ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)
Vol. 1, No. 45 July. 2020, pp. 252 -262
Journal Homepage: http://erj.bu.edu.eg

تأثير تطبيقات الطاقة الشمسية على الفراغات العمرانية بالتجمعات السكنية الجديدة

م.مها عفيفي محمد[1]، أ.د.حسن أحمد الزملي[2] ، أ.م.د.إبراهيم شرف الدين [3] ، د.أشرف فتحي عبد الجواد [4]

[1] معيدة بقسم الهندسة المعمارية بمعهد الأهرامات العالي للهندسة والتكنولوجيا ب6 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 لاتحتاج 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 اجتماعياوهو 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 فى المبانى فقط غير كافي لتقليل اعتماد المدن على الطاقات غير المتجددة بنسبة كبيرة، ولكن يجب أن تتكامل الفراغات العمرانية مع المبانى لكى يتم تشغيل المدينة إعتماداً على الطاقة الشمسية بنسبة كبيرة. [1]

4- هدف البحث:

تحديد أهم الاعتباراتوالاشتراطات 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.

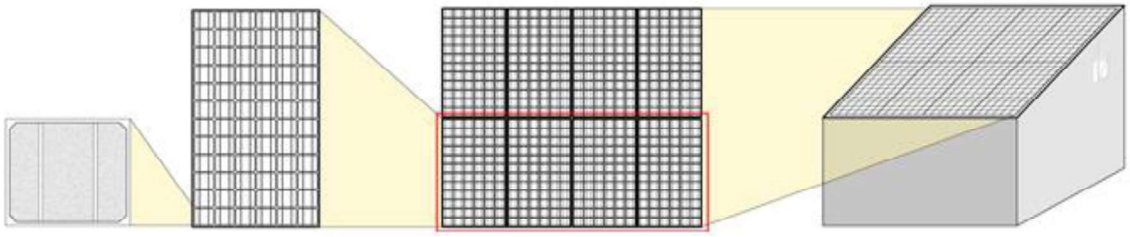
6- الدراسات النظرية:

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

وهي عبارة عنأشباه موصلاتتقوم باستغلال الضوء الساقط علي الأرض من الشمس في توليد جهد كهربي يؤدي الي مرور تيار كهربي[1]، 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.

6-1-1 عناصر ومكونات الأنظمة الكهروضوئية:

تتكون الأنظمة الكهروضوئية من الخلايا الكهروضوئية والتي تعد العنصر الأساسي لها.ثم ترتبط هذه الخلايا في وحدات نمطية تسمي الأنماط الكهروضوئية أو الألواح الكهروضوئية،ويتكون النظام الكهروضوئي عندما يتم توصيل هذه الأنماط الكهروضوئية معاً شكل (1-1)، كما أن للنظم الكهروضوئية المجمعة عدة أنواع لإنتاج الطاقة تبعاً لطبيعة المشروع[2]. وفيما يلي سيتم دراسة هذه المكونات بالتفصيل.



شكل 1- 1 مكونات الأنظمة الكهروضوئية.

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

جدول 1- 1 عناصر الأنظمة الكهروضوئية.

العناصر		التوصيف		
الخلايا الكهروضوئية	الجيل الأول: الخلايا السليكونية المتبلورة	السيليكون أحادي التبلور	كفاءة[3] 14: 21%[4]، المساحة/ك.و.:5-7م[2] [5]	متاح للاستخدام التجاري
		السيليكون متعددة التبلور	كفاءة 12 :18%[4]، المساحة/ك.و.:6-8 م[2] [5]	
	الجيل الثانى: الأغشية الرقيقة	السيليكون غير المتبلور	كفاءة 4 :10%[4]، المساحة/ك.و.:10-25م[25]	
		النحاس الأنديوم الديسيلينايد	كفاءة 9 :13%[4]، المساحة/ك.و.:8-11م[25]	
		الكادميوم تيلوريد	كفاءة 12:14%[4]، المساحة/ك.و.:7-8 م[25]	
	الجيل الثالث: التكنولوجيا المستقبلية	الخلايا العضوية	كفاءة 11% [5]	
		تكنولوجيا الخلايا الهجينة	كفاءة 22,1% [6]	قيد التطوير
		تكنولوجيا خلايا النانو الشمسية	كفاءة 16,5% [7]	
الوحدات النمطية (الأنماط الكهروضوئية)	الخيارات التصميمية[4]	اللون	الأزرق القياسي والأسود الرمادي والأصفر والأحمر والأخضر والفضي والأرجواني.	
		الشفافية: الجيل الأول	من 0 :30% عن طريق التحكم في المسافات بين الخلايا.	
		الشفافية: الجيل الثاني	عن طريق عدم وجود المادة العاكسة، أو النقش بالليزر ليعطي الشفافية المشابهة للزجاج الملون.	
		التظليل	كلما زاد التظليل على النمط كلما قلت كفاءته لإنتاج الطاقة.	

