مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

Integration of Architectural Design With Solar Cells in Buildings

Dr. Hani Weddeh*
Roaa Shahoud**

(Received 23 / 7 / 2017. Accepted 22 / 4 / 2018)

□ ABSTRACT □

When the world began discussing the issues of climate change resulting from the use of fossil fuels, the use of solar energy emerged in different forms. The current buildings are responsible for the use of larger quantities of energy for lighting and heating, cooling and miscellaneous equipment powered by fossil fuels. For example in Syria residential buildings consume about 43% of energy consumed in Syria for operating purposes.

From this, governments and societies should have high will to replace fossil fuels with solar energy, that is free and available everywhere.

The main problem is that the parameters imposed by using solar technologies may lead to flaws in the whole architectural system of the building design, and unless they are manufactured and adjusted their determinants modified to become an architect instrumental in the General form service, in addition to their important role in energy production, the consumer attraction will remain limited, and the architect will remain unable to integrate them as a positive element in the design to improve technical and functional level.

Thus the main objective of the research is to create an architectural integration between elements of clean energy and architectural solutions for buildings.

Keywords: solar cell technologies- architectural integration

* **Professor in Architectural Desogn Department, Architecture Facuty, Tishreen University, Lattakia, Syria**.
** **Postgraduate student, Architectural Desogn Department, Architecture Facuty, Tishreen University, Lattakia, Syria**.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

تكامل التصميم المعماري مع الخلايا الشمسية في المباني

الدكتور هاني ودح *
رؤى شحود **

(تاريخ الإيداع 23 / 7 / 2017. قُبِل للنشر في 22/ 4 / 2018)

□ ملخّص □

عندما بدأ العالم مناقشة قضايا التغير المناخي الناجمة عن استخدام الوقود الأحفوري، ظهر استخدام الطاقة الشمسية بأشكال مختلفة. وتعتبر المباني الحالية مسؤولة عن استخدام الكميات الأكبر من الطاقة للإنارة والتدفئة، والتبريد واستخدام المعدات المتنوعة التي تعمل بالطاقة الأحفورية غالباً. فعلى سبيل المثال في سوريا تستهلك المباني السكنية لأغراض التشغيل 43% من الطاقة المستهلكة في سوريا.

وعليه لا بد أن تكون الارادة عالية عند الحكومات والمجتمعات لاستبدال الوقود الأحفوري بالطاقة الشمسية المجانية والمتوافرة في كل مكان.

ان المشكلة الرئيسية تكمن بأن المحددات التي يفرضها استخدام التقنيات الشمسية قد تؤدي الى خلل في تكامل المنظومة المعمارية الكلية لتصميم المبنى، وعليه إذا لم يتم تصنيعها وتعديلها وضبط محدداتها لتصبح عنصراً معمارياً فعالاً في خدمة الشكل العام بالاضافة الى دورها المهم في انتاج الطاقة.فان استقطابها للمستهلك سيبقى محدوداً وسيبقى المعماري عاجزاً عن إدخالها كعنصر من العناصر الإيجابية في التصميم.

وبالتالي ان الهدف الأساسي للبحث هو خلق تكامل معماري بين عناصر الطاقة النظيفة والحلول المعمارية للمباني.

الكلمات المفتاحية: تقنيات الخلايا الشمسية–التكامل المعماري

المصطلحات:

PV: الخلايا الشمسية ، PV: Photovoltaic

STC: المجمّع الشمسي الحراري، STC: Solar Thermal Collector

BIPV: الخلايا الفولتية الضوئية المتكاملة بالمبنى ، BIPV: Building Integrated Photovoltaic

* أستاذ ، قسم التصميم المعماري ، كلية الهندسة المعمارية ،جامعة تشرين ، اللاذقية ، سورية.
** طالبة دكتوراه ، قسم التصميم المعماري ، كلية الهندسة المعمارية ، جامعة تشرين ، اللاذقية ، سورية.

مقدمة:

يعتبر استخدام الطاقة الشمسية لانتاج الكهرباء وعمليات التسخين طريقة صامتة لا تسبب تلوثاً بالضجيج وذات انبعاثات صفرية من الغازات العادمة كما أنها تحتاج لحد أدنى من الصيانة. وبالتالي فان تكاملها مع التصميم المعماري للمبنى يشكل تحدياً كبيراً في المرحلة القادمة. حيث ان تطور أنظمة الطاقة الشمسية كان مبنياًعلى محددين هما زيادة الكفاءة وخفض التكاليف مع اهمال القيمة الشكلية للمظهر المعماري. وبالواقع يمكن ان تتكامل هذه الأنظمة مع المبنى كعنصر متعدد الوظائف يرفع من النوعية المعمارية بالاضافة لكونه مولداً للطاقة المجانية[1].

ولا تعتبر عملية الدمج هدفاً وحيداً للدراسة بل سنسعى لاستبدال بعض من عناصر المبنى القديمة بعناصر الطاقة الشمسية لتشكيل بديل ذي بعد اقتصادي لاستخدامها بدلاً من كونها اضافة للكلف المباشرة أثناء التشييد، كاستبدال زجاج النافذة التقليدي بعنصر شفاف مولد للطاقة. لقد قمنا في هذه الدراسة باستكشاف الطرق والامكانيات والاحتمالات المختلفة لدمج هذه التقنية (تقنية pv والمجمعات الشمسية الحرارية) مع الحل المعماري للمباني، وسنقوم بتحليلها مع التركيز الخاص على البعد المعماري والجمالي لهذا الدمج مع مقارنة قابلية كلا النظامين مع متطلبات التكامل المختلفة، وبالتالي استكشاف مزايا كلا النظامين.

أهمية البحث وأهدافه:

تنبع أهمية البحث كونه خطوة أولى للمساعدة في حل مشكلة الطاقة في سوريا وتعد شرارة وبداية للاكتفاء الذاتي في الطاقة حيث تعد أحد أساليب الاعتماد على الذات وتقليل الحاجة إلى أساليب الطاقة التقليدية ولتكون بذلك البداية لصياغة مستقبل مستقل في انتاج الطاقة، كما وتتجلى أهميته في أنه:

1-يوضح كيف يمكن للمعماري المعاصر أن يستفيد من تقنيات البناء الحديثة التي يكون لها منفعة وظيفية وجمالية يسترشد بالمنهج المعاصر في اعداد معايير تصميمية واضحة.

2-وضع مجموعة من المعاييير التصميمية الحديثة والمعاصرة لتواكب الحاضر والمستقبل.

