



المبادئ التوجيهية لدمج وحدات الطاقة الكهروضوئية في المباني
في منطقة دول البحر المتوسط



FOSTerInMED

Fostering Solar Technology in the Mediterranean Area



Project
funded by the
EUROPEAN UNION

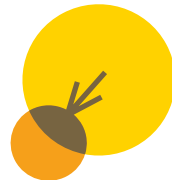




Project
funded by the
EUROPEAN UNION



صدر هذا المنشور بفضل الدعم المالي المقدم من الاتحاد الأوروبي
في إطار برنامج التعاون عبر الحدود في حوض البحر الأبيض المتوسط



FOSTER inMED

مدير المشروع
جامعة كالياري

قسم الهندسة والعمارة المدنية والبيئة
البروفيسور / أنتونيلو صنا

المحررون

مادلينا أنشينزا (جامعة كالياري - إيطاليا)

جوزيبي ديسوجاس (جامعة كالياري - إيطاليا)

هذا العمل المشترك يضم مساهمات من جميع أعضاء
اللجنة الفنية والعلمية.

الفصل ١

المقدمة

مادلينا أنشينزا وجوسيبي ديسوجاس (جامعة كالياري - إيطاليا)

الفصل ٢

أنواع الوحدات الكهروضوئية

مادلينا أنشينزا (جامعة كالياري - إيطاليا)
بالإضافة إلى بعض المساهمات من ماتيا بلتراميني
(المركز الخاص لخدمات للشركات - إيطاليا)

الفصل ٣

دمج الوحدات الكهروضوئية في المباني

مادلينا أنشينزا (جامعة كالياري - إيطاليا)
بالإضافة إلى بعض المساهمات من
أنطونيلو ترومبادور (حكومة إقليم سردينيا - إيطاليا)

الفصل ٤

تحسين النظرة الاجتماعية والمؤسسية ورؤية مصممي البناء

مادلينا أنشينزا (جامعة كالياري - إيطاليا)

الفصل ٥

أداء النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني وتقدير أحجامها / والمرفق

جوزيبي ديسوجاس (جامعة كالياري - إيطاليا)

بالإضافة إلى بعض المساهمات من

ديفيد بيفاري (جمعية غرف التجارة والصناعة في البحر الأبيض المتوسط - إسبانيا)

كاميليا يوسف ومحمد صلاح السبكي

(اتحاد جمعيات الأعمال المصرية الأوروبية - مصر)

إلياس قيناب وطلال سالم (معهد البحوث الصناعية - لبنان)
فراس علاونة وليث باشا (الجمعية العلمية الملكية - الأردن)
ناجي أماييا (غرفة التجارة والصناعة في تونس - تونس)
ماريا فرانشيسكا مورو (حكومة إقليم سردينيا - إيطاليا)

الفصل ٦

الممارسات الجيدة

مادلينا أنشينزا وجوسيبي ديسوجاس (جامعة كالياري - إيطاليا)

التصميم

جيانكارلو مورجيا

إخلاء مسؤولية

صدر هذا المنشور بفضل الدعم المالي المقدم من الاتحاد الأوروبي في إطار برنامج التعاون
عبر الحدود في حوض البحر الأبيض المتوسط. تقع محتويات هذه الوثيقة في إطار
مسؤولية جامعة كالياري وشركاء مشروع فوستر إن ميد، ولا يمكن، تحت أي ظرف، أن
يتم التعامل معها بوصفها تعبيرًا عن موقف الاتحاد الأوروبي أو الهيكل الإدارية للبرنامج.
يبلغ إجمالي ميزانية مشروع فوستر إن ميد 4,5 مليون يورو، ومموله الاتحاد الأوروبي
بمبلغ ٤,٥ مليون يورو من خلال برنامج التعاون عبر الحدود في حوض البحر الأبيض المتوسط
(www.enpicbmed.eu).

بيان حول البرنامج

إن برنامج التعاون عبر الحدود في حوض البحر الأبيض المتوسط ٢٠٠٧-٢٠١٣ هو مبادرة
عبر الحدود للتعاون متعدد الأطراف بتمويل من الآلية الأوروبية للجوار والشراكة. ويهدف
البرنامج إلى تعزيز عملية التعاون المستدامة والمنسجمة على مستوى حوض البحر
الأبيض المتوسط عن طريق التعامل مع التحديات المشتركة وتعزيز الإمكانيات الذاتية.
وممول البرنامج مشروعات التعاون مساهمة منه في التنمية الاقتصادية، والاجتماعية،
والبيئية، والثقافية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط. وتشارك ١٤ دولة في البرنامج وهي:
قبرص، ومصر، وفرنسا، واليونان، وإسرائيل، وإيطاليا، والأردن، ولبنان، ومالطا، وفلسطين،
والبرتغال، وإسبانيا، وسوريا (المشاركة متوقفة حاليًا)، وتونس. تقع سلطة الإدارة المشتركة
في منطقة الحكم الذاتي سردينيا (إيطاليا)، واللغات الرسمية للبرنامج هي العربية
والإنجليزية والفرنسية (www.enpicbmed.eu).

بيان عام عن الاتحاد الأوروبي

يتألف الاتحاد الأوروبي من ٢٨ دولة من الدول الأعضاء، قررت أن تتواصل معًا تدريجيًا
لتتشارك في المجالات المعرفية، والموارد، والمصير. قامت هذه الدول معًا، خلال فترة
التوسع على مدى ٥٠ عامًا، ببناء منطقة تنعم بالاستقرار والديمقراطية والتنمية المستدامة،
مع المحافظة على التنوع الثقافي والتسامح والحريات الفردية. ويلتزم الاتحاد الأوروبي
بمشاركة إنجازاته وقيمه مع الدول والشعوب خارج حدود بلاده.

٧

المقدمة



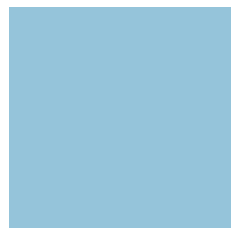
١٠

أنواع الوحدات الكهروضوئية



٢٢

دمج الوحدات الكهروضوئية في المباني



٣٤

تحسين النظرة الاجتماعية والمؤسسية ورؤية مصممي المباني



٣٩

أداء النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني وتقدير أحجامها



٥٧

الممارسات الجيدة





المقدمة



ما هو دمج الطاقة الكهروضوئية في المباني؟

تتصف التقنية الكهروضوئية بكونها تقنية واسعة النطاق تسمح بتوليد التيار الكهربائي المستمر باستخدام أشعة الشمس. وتتكون الأنظمة الكهروضوئية من خلايا كهروضوئية مصنوعة من أشباه الموصلات، تجتمع معًا لتشكيل وحدة أو لوحة كهروضوئية يمكن استخدامها وحدها أو وضعها على المبنى. وهناك طريقتان لوضع خلايا الطاقة الكهروضوئية على المباني الجديدة أو المقامة بالفعل: إما دمجها مع المبنى، أو تثبيتها ببساطة على المبنى. وتشير الحالة الأخيرة إلى الخلايا الكهروضوئية المضافة إلى المبنى، في حين تشير الخلايا الكهروضوئية المدمجة في المبنى إلى الوحدات الكهروضوئية التي يخطط لها المصمم لاستبدال عنصر رئيسي من عناصر البناء (لا لتغطيته). ويمكن لهذا العنصر أن يكون غطاء السقف، أو الواجهة، أو عنصر تظليل، أو في الشرفات. وبفضل الخيارات الكثيرة والمتنوعة المتوفرة حاليًا في الأسواق، يمكن للمصمم أن يقرر قوة الخلية ونوعها، ليس هذا فحسب بل وحجمها، ولونها، ودرجة شفافيتها كذلك.

لماذا يجب أن تستخدم الطاقة الشمسية في المباني؟

إن المفهوم الرئيسي المستتر وراء تعريف الخلايا الكهروضوئية المدمجة في المبنى هو أنها من الممكن أن تقدم المزيد من الوظائف المعمارية للمبنى، ولا يقتصر عملها على إنتاج الطاقة فحسب، مثل الحماية من تسرب المياه وتظليل المبنى، على سبيل المثال لا الحصر. وتعد هذه هي الطريقة المثلى لزيادة كفاءتها الاقتصادية والبيئية قدر الإمكان. فإذا ما تم تثبيت الأنظمة الكهروضوئية على المبنى، لا تعود هناك حاجة لاستخدام مساحات إضافية من الأراضي، وتنتج الكهرباء مباشرة في موقع الاستخدام، ما من شأنه أن يقلل خسائر التوزيع والنقل كما هو الحال بالنسبة شبكات الكهرباء العامة. إذا وضعت الأنظمة الكهروضوئية في الاعتبار بطريقة سليمة وتم دمجها في مرحلة التصميم، ستكون هناك فرصة أكبر أمام المصممين ليحدثوا أثرًا ملموسًا. ويمكن النظر للأنظمة الكهروضوئية باعتبارها مادة من مواد البناء تقدم إمكانيات تقنية وجمالية متعددة، وتساهم في زيادة الوعي بالطاقة، وخلق بيئة مريحة.

طبيعة المبادئ التوجيهية

تؤدي المبادئ التوجيهية دورًا رئيسيًا في مشروع فوستر إن ميد، حيث تهدف إلى نشر المعرفة بالمشروع في المناطق الشريكة وغيرها من المناطق. وينظر إلى المبادئ التوجيهية بوصفها أداة بسيطة تفيد في إلقاء نظرة عن كثب على الخلايا الكهروضوئية المدمجة في المباني، والحصول على المعلومات الأساسية اللازمة لتخطيط الأنظمة الكهروضوئية وتصميمها وتركيبها.



التنفيذ والترويج



المصممون المعماريون ومصممو المنشآت

إن الهدف الرئيسي من المبادئ التوجيهية هو توفير المادة التعليمية لمسارات تدريب برنامج فوستر إن ميد. وتوجه هذه المواد إلى طلاب الجامعات، والمصممين المعماريين، ومصممي المنشآت، وكذا عمال التركيبات، لتكون بمثابة أداة مرجعية أساسية لفهم التكنولوجيا وأفضل طريقة لدماجها في المباني.

ومن المتوقع أيضاً أن تصبح هذه المبادئ التوجيهية معياراً لمساعدة المصممين على تحديد جدوى تركيب النظم الكهروضوئية، كما ستساعد سلطات التخطيط المحلية على التوصية بأفضل الممارسات. وتُوزع المبادئ التوجيهية على نطاق واسع داخل إطار الصناعة الكهروضوئية، وبين مجموعات البناء، والمصممين المحترفين، وممالي البناء، وسلطات التخطيط، كما يمكن أن يتم توفيرها لمنظمات أخرى؛ أي أنها باختصار موجهة لجميع أصحاب المصلحة في سلسلة القيمة الكهروضوئية.



طلاب الجامعات

ومن أهم أصحاب المصلحة:

- طلاب الجامعات
- المصممون المعماريون ومصممو المنشآت (المهندسين المعماريين، ...)
- عمال التركيبات
- كما يمكنها أن تعود بالنفع كذلك على:
- السلطات الحكومية الوطنية
- سلطات التخطيط المحلية
- مرافق الطاقة
- مزودي خدمات الشبكة
- منظمات التمويل
- ملاك المباني
- مقاولي البناء



عمال التركيبات

هيكل المبادئ التوجيهية

وُضع هيكل المبادئ التوجيهية بهدف السماح لمختلف الجهات المعنية بتحديد المعلومات التي تتعلق بهم. وهناك مجموعة بسيطة من الرموز التي تساعد القراء على الوصول إلى الجزء الذي يحوز على اهتمامهم.

ويهدف الجزء الأول إلى تحديد التقنيات الكهروضوئية الحالية التي يمكن تطبيقها على المباني. أما الجزء الثاني فيوضح القيمة المضافة لدمج الطاقة الكهروضوئية في المباني من حيث التصميم المبتكر وكفاءة الطاقة والتكاليف.