	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% للأنواع الأخرى.
		زوايا الميل والاتجاه	الجيل الأول	تستخدم الإشعاع الشمسي المباشر زوايا الميل ما بين 10°:60°، والاتجاه نحو الجنوب، تقل الكفاءة عند التوجيه 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 المرايات 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 أوبدون، يمكن أن يكون مدعوماً بمصدر أخر لإنتاج الكهرباء.		

2-1-6 وضع الأنظمة الكهروضوئية في مصر:

أولاً إمكانات الطاقة الشمسية بمصر[12]:

تعد مصر من أغني دول العالم بالطاقة الشمسية، وذلك نظراً لأنها تقع بين خطي عرض 22 و36,5 شمالاً، أي أنها تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي، تتراوح شدة الإشعاع الشمسي المباشر لمصر ما بين 2000-3200 ك.و.س.م^2/سنة، ونجد أن عدد ساعات السطوع الشمسي تزداد في مصر بالاتجاه من الشمال للجنوب، وتقل ساعات السطوع في الشتاءوالاعتدالين (الربيع والخريف)، وتزداد في الصيف.

ثانياً تعريفة التغذية الخاصة بمشاريع الطاقة الشمسية بمصر[13]:

لتشجيع الاستثمار في توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة،ولاسيما الطاقة الشمسية، قامت الحكومة المصرية بتعديل أسعار وبنود تعريفة 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 للقدرات من 500 ك.و وحتى 50 م.و. هى؛ ((30% من قيمة التعريفة) × (8,88 سعر صرف الجنية مقابل الدولار وقت استصدار التعريفة)) + (70% من قيمة التعريفة × سعر صرف الجنية مقابل الدولار في يوم الإستحقاق).وقد حُددت أسعار شراء الطاقة الكهربائية المنتجة من مشروعات محطات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية كما في جدول(1-2):

جدول 1- 1 تعريفة التغذية لمشاريع الطاقة الشمسية في مصر

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

ثالثاً أسعار الأنظمة الكهروضوئية في مصر:

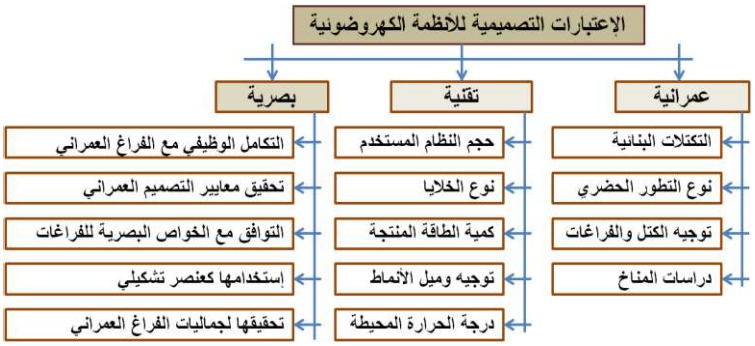
يتم استخدام الأنماط الكهروضوئيةالسيليكونية المتبلورة في معظم مشاريع الطاقة الشمسية في مصر، قد تتراوح قدرة اللوح الواحد ما بين 100 إلي 350 وات ولكن أكثر أنواع ألواح الطاقة الشمسية إنتشاراً وأكثرها استخداماً في معظم المشاريع هي الألواحذات قدرة 250 وات، تبلغ تكلفة الأنماط الكهروضوئية متعددة الكريستالات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

كهروضوئي باختلاف الشركة المصنعة وجودة التصنيع وشروط الضمان.بينما تبلغ التكلفة الكلية للنظام الكهروضوئي لتوليد كيلووات واحد من الكهرباء نحو 18 - 20 ألف جنيه، ويبلغ العمر الافتراضي للمحطة نحو 25 سنة.[14]

كماتبلغ تكلفة الأنماط الكهروضوئية أحادية التبلور حوالي 1000 دولار/ كيلووات. بينما تبلغ تكلفة خلايا الأغشية الرقيقة حوالى 0,45 دولار/ كيلووات.[15]

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

تطبيق الأنظمة الكهروضوئية بالعمران 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 منالخلايا الكهروضوئية وحجم النظام المستخدم)[1]، والدراسات البصرية للأنظمة الكهروضوئية 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 الكهروضوئية.