ويمكن تحديد أهداف البحث فيما يلي:

- التعرف على أساليب التكامل المعماري مع الخلايا الشمسية وكيفية الاستفادة منها في تعزيز الجمال في شكل المنتج المعماري النهائي.
- دراسة مواقع تركيب الخلايا الشمسية بحسب أنواعها في الشكل المعماري للمباني.
- عمل موازنة بين تحقيق الجانب الشكلي لجمال المباني مع توفير الطاقة المطلوبة من الخلايا.
- تحديد مدى تقبل الناس لفكرة الخلايا الشمسية واستخدامها كحل مساعد لمشكلة الطاقة في اللاذقية.

طرائق البحث ومواده:

لتحقيق هدف البحث تم اتباع المنهج الاستقرائي والمنهج التحليلي، وتنقسم الدراسة الى خمسة أجزاء:

1. استعراض مفهوم تكامل المبنى والتكامل المعماري.
2. التعرف على أساليب تكامل وحدات PV و STC في المباني.
3. استنتاج متطلبات التكامل المعماري في المباني.

4. دراسة تحليلية لنماذج عالمية تتكامل فيها الخلايا الضوئية مع المبنى.
5. تطبيق الدراسة على مبنى في مدينة اللاذقية.

1. التكامل المعماري وتكامل المبنى:

ستصبح أنظمة PV والمجمع الحراري الشمسي متكاملة مع المبنى وتصبح جزءاً من تصميم المبنى العام وغالباً ستصبح جزءاً من عناصر المبنى (Hestnes, 1999). فمن وجهة النظر الاقتصادية، من الضروري أن يتم تكامل الأنظمة مع شكل المبنى بحيث لا تكون هناك حاجة لأية استثمارات إضافية على البنية وينبغي أن تستبدل هذه الأنظمة عناصر المبنى التقليدية وتحل محلها بالإضافة إلى مقدرتها على إنتاج الطاقة لتحقق وظيفة ثنائية لتقليل الكلفة الكلية وتحقيق الشكل. وبالتالي، ينبغي تصميم أنظمة الطاقة في المبنى كجزء أساسي من الكل التصميمي له؛ أي اعتبار هذه الأنظمة في مرحلة التصميم الأولي كأنها عنصر أساسي لا كعناصر منفصلة تضاف بعد اكتمال التصميم أو المبنى.[2]

تشير مصطلحات الخلايا الشمسية المتكاملة بالمكوّن والمتكاملة مع المبنى (BIPV) إلى مفهوم تكامل عناصر الخلايا الشمسية مع شكل المبنى الخارجي، مما يؤسس علاقة تكاملية بين التصميم المعماري، والخصائص الوظيفية وتوليد الطاقة المتجددة المجدية اقتصادياً. وهكذا تحل وحدات الخلايا الشمسية مكان مواد التركيب التقليدية، مع كونها أيضاً لها وظيفة انتاج الطاقة الكهربائية. ومع أن الفكرة ليست جديدة الا أنها لم تستخدم بشكل واسع لعدم وضوح وانتشار ضوابط ومعايير واضحة لتكامل هذه الأنظمة وفعاليتها الاقتصادية مع تصميم المبنى واستثماره، وهنا جوهر الفكرة التي نسعى لها بهذا البحث.

بالأساس، يمكن استخدام BIPV على كل أجزاء غلاف المبنى المعماري. ومع أن السطح الأخير يكون منطقة مخصصة لتركيب عناصر PV لقيمة الاشعاع المفيد المرتفع، كذلك الأمر تقدم الواجهات إمكانية كبيرة خصوصاً في الشتاء حيث تكون زاوية الشمس منخفضة طيلة الفصل. وتزداد نسبة مساحة الواجهة إلى مساحة الأسطح النهائية مع ارتفاع المبنى. وأيضاً، يتم تقليل مساحة السطح المتوفرة نتيجةً لتركيب المرافق والتجهيزات والخدمات. ومع وجود PV رقيقة الشريحة، والذي يوفر مرونة أكبر في التصميم، لمقدرتها على ملائمة كافة الأشكال التصميمية، وبالتالي يصبح التكامل إلى الواجهات أكثر ملائمةً .[2]

في التكامل المعماري، بالإضافة إلى إنتاج الطاقة؛ تلعب العناصر الشمسية النشطة الدور نفسه كالجدار، أوالنوافذ أوعناصر تغطية السطوح التقليدية التي تحل محلها. وقد ذكر Roberts and Guariento في دليلهما عن BIPV أن المتطلبات التي ينبغي تحديدها بالأنظمة الشمسية المتكاملة في المبنى هي اللون، والصورة، والحجم، وتحمل ظروف الطقس، والمقاومة الميكانيكية والستاتيكية، والديمومة والصيانة، والسلام خلال الإنشاء (الحريق، الكهرباء، الاستقرار)، والكلفة. [3]

2-تكامل وحدات PV أو STC في المباني:

بالنسبة للمعماريين، ينبغي أن يكون تطبيق أنظمة PV أو STC في المباني جزءاً من الأسلوب الشمولي. ويمكن للنوعية المرتفعة لهذه الأنظمة الشمسية أن تؤمّن جزءاً أساسياً من احتياجات طاقة المبنى إن تم تصميم المبنى بالطريقة الصحيحة. وبالأسلوب الشمولي، لا يعني تكامل هذه العناصر مجرد استبدال مواد البناء التقليدية، ولكن أيضاً، التكامل الجمالي إلى التصميم والذي يستدعي التكامل المعماري. ويأخذ التكامل أيضاً وظائف غلاف المبنى. وبتركيبها

على سطح منحدر مثلاً، تعني الأنظمة هذه أن وحدات PV أو STC قد تكون جزءاً من غلاف مانع للماء. ويمكن القيام بالتمييز بين تكامل هذه الأنظمة في غلاف المبنى كعناصر تغطية وتكاملها كمكونات مبنى مثل أجهزة التظليل.

إن هدف التكامل المعماري والبناء لهذه الأنظمة إلى المباني هو انتاج الطاقة وتقليل التكاليف، بالإضافة إلى النواحي الجمالية المتولدة بعملية التكامل. وقد تكون هذه كلفة الدعم الإنشائي وكلفة عناصر المبنى، مثل القرميد وعناصر التغطية. ومن الواضح أن أنظمة PV أو STC المتكاملة ضمن المبنى تعطي مظهراً أكثر أناقةً وتكون أكثر فعاليةً في تركيبها بعد ذلك. وبالعادة، هناك ثلاثة مواقع لتكامل هذه الأنظمة إلى المباني. وهي 1–الأسطح.

2–الواجهات. 3–مكونات المبنى مثل درابزين الشرفة والمظلات والكاسرات الشمسية[3] .