ويتناول الجزء الثالث أداء النظم المتكاملة، وتقدير أحجامها، ومتطلباتها. ويبين الجزء الرابع بعض أفضل الممارسات في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

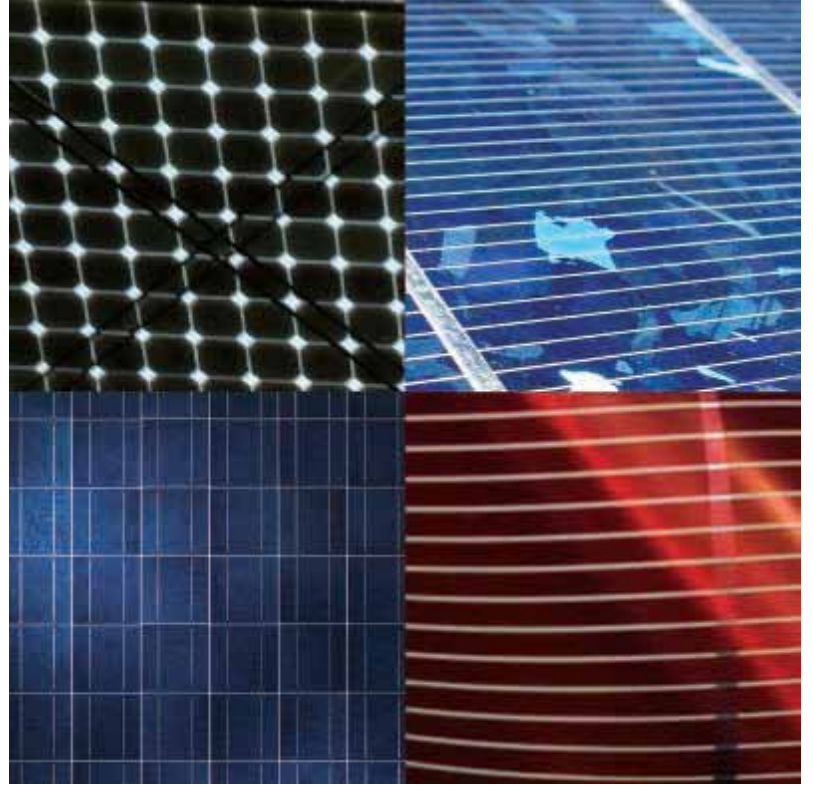
وتقدم المرفقات، المقدمة في صورة أسطوانة دي في دي مرفقة في نهاية هذا المنشور، لمحة عامة عن توليد الطاقة الكهربائية وتوزيعها في المناطق الشريكة، كما تسلط الضوء على بعض الجوانب المهمة والحلول الممكنة التي يقدمها تنفيذ دمج الطاقة الكهروضوئية في المباني.

٢

أنواع الوحدات الكهروضوئية



هناك أنواع مختلفة من الوحدات الضوئية، ولكن النوع الأكثر شيوعاً في الاستخدام لدمج التكنولوجيا الكهروضوئية في المباني هو الوحدات البلورية (وحيدة ومتعددة البلورات) ووحدات الأغشية الرقيقة. ويمكن إضافة بعض النماذج الجديدة إلى هذه الأنواع مثل الوحدات الهجينة، ووحدات التركيز، والوحدات الكهروضوئية المضئية.



الشكل ١ أنواع الألواح الكهروضوئية المختلفة

وتتميز الوحدات البلورية، التي تستند في تكوينها إلى خلايا السيليكون، بكفاءتها العالية؛ إلا أن تكلفتها تزيد عن تكلفة نظيراتها من وحدات الأغشية الرقيقة. وتصنع الألواح الشمسية أحادية البلورة من بلورة كبيرة من السيليكون، وعادة ما تشتمل على أشكال متعددة الأضلاع مرتبة جيداً لونها أزرق وأسود. ويستخدم هذا النوع غالباً في التطبيقات حين تكون مساحة التركيب محدودة، لأنه الأكثر كفاءة في الضوء الجيد، حيث تبلغ كفاءته القياسية عادة حوالي 15 أو 20%، مما يمنح المستخدم أقصى ناتج ممكن من الكهرباء مقارنةً بمساحة التركيب المتوفرة. أما الطاقة المتضمنة، أي الطاقة اللازمة لإنتاج هذا النوع من الألواح الكهروضوئية، فتكون أكبر من تلك المتضمنة في سائر الأنواع الكهروضوئية.

وتعتبر ألواح الطاقة الشمسية متعددة البلورات، التي تتميز بشكل الزجاج المتفتت بسبب عملية التصنيع التي تتم باستخدام العديد من بلورات السيليكون، هي الأكثر شيوعًا. وتقل كفاءتها قليلاً عن كفاءة الألواح أحادية البلورة، نظرًا لتركيبها النووي الأكثر اضطرابًا. وتبلغ كفاءة الطاقة بها عمومًا حوالي ١٤-١٧%، كما أن متوسط العمر المتوقع لها يصل من ٢٠ إلى ٢٥ سنة. وتحتوي وحدات الأغشية الرقيقة على طبقة حساسة، غير متبلورة، ورقيقة جدًا من السيليكون أو بعض المواد البديلة، مثل نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت أو تيلوريد الكادميوم، مثبتة على حامل رخيص السعر من الزجاج، أو البلاستيك، أو الفولاذ المقاوم للصدأ. ويشيع استخدام الألواح الشمسية المصنوعة من السيليكون اللابلوري في تطبيق الوحدات الكهروضوئية المدمجة في المباني بسبب تعدد خيارات استخداماتها وشكلها الجمالي. ويمكن لوحدة الأغشية الرقيقة أن تكون صلبة أو مرنة، كما يمكن أن تُصنَّع بألوان مختلفة، مما يجعلها تتميز بمرونة كبيرة في استخدامها في التطبيقات والمواقع المختلفة. ويتطلب تصنيع هذا النوع كميات قليلة نسبيًا من المواد الخام، كما أنه يناسب الإنتاج الآلي، ولهذا السبب تكون أسعاره رخيصة نسبيًا.



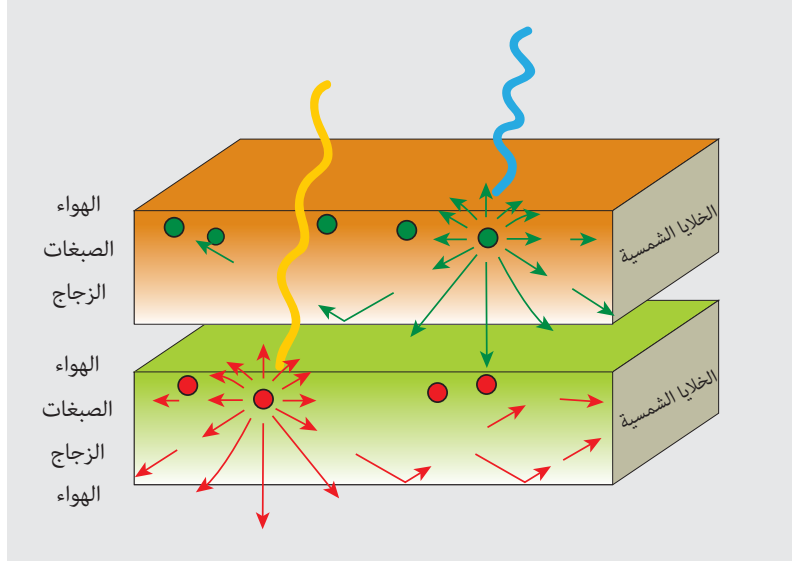
الشكل ٢ ألواح كهروضوئية من الأغشية الرقيقة مركبة على السطح

ومع ذلك، فإن كفاءتها أقل (على سبيل المثال ٤-٨%)، وكذا متوسط العمر المتوقع لها (١٥-٢٠ سنة). أما وحدات الأغشية الرقيقة غير القائمة على السيليكون، مثل تلك التي تستخدم نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت أو تيلوريد الكادميوم، فكفاءتها أفضل، حيث تتجاوز بعضها ١٠%، إلا أن كفاءتها تقل خلال السنة الأولى من التشغيل. وتجمع الخلايا الشمسية الرقيقة بين الخزف المصنوع خصيصًا لها وطبقات الأغشية الرقيقة. ويمكن طباعة الخلايا الشمسية الوسطى ذات الهيكل الفائق مباشرة على الزجاج ومعالجتها في درجة حرارة أقل من ١٥٠ درجة مئوية لإنتاج طبقة قوية شبه شفافة. وتتيح الألواح الجديدة إمكانيات كبيرة للمهندسين المعماريين ومهندسي الواجهات والبنائين. ويمكن إنتاجها من مواد غير مكلفة، ومتوفرة، وغير سامة، وغير قابلة للتآكل، كما يمكن تشكيلها في أي حجم. ويمكن طباعة هذه الخلايا مباشرة على الزجاج بمجموعة من الألوان، مما يجعلها مثالية لصقل زجاج الألواح والواجهات. ويمكن استخدام طبقة كهروضوئية رقيقة للغاية من السيليكون غير المبلور لتغطية الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورة. وتكمن ميزة هذه الأنواع من الخلايا في أنها أكثر حساسية لأشعة الشمس، كما أن أداءها في درجات الحرارة العالية أفضل من الخلايا الكهروضوئية التقليدية المصنوعة من السيليكون البلوري، إلا أن أسعارها مرتفعة. وتُعرف هذه الخلايا بشكل عام باسم الخلايا متعددة الطبقات.



الشكل ٣. أ. ٣. ألواح وعناصر الخلايا الشمسية الحرارية الهجينة

تتكون وحدات **الخلايا الشمسية الحرارية الهجينة** من الخلايا الضوئية وجامع الطاقة الحرارية الشمسية، الذي يحتجز الطاقة المتبقية ويزيل بقايا الحرارة من الخلايا الكهروضوئية. ويمكن استخدام مثل هذه الأنظمة هندسيًا لإبعاد الحرارة عن الخلايا الكهروضوئية وتبريدها، وبالتالي تحسين كفاءتها. وتستبدل النظم الكهروضوئية المكثفة لوحات الخلايا الشمسية بلوحات الخلايا البصرية التي تركز أشعة الشمس على مجموعة من الخلايا الشمسية الصغيرة، عالية الأداء، حيث يتم تحويل الضوء إلى كهرباء. ويؤدي تركيز الضوء إلى الحصول على كفاءة أعلى لتحويل الخلايا الكهروضوئية، كما يسمح باستبدال جزء كبير من المواد المتفاعلة ضوئيًا بمكونات أرخص تعمل على تركيز الضوء. ولم يتم التحقق من موثوقية النظم الكهروضوئية المكثفة في هذا المجال على مدى فترات زمنية طويلة كما هو الحال مع النظم القياسية، ويُعزى ذلك إلى أن هذه التكنولوجيا استطاعت أن تحقق بعدًا صناعيًا في السنوات الأخيرة فحسب.



الشكل ٤ مخطط مكثف الإنارة الشمسي

ويمكنها الوصول إلى مستويات مرتفعة من الكفاءة فقط في حالة استخدام مكثفات ذات محور ثنائي المسار.

إن **مكثف الإنارة الشمسي** هو جهاز بسيط في أساسه، يستخدم الدليل الموجي الصناعي أو الزجاجي مع جزيئات الإنارة لتوليد الكهرباء من أشعة الشمس، وذلك عند توصيله بالخلايا الضوئية. ويعمل المكثف وفق مبدأ توزيع الأصباغ الفلورية التي تمتص جزءاً من ضوء الشمس على لوح من زجاج الأمان، ثم إرساله من جديد في نفس اللوح. ويتم توصيل الأشعة إلى خلايا شمسية صغيرة تصطف على طول الحواف، وتحول هذه الأشعة بدورها إلى كهرباء. وعلى الرغم من قدرته على توليد طاقة شمسية منخفضة التكلفة (وهذا النوع أكثر كفاءة من النماذج التقليدية، حيث تُنتج الطاقة من أشعة شمسية ضعيفة، كما أنه لا يحتاج إلى ميل معين ومن ثم يمكن وضعه عمودياً، مما يجعله مثاليًا للنظم الكهروضوئية المدمجة في المباني)، يواجه مكثف الإنارة الشمسي تحديات عديدة، تتعلق معظمها بمواد الإنارة المستخدمة في تصميمه. ولا تزال الأبحاث ومستمرة حيث لم يصبح المنتج متوفراً بعد في الأسواق.

