design, Aalborg, Denmark, June 20-22 2012.
- [9] M. Sami and R. J. Patton, "Global wind turbine FTC via T-S fuzzy modelling and control," Accepted for presentation at the 8th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes *SAFEPROCESS-2012*, Mexico City, 29-31 August 2012.

- [10] M. Sami and R. J. Patton, "Wind turbine sensor fault tolerant control via a multiple-model approach," The 2012 UKACC International Conference on Control, Cardiff, 3-5 Sep 2012.
- [11] M. Sami and R. J. Patton, "Active sensor fault tolerant output feedback tracking control for wind turbine systems via T-S model," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 34, no. 0, pp. 1-12, 2014.
- [12] H. Badihi, Y. Zhang, and H. Hong, "Fuzzy gain-scheduled active fault-tolerant control of a wind turbine," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 351, no. 7, pp. 3677-3706, 2014.
- [13] M. Sami and R. J. Patton, "Global wind turbine FTC via T-S fuzzy modelling and control," 8<sup>th</sup> IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes, Mexico City, Mexico, 29-31 Aug 2012.
- [14] T. Esbensen and C. Sloth, "Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Control of Wind Turbines," MSc, Faculty of Engineering, Science and Medicine, Department of Electronic Systems, Section for Automation and Control, Aalborg, 2009.
- [15] C. Sloth, T. Esbensen, and J. Stoustrup, "Robust and fault-tolerant linear parameter-varying control of wind turbines," *Mechatronics*, vol. 21, no. 4, pp. 645-659, 2011.