3–متطلبات التكامل المعماري:

لتحقيق النوعية في التكامل المعماري لأنظمة PV وSTC ينبغي تحقيق متطلبات معينة. وتعتمد نوعية التكامل ليس فقط على شكل الوحدة، حجمها ولونها ولكن أيضاً على الخصائص التالية

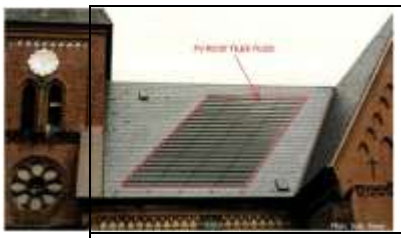
- الحجم الميداني وموضع PV أو أنظمة المجمّع
- المواد والبنية السطحية
- لون الخلايا لأنظمة PV وماصات المجمّعات الشمسية.
- شكل وحجم الوحدات
- نوع الوصلات
- العناصر متعددة الوظائف.

ومن أجل التكامل الناجح، ينبغي أن تكون كل الخصائص المذكورة أعلاه متوافقة مع منطق تصميم المبنى. وتم وصف الخصائص مع الأمثلة ذات الصلة لاستخدام PV والمجمعات أدناه.

●حجم الحقل والتموضع:

من المهم أن يكون حجم وموضع PV وأنظمة المجمّع متوافقين مع التركيب المعماري الكلي لكامل المبنى وليس فقط مع الواجهة أو جزء من المبنى حيث يتم تركيبها (الشكل 1 و2). وعموماً، قد لا يكون من السهل دائماً تحقيق ذلك ومن أجل التحقيق، ينبغي اتباع معايير معينة. والمعايير التي تؤثر على موضع، شكل وحجم PV وأنظمة المجمّع هي :[4]

- موضع وأبعاد السطح المعرّض المتوافر للسطح أو للواجهة
- اتجاه السطح المتوافر
- متطلبات الطاقة المرغوبة
- التقنية الشمسية
- الاحتياجات الشمسية للمبنى



الشكل (1): التكامل المعماري لـ PV على سطح كنيسة، كارلو، ألمانيا. المصدر: [4]

الشكل (2): التكامل المعماري لأنظمة STC على واجهة مائلة غيلسدورف، ألمانيا. المصدر: [4]

إن سطح الجزء من المبنى المتوافر للتكامل يؤثر مباشرةً على إنتاج طاقة الأنظمة الشمسية. وفي حالة عملية الإنشاء الجديدة، يمكن إنشاء السطح المكشوف المتوافر وفقاً لمتطلبات الطاقة المستهدفة. أما من أجل مشاريع إعادة الإصلاح ينبغي تعديل إنتاج الطاقة وفقاً للسطوح المكشوفة المتوافرة. وأيضاً، يؤثر اختيار التقنية الشمسية أيضاً على إنتاج متطلبات السطح المكشوف. وفي حالة أنظمة PV، تنتج الخلايا البلورية كهرباء أكثر من الخلايا غير المتبلورة.

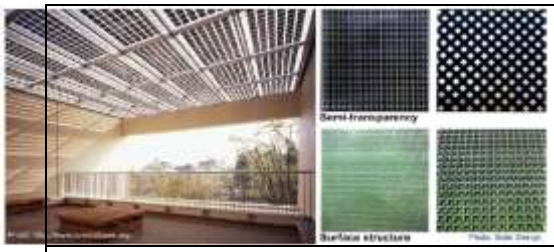
من أجل ناتج كمية الطاقة نفسها، ينبغي تركيب الخلايا الشمسية غير المتبلورة على سطح أكبر مما للخلايا البلورية. وينطبق الأمر نفسه من أجل المجمعات الشمسية. وتكون مجمعات الأنبوب المفرغ أكثر كفاءةً من مجمعات الصفيحة المسطحة لأنها معزولة بشكل جيد وبالتالي الضياعات الحرارية منخفضة. ومن هنا يأتي أسلوب اختيار التقنية الحرارية الشمسية الملائمة والأنسب لتتوافق مع متطلبات الأسطح المكشوفة.

الأسلوب الفعال بخصوص قضية التوضع وتحديد الأبعاد هو استخدام PV ومجمّعات حرارية كعناصر متعددة الوظيفة تخدم كمولدات طاقة وعناصر واجهة السطح. وبهذا، ينبغي على المعماري أن يصمم بطريقة تستخدم القليل من العناصر طالما أن كل منها يحقق العديد من المهام. وربما يكون استخدام PV أو المجمعات الشمسية فوق كل السطح غير ضروري وصعباً نتيجةً للقضايا العملية. لذا، سيساعد استخدام العناصر ذات المظهر المشابه للمواد المستخدمة في اكساء المبنى بطرق طباعة متقدمة تكنولوجياً كما هو الحال في صناعة السيراميك والغرانيت مما يلغي نمطية وتكرار الألواح المستخدمة لتشكل بدلاً عن هذا التكرار الممل مشهداً عاماً ينسجم مع عناصر المبنى الأخرى حسب مواد الاكساء المستخدمة فيها. ولكن تطوير هذه المنتجات لتقوم بالخصوصية الملائمة للمبنى هو أمر مكلف من الناحية التكنولوجية والصناعية ولكن لا يمكن استبعاده كأحد الحلول [4].

●المواد والبنية السطحية:

ينبغي أن تكون خصائص المادة وبنيتها السطحية المستخدمة في PV وأنظمة المجمع الشمسي متوافقة مع الخصائص نفسها للعناصر الأخرى المشكلة لغلاف المبنى.

في حالة PV، يمكن استخدام الوحدات الكامدة وشبه الشفافة في نسيج المبنى حسب الرغبة. وتعتبر شبه شفافية خلايا PV ووحداتها سمة تصميمة مهمة، تقدم إمكانيات تطبيق جديدة وتؤمن إمكانية جيدة للتكامل المعماري. وغالباً ما يتباين الزجاج كمادة لامعة تستخدم عادةً كغطاء وحدة، مع السطح الانتهائي الكامد وغير المتوازن لمادة المبنى التقليدية مثل القرميد، ويجعل انعكاسه على السطح من الوحدة شديدة الوضوح على مسافة ومن ثم يسبب وهجاً غير مرغوب. وللتغلب على هذا، تم إنشاء السطوح الكامدة بالسفح بالرمل مما ينتج كل أنواع الأنماط المنتظمة وغير المنتظمة.الشكل (3). ويمكن أيضاً استخدام أنواع متنوعة من الزجاج المركب كغطاء زجاجي لإنشاء سطح كامد [5].