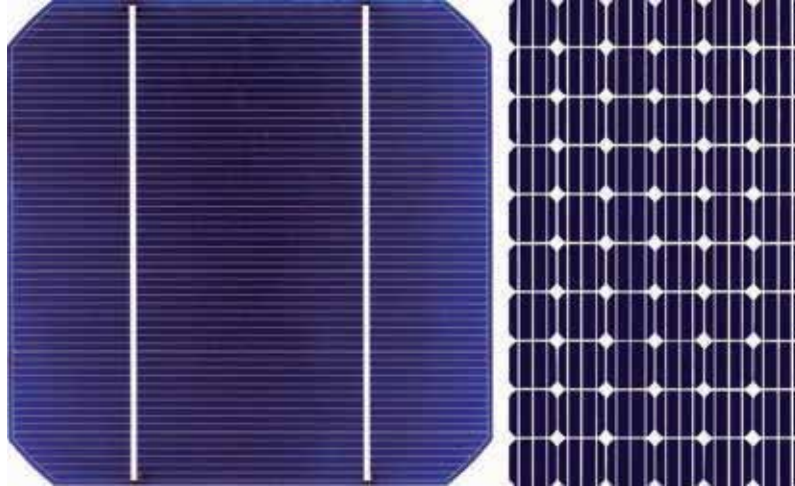
٢.١ اللون

ينتج لون الخلايا الضوئية عن عملية التصنيع الخاصة، ومن ثم فإن هذا اللون ناتج عن معالجة السيليكون الذي تُصنع منه الخلايا. ومما لا شك فيه أن لون الخلايا الضوئية يؤثر على امتصاص أشعة الشمس، مما يعني أن الطاقة المتولدة سوف تختلف باختلاف اللون المستخدم. ويعطي اللون مختلف الألواح الكهروضوئية الفرصة لتصبح متكاملة مع المبنى باعتبارها نافذة سقف، أو حائط ساتر، أو شرفة، أو أي حل آخر من حلول البناء متعددة الوظائف، مما يقدم الحل المناسب لمشكلة استخدام الخلايا الكهروضوئية عندما يكون التكامل مع المبنى ضرورة ملزمة، كما هو الحال في معظم مراكز المدن التاريخية في دول أوروبا.

تصنع الخلايا الكهروضوئية من أشباه الموصلات، أهمها الأغشية البلورية والرقيقة، التي تختلف فيما بينها من حيث كفاءة امتصاص الضوء، وكفاءة تحويل الطاقة، وتكنولوجيا التصنيع، وتكلفة الإنتاج.

٢.٢.١ السيليكون أحادي البلورة

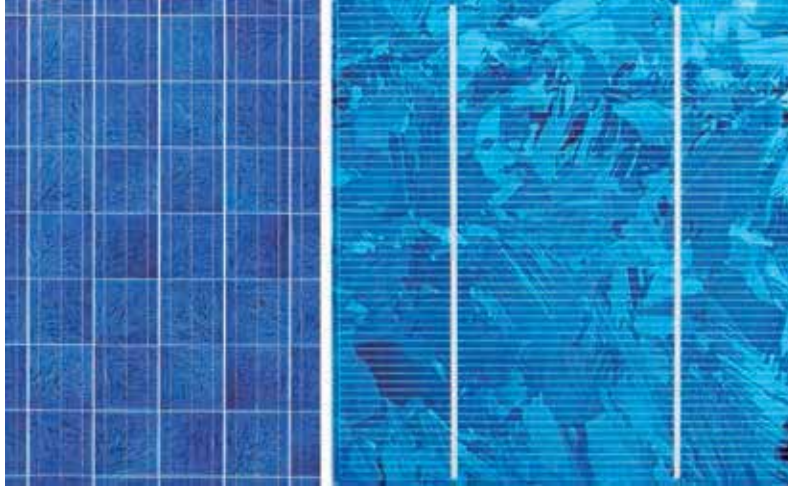
إن السيليكون أحادي البلورة هو الأكثر شيوعاً في صناعة الخلايا الكهروضوئية، وتقنية الإنتاج الرئيسية المستخدمة في تصنيعه هي طريقة تشوخرالسكي. تُذاب البلورات المتعددة عالية النقاء في بوتقة الكوارتز، وتُغمس بذرة سيليكون أحادي البلورة في هذه الكتلة المنصهرة من البلورات. وعند سحب البذرة ببطء من الخليط المذاب، نحصل على سبيكة أحادية البلورة. ثم يُعاد تشكيل السبائك في صورة رقائق رقيقة يبلغ سمكها من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ ميكرومتر (١ ميكرومتر = ١/١٠٠٠٠٠٠ متر). تُلَمع الرقائق الرفيعة، وتُعالج، وتُغلف، وتُرَبط معاً، وتُجمع في وحدات ومصفوفات. ويتميز السيليكون أحادي البلورة بتركيب جزيئي موحد. وعند مقارنته بالمواد اللابلورية، نجد أن تناسقه الكبير يؤدي إلى زيادة كفاءة تحويل الطاقة؛ وهي نسبة الطاقة الكهربائية التي تنتجها الخلية مقابل كمية أشعة الشمس؛ أي مخرجات الطاقة مقسومة على مدخلات الطاقة. وكلما زادت كفاءة تحويل الخلية الكهروضوئية، زادت كمية الكهرباء التي تولدها من مساحة محددة معرضة لأشعة الشمس. وبالإضافة إلى فعالية الوحدات أحادية البلورة في إنتاج الطاقة، فإنها توفر وسيلة موثوق بها لتنفيذ تطبيقات الطاقة في الأماكن المفتوحة.



الشكل ٥ خلايا السيليكون أحادي البلورة

٢ . ٢ . ٢ السيليكون متعدد البلورات

يتم إنتاج الخلايا الكهروضوئية متعددة البلورات، التي تتكون من حبيبات صغيرة من السيليكون أحادي البلورة، عن طريق تقطيع رقائق رقيقة من كتل قوالب السيليكون متعدد البلورات. وهناك نهج إنتاج أكثر تقدمًا وهو "الإنتاج بالزرع على الشرائط" حيث يزرع السيليكون مباشرة على شرائط أو ألواح رقيقة بالسلك المطلوب لصناعة الخلايا الكهروضوئية. وحيث أن هذه الطريقة لا تحتاج للنشر، فإن تكلفة التصنيع تكون أقل. أما نهج إنتاج الشرائط الأكثر تطوراً من المنظور التجاري فهو نهج تغذية الشريط محدد الحواف في التصنيع. مقارنةً بالسيليكون أحادي البلورة، نجد أن مادة السيليكون متعدد البلورات أقوى، ويمكن أن تقطع بسلك يصل إلى ثلث سلك السيليكون أحادي البلورة، كما أن تكاليف إنتاج الرقاقة أقل ومتطلبات الإنتاج أيسر.



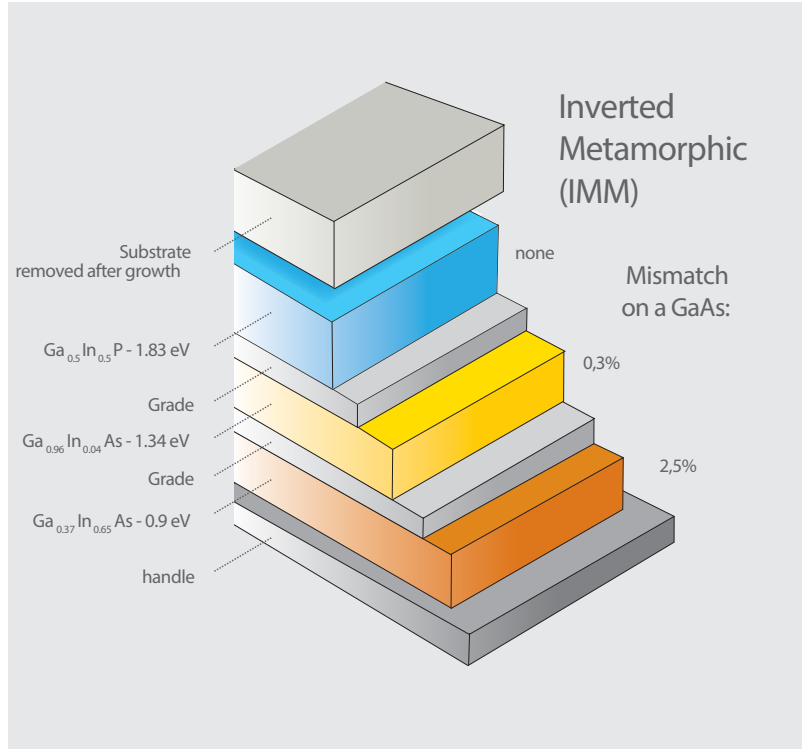
الشكل ٦ خلايا السيليكون متعددة البلورات

٢ . ٢ . ٣ زرنخيد الغاليوم

يقدم زرنخيد الغاليوم أعلى تكنولوجيا للطاقة الشمسية متاحة في الوقت الراهن، وهو مركب من أشباه الموصلات يتكون من عنصرين، هما: الغاليوم والزرنخ. ويتميز زرنخيد الغاليوم ببنية بلورية مماثلة للسيليكون، ومستوى عالٍ من امتصاص الضوء، مما يؤدي إلى تحقيق مستويات كفاءة مرتفعة للغاية، تصل إلى أكثر من ٢٧% للخلية واحدة، وما يزيد على ٢٣% للوحة الطاقة الشمسية. وتمنح هذه المميزات الهامة خلايا زرنخيد الغاليوم القدرة على منافسة خلايا السيليكون، على الرغم من ارتفاع سعرها على الدوام. وقد ركزت الأبحاث الحالية على إيجاد وسيلة لتقليل تكاليف الإنتاج بغية تقديم لوح زرنخيد الغاليوم إلى الأسواق بكثافة.



الشكل ٧ ألواح زرنخييد الغاليوم



الشكل ٨ مخطط زرنخييد الغاليوم

٤ . ٢ . ٢ السيليكون اللابلوري

يستخدم السيليكون اللابلوري في الغالب في المنتجات الإلكترونية الاستهلاكية التي تتطلب خفض إنتاج الطاقة وتكاليف الإنتاج، ولذا كانت هي المادة المهيمنة على الأغشية الكهروضوئية الرقيقة منذ اكتشافها لأول مرة في عام ١٩٧٤. إن السيليكون اللابلوري هو شكل غير بلوري من السيليكون، أي أن ذرات السيليكون غير مرتبة في تكوينها. وهناك ميزة هامة للسيليكون اللابلوري وهي قدرته العالية على امتصاص الضوء، والتي تزيد حوالي ٤٠ مرة عن تلك التي يتصف بها السيليكون أحادي البلورة. ومن ثم، لا يحتاج الأمر إلا إلى طبقة رقيقة من السيليكون اللابلوري لصنع الخلايا الكهروضوئية (يبلغ سمكها حوالي 1 ميكرومتر مقابل ٢٠٠ ميكرومتر أو أكثر لخلايا السيليكون البلورية). وتنتمي خلايا السيليكون اللابلوري إلى فئة السيليكون الرقيق، ولها العديد من المميزات. أولاً، يتطلب الأمر كمية قليلة من السيليكون، كما يمكن صناعة الركائز من مواد غير مكلفة مثل الزجاج، والفولاذ المقاوم للصدأ، والبلاستيك. ولهذه الأسباب، تحظى الخلايا السيليكون اللابلوري بفرصة كبيرة لأن تصبح أرخص من الخلايا الشمسية أحادية أو متعددة البلورات. وعلاوة على ذلك، يمكن وضع وحدة الأغشية الرقيقة المرنة على الأسطح المنحنية كما يمكن أن تؤدي أداءً جيداً نسبياً في ظروف الإضاءة السيئة.

٢ . ٢ . ٥ الكادميوم تيلوريد

وهي تقنية كهروضوئية تقوم على استخدام طبقة رقيقة من الكادميوم تيلوريد لامتناس أشعة الشمس وتحويلها إلى كهرباء. وبوصفه مركبًا من أشباه الموصلات متعددة البلورات المصنوعة من الكادميوم والتيلوريوم، يمتلك الكادميوم تيلوريد قدرة كبيرة على امتصاص الضوء، حيث يمكن للوح سمكه لا يزيد عن ١ ميكرومتر أن يمتص ٩٠% من الطيف الشمسي.