7- الدراسة التطبيقية:

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

1-7 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.

7-1-1- 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 و2حمام ومطبخ.

شكل 1- 3 موقع عام لمنطقة الدراسة.

2-1-7 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 20وات.ساعة /م^2/ يوم.[16]

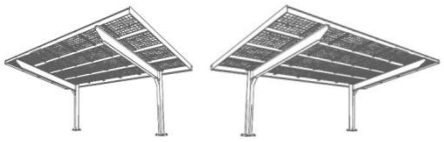
مما سبق فإن معدل الاستهلاك السنوي للمباني السكنية بمنطقة الدراسة بفرض أن متوسط عدد أفراد الأسرة الواحدة 5 أفراد كما يلي:

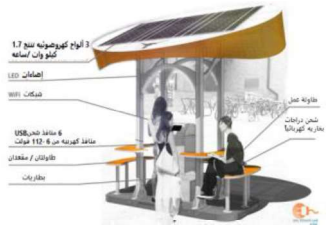
معدل الاستهلاك السنوي= (5أفراد × 5 شقق × 7 أدوار × 12 عمارة × 1,825) = 3832,5 ميجاوات/سنة.

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 (1-2):

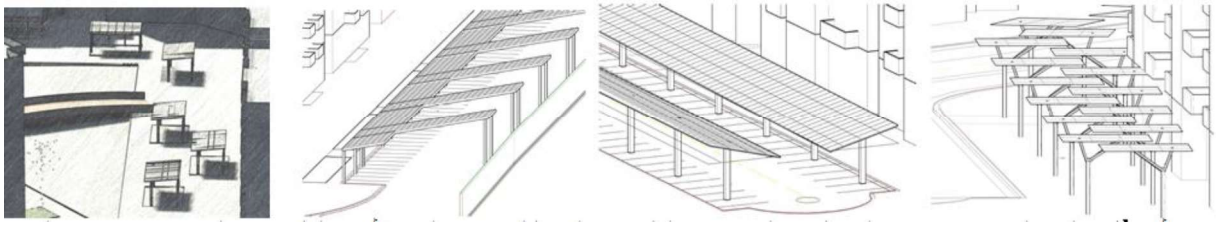
جدول 1-2 الأنظمة الكهروضوئية المقترح دمجها بالفراغات العمرانية وتأثيرها على أنشطة الفراغ.

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

	من المقترح دمج الأنظمة الكهروضوئية بالبرجولات في الفراغ شبه الخاص حول العنصر المائي بمنطقةالدراسة، مع مراعاة التوجيه وزوايا الميل المناسبة لتحقيق أفضل إشعاع شمسي شكل (1-6).  شكل 1-6 الأنظمة الكهروضوئية المقترح دمجها بالبرجولات.	**ـ أنشطة الثبات** ـ ساعدت الأنظمة الكهروضوئية في دعمالاجتماعيات، استخدام عائد الكهرباء منها كمصدر للكهرباء لشحن الهواتف وغيرها. ـ استخدام العائد من الكهرباء في إنارة الفراغات.

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 م^2، 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 590م^2 و1440م^2 على التوالي. كما سيتم استخدام الأنظمة الكهروضوئية كتغطيات جزئية لطريق السيارات المار بشمال شرق منطقة الدراسة ليتم تشكيل 12 مصفوفة كهروضوئية بمساحة تبلغ 490 م^2، وأيضاً سيتم استخدامها بعناصر فرش الفراغ في مناطق الجلوس حول حمام السباحة حيث سيتم دمجها كأسقف لحوالي 7 برجولات بمساحة حوالي 340 م^{2}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 1840م^2، 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 4800م^2. وبذلك سيكون قدتم استغلال حوالي30% 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:

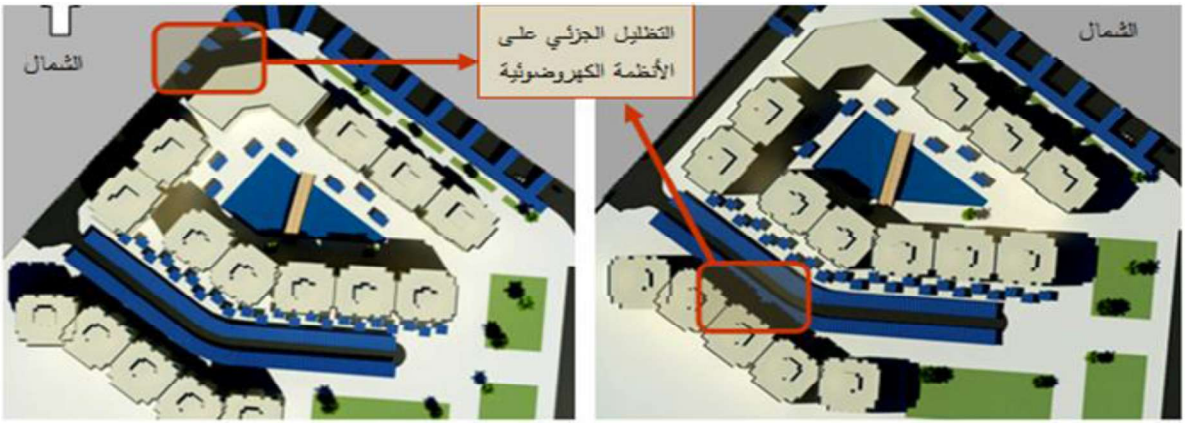
من المقترح أن يتم استخدام خلايا متعددة التبلور لتداولها في معظم المشاريع التابعة لهيئة المجتمعات العمرانية ولوفرتها في السوق المصرية، وسيتم استخدام خلايا نوعها Canadian Solar cs6p-250 ويبلغ أبعاد النمط الكهروضوئي الواحد منها 1,6م × 1م × 0,04م، ليعطي اللوح الواحد طاقة قدرها 250 وات.ساعة.ويبين الجدول التالي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

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

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 ميجاوات 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 الكهربي 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 المظللة لتقليل تأثير التظليل على كمية الطاقة الإجمالية المنتجة شكل (1-9).



إتجاه الظل الساعة 3 عصراً 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:

المعايير الجمالية		توافق الأنظمة الكهروضوئية
المعايير التصميمية للفراغ العمراني[18]	النفاذية	حُققت عن طريق تطبيقها على ارتفاعات عالية (+3 م) وتثبيتها على أعمدة فلم تقلل من قدرة الإنسان على الحركة داخل المكان، ساهمت الارتفاعات العالية لتثبيت الأنظمة في عدم وجود انعكاسات لضوء الشمس حتى لا تضر برؤية المستخدم، بالإضافة إلى إمكانية دمج نسبة شفافية إلي الأنماط الكهروضوئية لتحقيق الاتصال بالسماء بالتحكم في التباعد بين الخلايا داخل النمط الكهروضوئي في البرجولات في أماكن الانتظار شكل (1-10). شكل 1- 10 تحقيق البرجولات بالاتصال بالسماء عن طريق التحكم في شفافية الأنماط.
	التنوع	سيتم استخدامها في شحن السيارات الكهربائية في مواقف السيارات وكمصدر كهرباء لشحن الأجهزة الكهربية في البرجولات بأماكن الانتظار مما يساهم في تنوع الأنشطة،بالإضافة إلى تكوين الظلال في المسارات ومواقف السيارات وأماكن التجمع وإنتاج الكهرباء لإنارة الفراغ.
	الاستقراء	تم دمجها بعناصر التصميم الحضري المتمثلة في المسارات (المشاة، السيارات) شكل(1-11). شكل 1- 11 تطبيق الأنظمة الكهروضوئية بالمسارات بمنطقةالدراسة.
	الفعالية	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.
الخواص البصرية للفراغ[19]	الملائمة البصرية	التأكيد على فراغ مواقف السيارات ومسارات المشاة مما يسهل من استقرائهم لتوافق التكوين مع الوظيفة، وبذلك يعبر الفراغ عن شخصيته ووظيفته مما يحسن الصورة البصرية للفراغ.
	الغنى	ساهمت في الاعتماد على السيارات التي تشحن من الطاقة الشمسية التي تنتجها مما يضيف تجارب جديدة للمستخدم ويزيد من غنى الفراغ.
	المقياس	استخدام المقياس الإنساني بما يتلاءم مع الاحتياجات الوظيفية للفراغكما في فراغ مواقف السياراتوطرق السيارات (ارتفاعها حوالي5,5م)، مسارات المشاة (ارتفاعها حوالي 3م).
	الاحتواءوا لنسب	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 هى الأعمدة المثبت علي سطحها الأنظمة الكهروضوئية ويمكن الامتداد البصري خارجها.
عناصر تشكيل الفرغ العمراني[20]	الخطوط والأشكال	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.
	الكتل والفراغات	ساهمت في تحديد مسار المشاة عن فراغ مواقف السيارات المجاور له، كما ساهمت في تحديد طرق السيارات والموقف السطحي بجانبه.