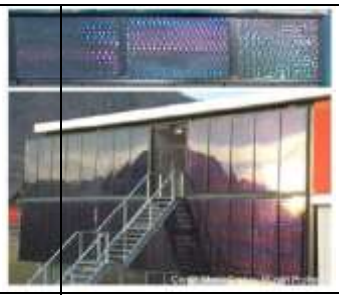
الشكل(3): شروحات بعض التنويعات الممكنة في البنية السطحية لـ PV. المصدر: [5]

في حالة المجمعات الحرارية الشمسية المزججة، يكون مرة أخرى هو الزجاج المرئي. وعادةً ما يكون هذا الزجاج فائق البياض لأمثلة تمرير الطاقة الشمسية. ويمكن تركيب سطحها بشكل خفيف، ليصبح منتشراً قليلاً، أو قد يكون أملس بشكل كامل وشفافاً مع تغطية مضادة للانعكاس. وعادةً ما يكون الماص صفيحة معدن سوداء مصنوعة غالباً من النحاس، الألمنيوم، أو الفولاذ وقد يكون من قطعة واحدة أو من صف من الشرائح المعدنية. وقد تكون هندسة بنية سطح الماص متنوعة تماماً

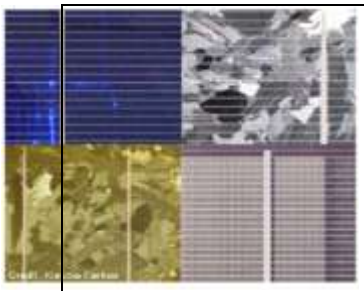
بالاعتماد على المصنّع، ولكن بالعادة لا يتم تقديم أية مرونة ضمن منتج محدد. ومن أجل المجمّعات غير المزججة، تكون صفيحة معدن الماص طبقة مرئية فقط. أنابيب الزجاج، شريحة معدن الماص وفي معظم الحالات صفائح الوحدة السوداء مرئية في حالة الأنابيب المفرغة .[4].

●اللون:

عادةً ما تكون ألوان خلايا السيليكون البلورية وغير المتبلورة زرقاء. بتعديل الطبقة المضادة للانعكاس يكون من الممكن إيجاد ألوان أخرى. الخلايا الشمسية رقيقة الشريحة المحتوية على سيليكون غير متبلور أو CIS ذات لون أسود بينما تمتلك خلايا CdTe مظهراً مخضرّاً. الشكل (4 و5).



الشكل (4): ألوان مرئية فوق نظام STC. المصدر: [4]



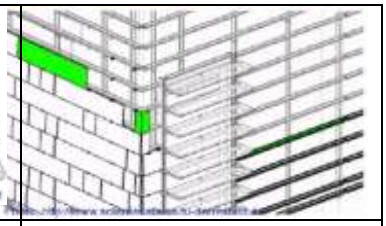
الشكل (5) : مجال الألوان في PV. المصدر: [4]

ويعطي مجال الألوان الإمكانية لإنتاج أي نوع من النمط المرغوب في نسيج المبنى [5].

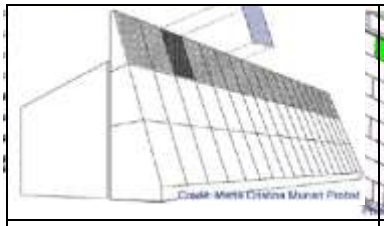
عادةً ما تكون الماصات المستخدمة في المجمّعات الشمسية الحرارية سوداء أو زرقاء غامقة للمساعدة في وظيفة تجميع الحرارة. نتائج لون الماص معظم الوقت من تغطيات انتقائية مستخدمة لأمثلة الامتصاص ولتقليل ضياعات الانبعاثات. ويمكن للون هذه التغطيات أن يتغير وفقاً لزاوية الرؤية، بحيث يمكن للون الماص أن يبدو بنفسجياً أو أزرق أو أحمر بالاعتماد على زاوية ورود الشمس على السطح. كما ظهرت درجات اللون البني الغامق والأخضر الغامق في السوق ولكن بدرجة قليلة.وتؤمّن منتجات PV حرية أكثر بالمقارنة إلى المجمّعات في هذا الاعتبار [4].

●شكل الوحدات وحجمها

ينبغي أن تكون أشكال وحدة PV وأنظمة المجمّع متوافقة مع شبكة تركيب المبنى ومع الأبعاد المتنوعة لعناصر الواجهة الأخرى. وتكون عادةً اختيار التقنية التي تؤثر على الشكل الأساسي للوحدة. ومن أجل أنظمة PV، تأتي الوحدات المتبلورة الأحادية والمتعددة بحجوم قياسية وقد تكون كبيرة بينما يكون للشرائح الرقيقة أشكالاً وحجوماً متنوعة. ويكون لتطور نماذج الوحدة المقطوعة إلى الحجم الملائم هدف توفير وحدات يمكن تكييف حجمها مباشرةً على الموقع كما في منزل Surplus لفريق ألمانيا لـ Solar Decathlon 2009 (الشكل (6). ومع أن معظم المنتجات في السوق تأتي بحجم وحدة قياسية، هناك حرية قصوى في استخدام PV على السطوح وعناصر الواجهة. وستكون هناك تنويعات في الشكل الأساسي لشكل وحدة المجمّع وحجمه وفقاً للسطح المتوافر المكشوف ونوع المجمعات المختارة[4] .



الشكل (7): تكامل نظام STC في منزل متعدد الأسر، غليسدورف، النمسا ووصل STC.
المصدر:[4]



الشكل (6): تكامل تغطية سطح PV لواجهة منزل الوفرة للفريق الألماني ووصل تغطيات PV المستخدمة
المصدر:[4]

- **أنواع الوصل:**

ينبغي اعتبار الوصل بشكل دقيق عند اختيار المنتج كأنواع وصل تحدد بشكل مختلف شبكة وحدة النظام في علاقتها إلى المبنى، وفي منزل الوفرة بـ TU Darmstadt، تمت تغطية واجهة PV بأسلوب التغطيات التقليدية للأسطح الشكل (6). كما ان مظهر الوصل في المجمعات المستخدم في المساكن الأسرية متعددة الأسر في غليسدورف يبدو مشابهاً بالحجم والنسبة إلى تلك التي للمبنى .[4] الشكل(7)

- **عناصر وظيفية متعددة**

يعتبر القسم الأكبر من التكامل هو إمكانية استخدام PV وأنظمة المجمّع كجزء من العناصر متعددة الوظيفة، ومن ثم، استبدال عناصر المبنى التقليدية. وتؤمن الوظيفية المتعددة للأنظمة الميزة الحاسمة ليصمم المعماري بعناصر قليلة، طالما أن كل منها يحقق العديد من الوظائف. وفي منزل الوفرة الشكل (6) تم استخدام تغطيات PV كعنصر تغطية متعدد الوظيفة والأمر نفسه في حالة نظام stc المستخدم على واجهة منزل متعدد الأسر، النمسا الشكل (7).

النتائج والمناقشة:

4-تقييم التكامل المعماري لمشاريع عالمية مختارة:

تعتبر الأمثلة المشروحة عن أنظمة PV تطبيقات ناجحة مع التركيز الأساسي على واجهات المباني. ويتم تحليل تكامل كل من أنظمة PV وفقاً للمعايير المشروحة في الفقرات السابقة.