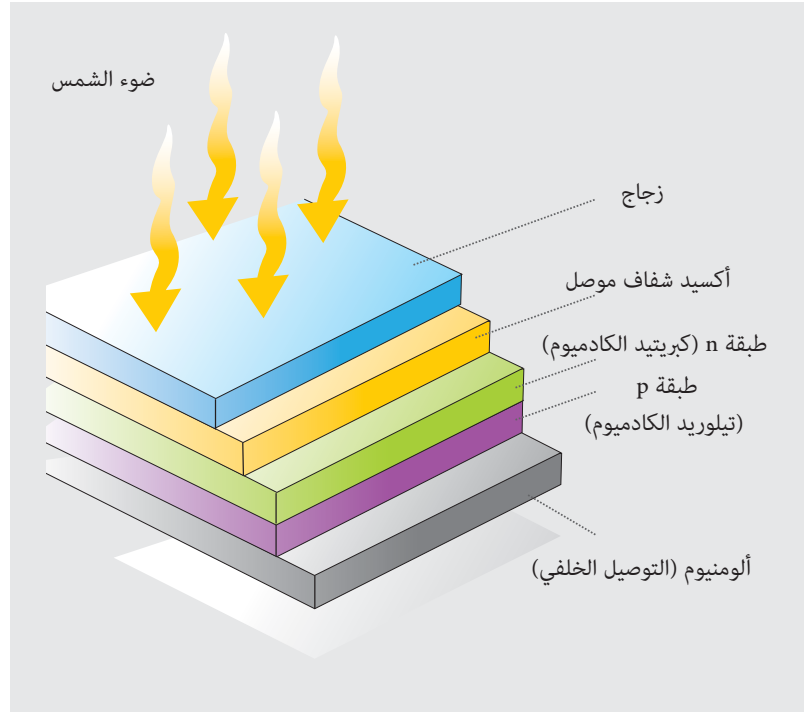
وتكمن الميزة الرئيسية لهذه التقنية في إمكانية تصنيع الألواح بتكاليف أقل من الألواح الشمسية المصنوعة من السيليكون. كما أن تصنيعها من السهولة يمكن، حيث أن الحقل الكهربائي اللازم لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء ممكن أن ينشأ عن خصائص نوعين من الجزئيات الكادميوم، كبريتيد الكادميوم وكذلك الكادميوم تيلوريد. ويعني هذا أن خليط بسيط من الجزئيات من شأنه أن يحقق الخصائص المطلوبة، ويبسط عملية التصنيع، مقارنة مع الخطوات الكثيرة لعملية دمج نوعين مختلفين من السيليكون المصقول لتصنيع ألواح السيليكون الشمسية.

ويمتص الكادميوم تيلوريد أشعة الشمس على طول موجي يقترب من الطول المثالي، حيث يحتجز الطاقة عند أطوال موجية أقصر مما تفعل ألواح السيليكون، كما أن المواد المستخدمة متاحة بوفرة، حيث أن الكادميوم يتواجد بوصفه منتجًا جانبيًا من منتجات بعض المعادن الصناعية الهامة الأخرى مثل الزنك. ويساعد هذا على تجنب تقلبات الأسعار التي تحدث مع تغير أسعار السيليكون. وعلى الرغم من ذلك، في حين أن السعر يمثل ميزة كبيرة، فإن ألواح الكادميوم تيلوريد تحقق حاليًا كفاءة منخفضة للغاية تصل إلى حوالي ١٠,٥%، وهي نسبة تقل كثيرًا عن مستوى الكفاءة النموذجي لخلايا السيليكون الشمسية. وعلى عكس الكادميوم المتوفر نسبيًا، فالتيلوريوم ليس متوفرًا، حيث أنه عنصر نادر جدًا في الطبيعة. وهناك عيب آخر وهو السمية العالية للكادميوم، كونه واحد من أكثر ٦ مواد قاتلة وسامة.

٢ . ٢ . ٦ نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت

تنتمي النظم المصنوعة من نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت إلى أسرة الأغشية الكهروضوئية الرقيقة. ويتألف نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت من بلورات شبه موصلة مركبة من النحاس والإنديوم والسيلينيوم، وقد كان أحد المجالات البحثية الرئيسية في صناعة الأغشية الرقيقة. وكان سبب الاهتمام به هو أنه يقدم أعلى كفاءة "بحثية" لتحويل الطاقة من بين جميع مواد الأغشية الرقيقة، كما أنه يقترب من الكفاءة البحثية لخلايا السيليكون الكهروضوئية متعددة البلورات، التي يصل مقياس كفاءتها إلى حوالي ١٨-١٩%. بالإضافة إلى ذلك، يمتاز نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت بأنه أحد أكثر أشباه الموصلات امتصاصًا للضوء، حيث يمكن ل ٠,٥ ميكرومتر أن يمتص ٩٠% من الطيف الشمسي.

وعلى الرغم من تفوقه على الكادميوم تيلوريد، والذي يتأثر سلبيًا جراء مشكلة استخدام معدن الكادميوم الثقيل وندرة التيلوريد، يظل تطوير نحاس الإنديوم ثنائي سيلينيت تجاريًا متأخرًا عن الكادميوم تيلوريد.



الشكل ٨ نحاس الإندسيوم ثنائي سيلينيت

٢ . ٢ . ٧ الجرافين

لا تزال مادة الجرافين قيد الدراسة لفحص إمكانية استبدالها بالسيليكون. ولأن مادة الجرافين تتكون من الكربون النقي، فقدرتها على توصيل الشحنة مرتفعة للغاية، بالإضافة إلى أنها شفافة ومرنة، وفي الوقت نفسه ذات مقاومة عالية. ومن الناحية تكوينه المادي، يتكون الجرافين من جزيء ثنائي الأبعاد (يبلغ سمكه ٠,٣٥ نانومتر فحسب) من ذرات الكربون، قادر على نقل الإلكترونات بسرعة كبيرة. وتولد المواد التقليدية التي تحول الضوء إلى كهرباء، مثل السيليكون والغالسيوم، إلكترون واحد لكل فوتون تمتصه، وحيث أن الطاقة التي يحتوي عليها الفوتون تزيد عما يمكن للإلكترون الواحد أن يحمله، يُفقد جزء كبير من الطاقة الموجودة في الضوء في صورة حرارة. واليوم، كشفت الأبحاث الجديدة أنه عندما امتصاص الجرافين للفوتون يقوم بتوليد عدة إلكترونات قادرة على نقل التيار. ويعني هذا أنه في حالة فعالية الأجهزة المصنوعة من الجرافين في تحويل الضوء إلى كهرباء، فيمكنها أن تكون أكثر فعالية من الأجهزة الشائع استخدامها اليوم. ويمكن أن تعمل هذه المادة أيضًا مع كل طول موجي ممكن (ليس هناك مادة أخرى في العالم لها هذه الخاصية)، وهي مرنة وقوية، ورخيصة نسبيًا، ويمكن دمجها بسهولة مع غيرها من المواد.

٨ . ٢ . ٢ الخلايا العضوية الكهروضوئية

يبدو أن الخلايا العضوية الكهروضوئية ستكون محور اهتمام الأبحاث العلمية، حيث تعكس اتجاه دراسة أفضل لكفاءة استخدام الطاقة باستخدام المشتقات النفطية، مثل القطن وزيت الخروع، لإنتاج طلاء وتشجيع استخدام المواد المتجددة. تخرج بذور الخروع مادة صمغية تشبه النايلون إلى حد بعيد، في حين يضمن القطن مستوى الصلابة الصحيح بفضل ألياف السليلوز التي يتكون منها.

ومؤخرًا، تم تطوير بعض أساليب الإنتاج الضخم اعتمادًا على تقنيات الطباعة التي تسمح بتصنيع الألواح الشمسية العضوية المزخرفة. وتحسن حرية تنفيذ التصميم من مدى تطبيقات الألواح على أسطح المساحات الداخلية والخارجية للمباني. في هذه الحالة، لا يمكن أن يزيد سمك الألواح الشمسية عن 0.2 مم، ويشمل ذلك الأقطاب وطبقات البوليمر التي يتجمع فيها الضوء. وعلاوة على ذلك، يمكن طباعة بعض الرسومات لتحسين الشكل العام للألواح.



الشكل ٩ ألواح الكربون التي يتكون منها الجرافين



الشكل ١٠, ١١ "ورقة الشجر" العضوية الكهروضوئية

وتُصنع الألواح الشمسية باستخدام آلات الطباعة التي تعتمد على أساليب الطباعة التقليدية باستخدام طريقة من لفة إلى لفة، والتي تسمح بإنتاج سريع لهذه المنتجات بكميات كبيرة: يمكن لآلة الطباعة أن تنتج ما يصل إلى ١٠٠ متر من طبقات الأغشية في الدقيقة الواحدة. ويمكن تصنيع الخلايا العضوية الكهروضوئية بأسعار معقولة؛ فاستهلاك المواد منخفض، كما يمكن إعادة تدوير الخلايا العضوية الكهروضوئية بعد الاستعمال. حتى وإن كانت الألواح الشمسية العضوية حلاً مثيراً للاهتمام في دمج الخلايا الكهروضوئية في المباني، لكونها مرنة وخفيفة، إلا أن كفاءتها لا تزال أقل كثيراً مقارنةً بالألواح السيليكون التقليدية الصلبة، كما أن دورة حياتها لا تعطيها ميزة تنافسية.

٣ . ٢ الشفافية

توجد وحدات بنسب مختلفة الشفافية، ١٠%، ٢٠% أو ٣٠%، في الأسواق، وتعطي ميزة إدخال ضوء الشمس إلى الأماكن المغلقة، وفي الوقت نفسه تجنب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

وتتألف هذه الألواح في الغالب من خلايا بلورية شفافة، وفي كثير من الأحيان تتكون من وحدات لها جانب خلفي شفاف وخلايا بلورية قياسية. وهناك حل آخر مثير للاهتمام وهو استخدام طبقة رقيقة من الوحدات غير المتبلورة الشفافة. ويمكن استخدام الوحدات الشفافة بوصفها زجاج للنوافذ العادية، والنوافذ الشمسية، كما يمكن أن تدمج في الأسطح، وما إلى ذلك. وفي كثير من الأحيان تكون جزءاً من وسائل التظليل سواء كانت متحركة أو ثابتة.



الشكل ١٢ | الألواح الشمسية الشفافة

٤ . ٢ الحجم

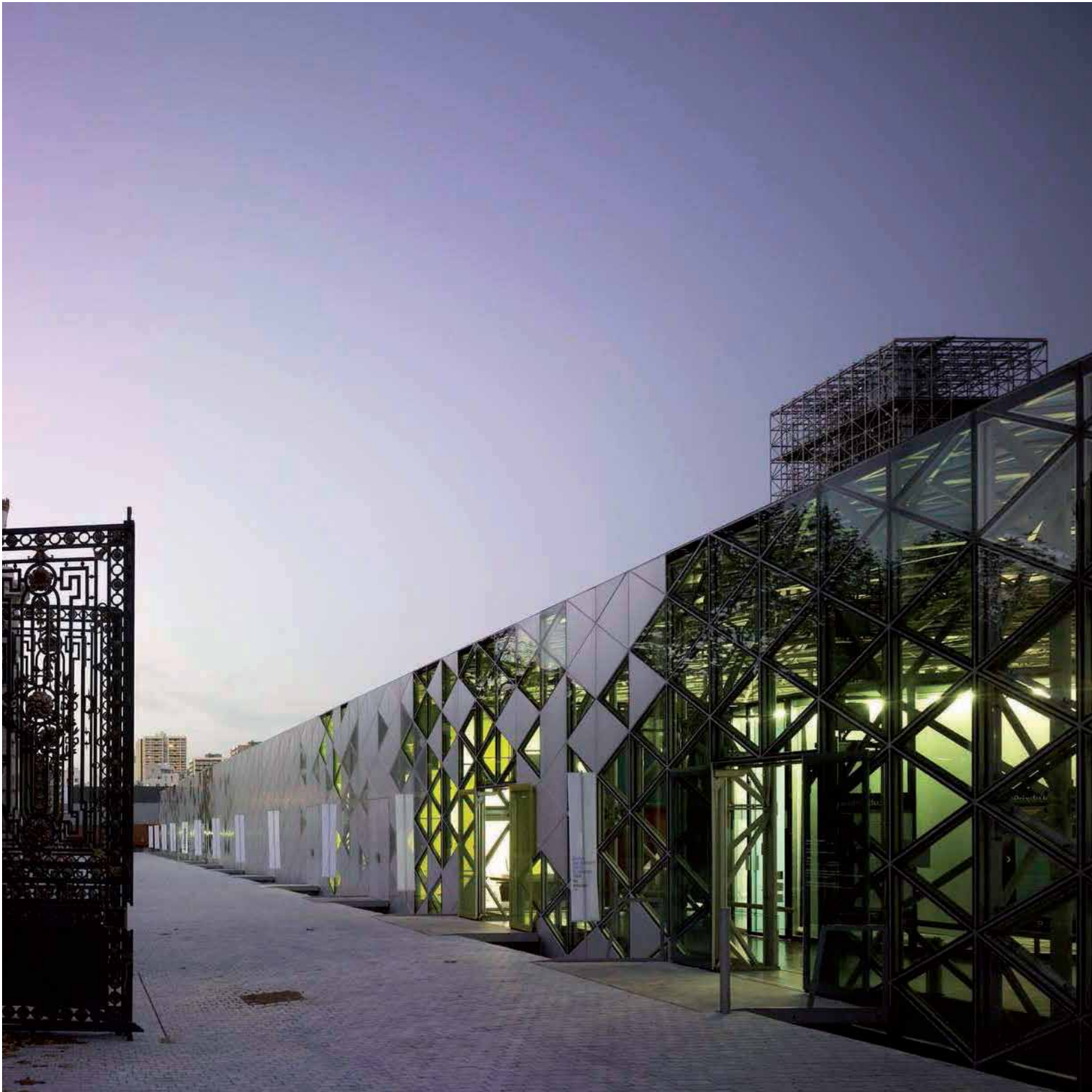
تتكون الخلايا الكهروضوئية من وحدات، مما يتيح قدرًا كبيرًا من المرونة في التصميم والمواصفات. وفي الممارسة العملية، يتم تحديد حجم النظام دائماً وفق المساحة المتوفرة أو احتياجات المنشأة من الطاقة. ويعتمد حجم الخلايا الكهروضوئية المركبة على عدة عوامل:

