



تأثير تطبيقات الطاقة الشمسية على الفراغات العمرانية بالتجمعات السكنية الجديدة

م.مها عفيفي محمد¹، أ.د.حسن أحمد الزملي²، أ.م.د.إبراهيم شرف الدين³، د.أشرف فتحي عبد الجواد⁴

¹ معيدة بقسم الهندسة المعمارية بمعهد الأهرامات العالي للهندسة والتكنولوجيا ب(6 أكتوبر).

² استاذ العمارة بكلية الهندسة بشبرا جامعة بنها.

³ استاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية بكلية الهندسة بشبرا جامعة بنها.

⁴ مدرس بقسم الهندسة المعمارية بكلية الهندسة بشبرا جامعة بنها.

1- المقدمة

برزت على الساحة العالمية قضية استخدام الطاقات الجديدة والمتجددة وخاصةً الطاقة الشمسية الكهروضوئية باعتبارها إحدى الاستراتيجيات لتلبية الاحتياجات المستقبلية العالمية والمحلية من الطاقة، لما لها من مميزات عديدة منها أنها لا تحتاج إلى وقود ولا تخلق أي ملوثات، ويمكن استخدامها في كل من التطبيقات الكبيرة والصغيرة كما يمكن دمجها بالتكوين الحضري بمظهر جمالي دون الحاجة إلى مساحات خاصة بها. كما تعتبر الفراغات الحضرية من أهم عناصر التكوين الحضري في المدن، حيث تتمثل أهميتها في التواصل البشري وممارسة الأنشطة التي لا يمكن ممارستها داخل الوحدة السكنية. يمكن أن تمثل الفراغات الحضرية قيمة كبيرة لإنتاج الطاقة إذا تم استغلالها في دمج الأنظمة الكهروضوئية بها على مستوى كبير، كما يمكن أن يساهم التصميم الجيد لهذه الأنظمة في تحسين وظائف الفراغ والصورة البصرية له، وزيادة وعي الأفراد بهذه التقنيات مما ينتج عنه تقبلها اجتماعياً وهو أحد أهم المتطلبات لنجاح تطبيقها بالفراغات العامة.

2- ملخص البحث:

يركز هذا البحث على كيفية تكامل التصميم البيئي العمراني للفراغات والتشكيل العمراني لها مع تطبيقات الطاقة الشمسية الكهروضوئية للاستفادة منها، كما يناقش تأثير هذه التقنيات الكهروضوئية على الفراغات العمرانية وظيفياً وبصرياً.

3- المشكلة البحثية:

يتم التعامل مع تطبيقات الطاقة الشمسية بالعمران في المدن المصرية على أنها أجهزة تقنية فقط لإنتاج الطاقة ولا يتم دراسة تصميمها لتتكامل معه، يتم تطبيق معظم تقنيات الطاقة الشمسية على أسطح المباني فقط مما يقلل وعي الأفراد بأهميتها. كما إن تطبيق تقنيات الطاقة الشمسية في المباني فقط غير كافي لتقليل اعتماد المدن على الطاقات غير المتجددة بنسبة كبيرة، ولكن يجب أن تتكامل الفراغات العمرانية مع المباني لكي يتم تشغيل المدينة اعتماداً على الطاقة الشمسية بنسبة كبيرة.¹

4- هدف البحث:

تحديد أهم الاعتبارات والاشتراطات التصميمية الواجب إتباعها عند تصميم الفراغات العمرانية بالتجمعات السكنية حتى تتلاءم مع التقنيات والتطبيقات الحديثة للطاقة الشمسية مع وضع رؤية لكيفية تكامل تطبيقات الطاقة الشمسية بالفراغات العمرانية بصرياً ووظيفياً.

5- المنهجية البحثية:

يعتمد البحث على المنهج الاستقرائي وذلك من خلال استخلاص أهم تأثيرات الأنظمة الكهروضوئية على الفراغات العمرانية بالتجمعات السكنية بصرياً ووظيفياً، وذلك من خلال الدراسات النظرية ثم الدراسة التطبيقية لتقنيات الطاقة الشمسية بأحد الفراغات العمرانية للتوصل إلى أسس ومعايير تطبيق الأنظمة الكهروضوئية بالفراغات العمرانية ومدى تأثيرها عليها.

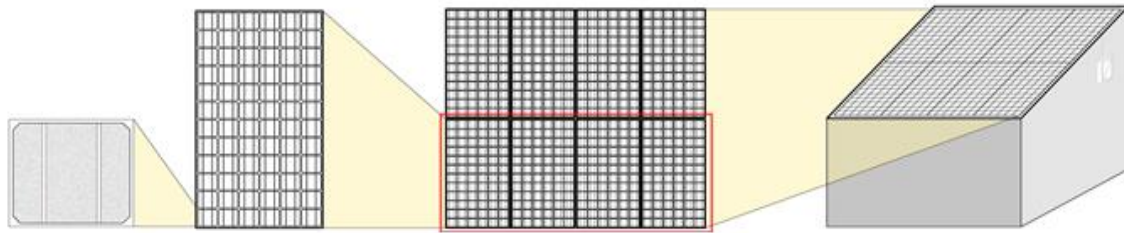
6- الدراسات النظرية:

1-6- الأنظمة الكهروضوئية كأهم تطبيقات الطاقة الشمسية بالعمران:

وهي عبارة عن أشباه موصلات تقوم باستغلال الضوء الساقط على الأرض من الشمس في توليد جهد كهربائي يؤدي إلى مرور تيار كهربائي¹، وتستخدم هذه التقنية في مجالات كثيرة كتشغيل المباني والفراغات العمرانية كمواقف السيارات، إنارة الطرق، تشغيل إشارات المرور والعلامات الإرشادية للطرق، المجالات الزراعية، شحن السيارات الكهربائية وتطبيقها على نظم المواصلات.