❖ استخدام الخلايا البلورية الأحادية في مركز المعرفة في مستشفى سانت أولاف.

المعماري: رايتو أيه أس.

الموقع: تروندهايم – النرويج.

تم تصميم المركز بتركيز قوي على الوظيفة وسهولة الاستخدام. سيوفر المركز مرافق لخدمة مستشفى سانت أولاف والجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا (NTNU) على حد سواء حيث يشمل المبنى خدمات مساندة للمستشفى مثل العيادات الخارجية وحدة لعلاج الاضطرابات المعقدة والمختبرات والمكاتب وغيرها من الخدمات، تمت إضافة واجهة زجاجية ذات PV متضمنة أجزاءً زجاجية وذلك للمحافظة على الحرارة بتقليل الضياع الحراري والتسخين المسبق لهواء التهوية وإنتاج الكهرباء. عندما تكون أبعاد الواجهات كبيرة فعند الشرائح العرضية العليا في الواجهة لن يكون هناك فرق يذكر من ناحية توليد الكهرباء من الخلية الشمسية من حيث تعرضها للشمس في الحالة العمودية التي توافق

التركيبات على الواجهة أو بين نفس الخلية في حال توجيهها بشكل مثالي وفق ميل الاشعاع الشمسي. وطالما أن الخرج الكهربائي من الخلايا يعتمد على درجة الحرارة فان مسافة 80 سم المتروكة عن الواجهة الأساسية بين واجهة الزجاج وجدار المبنى ستشكل منظومة تهوية وفق مبدأ المدخنة. وهذا سيؤدي الى تحسين عمل الخلايا وزيادة فعاليتها وبنفس الوقت حسن الترتيب سيوفر تظليلاً للنوافذ خلال الصيف.

كما كان هدف BP (الشركة الصانعة) منذ بداية المشروع اظهار حل ذي طابع جمالي معمارياً وذكي وظيفياً لتكامل المبنى فقد استخدمت خلايا PV بلورية وذات كفاءة مرتفعة بحدود 16% لتصل ذروة نظام انتاج الطاقة المتوقع الى 16كيلو وات وهو رقم مقبول جداً لواجهة بأبعاد 455متر مربع مع 192 متر مربع من خلايا PV الأحادية. حيث كانت رغبة الشركة منذ البداية اظهار تكامل PV مع المبنى بشكل جذاب مع تحقيق الرغبة بإنتاج طاقة نظيفة الشكل (8). [6].

وفيما يلي جدول تظهر فيه متطلبات التكامل المعماري للخلايا الشمسية وانعكاسها على التصميم المعماري لمبنى مركز المعرفة.

الجدول (1) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا الشمسية في مبنى مركز المعرفة. [الباحث]

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في تصميم المبنى
التموضع	توضع الوحدات بفواصل منتظمة أفقياً خارج مقطع الواجهة بدون نوافذ وفقاً للشبكة الأفقية للواجهة
المواد والبنية السطحية	مع توضع خلايا PV في طبقة الراتين في وحدات الزجاج المصفح، تبدو الخلايا مثل نقاط مربعة صغيرة عند فواصل منتظمة تخلق نمطاً.
اللون	الخلايا المستخدمة ذات لون أزرق وكانت متناغمة مع لون الزجاج المستخدم.
الشكل والحجم	يتناسب شكل وحجم وحدات PV مع شكل وحجم وحدة الواجهة الزجاجية. وتغطي وحدتا PV فراغ وحدة زجاجية واحدة.
أنواع الوصل	مع تصفح خلايا PV على الوحدات الزجاجية، يكون الوصل مشابهاً إلى الزجاج العادي على الواجهة.
الوظيفية المتعددة	تؤمن خلايا PV تظليلاً للنوافذ من شمس الصيف المرتفعة بالإضافة لتوليد الكهرباء.

الشكل(8): تغطية PV أحادية البلورة على واجهة زجاجية، مبنى مركز المعرفة، تروندهايم. المصدر: [6]

❖ استخدام خلايا بلورية متعددة في مبنى Paul Horn Arena

المعماري: Alman–Sattler–Wappner

الموقع: Tübingen، ألمانيا

تتميز القاعة الرياضية متعددة الوظائف بأربعة واجهات مختلفة تشكل جزءا لا يتجزأ من مفهوم المبنى. وقد حصل Paul Horn Arena على جائزة هوجو – هارينغ – في عام 2009 .

الواجهة الجنوبية الغربية لـ Paul Horn Arena هي أكبر واجهة خلايا ضوئية بالعالم تستخدم الخلايا الشمسية البلورية المتعددة الملونة. الـ 20000 خلية شمسية Sunways المتكاملة، كل منها بخرج 2 وات، لا تنتج فقط طاقة نظيفة لتحقيق جزء من طلب طاقة المباني الرياضية ولكن تضاف أيضاً إلى الاقتصاديات باستبدال التغطية التقليدية لكامل الواجهة. ويتكامل النظام الفولتي الضوئي بشكل كامل إلى المفهوم المعماري الكلي للمبنى، وخصوصاً الناجح في توليفة من المظاهر الوظيفية على الواجهة الجنوبية الغربية (Sunways).

فيما يلي جدول تظهر فيه متطلبات التكامل المعماري للخلايا الشمسية وانعكاسها على التصميم المعماري لمبنى Paul Horn Arena لتتكامل معه.

الجدول (2) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا في Paul Horn Arena.. [الباحث]

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
التموضع	يتم توضع الوحدات بحيث يكون طولها رأسياً للتوازن مع أفقية الواجهة.
المواد والبنية السطحية	تبدو الحدود المسطحة للوحدات مقطوعة عبر السطح ثنائي البلورة عندما يلحظ على الواجهة.
اللون	خلايا Sunways الزمردية مع بلورات مرئية تعطي المبنى مظهراً دراماتيكياً
الشكل والحجم	تم جعل أبعاد الوحدة قياسية لتناسب تماماً الواجهة بدون حجوم مقطوعة.
أنواع الوصل	يكون الوصل فقط لوحدات PV ولا توجد مشكلة في الحاجة لجعلها تبدو مشابهة لتلك التي للتغطيات الأخرى.
الوظيفية المتعددة	تستخدم وحدات PV كعناصر لتغطية الواجهة.

الشكل (9) تكامل الخلايا الشمسية البلورية المتعددة الملونة، Paul Horn Arena، Tübingen، ألمانيا. المصدر:[6]

❖ استخدام الخلايا رقيقة الشريحة في Dwelling houses

المعماري: Kaufmann Hermann

الموقع: Spinnereistraße –النمسا

فاز المهندسون المعماريون في المنافسة لتصميم مبنى يحتوي على منازل بداية الشباب بسبب التصاميم العقلانية، فهي واعية للطاقة ومرنة في التصميمات الداخلية، فصممت بدلا من واجهة مستمرة، فهي تحتوي على ستة كتل متطابقة مرتبة في أزواج على طول حدود الموقع.