- الموقع الجغرافي
- المساحة المتوفرة
- الطاقة المطلوبة سنوياً
- وضع الخلايا. ويضمن هذا الحصول على مستوى معين من الكفاءة اعتماداً على الميل والتظليل الجزئي.
- اختيار الوحدات الكهروضوئية، (بعض وحدات الطاقة الكهروضوئية تولد كهرباء لكل متر مربع تزيد عن غيرها من الوحدات)
- الميزانية المتاحة والحوافز

٥ . ٢ الشكل

تأتي الألواح الكهروضوئية في مجموعات كبيرة ومتنوعة الأبعاد والأشكال، ويتوقف هذا على تجميع الخلايا المكونة لها، عملياً، دون قيود. كما أنها يمكن أن تصمم تصميمًا خاصًا، وفقاً للطلبات المقدمة من كبرى الشركات.

ويمكن تشكيل الألواح المصنعة باستخدام الوسائل التكنولوجية الجديدة، مثل الأغشية الكهروضوئية المرنة، وتكييفها مع جميع الأسطح، سواء كانت معتمة أو شفافة.



٣

دمج الوحدات الكهروضوئية في المباني



٣.١ التعريف

إن دمج الوحدات الكهروضوئية في المباني هي ممارسة تسمح باستخدام الوحدات الكهروضوئية بوصفها عناصر معمارية، وذلك لكونها جزءاً من تصميم المبنى ولها وظيفة معمارية، وليست مجرد ألواح مثبته فحسب. وتختلف الوحدات المدمجة عن الوحدات المرفقة التي تعتبر إضافات تثبت على المباني، وبالتالي لا تربطها علاقة مباشرة بالجوانب الفنية لهياكل البناء. أي أن الوحدات الكهروضوئية المدمجة تختلف عن الوحدات الكهروضوئية المرفقة، حيث لا يتم دمج الوحدات الكهروضوئية المرفقة في الغلاف الخارجي للمبنى، وبالتالي لا تعتبر بديلاً لأجزاء البناء التقليدية مثل الوحدات الكهروضوئية المدمجة.

يمكن تعريف الوحدات الكهروضوئية بأنها مدمجة عندما تتسبب إزالتها في تعرض وظائف غلاف المبنى للخطر، وكذا التصميم النظري للمبنى نفسه. (باسنت، ٢٠١٢) وعادة ما يكون من الممكن تحقيق الدمج المعماري، أي دمج الأنظمة بطريقة مناسبة معمارياً بحيث تعزز جماليات المبنى. ومع ذلك، قد لا يتيسر تحقيق ذلك الدمج في كل الأحوال.

في معظم الأحيان، تكون النظم الكهروضوئية أو نظم التجميع المركبة على المباني إما مدمجة معمارياً، أو مدمجة مع المبنى، أو تتصف بكلتا الصفتين. وليس من الضروري أن تكون هذه الأنظمة مدمجة مع المبنى لتحقيق شروط الدمج المعماري. ويمكن كذلك أن نضيف أن الدمج مع المبنى يكون في نفس الوقت دمجاً معمارياً، إلا أن الدمج المعماري ليس دائماً دمجاً مع المبنى. عندما تعزز عملية الدمج من الجودة المعمارية للمبنى، تسمى دمجاً معمارياً. ومن ثم، في حالة السقف المجهز بالوحدات الكهروضوئية المدمجة في المبنى، قد يكون السقف مصنوع خصيصاً والوحدات الكهروضوئية مثبتة بالفعل باعتبارها الجزء الخارجي من السقف. وفي حالة السقف المجهز بوحدات كهروضوئية مدمجة معمارياً، يمكن وضع الوحدات الكهروضوئية في صورة عنصر تسقيف عادي مع تقنيات البناء العادية. وفي كلتا الحالتين، يمكن لدمج الوحدات أن يضيف إلى القيمة الجمالية للسقف والمبنى بأسره، وبالتالي يطلق عليه دمجاً معمارياً. وكذلك، لا يعني الدمج أن الوحدات الكهروضوئية تستخدم بطريقة تجعلها خفية ولا يمكن تمييزها. إخفاء الوحدات الكهروضوئية أو عدم إظهارها لا يعد بالضرورة أمراً رائعاً أو مهماً. في الواقع، قد يكون إنتاج الطاقة في الأنظمة الكهروضوئية عرضة للخطر بسبب الدمج المعماري، وهو ما يعني أنها قد لا تثبت في أفضل موقع واتجاه، في إطار نهج استخدام هذه النظم بطريقة تعزز الشكل المعماري للمبنى. وقد يكون تقديم التنازلات أمراً ضرورياً، إلا أن أفضل وضع هو عدم الاضطرار لتقديم أية تنازلات. قد تكون هناك أسباب عملية تدعو للجوء لحل الوسط، ولكن علينا أن نكون أكثر ابتكاراً وإبداعاً في معالجة هذا الوضع.

ويشير مصطلح العنصر المدمج والألواح الكهروضوئية المدمجة في المباني إلى مفهوم دمج العناصر الكهروضوئية في غلاف المبنى، وتأسيس علاقة تكافلية بين التصميم المعماري، والخصائص الفنية، وتحويل الطاقة المتجددة الاقتصادية. وبالتالي فإن الوحدات الضوئية تحل محل مواد البناء التقليدية، وتقوم بوظيفتها. وعلى الرغم من أن هذه الفكرة ليست جديدة، إلا أنها لا تطبق على نطاق واسع بسبب التخطيط المكثف والتحديات المعمارية التي تواجهها حالياً.



ويتعلق الدمج في البناء بدمج النظم الكهروضوئية مادياً في المبنى، مع التركيز على الانطباع العام الذي تعطيه للمبنى. بالنسبة للمهندس، يُعد الجانب الجمالي، وليس الدمج الفعلي، هو السبب الرئيسي لتناول الدمج في المبنى بالحديث. أما الوضع الأمثل فهو وجود نظام جيد للدمج على المستويين المادي والجمالي. في الواقع، هناك العديد من الأمثلة حين يظهر الدمج المادي عدم وجود دمج جمالي، ويظهر التحليل البصري لأنظمة الطاقة الشمسية في المباني أن مظهر المبنى سيء التصميم لا يتحسن ببساطة عن طريق إضافة نظام مصمم تصميمًا جيدًا. وعلى الجانب الآخر، يتقبل الجميع المبنى المصمم جيدًا الذي يحظى بنظام طاقة شمسية جيد الدمج (ريجنجا وخان، ٢٠٠٣).

ويتأثر دمج الألواح الكهروضوئية ويسترشد بمعايير معينة لتحقيق الجودة أثناء عملية الدمج. وهناك عدد من القضايا المعمارية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند دمج هذه النظم في المباني. وتؤدي هذه القضايا أدوارًا هامة للغاية لتحقيق جودة الدمج المعماري، والتي تستوجب الوفاء بالجوانب الأساسية للبناء مثل القضايا الوظيفية والرسمية وجوانب البناء (بروبست وروكر، ٢٠١١). وبالتالي، يمكن تعريف نوعية الدمج المعماري للألواح الكهروضوئية ومجمعات الطاقة الشمسية من خلال دمجها المتناسك والمتحكم به في وقت واحد في إطار وجهات النظر الوظيفية والرسمية (الجمالية) وتلك المتعلقة بالبناء (بروبست وروكر، ٢٠١١).

٣ . ٢ . ١ طريقة دمج الوحدات الكهروضوئية في المباني لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة

زادت أهمية تخفيض استهلاك الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في مجال التنمية المستدامة في قطاع الهندسة المعمارية. في عصر المباني التي يقترب استهلاكها للطاقة من الصفر، يتعين على المهندس المعماري إبلاغ أصحاب المباني بمزايا المباني الموفرة للطاقة التي يمكن أن تقلل من الطلب على الطاقة بشكل كبير (مع التكاليف البيئية والاقتصادية النسبية) والتي تعمل بالطاقة المتجددة. وبالتالي، على المهندس المعماري أن يمتلك المعرفة والأدوات اللازمة لتعزيز دمج الأنظمة الكهروضوئية في المباني، حيث أنه من الضروري أن يفهم إمكانيات، والتزامات، ومزايا، وسلبات المشروع ويتناولها بالبحث. إذا وضع دمج الأنظمة الكهروضوئية في المباني في الاعتبار بشكل صحيح من بداية مرحلة التصميم، يمكن أن يصبح التصميم المعماري طريقاً لضمان دمج أفضل للنظم الكهروضوئية من وجهة النظر الجمالية، والمعمارية، والحيوية، والاقتصادية. ونظراً لتزايد الإقبال على الأنظمة الكهروضوئية، فمن الضروري منع الاستخدام العشوائي للمبنى. ولذلك فمن المناسب أن يعلم المهنيون العاملون في عملية البناء أنهم يستطيعون الاعتماد على العروض المبتكرة في مجال التكنولوجيا الكهروضوئية: أي دمج العناصر الكهروضوئية في البناء والمعمار. وتسمح النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني بالحد من التكاليف الأولية للاستثمار والمواد والعمالة اللازمة للإعداد، كونها جزءاً من واجهة المبنى وكذلك مولداً للطاقة، بالمقارنة مع البناء التقليدي حيث لا تحل الوحدات الكهروضوئية محل العناصر التقليدية للمبنى. وتُعد النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني تقنية متعددة الوظائف يمكن تكييفها بالشكل الأمثل لكل من الإنشاءات الجديدة والمباني القائمة. ويسمح هذا لتكنولوجيا النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني بأن تكون واحدة من أسرع قطاعات الصناعة الضوئية نموًا.

٣ . ٢ . ٢ الدمج الجمالي متعدد الوظائف

ينطوي مفهوم النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، كما هو الحال في البناء والهندسة المعمارية، على جانبين مدمجين.

- الأول هو تعدد وظائف عنصر الطاقة الشمسية، أي الدمج الوظيفي / والدمج في التشييد.

- وعلى الجانب الآخر هناك الدمج الجمالي، أي جودة الدمج المعماري.