1-6-1 عناصر ومكونات الأنظمة الكهروضوئية:

تتكون الأنظمة الكهروضوئية من الخلايا الكهروضوئية والتي تعد العنصر الأساسي لها. ثم ترتبط هذه الخلايا في وحدات نمطية تسمى الأنماط الكهروضوئية أو الألواح الكهروضوئية، ويتكون النظام الكهروضوئي عندما يتم توصيل هذه الأنماط الكهروضوئية معاً بشكل (1-1)، كما أن للنظم الكهروضوئية المجهزة عدة أنواع لإنتاج الطاقة تبعاً لطبيعة المشروع². وفيما يلي سيتم دراسة هذه المكونات بالتفصيل.



النظام الكهروضوئي المصفوفة الكهروضوئية الأنماط الكهروضوئية الخلية الكهروضوئية

شكل 1-1 مكونات الأنظمة الكهروضوئية.

ويوضح الجدول التالي (1-1) دراسة لهذه المكونات بالتفصيل :

جدول 1-1 عناصر الأنظمة الكهروضوئية.

التوصيف		العناصر
مناح للاستخدام التجاري	كفاءة ³ 14 : 21%، المساحة/ك.و.: 5-7م ²	الجيل الأول: الخلايا السليكونية المتبلورة
	كفاءة 12 : 18%، المساحة/ك.و.: 6-8م ²	الجيل الثاني: الأغشية الرقيقة
	كفاءة 4 : 10%، المساحة/ك.و.: 10-25م ²	الجيل الثالث: الخلايا العضوية
	كفاءة 9 : 13%، المساحة/ك.و.: 8-11م ²	تكنولوجيا خلايا الهجينة
	كفاءة 12 : 14%، المساحة/ك.و.: 7-8م ²	تكنولوجيا خلايا النانو الشمسية
	كفاءة 11% ⁵	
كفاءة 22,1% ⁶		التكنولوجيا المستقبلية
الأزرق القياسي والأسود الرمادي والأصفر والأحمر والأخضر والفضي والأرجواني.	اللون	الوحدات النمطية (الأنماط الكهروضوئية)
من 0 : 30% عن طريق التحكم في المسافات بين الخلايا.	الجيل الأول	
عن طريق عدم وجود المادة العاكسة، أو النقش بالليزر ليعطي الشفافية المشابهة للزجاج الملون.	الجيل الثاني	
كلما زاد التظليل على النمط كلما قلت كفاءته لإنتاج الطاقة.	التظليل	

العوامل التقنية المؤثرة على الكفاءة ⁸	الحرارة	الجيل الأول	تقل الكفاءة 0,4 : 0,5% لكل درجة مئوية.
		الجيل الثاني	تقل الكفاءة 0,1 : 0,2% لكل درجة مئوية للسيليكون غير المتبلور، 0,5:0,2% للأشكال الأخرى.
	زوايا الميل والاتجاه	الجيل الأول	تستخدم الإشعاع الشمسي المباشر زوايا الميل ما بين 10°:60°، والاتجاه نحو الجنوب، تقل الكفاءة عند توجيهه لاتجاهات أخرى، لا توجه للشمال.
		الجيل الثاني والثالث	تستخدم الضوء المحيط بدلاً من الإشعاع الشمسي المباشر، فيقل تأثير التوجيه على كفاءة عملها.
المصفوفات الكهروضوئية	الأنماط المسطحة ⁹	تكون الأنماط إما ثابتة أو متحركة لتتبع مسار الشمس في اتجاه واحد أو اتجاهين.	
	النظم المركزة ¹⁰	تقوم بتركيز ضوء الشمس عن طريق المرايا والعدسات.	
النظم الكهروضوئية	متصلة بالشبكة المحلية ¹¹	يسمح بسحب الكهرباء من الشبكة وقت الحاجة أو تغذية الشبكة وقت الفائض، ويكون ببطاريات تخزين أو بدون.	
	قائمة بذاتها ⁴	يقوم بإنتاج الطاقة واستخدامها في تشغيل الفراغ ويمكن أن يكون ببطارية أو بدون، يمكن أن يكون مدعوماً بمصدر آخر لإنتاج الكهرباء.	

2-1-6 وضع الأنظمة الكهروضوئية في مصر:

أولاً إمكانات الطاقة الشمسية بمصر¹²:

تعد مصر من أغني دول العالم بالطاقة الشمسية، وذلك نظراً لأنها تقع بين خطي عرض 22 و 36,5 شمالاً، أي أنها تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي، تتراوح شدة الإشعاع الشمسي المباشر لمصر ما بين 2000-3200 ك.و.س.م²/سنة، ونجد أن عدد ساعات السطوع الشمسي تزداد في مصر بالاتجاه من الشمال للجنوب، وتقل ساعات السطوع في الشتاء والاعتدالين (الربيع والخريف)، وتزداد في الصيف.