ألواح الخلايا الشمسية المتحركة المستخدمة على الجهة الجنوبية من الواجهة والتي تخدم أيضاً من أجل التظليل من الشمس هي السمة الأكثر تميزاً لهذا المنزل. وعلى الجهة الجنوبية تم استخدام وحدات زائفة من اللون الأزرق نفسه مثل وحدات PV. وفي توليفة مع تغطية خارجية خشبية لامعة للمبنى تضيف الأباجورات المنزلقة على تركيب الواجهة. وتأثير الداخل قابلاً للتحكم مع ظل شمسي متحرك يتم تثبيته بالغراء على عناصر ألمنيوم منزلقة [7].

فيما يلي جدول تظهر فيه متطلبات التكامل المعماري للخلايا الشمسية وانعكاسها على التصميم المعماري للمباني السكنية Dwelling houses لتتكامل معه.

الجدول (3) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا في المنازل السكنية Dwelling houses.[الباحث]

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
التموضع	يتم توضع الوحدات بحيث يمكنها تظليل كل نافذة عندما يكون ضرورياً بالانزلاق.
المواد والبنية السطحية	المظهر الزجاجي للوحدات يجعلها تبدو كنوافذ. وتكون الخطوط البيضاء الأفقية الرقيقة ملحوظة.
اللون	يتباين لون PV الأزرق للوحدات مع تغطية الواجهة الخشبية ولكن يبدو كنافذة مع أنه تمت تغطية النوافذ.
الشكل والحجم	تعتبر أبعاد الوحدة هي نتيجة ارتفاع جلسة النافذة وعرض النافذة لتأخذ نفس الترتيب.
الوصل	يتم تثبيت وحدات PV بالغراء على عنصر الألمنيوم المنزلق المشابه لأية لوحة انزلاق تقليدية.
الوظيفية المتعددة	تؤمن خلايا PV تظليلاً للنوافذ بالإضافة الى انتاج الطاقة الكهربائية.

الشكل (10) تكامل خلية PV رقيقة على التظليل الشمسي المنزلق. منازل سكنية Spinnereistraße، النمسا.المصدر: [7]

❖ **استخدام المجمّع الشمسي الحراري: صفيحة مسطحة مزججة: في مبنى** إسكان اجتماعي Social housing.

المعماري: Philippon – Kalt Architectural limited

الموقع: باريس–فرنسا.

في باريس، مقابل محطة مترو باريس، وقد قام المهندسون المعماريون في فيليبون كالت بتسليم المبنى الأول من الإسكان الاجتماعي مع واجهة مصنوعة من الواح الطاقة الشمسية. ويتكون المبنى من سبعة عشر وحدة مسكن.

تحبس واجهة الألواح الشمسية من نمط رقعة الشطرنج الطاقة لإنتاج ما يكفي من الطاقة لتحقيق 40% من احتياجات الماء الساخن المحلي للمنازل. يتم تغليف المجمع شبه الشفاف المتعدد الوظيفية في واجهة مضاعفة تقدم خصوصية كاملة من المارين بواسطة القطار العلوي الذي يعمل عدة مرات بالنهار، ولكنه أيضاً يحد من الضجيج. وهذه الألواح الشمسية المضاعفة المصبوغة المركبة بطريقة غير متناظرة لها الكثير لتفاخر به بخصوص الطريقة الذكية والأنيقة للتكامل [8].

فيما يلي جدول تظهر فيه متطلبات التكامل المعماري للخلايا الشمسية وانعكاسها على التصميم المعماري للسكن الاجتماعي Social housing. لتتكامل معه.

الجدول (4) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري لstc في إسكان اجتماعي، باريس، فرنسا

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
الشكل والحجم	يتم اشتقاق ارتفاع الوحدة من ارتفاع الأرضية
التموضع	يتم توضع الوحدات بأسلوب رقعة الشطرنج بنمط غير متناظر في الواجهة
اللون	تكون الخلايا ذات لون أزرق قياسي متوافقة مع اللون الأزرق المنعكس للنوافذ. لا يوجد خيار لألوان أخرى
المواد والبنية السطحية	الخطوط الأفقية الملحوظة على وحدة ماص المجمع تكسر رأسية الواجهة
الوظيفية المتعددة	تستخدم الوحدات كظلال شمسية وحواجز للضجيج
العناصر الزائفة	لا تتوافر عناصر زائفة

الشكل (11) تكامل مجمعات صفيحة مزججة، الإسكان الاجتماعي، باريس فرنسا. المصدر: [8]

❖ استخدام المجمّعات الشمسية الحرارية: الأنابيب المجوفة في مبنى Sunny Woods

المعماري: Beat Kampfen

الموقع: زيورخ– سويسرا.

بنيت المساكن من قبل المهندس المعماري السويسري ,Beat Kampfen ويقع المسكن على تلة تواجه الجنوب بالقرب من الغابة في منطقة سكنية في زيورخ.

ويوضح اسم المبنى مفهومه. حيث كانت الطاقة الشمسية والبناء الخشبي مواضيع التصميم.

فصمم مبنى الشقق كمنزل موفر للطاقة. وللمرة الأولى تم تكامل المجمعات الحرارية الشمسية للماء الساخن كعنصر معماري مستخدم كدرابزين للشرفة في الواجهة الجنوبية. إن الدرابزين الشمسي بارتفاع 90 سم التي تبدو مثل درابزين عادية تكون مجموعة من تسعة أنابيب زجاجية طويلة. وداخل كل من هذه الأنابيب الزجاجية، هناك أنبوب بثخانة الإصبع مع ماص معدني ينقل الماء. يتم توجيه المجمّع ككل رأسياً، ولكن يتم تحويل كل ماص إلى الزاوية المثلى بحدود 55 درجة نحو الشمس، لتجميع الطاقة القصوى في الخريف والربيع. وإن تم تحديد خطوة المجمعات الشمسية، سيتم إنتاج الكثير من الطاقة في الصيف والقليل جداً في المواسم الأخرى. وكل من شرفات المجمع الشمسي الـ 18 تتميز بتركيب جميل من واجهة مغطاة بالخشب. وبالإضافة إلى ميزة الطاقة وسياج الشرفة، تخلق المجمعات الشمسية قيمة جمالية بإلقاء نمط متغير من الضوء والظل على أرضيات الغرف [1].

فيما يلي جدول تظهر فيه متطلبات التكامل المعماري للخلايا الشمسية وانعكاسها على التصميم المعماري لمبنى Sunny Woods. لتتكامل معه.