ويشير الدمج الوظيفي إلى دور الوحدات الكهروضوئية في المبنى. ولهذا السبب، يمكننا أن نتكلم عن تعدد الوظائف أو معايير الوظيفة المزدوجة. وتعتبر الوحدات الضوئية مدمجة في المبنى إذا كانت تمثل أحد مكونات المبنى. ويمكن لوظائف المبنى في سياق النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني أن تكون أحد الجوانب التالية:

- الحماية من ظواهر الطقس: المطر، والثلج، والبرد، والأشعة فوق البنفسجية؛

- الصلابة الميكانيكية والسلامة الهيكلية؛

- الحماية من الحرارة والشمس مثل توفير الظل / أو استغلال ضوء النهار؛

ومن ناحية أخرى، يشير الدمج الجمالي إلى مفهوم البناء والمظهر، ومن الصعب تعريفه بطريقة فريدة. ومن الممكن فهم الدمج الجمالي (بالمعنى اللفظي والرمزي) على أنه القدرة الكهروضوئية على تعريف اللغة المعمارية للمباني. في العمارة المعاصرة، تمثل الصورة إحدى أول عوامل التعرف على المباني، كما أنه مسار جديد ومحدد للابتكار أكثر ارتباطاً "بالمعمار الشمسي".

وعلى أية حال، لا يمكن لأي تعريف للمظاهر الجمالية أن يحدد على وجه اليقين مدى جمال الدمج موضوعية، ولكن يمكنه أن يساعد المهندسين المعماريين ومالكي المباني على تحديد بعض المراجعيات المفيدة، ومنها:

- يجب أن يكون وضع الوحدات وأبعادها متسقاً مع التكوين المعماري للمبنى بأكمله.

- يجب أن تكون مادة الوحدات الكهروضوئية الظاهرة، ولونها وقوامها متوافقاً مع سائر مواد وألوان وقوام سائر مواد البناء التي تتفاعل معها.

- يجب أن يكون حجم الوحدة وشكلها متوافقاً مع تكوين شبكة المبنى، وكذلك مع الأبعاد المختلفة لسائر عناصر الواجهة.

- يجب البحث بعناية في أنواع الربط أثناء اختيار المنتج، حيث أن أنواع الربط المختلفة تحدد اختلاف وحدات الشبكة في النظام وعلاقتها بالمبنى.

٣ . ٢ . ٣ دمج النظم الكهروضوئية عن طريق عناصر البناء (الأسقف، والواجهات، والفتحات)

- يمكن دمج الوحدات الكهروضوئية على الأسطح من خلال:
- استبدال جزء من السقف بالخلايا الكهروضوئية المجمعة مباشرة على البلاطات أو الوحدات التي تتمتع بنفس أبعاد وشكل عناصر المبنى الحالي التي تدمج فيه. ويمكن لمنتج البلاطات أن يغطي السطح كله أو أجزاء بعينها من السقف. وفي المعتاد، ترتب هذه البلاطات في وحدات لها شكل وخصائص بلاطات السقف القياسية، ويُستبدل بها عدد معين من بلاطات السقف التقليدية، مما ييسر تزويد الأسقف. وتختلف أنواع الوحدات وأشكال البلاطات على النحو التالي: بعض منتجات البلاط قد تشبه بلاط السيراميك المقوس، وقد لا تكون فعالة نظرًا لمساحة السطح المنحني، ولكنها أكثر قبولاً من الناحية الجمالية.
 - استخدام لوحة كهروضوئية شفافة أو شبه شفافة من أجل تشكيل سطح شفاف بالكامل أو مظلل. ويمكن أن تكون الأشكال متنوعة، حيث قد تكون مسطحة أو مائلة أو مقوسة.



الشكل ١ أكاديمية جبل سينيس، امشير بارك، الرور

- تركيب المنتجات من الرقاقت المعدنية، التي تتميز بخفة الوزن والمرونة، مما يتيح سهولة التركيب والتخفيف من قيود الوزن على الأسقف. وغالبًا ما تُصنع الخلايا الكهروضوئية من خلايا الأغشية الرقيقة للحفاظ على مرونة الرقاقت المعدنية وكفاءتها إزاء درجات الحرارة العالية، حتى يتسنى استخدامها في حلول الأسقف التي لا تتمتع بنظم التهوية. وتتسم منتجات الرقاقت المعدنية الكهروضوئية بعامل تعبئة منخفض بسبب انخفاض الكفاءة، ومقاومة الخلايا الشمسية لخلايا الأغشية الرقيقة. ومع ذلك، من الممكن تغيير درجة ميل المنتج إلى حد كبير لتقديم حلول مرنة.

وبشكل عام، في النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، تُعد التكنولوجيا الأكثر استخدامًا في عناصر السقف في المناخات الباردة هي الأنظمة أحادية البلورة، وفي المناطق الحارة في البحر الأبيض المتوسط تستخدم التكنولوجيا متعددة البلورات، خاصة على البلاطات. وعادة ما تكون البلاطات صغيرة جدًا، ولذا يجب زيادة الكفاءة العالية للتكنولوجيا. ويمكن استخدام النظم الكهروضوئية على الجدران الرأسية الخارجية بطرق مختلفة بوصفها واجهة خارجية:



الشكل ٢ الوحدات الكهروضوئية المرنة المصنوعة من الأغشية الرقيقة

- غشاء/ غطاء خارجي، مدمج بالكامل في الجدار. في هذه الحالة يجب التأكد من أن سطح الوحدة الكهروضوئية ميكانيكيًا ومقاومًا للحرارة.

- واجهات التهوية: إن واجهات التهوية الكهروضوئية هي منشآت ذات واجهة مزدوجة تجمع مزايا تبريد الوحدات الكهروضوئية باستخدام الهواء المحيط. وتتميز واجهات التهوية الكهروضوئية المدمجة في المبنى بفوائدها سواء من الناحية الكهربائية والحرارية.

يخفض دوران الهواء وراء اللوحة الكهروضوئية درجة حرارة الوحدة، وبالتالي يحسن الأداء الكهربائي.

وتشير واجهات التهوية الكهروضوئية التهوية أيضًا إلى انخفاض درجة حرارة الجدار أو الزجاج الذي يقع خلف الوحدة، وبالتالي تنخفض أحمال التبريد في فصل الصيف. وعلاوة على ذلك، تؤدي السيطرة على تدفق الهواء خلف الواجهة الكهروضوئية إلى استخدامات محتملة للهواء الدافئ في التدفئة في فصل الشتاء.

- الستائر الجدارية: إن أنظمة الستائر الجدارية هي تقنية راسخة مستخدمة في العديد من المشروعات مثل مكاتب وسط المدينة، وأكثرها شيوعًا هو نظام العامود / عصا التحويل.



الشكل ٣ واجهة تهوية كهروضوئية. بنيت في مسابقة الطاقة الشمسية العشارية في أوروبا ٢٠١٠ (Solar Decathlon Europe 2010)

عادة ما تكون المناطق المكشوفة ذات زجاج مزدوج، كما تستخدم المناطق المغلقة أو المعتمدة الزجاج المعتم أو الألواح المعدنية المعزولة. ويمكن دمج الوحدات الكهروضوئية بسهولة في شكل وحدات مزدوجة الزجاج مجمعة في المصنع، وقد تكون اللوحة الخارجية من الزجاج المصفح المغلف بمادة صمغية، بينما يصنع الجزء الداخلي من الزجاج، وبينهما فجوة محكمة مليئة بالهواء؛ ويكون السمك العام للوحدة عادة أقل من 30 مم. وهناك العديد من خيارات التصميم المتاحة. على سبيل المثال، يمكن أن تتكون الواجهة من مجموعة من المناطق الزجاجية للألواح الكهروضوئية الشفافة والمعتم، أو من الممكن أن تكون الوحدات الكهروضوئية بها مناطق معتم ومناطق شفافة.



- نظم التغليف للحماية من المطر: تتكون عادة من الألواح (غالبًا من الألومنيوم المغلف) وتخرج قليلاً عن طرف المبنى (على قضبان مغلقة، على سبيل المثال) للسماح بصرف المياه والتهوية. ومن ثم فهي مناسبة للغاية لدمج الوحدات الكهروضوئية.

الشكل ٤ أ. ب نظام الستائر الجدارية الكهروضوئية



ولفجوة التهوية (التي يجب أن تكون مناسبة، بحجم 100 مم أو أكثر إذا كان ذلك ممكنًا، ودون وجود ما يمكن أن يعوق مسارها) تأثير مفيد في خفض درجات الحرارة، مما يعزز الأداء؛ كما أنها توفر مساحة لمسارات الكابلات.



الشكل ٥٥. ه ب ، ه ج اقتراح لدمج التكنولوجيا الكهروضوئية في المباني



- الواجهات الدافئة: وهي ستائر جدارية ذات تجويف دافئ دون تهوية تكوّن جراً ضغط الماء والهواء على الواجهة الخارجية المعزولة. ويتكون الغلاف الخارجي للواجهة من الألواح المعزولة فوق قوس المدخل ومكونات شفافة معزولة. وتتصل الألواح المعزولة والمكونات الشفافة بالجدار الداخلي من خلال القطاعات الجانبية المجهزة بعوازل حرارية لمنع تكوّن جسر بارد (تسرب حراري). يتم تثبيت ألواح قوس المدخل والمكونات شفافة معاً على مسافة كبيرة من هيكل المبنى. ويوفر التركيب المشترك إمكانية تركيب مكونات كبيرة الحجم.

- الواجهات الباردة: وهي ستائر جدارية لها تجويف جداري بارد التهوية. وتتكون فجوة التهوية في تجويف الجدار من الفواصل المفتوحة في الواجهة، التي تسمح بدخول الهواء المحيط إلى التجويف. وتعمل العناصر الخارجية للواجهة كمعطف واق من المطر وتمنع بلل مواد العزل بالمياه. وتتسم الطبقة الداخلية لجدار التجويف بالإحكام، حيث أنها معزولة وإن كانت رطبة. وعادة ما تعلق الواجهة الباردة باستخدام نظام العصا أو تقنية السلم.

- منتجات الخلايا الشمسية الزجاجية: تقدم مجموعة كبيرة ومتنوعة من خيارات النوافذ، والواجهات والأسقف المصنوعة من الزجاج أو القرميد. وتسمح ألوانها المختلفة والشفافية بالحصول على نتائج جمالية مختلفة. وتنقل وحدات الخلايا الشمسية الزجاجية ضوء النهار، كما تحمي من مياه الأمطار وأشعة الشمس. وتعتمد المسافة بين الخلايا الشمسية (عادة 3-50 ملم) على مستوى الشفافية المطلوب ومعايير إنتاج الكهرباء. وينقل الفراغ بين الخلايا ضوء النهار وينشره، وبالتالي، يوفر الظل والإضاءة الطبيعية إلى جانب إنتاج الكهرباء. وتشكل هذه التكنولوجيا صعوبة في العثور على حل وسط بين توفير الحلول وإنتاج الطاقة، لتكييفها مع المناخ البارد، مع تجنب سخونة المفردة الناتجة عن الاحتباس الحراري في بلدان البحر الأبيض المتوسط.



الشكل ٦ مستشفى ماير، فلورنسا، إيطاليا

- مظلات الطاقة الشمسية: إن دمج النظم الكهروضوئية بوصفها وسائل للتظليل من أشعة الشمس الخارجية هي إحدى أكثر الطرق فعالية في السيطرة على ضوء النهار في الداخل والأوضاع الحرارية في المبنى.

وتمنع هذه المظلات حرارة الشمس من المرور إلى داخل المبنى، وتقلل من متطلبات التهوية، وتخفف أحمال التبريد، بالإضافة إلى إنتاج الطاقة الكهربائية. وعند تركيب نظام يمكن السيطرة عليه، تحدد الفتحات القابلة للتعديل موقع الشمس لتحسين إنتاج الطاقة الكهروضوئية، وبالتالي تحقق الاستفادة المثلى من تجنب ارتفاع درجة الحرارة. وعلى نفس المستوى، يمكن تعديل الفتحات في فصل الشتاء لاستفيد المبنى من حرارة الشمس، كما يمكن إغلاقها ليلاً للتقليل من فاقد الحرارة.