ثانياً تعريف التغذية الخاصة بمشاريع الطاقة الشمسية بمصر¹³:

لتنشجيع الاستثمار في توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، ولاسيما الطاقة الشمسية، قامت الحكومة المصرية بتعديل أسعار وبنود تعريف التغذية للطاقة الشمسية في عام 2016م، وذلك بمشاركة فعالة من القطاع الخاص في تطوير السوق. على أن تكون مدة التعاقد 25 عاماً، وأن تكون معادلة السداد للقرات من 500 ك.و. وحتى 50 م.و. هي؛ ((30% من قيمة التعريفية) × (8,88 سعر صرف الجنية مقابل الدولار وقت استصدار التعريفية)) + (70% من قيمة التعريفية × سعر صرف الجنية مقابل الدولار في يوم الإستحقاق). وقد حُدثت أسعار شراء الطاقة الكهربية المنتجة من مشروعات محطات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية كما في جدول (2-1):

جدول 1-1 تعريف التغذية لمشاريع الطاقة الشمسية في مصر

وصف المشروع	أسعار تعريفية التغذية
منزلي	1,0288 (جنيه مصري/ كيلوات ساعة)
غير منزلي للقدرات حتى أقل من 500 ك.و.	1,0858 (جنيه مصري/ كيلوات ساعة)
مشروعات من 500 ك.و. حتى أقل من 20 م.و.	0,0788 (دولار أمريكي/ كيلوات ساعة)
مشروعات من 20 م.و. وحتى 50 م.و.	0,0840 (دولار أمريكي/ كيلوات ساعة)

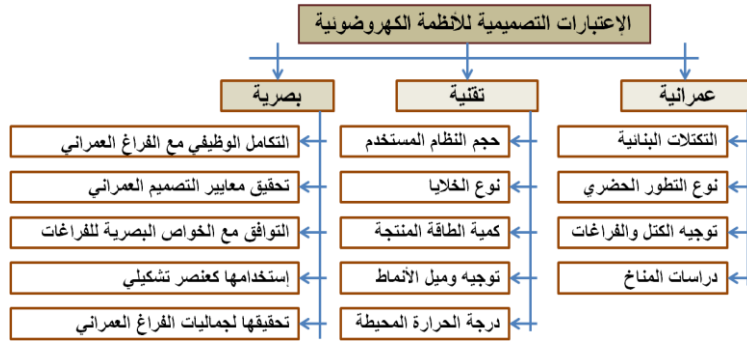
ثالثاً أسعار الأنظمة الكهروضوئية في مصر:

يتم استخدام الأنماط الكهروضوئية السيليكونية المتبلورة في معظم مشاريع الطاقة الشمسية في مصر، قد تتراوح قدرة اللوح الواحد ما بين 100 إلي 350 وات ولكن أكثر أنواع ألواح الطاقة الشمسية إنتشاراً وأكثرها استخداماً في معظم المشاريع هي الألواح ذات قدرة 250 وات، تبلغ تكلفة الأنماط الكهروضوئية متعددة الكريستالات ذات القدرة 250 وات حوالي 130: 200 دولار أمريكي لكل نمط

كهروضوئي باختلاف الشركة المصنعة وجودة التصنيع وشروط الضمان. بينما تبلغ التكلفة الكلية للنظام كهروضوئي لتوليد كيلووات واحد من الكهرباء نحو 18 - 20 ألف جنيه، ويبلغ العمر الافتراضي للمحطة نحو 25 سنة.¹⁴ كما تبلغ تكلفة الأنماط كهروضوئية أحادية التبلور حوالي 1000 دولار/ كيلووات. بينما تبلغ تكلفة خلايا الأغشية الرقيقة حوالي 0,45 دولار/ كيلووات.¹⁵

3-1-6 الدراسات التصميمية لتطبيق الأنظمة كهروضوئية بالفراغات العمرانية:

تطبيق الأنظمة كهروضوئية بالعمارة له منظومة متكاملة من الاعتبارات التصميمية الواجب مراعاتها شكل (1-2) منها الدراسات العمرانية مثل (موقع الفراغ بالنسبة للبيئة المحيطة، وتشريعات وقوانين البناء، وتوجيه الكتل والفراغات، ودراسات المناخ)، والدراسات التقنية (توجيه النظام ودرجة الميل ودرجة الحرارة واختيار النوع المناسب من الخلايا كهروضوئية وحجم النظام المستخدم)¹، والدراسات البصرية للأنظمة كهروضوئية ويتضمن (كيفية استخدامها في الفراغ العمراني، تأثيرها على معايير الفراغ التصميمية، تأثيرها على الخواص البصرية للفراغ، وعلى عناصر تشكيل الفراغ، جماليات الفراغ العمراني).



شكل 1-2 الاعتبارات التصميمية للأنظمة كهروضوئية.

7- الدراسة التطبيقية:

سيتم في هذا الجزء من البحث إعداد نموذج (Model) لكيفية دمج الأنظمة كهروضوئية بالفراغ العمراني. ويمر هذا النموذج بمرحلتين هما دراسة التصميم وتقديم نموذج مقترح لدمج الأنظمة كهروضوئية وعمل الدراسات التقنية له، ثم دراسة تأثير هذه الأنظمة بصرياً على الفراغ العمراني.

1-7-1 التعريف بمنطقة الدراسة:

هي عبارة عن جزء يقع في الجزء الشمالي من مجمع سكني مسور (Gated Compound) بالعاصمة الإدارية الجديدة، في ضمن منطقة سكنية (منطقة R7) على محور محمد بن زايد الجنوبي، كما يحيط به من جهة الشمال أرض المعارض (Expo City)، ويحيط بها شوارع رئيسية من اتجاهين. الشركة المالكة للمشروع هي شركة بيراميدز للاستثمار العقاري.



1-1-7-1 المخطط العام لمنطقة الدراسة:

تبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي 4 فدادين، وهي عبارة عن مجموعة سكنية تتكون من 12 عمارة تتجمع حول فراغ شبه خاص، يحيط بها الشوارع الرئيسية للمشروع من جهتين يحتوي إحداهما على فراغات مواقف سيارات سطحية تسع ل 47 سيارة. كما أن الفراغ شبه الخاص يحتوي على ممرات مشاة ومناطق جلوس تتجمع حول عنصر مائي شكل (1-3).

تتكون العمائر السكنية من 6 أدوار متكررة ودور أرضي حيث تبلغ ارتفاعاتها حوالي 22م، بينما تتكون من 5 شقق سكنية بالدور الواحد يوجد بكل شقة 3 غرف واستقبال و2 حمام ومطبخ.