	الألوان والملمس والخامات	أخذت الأنظمة الكهروضوئية اللون الأزرق بينما أخذت الكتل اللون الأبيض مما يعطي انسجاما بينها وبين المحيط العمراني لها، أما بالنسبة للملمس والنسيج فقد أخذت الملمس الناعم للزجاج حيث أنها طبقت بالأسقف وذلك لعدم تراكم الاتربة ولتقليل الصيانة .
	الظل والضوء	ساهمت الأنظمة الكهروضوئية في تشكيل الظل والنور للمشروع مما يخلق فراغاً ديناميكياً يحقق الراحة الحرارية ويوفر تشكيلات بصرية بالظلال تتغير بتغير زاوية الشمس شكل (1-12). شكل 1-12 مساهمة الأنظمة في تكوين الظل والضوء.
جماليات الفراغ العمراني[21]	وحدة التصميم	بتوحيد تشكيل الأنظمة الكهروضوئية على أسطح فى الفراغات في المدينة، وبتوحد تشكيل الكتل السكنية للمشروع.
	تميز خط السماء	ساهمت في تشكيل خط السماءمستمراً خطياً للمشروع بإرتفاعات مختلفة شكل (1-13). **شكل1- 13 مساهمة الأنظمة الكهروضوئية في تشكيل خط السماء.**
	التوافق مع البيئة المحيطة	عن طريق تكوين الظلال للسيارات وللمستخدمين بما يتلاءم مع الطبيعة الحارة بمدينة القاهرة مما يحقق الراحة الحرارية داخل الفراغ شكل (1-14). شكل 1- 14 توفير الأنظمة الكهروضوئية للتظليل في أماكن الجلوس.
	التكرار والإيقاع	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.

6-7 محددات استخدام الأنظمة الكهروضوئية

- المحددات الإقتصادية

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

أما تعريفة تغذية الطاقة الكهربية بمصر للمشروعات التي تنتج من 500 ك.وس وحتى أقل من 20 م.و.س حوالي 0,0788 (دولار أمريكي/ كيلووات.ساعة)ومعادلة السداد هي ((30% من قيمة التعريفة) × (8,88 سعر صرف الجنية مقابل الدولار وقت استصدار التعريفة)) + (70% من قيمة التعريفة × 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 السنوى للأنظمة الكهروضوئية تبعاً لتعريفة التغذية هو 0,0788 × 13,514 × 969531 (الإنتاج السنوي)= 1032456,66 جنيه مصري، أي أن الأنظمة الكهروضوئية ستغطي تكلفتها في غصون 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 شفافيتها، 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 الكهربية والأجهزة الكهربية دعم الاجتماعيات باستخدامها كتغطيات لأماكن التجمع، وتوفير الأمن والأمان بإنارة الأماكن البعيدة عن الشبكة.

ج- يمكن للأنظمة الكهروضوئية أن تحققجماليات الفراغ العمراني؛ منها المعايير التصميمية له، الخواص البصرية للفراغ العمراني، وأن تدمج بعناصر تشكيل الفراغ، وتساهم في إثراء جمالياته.

ح- يمكن الأن 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- قائمةاختصارات وحدات القياس المستخدمة:

ك.و.: كيلو وات.	م.و.: ميجا وات.	ك.و.س.: كيلو وات ساعة

11- المراجع:

[1] م.رشا محمد طاهر رشوان، **"الإستفادة من الطاقات المتجددة فى التصميم العمراني لمباني الجامعات في مصر"**، رسالة ماجيستير 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 Date9-2019.

[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–العدد39 في29سبتمبر2016م، متاح على الموقع الرسمي لوزارة الكهرباء http://www.nrea.gov.eg/Investors/FeedInTariff.

[14] الموقع الرسمي لوزارة الكهرباء والطاقات 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/المعدلات_والمعايير_الفنية_المصرية، 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 ماجيستير، كلية الهندسة قسم التخطيط العمراني، جامعة عين شمس، 2003م.

[20] مقال، مجلة العمران والتقنيات الحضرية، **"محدداتالتصميم البصري للفضاءات العمرانية العامة في المدينة العربية"** ، العدد الثاني2010م، ص 72.

[21] د.م/هاني سعد سالم، م/حسن أحمد حسن، **"جماليات العمران والتشكيل البصري وأثرها على الإنطباعات الحسية داخل المحتوى العمراني"**، ورقة بحثية، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.