الشكل ٨ متحف العلوم والتكنولوجيا بكاتالونيا، تيراسا



الشكل ٧ الخلايا الكهروضوئية القاطعة لمسار الشمس



الشكل ٩ أكاديمية جبل سينيس، امشير بارك، الزور



الشكل ١٠ أكاديمية جبل سينيس، امشير بارك، الرور

- الردهات / النوافذ السقفية: يمكن دمج الوحدات الكهروضوئية باعتبارها عناصر متعددة الوظائف في هياكل السقف الشفافة أو الردهات تسمح بالسيطرة على الضوء في الداخل. ويمكن لهذه الوحدات نصف الشفافة أن تحمي المبنى من الحرارة، وأشعة الشمس، والضوء الشديد، والطقس. ويمكن دمجها عن طريق وضع الخلايا الكهروضوئية صغيرة الحجم على زجاج الردهات مما يساعد على تكوين فجوات شفافة بينها للسماح بالسيطرة على دخول ضوء النهار إلى داخل المبنى. ويمكن للوحدات الكهروضوئية جيدة التصميم المدمجة في الردهات مصممة بشكل جيد أن تقدم ميزة قوية للمبنى عند النظر إليه من الداخل.

إن هذه الأنظمة الزجاجية، على الرغم من أنها تناسب الأنظمة الكهروضوئية ذات القدرة الصغيرة، يمكن أن تكون جذابة للناظرين كما أنها مظهر رائع للمشاهدة. وحيث أن النوافذ السقفية، والردهات، وزجاج السقفية تكون في كثير من الأحيان ملونة بكثافة للحد من الوهج، يمكن لزجاج الألواح الكهروضوئية شبه الشفاف أن يقدم بديلاً جيداً. ومماثل منتجات النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني إلى حد ما الوحدات الكهروضوئية التقليدية. ولكن الفرق هو أن وحدات النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني تقدم حلاً للطقس. وقد تحل بعض المنتجات محل أنواع مختلفة من الأسقف، أو قد تناسب بعض حلول الأسقف التي تنتجها الشركة المصنعة. وتزيد أنظمة الإدخال تلك من سهولة التركيب.

وهناك كمية كبيرة من المنتجات المطروحة في الأسواق، ويتم الترويج لبعضها بوصفها من النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني دون أن تقدم حماية من الطقس، في حين أنها لا تحدد بدقة طريقة تركيبها، الأمر الذي يؤدي إلى عدم التيقن من كونها من النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني أو من النظم الكهروضوئية المثبتة على المباني. ويتم تصنيع بعض منتجات وحدات النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني مسبقاً، وتتمتع بالعزل الحراري أو أي عناصر أخرى.

٤

تحسين النظرة الاجتماعية والمؤسسية ورؤية مصممي المباني



١ . ٤ القيمة المضافة للنظم الكهروضوئية المدمجة في المباني

يإن دمج الأنظمة الكهروضوئية في المباني لاستبدال عناصر السقف، والنوافذ، والمظلات، والواجهات الزجاجية تتيح الفرصة لخفض التكاليف عن طريق استبدال مواد البناء التقليدية بالمواد الكهروضوئية. بالمقارنة مع الزجاج، أو الفولاذ، أو الحجر، أو غيرها من مواد التغليف التقليدية، يمكن لتكيب النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني أن يضيف تكاليف إضافية هامشية على تكاليف البناء بشكل عام. ومن ناحية أخرى، فإن نظام الطاقة الكهروضوئية يسمح بعدد معين من الفوائد من الناحية الاقتصادية والبيئية، ومنها:

١. حالياً، أصبح الوصول إليها متاحاً من حيث التكاليف، وفي كثير من البلدان تخصص لها حوافز.
٢. تقدم وفورات اقتصادية فورية نتيجة إنتاج الكهرباء.
٣. تساهم في تقليص معدلات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.
٤. تزيد القيمة الاقتصادية للممتلكات مع تثبيت المعدات.
٥. لا تحتاج لنوع معين من الصيانة المكلفة.

٢ . ٤ علاقة مختلف الجهات الفاعلة بعملية الدمج

إن النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني هي نتيجة التفاعل بين عدة جهات، وهي: مالك المبنى، والمصمم المعماري، والممول المحتمل، ومقاول المبنى، والكهربائي، والإدارة المحلية. وتتعاون كل هذه الشخصيات لوضع نظام كهروضوئي فعال ومدمج جيداً، ولا يمكن الاستغناء عن أي منها أو استبدالها، حيث أن كل منها لديه مهمة محددة في هذه العملية.

٣ . ٤ دور المهندسين المعماريين ومصممي المباني

يعتمد إدخال الوحدات الكهروضوئية في مشروعات البناء، إلى حد كبير، على معرفة المهندسين المعماريين والمصممين بهذه التكنولوجيا (بوصفها مادة من مواد البناء)، ومواصفاتها الجمالية، وتفصيل البناء، وأثر العوامل الجوية عليها، وقوة تحملها، وقيود الوصول إلى الطاقة الشمسية، وأدائها، ومنتجاتها، وضماناتها، وتكلفتها. ويهتم المصمم كذلك بكيفية استخدام النظم الكهروضوئية بوصفها جزءاً من الحل الأخلاقي للتصميم، حيث يتضمن معادلة الطاقة بالإضافة إلى جماليات المبنى بشكل عام. ويجب أن يقدم المهندسون المعماريون المشورة للمعملاء حول هذه الخيارات، وعليهم أن يلموا باقتصاديات النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، بما في ذلك مزايا القيمة المضافة، وتجنب انبعاث غازات الدفيئة، وربطها مع الشبكة أو التخزين، وموثوقية النظم، والمخاطر المرتبطة بأعطال النظام. وفي حين أنه من المهم أن يكون المهندسون المعماريون على علم بجميع هذه القضايا، فإن المتوفر من احتياجاتهم من المعلومات التقنية قد يكون ضئيلاً للغاية. ومن المرجح أن يزيد التركيز على جوانب الجمال، والبناء، وقوة التحمل، وتأثير العوامل الجوية، والقيود على الوصول لأشعة الشمس، وخصوصاً خلال المرحلة المبكرة لوضع المفاهيم.



يتخذ مالك / عميل مشروع البناء القرار النهائي بشأن دمج النظم الكهروضوئية في التصميم العام، بغض النظر عن حجم المشروع. ويخضع هذا القرار لعدة عوامل مثل التكلفة، والعائدات، والفوائد المضافة، من حيث تطبيق النظم الكهروضوئية بوصفها جزءاً من الحل الشامل للطاقة، وجماليات المبنى.

وعادة ما يكون هناك عامل حاسم وهو التزام المالك بالبناء المستدام وأثره البيئي على المدى الطويل. في مثل هذه الحالات، قد يكون للتكلفة دوراً أقل تأثيراً في عملية اتخاذ القرار، إلا أن المالك في جميع الأحوال يبدي التزامه بالمسؤولية البيئية. ويحتاج أصحاب المباني إلى الإقناع من قبل من يقدمون لهم المشورة حول معظم جوانب النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني:

- الجانب الكهربائي (حجم توليد الكهرباء كيلواط/ ساعة؛ والمساهمة في سائر أشكال الطاقة، مثل التدفئة والتبريد، من خلال إضافة ألواح العزل أو التظليل؛ وخفض الطلب على الكهرباء في المبنى؛ وإمكانية الحصول على الطاقة في أوقات الطوارئ؛ ودعم شبكة الخطوط الريفية؛ وانخفاض حجم خسائر النقل والتوزيع؛ والسيطرة على التيار؛ وتهيئة تذبذب الأحمال)؛

- الجانب البيئي (رضا المستهلك الذي يرغب في الحصول على منتجات صديقة للبيئة؛ وتوليد قدر كبير من الطاقة بمرور الوقت، وخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ وتقليل الأمطار الحمضية وانخفاض مستويات الضباب الدخاني، وخفض استخدام محطات توليد الطاقة للأراضي / المياه، وخفض تأثير التنمية الحضرية)؛

- الجانب المعماري (أهمية النظم المعمارية الأصلية وجمالياتها؛ واستبدال مكونات المبنى؛ والإمكانات متعددة الوظائف للعزل، والحماية من المياه؛ والحماية من الحرائق؛ والحماية من الرياح؛ والسيطرة الصوتية؛ واستخدام ضوء النهار؛ والتظليل؛ وتجميع الحرارة وتصريفها؛ والتحكم في الذوق الجمالي للألوان، والشفافية، والأسطح غير العاكسة؛ وانخفاض مدى صيانة المباني واستبدال سقف)؛

- الجوانب الاجتماعية والاقتصادية

(تعزيز قيمة المبنى من خلال وجود النظم الكهروضوئية؛ وتعزيز الوضع الاجتماعي وفرص التسويق؛ وتحفيز الصناعات، والمنتجات، والأسواق الجديدة؛ واستخدام العمالة المحلية في التركيب والصيانة؛ وتوافر الخيارات واستخدام الموارد والتحكم محلياً؛ وتقليل وقت البناء؛ وتحسين تنفيذ الوحدات؛ وانخفاض واردات الوقود؛ والتجديد الحضري، والتنمية الريفية، وتقليل تكاليف وقود النقل والتلوث الناجم عن استخدام الوقود الأحفوري في المناطق الريفية؛ والتحول لرمز للتنمية المستدامة والتعليم البيئي المرتبط بها)؛

- تأمين الإمدادات (إن الزيادة المستمرة في استهلاك الكهرباء تزيد الحمل الواقع على محطات توليد الكهرباء وشبكات التوزيع، مما يؤثر على تأمين الإمدادات ونوعية الطاقة. وتتميز الأنظمة الكهروضوئية بوحدة توليد صغيرة نسبياً تقع بالقرب من المستهلكين الذين يستخدمون موارد الطاقة المتاحة محلياً. ويعزز ذلك من إمكانية الاعتماد على الشبكة وكذا نوعية الطاقة، والتي تتزايد أهميتها بالنسبة للمعدات الإلكترونية).

ويدخل نظام دمج الطاقة في المبنى ضمن ميزانية البناء. ويجب أن يعلم مالكو المباني أن الكهرباء التي تولدها النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني تقلل من كمية الكهرباء التي يشترونها من الشبكة، وبالتالي تقلل تكاليف تشغيل المبنى.

ويمكن للنظم الكهروضوئية المدمجة في المباني أن توفر أموال مالك المبنى عن طريق خفض تكاليف البناء، وتعزيز نوعية وموثوقية الطاقة، وتقديم (في بعض البلدان) الحوافز الضريبية ونظم الائتمان. ويمكن أن يقع إجمالي التوفير بطرق متنوعة تؤثر على كامل أداء المحفظة المالية للمستثمر.

ومن خلال النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، قد يريح أصحاب المباني التجارية قيمة تتعلق بالأهداف الاستراتيجية للشركة، ومصالح الأعمال التجارية، أو المهمة الإدارية. ومع النظام متعدد الوظائف للوحدات الكهروضوئية المدمجة في المباني، قد تكون التكاليف والفوائد الإضافية في بعض الأحيان خفية أو غير واضحة بسبب أساليب المحاسبة، إلا أنها تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على الميزانيات. على سبيل المثال، قد تكون المنظمة قادرة على تحديد فائدة أو قيمة النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني لكونها تحد من الانبعاثات البيئية إذا كان يمكن قياس ذلك من حيث الكم أو القيمة، أو حتى مقياسه. ومع ذلك، إذا كان الأثر الاقتصادي غير واضح أو مفهوم بالنسبة لصانع القرار، لا يدرج ضمن تحليل الاستثمار.

وحتى وإن كانت بعض فوائد النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني غير موضوعية ويصعب قياسها من حيث الكم، تعود النظم على مالك المبنى بقيمة كبيرة وهي الصورة الإيجابية، ووجهة النظر العامة، أو التأثير على بيئة المبنى عند تثبيت التكنولوجيا الكهروضوئية.