شكل 1-3 موقع عام لمنطقة الدراسة.


1-7-2 استهلاك الكهرباء بمنطقة الدراسة:

طبقاً للمعدلات والمعايير التخطيطية الفنية المصرية لقطاع التغذية بالطاقة فإن متوسط الاستهلاك المنزلي السنوي للفرد حوالي 1825 كيلو وات. ساعة /نسمة/سنة. بينما يبلغ متوسط استهلاك الفراغات الخارجية حوالي 20 وات. ساعة /م²/ يوم.¹⁶ مما سبق فإن معدل الاستهلاك السنوي للمباني السكنية بمنطقة الدراسة يفرض أن متوسط عدد أفراد الأسرة الواحدة 5 أفراد كما يلي: معدل الاستهلاك السنوي = (5 أفراد × 5 شقق × 7 أدوار × 12 عمارة × 1,825) = 3832,5 ميغاوات/سنة.

2-7 الأنظمة الكهروضوئية المقترح دمجها بالفراغات العمرانية:

سوف يتم دمج الأنظمة الكهروضوئية بالأسقف وعناصر فرش الفراغ وذلك لتحقيق أفضل إشعاع شمسي وبالتالي أفضل إنتاجية للكهرباء، ومن المقترح أن يتم إضافة الأنظمة كما يلي جدول (2-1):

جدول 2-1 الأنظمة الكهروضوئية المقترح دمجها بالفراغات العمرانية وتأثيرها على أنشطة الفراغ.

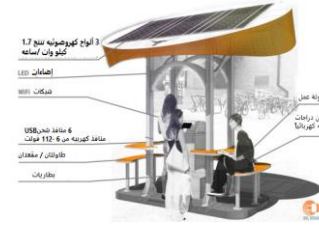
المكون	الاستخدام	التأثير على الأنشطة
أسقف	سيتم استخدام التغطيات مزدوجة الميل التي سوف تغطي أماكن وقوف السيارات فقط كما هو موضح بالشكل (1-4)، كما سيبلغ ارتفاع التغطيات حوالي 3,5م. التغطيات ذات هيكل داعم على شكل حرف T لتجنب كبر مساحة الهيكل الداعم على الأرض، كما سينترواح زاوية ميلها بين $10:5^\circ$.	<p>مواقف السيارات</p> <p>- أنشطة الثبات</p> <p>- استخدام العائد من الكهرباء في إنارة الفراغات بوظائفها المختلفة، ويمكن أن يوصل الفائض من الكهرباء بشبكة الكهرباء العمومية.</p> <p>- أنشطة الحركة</p> <p>- من المقترح أن يستخدم العائد لشحن السيارات كهربائياً أو لجعل الموقف ذكياً بحيث ينبئ الزائر عن أماكن السيارات المتاحة والمشغولة.</p> <p>- توفير الظلال للسيارات فتحمي إطارات السيارات من ارتفاع درجة حرارتها وبالتالي قلة صيانتها.</p>
	شكل 1-4 التغطيات المقترح استخدامها في مواقف السيارات.	
		
عناصر الفراغ	سيتم عمل تغطيات جزئية لممر المشاة المؤدي إلى العمارات من موقف السيارات عن طريق استخدام الأشجار الشمسية المسطحة التي تبلغ ارتفاعها حوالي 2,8م شكل (1-5).	<p>ممرات المشاة</p> <p>- أنشطة الثبات</p> <p>- تكوين الظل والظلالمستخدمين الفراغ</p> <p>مما يدعم الوظيفة بحيث يحمي الأفراد من أشعة الشمس المباشرة.</p> <p>- استخدام العائد من الكهرباء في إنارة الفراغ.</p>
	شكل 1-5 التغطيات المقترح استخدامها في ممر المشاة.	
عناصر الفراغ	من المقترح عمل تغطيات جزئية للطريق الشمالي للعمارات بمنطقة الدراسة، مع مراعاة التوجيه وزوايا الميل المناسبة على أن يكون ارتفاعها حوالي 5,5م.	<p>طريق للسيارات</p> <p>- أنشطة الثبات</p> <p>استخدام العائد من الكهرباء في إنارة الفراغات بوظائفها المختلفة، ويمكن أن يوصل الفائض من الكهرباء بشبكة الكهرباء العمومية.</p> <p>- أنشطة الحركة</p> <p>توفير الظلال للسيارات فتحمي إطارات السيارات وتحميها من ارتفاع درجة حرارتها وبالتالي قلة صيانتها.</p>
	برجولات	

- أنشطة الثبات

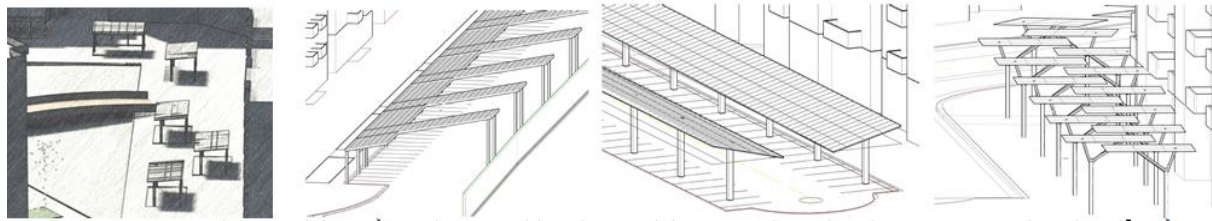
- ساعدت الأنظمة الكهروضوئية في دعم الاجتماعيات، استخدام عائد الكهرباء منها كمصدر للكهرباء لشحن الهواتف وغيرها.
- استخدام العائد من الكهرباء في إنارة الفراغات.