الجدول (5) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري لstc في Sunny Woods، سويسرا

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
الشكل والحجم	وحدات المجمع كل منها بتسعة أنابيب مجوفة تم تحديدها كدرابزين شرفة قياسية
التموضع	يتم توضع الوحدات بفواصل منتظمة في الواجهة
اللون	تكون الخلايا ذات لون أزرق قياسي والمتناغمة مع الزجاج المستخدم.
المواد والبنية السطحية	الخطوط الأفقية الناشئة بالأنابيب الشمسية تكون متميزة عن اذلخطوط الأفقية لتغطية الخشب.
الوظيفية المتعددة	تستخدم وحدات المجمع كدرابزين الشرفة.

الشكل (12): تكامل المجمّعات المفرغة كدرايزين شرفة، Sunny Woods، سويسرا . المصدر: [1]

❖ **استخدام المجمعات الحرارية الشمسية: المجمعات غير المزججة في المركز D**

Centre d' exploitation des Routes Nationales (CeRN

المعماري: Niv-o

الموقع: بروسينز – سويسرا.

مركز تشغيل الطريق الجديد(سيرن) في بورسينز، من أجل استبدال مباني صيانة قديمة التي يرجع تاريخها إلى بناء الطريق السريع. ويضم قطاع إداري تابع إلى موظفي مركز العمليات وقاعة لتخزين معدات وصيانة المركبات الثقيلة.

يتم تكامل المجمعات المعدنية المسطحة غير المزججة على الواجهة الطويلة الجنوبية للمبنى كتغطية واجهة متعددة الوظيفية. وقد تم استخدام العناصر الزائفة على واجهات غير مكشوفة مع المظهر نفسه كتلك النشطة. وقد صمم المعماري المبنى بالاعتماد على أبعاد الوحدة لحجم المجمع القياسي البالغة 86 سم. ومع أن المجمعات السوداء نتجت أصلاً من أجل التكامل على السطح، فقد تكاملت جيداً على الواجهة [9].

الجدول (6) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري لstc في Centre d' exploitation des Routes Nationales

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
الشكل والحجم	لصفائح المجمع عرض وحدة ثابت يبلغ 86 سم وتركيب الوحدة معتمد على هذا العرض.
التموضع	يتم تكامل المجمعات على الجزء الكامد من الواجهة الجنوبية.
اللون	لا تقدم الخلايا ذات اللون الأزرق القياسي أية مرونة للألوان الأخرى.
المواد والبنية السطحية	المظهر المركب المعدني يضيف على تعبير الواجهة
أنواع الوصل	مظهر وصلات نظيفة
الوظيفية المتعددة	تستخدم صفائح المجمعات للتغطية الخارجية وحماية الطقس وتسخين المياه

الشكل (13): تكامل الواجهة لمجمعات الصفيحة المسطحة غير المزججة كعنصر تغطية وظيفي متعدد (CeRN)، سويسرا.

المصدر: [9]

5-الجانب التطبيقي:

نظراً لعدم توفر مباني تستخدم الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء في اللاذقية باستناء الخلايا الشمسية المتوضعة على الأسطح لغرض تسخين المياه، قمنا بتجربة بسيطة على ثلاثة مبان قائمة وقمنا **باستبدال مادة الاكساء والنوافذ**

في الواجهة بخلايا شمسية لتخدم غرضاً ثنائياً يتمثل بانتاج الكهرباء وتمرير الضوء والشفافية للخارج ومادة اكساء بالاضافة الى الشكل العام الذي تضيفه للمبنى دون ان نقوم بأي تغيير في التصميم المعماري للمبنى حفاظاً منا على خصوصية فكرة المصمم في تشكيل المبنى.

●مبنى نقابة المهندسين في اللاذقية:

يتألف المبنى من سبعة طوابق ويأخذ الاتجاه غرب جنوب شرق والواجهات مكسية بالزجاج والالكبوند.

سنقوم باستبدال الزجاج على الواجهات الغربية والجنوبية بخلايا شمسية شفافة لتوليد الكهرباء ولتقوم بوظيفة النافذة أيضاً فهي شفافة وتقوم بتمرير الضوء، كما قمنا باستبدال وحدات الالكبوند بوحدات خلايا شمسية غير شفافة لتوليد الكهرباء وتكون بالإضافة لذلك مادة اكساء للواجهة. ثم سنقوم بتقييم التكامل المعماري للخلايا الشمسية في المبنى حسب متطلباته وفق الجدول:

الجدول (7) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا في مبنى نقابة المهندسين في اللاذقية

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
التموضع	يتم توضع الوحدات بحيث تشكل غلاف المبنى الخارجي
المواد والبنية السطحية	وحدات من خلايا متعددة البلورة ذات بنية كامدة ووحدات شفافة لتأمين الرؤية والاضاءة الطبيعية
اللون	الخلايا ذات لون أزرق قياسي متوافقة مع اللون الأزرق المنعكس للنوافذ. ويوجد خيارات لألوان أخرى للوحدات غير الشفافة
الشكل والحجم	تعتبر أبعاد الوحدة هي نتيجة ابعاد وحدات الزجاج والالكبوند
الوصل	يتم تثبيت وحدات PV على الهيكل المعدني للواجهة
الوظيفية المتعددة	تؤمن خلايا PV غلاف خارجي للمبنى واكساء للنوافذ بالإضافة لانتاج الطاقة.

الشكل (14): تكامل الواجهة للخلايا الشمسية كعنصر تغطية وظيفي متعدد (اللاذقية – مبنى نقابة المهندسين). المصدر: الباحث

•مبنى تجاري – مكاتب في شارع بغداد باللاذقية:

يتألف المبنى من اثني عشر طابقاً منهم الطوابق الثلاثة الأولى تجارية والباقي مكاتب والمبنى مفتوح من الجهات الأربعة واعتمد في اكسائه الخارجي على الحجر الأبيض والواجهات الزجاجية. وسنقوم باستبدال الواجهات الزجاجية في الواجهة الغربية بخلايا شمسية شفافة لتقوم بتمرير الضوء الى الداخل والاستفادة من ضوء النهار مع التخفيف من الوهج المزعج وللاستفادة منها أيضاً في توليد الكهرباء. ثم سنقوم بتقييم التكامل المعماري للخلايا الشمسية في المبنى حسب متطلباته وفق الجدول:

الجدول (8) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا في مبنى سكني في المشروع العاشر باللاذقية

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
التموضع	يتم توضع الوحدات بحيث تشكل النوافذ التي تمرر الضوء.
المواد والبنية السطحية	وحدات من خلايا متعددة البلورة ذات بنية شفافة ووحدات كامدة
اللون	الخلايا ذات لون أزرق قياسي متوافقة مع اللون الأزرق المنعكس للنوافذ. ويوجد خيارات لألوان أخرى
الشكل والحجم	تعتبر أبعاد الوحدة هي نتيجة مادة الزجاج المستخدمة في النوافذ
الوصل	يتم تثبيت وحدات PV على الهيكل المعدني للنوافذ

الوظيفية المتعددة	تؤمن خلايا PV شفافية وتمرر الضوء الطبيعي للداخل وتخفف من السطوع الزائد.