من المقترح دمج الأنظمة الكهروضوئية بالبرجولات في الفراغ شبه الخاص حول العنصر المائي بمنطقة الدراسة، مع مراعاة التوجيه وزوايا الميل المناسبة لتحقيق أفضل إشعاع شمسي شكل (1-6).

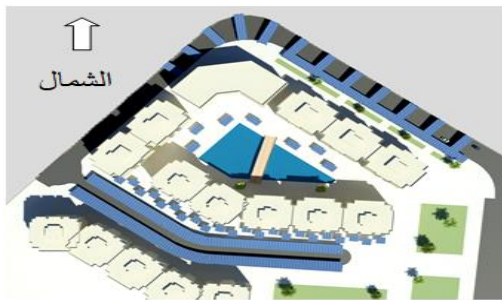
شكل 6-1
الأنظمة
الكهروضوئية
المقترح دمجها
بالبرجولات.

**3-7 النموذج المقترح لتطبيق الأنظمة الكهروضوئية بمنطقة الدراسة 17:**

من المقترح أن يتم استخدام الأنظمة الكهروضوئية كأسقف لممر المشاة الواقع بجنوب منطقة الدراسة بأشجار شمسية يبلغ عددها 22 شجرة شمسية وبمساحة حوالي 470 م²، كما من المقترح تغطية مواقف السيارات الواقعة بشمال شرق وجنوب منطقة الدراسة أحدهما بتغطيات أحادية الميل والأخر بتغطيات ثنائية الميل لتغطية فراغ السيارات فقط بالمواقف دون الطرق المؤدية إليها، وتبلغ مساحة هذه التغطيات حوالي 590م² و1440م² على التوالي. كما سيتم استخدام الأنظمة الكهروضوئية كتغطيات جزئية لطريق السيارات المار بشمال شرق منطقة الدراسة ليتم تشكيل 12 مصفوفة كهروضوئية بمساحة تبلغ 490 م²، وأيضاً سيتم استخدامها بعناصر فرش الفراغ في مناطق الجلوس حول حمام السباحة حيث سيتم دمجها كأسقف لحوالي 7 برجولات بمساحة حوالي 340 م² شكل (1-7).



كأسقف لممر المشاة الجنوبي تغطيات الموقف الجنوبي ثنائية الميل تغطيات الطرق وموقف السيارات أحادي الميل بالبرجولات كعناصر فرش الفراغ

شكل 1-7 النموذج المقترح لطرق استخدام الأنظمة الكهروضوئية بالفراغ العمراني بمنطقة الدراسة.

وبذلك سيكون قد تم استغلال حوالي 26% من مساحة ممر المشاة الواقع بجنوب منطقة الدراسة البالغ مساحته 1840م²، واستغلال حوالي 63% من مساحة مواقف السيارات بالمشروع، و20% من مساحة الطريق المار حول منطقة الدراسة، و7% فقط من مساحة الفراغ الرئيسي شبه الخاص المتجمع حوله العمارات السكنية والبالغ مساحته 4800م². وبذلك سيكون قد تم استغلال حوالي 30% من مساحة الفراغات العمرانية الخاصة بمنطقة الدراسة لإنتاج الكهرباء باستخدام الأنظمة الكهروضوئية شكل (1-8).

شكل 1-8 موقع عام يوضح مواقع تطبيق الأنظمة الكهروضوئية بمنطقة الدراسة.

4-7 الدراسات التقنية للأنظمة الكهروضوئية:

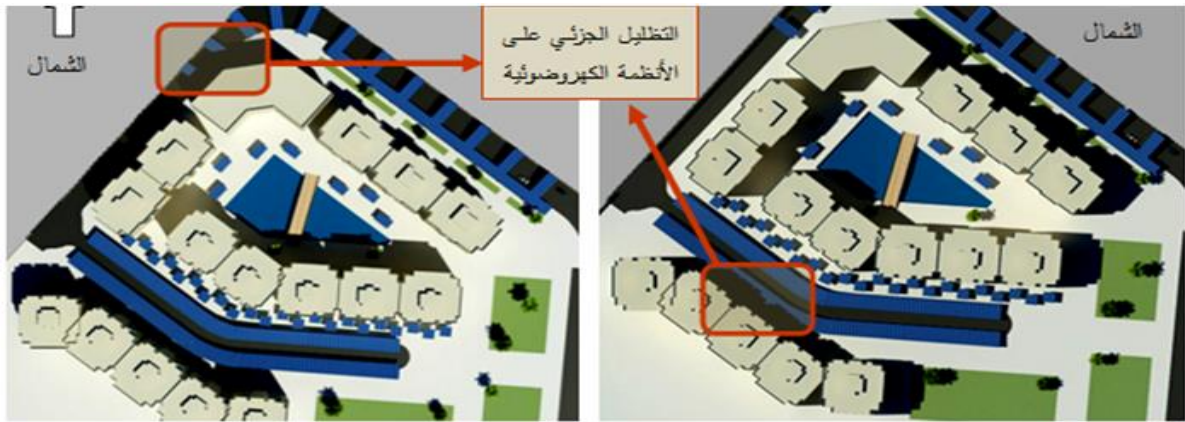
من المقترح أن يتم استخدام خلايا متعددة التبلور لتداولها في معظم المشاريع التابعة لهيئة المجتمعات العمرانية ولوفرتها في السوق المصرية، وسيتم استخدام خلايا نوعها Canadian Solar cs6p-250 ويبلغ أبعاد النمط الكهروضوئي الواحد منها 1,6م × 0,04م، ليعطي اللوح الواحد طاقة قدرها 250 وات. ويبين الجدول التالي (1-3) كميات الطاقة المنتجة من كل الأنظمة الكهروضوئية المطبقة بالمشروع.

جدول 1- 3 كمية الطاقة المنتجة من الأنظمة الكهروضوئية المقترح دمجها بالفراغ العمراي.

نوع الفراغ المطبق به النظم الكهروضوئية	عدد الأنماط	كمية الطاقة المنتجة (ك.وات.ساعة)
طريق السيارات والموقف السطحي بجانبه	821	205,25
ممر المشاة	330	82,5
موقف السيارات الجنوبي	862	215,5
عناصر فرش الفراغ (البرجولات)	112	28
الإجمالي	2125	531,25

وبفرض أن متوسط عدد ساعات عمل الأنظمة الكهروضوئية 5 ساعات يومياً فإن كمية الطاقة المنتجة من الأنظمة الكهروضوئية سنوياً حوالي 969,531 ميغاوات أي حوالي 25,3% من استهلاك المباني للكهرباء. كما سيتم استخدام النظم المتصلة بشبكة الكهرباء المحلية مع وجود بطاريات تخزين لتوصيل الكهرباء إلى منطقة الدراسة في حالة إنقطاع التيار الكهربائي منها، أما بالنسبة للعوامل المؤثرة على كفاءة الأنماط الكهروضوئية؛

أولاً التظليل على الأنماط الكهروضوئية فقد تم استخدام الأنظمة الكهروضوئية في الجزء الجنوبي من المباني لتفادي تكوين الظلال على الأنظمة الكهروضوئية في ممر المشاة وموقف السيارات الجنوبي، كما أن عناصر فرش الفراغ وتغطية طريق السيارات وموقف السيارات الشمالي الشرقي المسافة بينه وبين المباني كبيرة وارتفاعات المباني متوسطة الارتفاع. هناك بعض التظليل الجزئي في بعض الأوقات من اليوم ولكن يجب استخدام الصمام الثنائي لإهمال الخلية المظلمة لتقليل تأثير التظليل على كمية الطاقة الإجمالية المنتجة شكل (9-1).



إتجاه الظل الساعة 3 عصرًا والتظليل الجزئي إتجاه الظل الساعة التاسعة صباحاً والتظليل جزئي على طريق السيارات

شكل 1- 9 دراسة التظليل على الأنظمة الكهروضوئية المطبقة بالمشروع.

ثانياً توجيه الأنماط الكهروضوئية قد أخذت الأنظمة الكهروضوئية التوجيه الجنوبي الغربي والشرقي، والموقف الجنوبي ثنائي الميل أخذ كلاً من التوجيه الشمالي الشرقي والغربي، والجنوبي الشرقي والغربي، أما بالنسبة للميل أخذت الأنظمة الكهروضوئية زوايا ميل إلى الجنوب وطريق المشاة أخذت الأسطح المستوية الأفقية.

5-7 التأثير البصري للأنظمة الكهروضوئية على الفراغ العمراني:

توافق الأنظمة الكهروضوئية		المعايير الجمالية
 <p>شكل 1-10 تحقيق البرجولات بالاتصال بالسماء عن طريق التحكم في شفافية الأنماط.</p>	<p>حُققت عن طريق تطبيقها على ارتفاعات عالية (3+ م) وثبيتها على أعمدة فلم تقلل من قدرة الإنسان على الحركة داخل المكان، ساهمت الارتفاعات العالية لثبيت الأنظمة في عدم وجود انعكاسات لضوء الشمس حتى لا تضر برؤية المستخدم، بالإضافة إلى إمكانية دمج نسبة شفافية إلى الأنماط الكهروضوئية لتحقيق الاتصال بالسماء بالتحكم في التباعد بين الخلايا داخل النمط الكهروضوئي في البرجولات في أماكن الانتظار شكل (10-1).</p>	المعايير التصميمية للفراغ العمراني ¹⁸
<p>سيتم استخدامها في شحن السيارات الكهربائية في مواقف السيارات ومصدر كهرباء لشحن الأجهزة الكهربائية في البرجولات بأماكن الانتظار مما يساهم في تنوع الأنشطة، بالإضافة إلى تكوين الظلال في المسارات ومواقف السيارات وأماكن التجمع وإنتاج الكهرباء لإنارة الفراغ.</p>	التنوع	
<p>تم دمجها بعناصر التصميم الحضري المتمثلة في المسارات (المشاة، السيارات) شكل (11-1).</p>  <p>شكل 1-11 تطبيق الأنظمة الكهروضوئية بالمسارات بمنطقة الدراسة.</p>	الاستقراء	
<p>تعزيز فعالية فراغ المواقف حيث يوجد به عدة أنشطة متكاملة وهي شحن السيارات عن طريق الأنماط الكهروضوئية ومواقف للسيارات، وفي الفراغ الترفيهي حيث ساهمت في توفير مصادر للكهرباء بالإضافة إلى التظليل وإنارة الفراغ.</p>	الفعالية	العناصر البصرية للفراغ ¹⁹
<p>التأكيد على فراغ مواقف السيارات ومسارات المشاة مما يسهل من استقرارهم لتوافق التكوين مع الوظيفة، وبذلك يعبر الفراغ عن شخصيته ووظيفته مما يحسن الصورة البصرية للفراغ.</p>	الملائمة البصرية	
<p>ساهمت في الاعتماد على السيارات التي تشحن من الطاقة الشمسية التي تنتجها مما يضيف تجارب جديدة للمستخدم ويزيد من غنى الفراغ.</p>	الغنى	
<p>استخدام المقياس الإنساني بما يتلاءم مع الاحتياجات الوظيفية للفراغ كما في فراغ مواقف السيارات (ارتفاعها حوالي 5,5م)، مسارات المشاة (ارتفاعها حوالي 3م).</p>	المقياس	عناصر تشكيل الفراغ العمراني ²⁰
<p>استخدمت كعناصر محددة للفراغ كما في مواقف السيارات والطرق ومسارات المشاة حيث ساعدت في جعل الممرات فراغ متوسط الاحتواء، بينما أعطى الشكل المستطيل للفراغ الشعور بالحركة، كما جعلت الفراغ المحتوى ذا نفاذية عالية حيث أن العناصر المحددة هي الأعمدة المثبتة على سطحها الأنظمة الكهروضوئية ويمكن الامتداد البصري خارجها.</p>	الاحتواء ونسب	
<p>تم تشكيلها على هيئة مستويات مستطيلة الشكل ذات تشكيل منكسر بما يتلاءم مع فراغ طريق السيارات، وعلى هيئة مستويات مربعة الشكل ذات تشكيل مستقيم في مسار المشاة.</p>	الخطوط والأشكال	
<p>ساهمت في تحديد مسار المشاة عن فراغ مواقف السيارات المجاور له، كما ساهمت في تحديد طرق السيارات والموقف السطحي بجانبه.</p>	الكتل والفراغات	