الشكل (15) : تكامل الواجهة للخلايا الشمسية كعنصر تغطية وظيفي متعدد (اللاذقية مبنى سكني –تجاري). المصدر: الباحث

•مبنى سكني في المشروع العاشر:

يتألف المبنى من ثلاثة طوابق ويأخذ الاتجاه شرق غرب ويوجد على الواجهة الغربية تراسات مظللة بمظلات من القرميد. ونلاحظ على السطح وجود خلايا شمسية لتسخين الماء.

سنقوم باستبدال القرميد بخلايا شمسية لتوليد الكهرباء ولتقوم بوظيفة التظليل ايضاً كما قمنا بوضع درابزون في نهاية المبنى من الخلايا الشمسية لتسخين الماء ولتقوم باخفاء عناصر الخدمة الموجودة على السطح.

ثم سنقوم بتقييم التكامل المعماري للخلايا الشمسية في المبنى حسب متطلباته وفق الجدول:

الجدول (9) يوضح دراسة تحليلية للتكامل المعماري للخلايا في مبنى سكني في المشروع العاشر باللاذقية

متطلبات التكامل	الانعكاس المعماري في المبنى
التموضع	يتم توضع الوحدات بحيث يمكنها تظليل كل شرفة وموجهة باتجاه الغرب.
المواد والبنية السطحية	وحدات من خلايا متعددة البلورة ذات بنية كامدة لتجنب الوهج
اللون	الخلايا ذات لون أزرق قياسي متوافقة مع اللون الأزرق المنعكس للنوافذ. ويوجد خيارات لألوان أخرى
الشكل والحجم	تعتبر أبعاد الوحدة هي نتيجة مادة الحجر المستخدمة في الاكساء
الوصل	يتم تثبيت وحدات PV على الهيكل المعدني للمظلات
الوظيفية المتعددة	تؤمن خلايا PV تظليلاً للشرفات والنوافذ.

الشكل (16) : تكامل الواجهة للخلايا الشمسية كعنصر تغطية وظيفي متعدد (اللاذقية – مبنى سكني). المصدر: الباحث

الاستنتاجات والتوصيات:

1- الخلايا الشمسية هي عناصر معمارية لها تأثيرها في تصميم المبنى فقد تجاوزت وظيفتها في تحويل المباني من مباني تقليديه الى مباني كفوءة في استهلاك الطاقة.

2- المرونة التي تقدمها الخلايا من خلال التنوع في الشكل والهيئة والحجم واللون تتيح للمعماري الحرية في التصميم والابداع.

3- ضرورة تبني فكر العمارة المولدة للطاقة كمدخل شامل يهدف لتحقيق الاكتفاء الذاتي من الطاقة ومتوافقة مع البيئة وتعكس روح العصر والثورة التكنولوجية.

4- إختيار المصمم للطريقة التي يرغب بتوظيف المنظومات الشمسية بها، ستعتمد بالدرجة الاساس على مواصفات المنظومة الشمسية.

5- لتحقيق التكامل المعماري للخلايا الشمسية مع المبنى يجب تحقيق متطلبات التكامل المتمثلة في ست نقاط أساسية وهي:

التموضع – المواد والبنية السطحية – اللون – الشكل والحجم – أنواع الوصل – الوظيفية المتعددة.

مع الأخذ بعين الاعتبار التوجيه الأمثل للخلايا لتحقيق الفاعلية الأقصى.

التوصيات:

التوصيات الخاصة بالبلديات:

- تطوير ضابطة البناء بحيث تتلائم مع حاجات الانسان والتقنيات المتطورة لنتجنب التشويه البصري الناتج عن المخالفة.
- اصدار قوانين وخطط تدعم التكنولوجيا المعاصرة (الخلايا الشمسية) لاعطاء طابع جمالي وحل وظيفي واقتصادي.

التوصيات الخاصة بالمؤسسات والجمعيات:

- جعل الطاقة البديلة (الطاقة الشمسية) كجزء من النظام الداخلي للبلديات.
- عقد المؤتمرات والندوات وتنظيم الحملات بهدف نشر الوعي بأهمية الطاقة الشمسية كعنصر تصميمي وجمالي (واستخدام الطاقات البديلة).

التوصيات الخاصة بالمواطنين:

- وضع برامج توعية لتوضيح أهمية الطاقات المتجددة لدى المواطنين.
- ايجاد برامج تمويل صغيرة لتشجيع المواطنين لتركيب منظومات الطاقة البديلة.

المراجع :

1- KJELLERUP. U. F., SANDER. K., WINDELEFF, J., HESTNES, A. G., KAPPEL, K. & ESBENSEN, *Solar Heating + Architecture*. 3nd . ed, Bogvaerket, Denmark, 2010,179.

2- ODERSUN. *Manual for BIPV Projects*. 2011. Available: http://www.odersun.com/uploads/pdf/Odersun-BiPV%20Manual-110902-EN-Download.pdf [Accessed 18 March, 2012].

3- REIJENGA, T. H. & KAAN, H. F. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. 2nd .ed, John Wiley & Sons, New Jersey USA, 2011, 1162.

4- PROBST, M. C. M. & ROECKER, C. *Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems*,1nd .ed, Routledge Taylor and Francis Group Oxford, UK,2011,173

5- ROBERTS, S. & GUARIENTO, N. *Building Integrated Photovoltaics / a handbook* [Online]. Available: http://www.springerlink.com/content/978-3-7643-9948-1/?MUD=MP&sort=p_OnlineDate&sortorder=desc&o=10 [Accessed 12 March, 2012].

6- *Best practice guide - Photovoltaics (PV)* [Online]. Available: http://www.seai.ie/Publications/Renewables_Publications/Solar_Energy/Best_Practice_Guide_for_PV.pdf [Accessed 25 April, 2012].

7- Wikipedia. *Photovoltaic system* [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_system [Accessed 15 May, 2012].

8- WOLTER, N. *Options for Integrating PV into Your Building*. 2003. Available: http://www.ecw.org/wisconsun/learn/bipvoptions.pdf [Accessed 20 April, 2012].

9- ZIMMER, L.. *Checkerboard solar-clad housing project pops up in Paris* 2011 [Online]. Available: http://inhabitat.com/checkerboard-solar-clad-housing-project-pops-up-in-