<p>أخذت الأنظمة الكهروضوئية اللون الأزرق بينما أخذت الكتل اللون الأبيض مما يعطي انسجاماً بينها وبين المحيط العمراني لها، أما بالنسبة للملمس والنسيج فقد أخذت الملمس الناعم للزجاج حيث أنها طبقت بالأسقف وذلك لعدم تراكم الأتربة ولتقليل الصيانة .</p>	<p>الألوان والملمس والخامات</p>	
<p>ساهمت الأنظمة الكهروضوئية في تشكيل الظل والنور للمشروع مما يخلق فراغاً ديناميكياً يحقق الراحة الحرارية ويوفر تشكيلات بصرية بالظلال تتغير بتغير زاوية الشمس شكل (12-1).</p>  <p>شكل 12-1 مساهمة الأنظمة في تكوين الظل والضوء.</p>	<p>الظل والضوء</p>	
<p>بتوحيد تشكيل الأنظمة الكهروضوئية على أسطح الفراغات في المدينة، ويتوحد تشكيل الكتل السكنية للمشروع.</p>	<p>وحدة التصميم</p>	
<p>ساهمت في تشكيل خط السماء مستمراً خطياً للمشروع بإرتفاعات مختلفة شكل (13-1).</p>  <p>شكل 13-1 مساهمة الأنظمة الكهروضوئية في تشكيل خط السماء.</p>	<p>تميز خط السماء</p>	<p>جماليات الفراغ العمراني²¹</p>
<p>عن طريق تكوين الظلال للسيارات وللمستخدمين بما يتلاءم مع الطبيعة الحارة بمدينة القاهرة مما يحقق الراحة الحرارية داخل الفراغ شكل (14-1).</p>  <p>شكل 14-1 توفير الأنظمة الكهروضوئية للتظليل في أماكن الجلوس.</p>	<p>التوافق مع البيئة المحيطة</p>	
<p>تم تحقيق الإيقاع من خلال تنويع التشكيل في توزيع الأنماط الكهروضوئية على مسارات الحركة ومواقف السيارات ومناطق الجلوس على أبعاد معينة من بعضها، تم تحقيق التكرار عن طريق تكرار الخلايا والأنماط الكهروضوئية داخل كل مصفوفة.</p>	<p>التكرار والإيقاع</p>	

6-7 محددات استخدام الأنظمة الكهروضوئية

- المحددات الاقتصادية

تبلغ متوسط تكلفة الكيلوات المتصل بالشبكة المحلية حوالي 16200 جنيه مصري، وبذلك فإن **تكلفة الأنظمة الكهروضوئية بالمشروع** تبلغ حوالي (16200 × 531,25 = 8606250 ج.م.) ثمانية مليون وستمئة وستين ألف جنيه مصري.

أما تعريف تغذية الطاقة الكهربائية بمصر للمشروعات التي تنتج من 500 ك.و.س وحتى أقل من 20 م.و.س حوالي 0,0788 (دولار أمريكي/ كيلوات ساعة) ومعادلة السداد هي ((30% من قيمة التعريفية) × 8,88) سعر صرف الجنية مقابل الدولار وقت استصدار التعريفية)) + (70% من قيمة التعريفية × سعر صرف الجنية مقابل الدولار في يوم الاستحقاق). وبذلك يكون سعر الدولار في حساب المردود هو ((0,3 × 8,88) + (0,7 × 15,5)) = 13,514 جنيه مصري.

أما **المردود السنوي للأنظمة الكهروضوئية** تبعاً لتعريفية التغذية هو 0,0788 × 13,514 × 969531 (الإنتاج السنوي) = 1032456,66 جنيه مصري، أي أن الأنظمة الكهروضوئية ستغطي تكلفتها في غضون 8 سنوات وأربعة أشهر.

8- النتائج:

- أ- يمكن للأنظمة الكهروضوئية أن يتم دمجها بالعمران والمباني وأن تتكامل معه، بعكس أنظمة الطاقة الشمسية الأخرى التي تحتاج إلى فراغ خاص بها فقط.
- ب- هناك العديد من أنواع الخلايا الكهروضوئية المختلفة الكفاءة ومنها مازال تحت التطوير، لذلك يجب دراسة النوع المناسب لكل حالة لإمكانية تطبيقه لتحقيق أعلى كفاءة.
- ت- هناك العديد من الخيارات التصميمية للأنماط حيث يمكن التحكم في شفافيته، ألوانها، أبعادها، وأشكالها.
- ث- تعتبر الأنظمة الكهروضوئية مادة قادرة على أداء مجموعة واسعة من الوظائف بالتوازي مع إنتاج الكهرباء بالفراغات العمرانية حيث يمكن دمجها بالفراغ كأسقف أو بالأرضيات، أو بالحوائط، وعناصر فرش الفراغ. فتدعم أنشطة الفراغ بتوفير التظليل والمأوى، عمل نشاط تفاعلي، شحن السيارات الكهربائية والأجهزة الكهربائية دعم الاجتماعيات باستخدامها كتغطيات لأماكن التجمع، وتوفير الأمن والأمان بإنارة الأماكن البعيدة عن الشبكة.
- ج- يمكن للأنظمة الكهروضوئية أن تحقق جماليات الفراغ العمراني؛ منها المعايير التصميمية له، الخواص البصرية للفراغ العمراني، وأن تدمج بعناصر تشكيل الفراغ، وتساهم في إثراء جمالياته.
- ح- يمكن الآن لمشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية توفير الكهرباء التنافسية على نطاق المنفعة مع خيارات إمدادات الشبكة الأخرى.

9- التوصيات:

- أ- يجب مراعاة تطبيق أساليب المعالجات المناخية السالبة عند تطبيق تقنيات الطاقة الشمسية وذلك للحد من استهلاك الطاقة في محاولة للحصول على الراحة الحرارية بالفراغات.
- ب- يجب أن يتم دراسة الطاقة الشمسية منذ بداية التصميم والتفكير في كيفية التشكيل ووضع هدف لكمية الطاقة المنتجة من خلال الأنظمة الكهروضوئية.
- ت- دراسة الاعتبارات التصميمية لتكامل الأنظمة الكهروضوئية في الفراغات العمرانية أثناء التصميم يحقق أعلى كفاءة لأداء الأنماط الكهروضوئية وإنتاج طاقة كهربائية أعلى.
- ث- يجب التعامل مع الأنظمة الكهروضوئية على أنها عنصر تشكيلي بالفراغات وليست أجهزة لإنتاج الطاقة فقط.
- ج- يجب استخدام الأنظمة الكهروضوئية لتؤدي وظائف أخرى بالفراغات بالتوازي مع استخدامها لإنتاج الطاقة.

10- قائمة اختصارات وحدات القياس المستخدمة:

ك.و.س.: كيلو وات ساعة	م.و.: ميغا وات.	ك.و.: كيلو وات.
-----------------------	-----------------	-----------------

11- المراجع:

- [1] م.رشا محمد طاهر رشوان، "الإستفادة من الطاقات المتجددة فى التصميم العمراني لمباني الجامعات في مصر"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، 2008م.
- [2] Donna Munro, " **Photovoltaics in the Urban Environment: Lessons Learnt from Large-scale Projects**", 2009.
- [3] كفاءة تحويل الطاقة هي النسبة بين الطاقة الكهربائية المنتجة من الخلية والكمية الكلية من الأشعة الشمسية المتاحة.
- [4] " **Planning and Installing Photovoltaic Systems_ A Guide for Installers, Architects and Engineers**", Second Edition, the German Energy Society, 2008.
- [5] <http://www.bipv.ch/index.php/en/technology-top-en/photovoltaik-top-en>, Access Date 9-2019.
- [6] Bharat A. Bhanvase, " **Nanomaterials for Green Energy_ A volume in Micro and Nano Technologies**", 2018.
- [7] <http://www.nanosolar.com/technology/technology-overview/index.html>, Access Date 9-2019.
- [8] " **Guide to BIPV Building Integrated Photovoltaics**", Paper, Polysolar Company, 2018.
- [9] <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=30912>, Access Date 9-2019.

- [10] Vasilis Fthenakis, "Third Generation Photovoltaics", March 2012.
- [11] Islam, F. R, "Smart Energy Grid Design for Island Countries: Challenges and Opportunities", 2017.
- [12] إيهاب صلاح الدين، "الطاقة وتحديات المستقبل"، المكتبة الأكاديمية 1994م.
- [13] "قرار مجلس الوزراء رقم 2532 لسنة 2016 م"، الجريدة الرسمية-العدد 39 في 29 سبتمبر 2016م، متاح على الموقع الرسمي لوزارة الكهرباء <http://www.nrea.gov.eg/Investors/FeedInTariff>.
- [14] الموقع الرسمي لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة؛ <http://www.nrea.gov.eg/Media/New/399>، تاريخ التصفح 9-2019م.
- [15] <http://www.solarmarketegypt.com/ar/products-search?category=Solar%20Modules>, Access Date 9-2019.
- [16] المعدلات والمعايير الفنية المصرية في التخطيط العمراني، متاح على https://www.academia.edu/30454983/المعايير_الفنية_والمعايير_المعدلات/30454983، تاريخ التصفح 2-2020م.
- [17] الباحثة، بواسطة تطبيق Skelion الذي يتم إضافته لبرنامج sketchup لتصميم الأنظمة الكهروضوئية الشمسية.
- [18] شكري محمد حسنين البليهي، "الفراغات العمرانية بالمدينة المصرية بين النظرية والتطبيق"، ورقة بحثية، قسم الهندسة المعمارية، كلية العلوم الهندسية، جامعة سيناء، جمهورية مصر العربية.
- [19] باهر إسماعيل فرحات، "العلاقة التبادلية بين السلوك الإنساني والبيئة المادية في الفراغات العمرانية"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة قسم التخطيط العمراني، جامعة عين شمس، 2003م.
- [20] مقال، مجلة العمران والتقنيات الحضرية، "محددات التصميم البصري للفضاءات العمرانية العامة في المدينة العربية"، العدد الثاني 2010م، ص 72.
- [21] د.م/هاني سعد سالم، م/حسن أحمد حسن، "جماليات العمران والتشكيل البصري وأثرها على الإنبطاعات الحسية داخل المحتوى العمراني"، ورقة بحثية، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.