٥ . ٤ الدمج وفق عمر المبنى (التاريخية / الحديثة)

- تم إيلاء دمج النظم الكهروضوئية في المباني التاريخية عناية خاصة. وتشمل هذه الفئة جميع المباني المدرجة في قائمة المباني التاريخية وفق تشريع كل بلد، كما تشمل جميع المباني التي تحافظ على طابع خاص يمثل أهمية بعينها، حتى وإن لم تكن مدرجة رسميًا بوصفها مباني تاريخية.
- وبشكل عام، عند تثبيت نظام جديد على مبنى موجود بالفعل، من المهم أن:
- نتهم ببحث تطبيق ممارسات التصميم المعنوية بالطاقة بعناية و/ أو تدابير كفاءة الطاقة للحد من متطلبات الطاقة في المبنى. ويعزز هذا من الشعور بالراحة ويوفر المال، كما يساعد النظام على توفير قدر أكبر من انخفاض نسبة تحميل الشبكة.
 - نضع التصميم بما يناسب المناخ والبيئة المحلية: يجب على المصممين فهم تأثير المناخ والبيئة على إنتاج المصنوفة. يزيد البرد والأجواء المشرقة من إنتاج الطاقة، في حين أن الأيام الحارة الملبدة بالغيوم تخفض إنتاج المصنوفة.
- ويجب على المصممين مراعاة التالي:
- أن زيادة الأسطح التي تعكس الضوء على المصنوفة (مثل الثلج على سبيل المثال) تزيد من إنتاجها.
 - يجب أن تكون المصنوفة مصممة لتحمل ظروف الثلوج والرياح المحتملة؛
 - تتخلص المصنوفات المثبتة بزواوية صحيحة من أحمال الثلوج بسرعة كبيرة نسبيًا.
 - تتطلب المصنوفات الموضوعة في البيئات الجافة أو المتربة أو البيئات التي تعاني من التلوث بسبب النشاط الصناعي أو حركة المرور الكثيفة (السيارات، وشركات الطيران) غسلها للحد من خسارة الكفاءة.
 - معالجة قضايا تخطيط الموقع والتوجيه: في وقت مبكر من مرحلة التصميم، يجب التأكد من أن المصنوفة الشمسية تتلقى أكبر قدر من أشعة الشمس ولا تغطيها أية عوائق من الإنشاءات، مثل المباني أو الأشجار القريبة. ومن المهم أن يكون النظام غير مظلل على الإطلاق خلال فترة ذروة تجميع الطاقة الشمسية، فتأثير الظلال على المصنوفة الكهروضوئية على إنتاج الكهرباء أكبر بكثير من بصمة الظل.
 - ويمكن أن يكون للتوجيه المختلف للمصنوفة تأثير كبير على الإنتاج السنوي للطاقة في هذا النظام، حيث تولد المصنوفات المائلة كمية من الكهرباء تزيد بنسبة 50% أو 70% عن تلك التي تولدها الواجهات العمودية.
 - ومن الممكن دمج استخدام ضوء النهار وتجميع الطاقة الكهروضوئية باستخدام وحدات الأغشية الرقيقة شبه الشفافة، أو الوحدات البلورية مع خلايا متباعدة بين طبقتين من الزجاج. وقد يستخدم المصممون الوحدات الكهروضوئية لإضافة ميزات فريدة لضوء النهار على الأنظمة الكهروضوئية للواجهات، والأسقف، والنوافذ السقفية. كما يمكن أن تساعد عناصر النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني على الحد من حمل التبريد والوهج غير المرغوب فيه المرتبط بالمساحات الكبيرة للزجاج المعماري.
 - ويمكن دمج الوحدات الكهروضوئية في أجهزة المظلات الشمسية: يمكن للمصنوفات الكهروضوئية التي تتخذ شكل "الحاجبين" أو المظلات فوق المناطق الزجاجية من المبنى أن توفر التظليل الشمسي السلبي المناسب. وعندما تعتبر وسائل التظليل الشمسية جزءًا من نهج التصميم المدمج، غالبًا ما تكون قدرة التبريد أقل، وينخفض توزيع التبريد أو ينتهي تمامًا.
 - كما يمكن الاختيار من بين الأنظمة المتصلة بالشبكة أو المستقلة: ترتبط غالبية النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني بشبكة المرافق العامة، حيث تستخدمها للتخزين وتوفير الطاقة الاحتياطية. ويجب أن يكون حجم النظم مناسبًا للأهداف المحددة من قبل المالك، والتي يشار إليها غالبًا بقبوود الميزانية أو المساحات؛ ويجب أن يتوقف اختيار العاكس على فهم متطلبات المنشأة.
 - وبالنسبة للأنظمة "القائمة بذاتها" التي تدعمها الوحدات الكهروضوئية وحدها، يجب أن يكون حجم النظام، بما في ذلك التخزين، مناسبًا لتلبية ذروة الطلب / وأدنى توقعات إنتاج الطاقة في المبنى. وبغية تجنب الإفراط في حجم النظام / البطارية الكهروضوئية لأحمال الذروة غير المعتادة، غالبًا ما يُستخدم مولد كهرباء احتياطي.
 - إذا كانت أحمال الذروة في المبنى لا تتطابق مع ذروة إنتاج الطاقة في المجموعة الكهروضوئية، قد يكون من المناسب اقتصاديًا دمج البطاريات في بعض الأجهزة المتصلة بالشبكة لتعويض فترات الطلب على الطاقة ذات التعريف المرتفعة ويمكن لهذا النظام أن يكون بمثابة نظام للطاقة المستمرة.

- توفير التهوية الكافية: تقل كفاءة التحويل في النظم الكهروضوئية بسبب ارتفاع درجات حرارة التشغيل. وينطبق هذا على الخلايا الكهروضوئية المصنوعة من السيليكون البلوري أكثر من أغشية السيليكون البلوري الرقيقة. ولتحسين كفاءة التحويل، يجب ضمان وجود فجوة هواء تحت الخلايا الشمسية للسماح بالتهوية وراء الوحدات لتبديد الحرارة.

- التقييم باستخدام نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية الحرارية الهجينة: يمكن للمصمم أن يختار الحصول على الموارد الحرارية الشمسية التي تنتج من خلال تسخين الوحدات، بوصفها خياراً لتحسين كفاءة النظام. ويمكن أن يكون هذا الخيار جذاباً في المناطق ذات المناخ البارد، لاستخدامه في مرحلة ما قبل تسخين الهواء الوارد من الخارج. - دراسة ميل النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، حيث أن الخلايا الشمسية تحتاج بالضرورة إلى مراعاة ميل السقف (أو الجدار) حتى تصبح حلولاً مدمجة. - يجب تذكر أن الخلايا الشمسية يمكن دمجها في واجهة المبنى، لاستكمال أو استبدال المنظر التقليدي أو زجاج الواجهة. وفي كثير من الأحيان، تكون هذه التركيبات في وضع عمودي، مما يحد من الوصول إلى موارد الطاقة الشمسية المتاحة، إلا أن المساحة الكبيرة للمباني يمكنها أن تساعد في تعويض انخفاض الطاقة. - الحكم على الفكرة الرامية إلى دمج النظم الكهروضوئية في المظلات والتصميمات المسننة على واجهة المبنى. ويزيد هذا من إمكانية الوصول إلى أشعة الشمس المباشرة كما يوفر فوائد معمارية إضافية مثل التظليل السلبي.

- الانتباه إلى أن استخدام الألواح الكهروضوئية في أنظمة التسقيف يمكن أن يوفر بديلاً مباشراً للأسقف المعدنية التقليدية، والسماح بالقضاء على العزل الأسفلتي لتسرب المياه. - يمكن أن يكون لاستخدام الأنظمة الكهروضوئية في النوافذ السقفية فوائد اقتصادية بالإضافة إلى ميزة التصميم الجذاب.

- المهنيون: إن استخدام النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني جديد نسبياً. يجب التأكد من أن المهنيين المشاركين في التصميم والتركيب والصيانة في المشروع تم تدريبهم بشكل صحيح، وأنهم حاصلون على التراخيص والشهادات، والخبرة اللازمة للعمل في الأنظمة الكهروضوئية.

تقدم المباني القائمة أو التاريخية، مثلها مثل المباني الجديدة، مجموعة من الفرص لدمج الأنظمة الكهروضوئية. ومع ذلك، تبدو التركيبات المثبتة على المباني القائمة حتمًا قائمة على أسطح غير متساوية أكثر من مثيلاتها على المباني الجديدة، حيث أن عليها أن تتوافق مع الوضع القائم. وبما أن المنتجات الموحدة غالبًا ما تكون غير قابلة للتطبيق، يجب اللجوء إلى النهج المبتكرة للحصول على منتجات مصنعة خصيصًا لتناسب الوضع القائم (هرمتنزدورفر ورب، 2005). إن تطبيق الدمج في المباني القائمة ليس دائمًا من السهولة يمكن، وذلك بسبب وجود مختلف القيود. يجب التخطيط لمهمة الدمج وفقًا لحالة المبنى عند معينته، والتي تختلف من مبنى إلى آخر. وفي حالة المباني التاريخية التي لها أهمية خاصة، يمكن أن نضطر إلى اللجوء لدمج الأنظمة الكهروضوئية في مكان آخر بعيد عن المبنى نفسه. ويعني هذا أنه يمكن استخدام مرفقات المبنى، مثل الجراجات والمستودعات، لدمج النظم الكهروضوئية في المباني واعتبارها بديلاً للتركيب.

٥

أداء النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني وتقدير أحجامها



١ . ٥ فيزياء تأثير النظم الكهروضوئية

يمكن تعريف الألواح الشمسية الكهروضوئية بوصفها جهازا قادرا على تحويل الطاقة الموجودة في أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية. إذا اعتبرنا أن أشعة الشمس لا تنضب تقريبا، ولاحظنا زيادة انتشار الأجهزة الكهربائية باضطراد، تظهر أهمية التكنولوجيا الكهروضوئية في سيناريو مصادر الطاقة المتجددة.

لقد أظهر استخدام الألواح الكهروضوئية وتطبيقها على المباني أنه استراتيجية فعالة للغاية، حتى إذا كان الدافع وراءها هو الحملات التحفيزية الوطنية. لقد كانت التكنولوجيا الكهروضوئية في حاجة لهذه الحوافز بسبب ارتفاع تكاليف إنتاج الألواح وانخفاض كفاءتها جوهريا. في الواقع، تستطيع الألواح الكهروضوئية نظريا أن تحول ما يقرب من ٢٠% من إجمالي الطاقة التي تتلقاها من الشمس إلى طاقة كهربائية. ويعني هذا أنه، في أفضل الظروف، تتلقى اللوحة ١٠٠٠ واط / متر مربع من الطاقة الشمسية، وتنتج ما يصل إلى ٢٠٠ واط / متر مربع من الكهرباء. ومن ثم، يستوجب الحصول على ١ كيلو واط من الكهرباء تركيب أكثر من ٥ متر مربع. وعلى مدى السنوات العشر الماضية، تم تخفيض تكلفة الألواح الكهروضوئية بأكثر من النصف، والآن، أصبح توليد ١ كيلوواط/ الذروة يتكلف حوالي ٢٥٠٠ يورو. ومع أخذ هذه الاعتبارات في الحسبان، تتضح مدى أهمية دمج هذه المكونات دمجًا سليماً في نظم البناء، بطريقة تضمن التشغيل الأمثل. ويُعد استخدام هذه التكنولوجيا في تصميم الواجهات وأسطح المباني مثيراً للاهتمام فيما يتعلق بامتصاص الحد الأقصى من الأشعة في ألواح الطاقة الشمسية، وبالتالي في وظيفة مسار الشمس وتوجهها.

إن الميزة الكبيرة للتكنولوجيا الكهروضوئية هي سهولة تشغيلها وطول عمرها، فالألواح الكهروضوئية ليس لها أجزاء متحركة وتمتاز بقدرة كبيرة على المقاومة. وتتكون الألواح بنسبة كبيرة من مادة السيليكون غير القابلة للتحلل. ويستند مبدأ تشغيل الألواح إلى التركيبات التي تحتوي على مواد تسمى بـ "أشباه الموصلات"، تثير إلكترونات المدار الذري الخارجي إذا تعرضت لأشعة الضوء. والمادة الأكثر انتشاراً في الطبيعة من أشباه الموصلات هي السيليكون، والذي يستخدم على نطاق واسع لصناعة الألواح الكهروضوئية. ويمتلك السيليكون ٤ إلكترونات في المدار الأخير. عندما يضرب فوتون يحتوي على قدر مناسب من الطاقة ($e=hv$)، حيث h هو ثابت بلانك و v هو تردد أشعة الشمس (إلكترون في المدار الخارجي، يعطيه كمية من الطاقة كافية لتدفعه إلى مستوى أعلى من الطاقة وتأخذه من مستوى التكافؤ إلى مستوى التوصيل.

ومع ذلك، لدفع تدفق الإلكترونات، أي التيار الكهربائي، لا يكفي إثارة إلكترون من السيليكون، ولكن من الضروري إنشاء حقل من الجهد الكهربائي ضمن المادة. إذا لم يحدث هذا، يخضع الإلكترون بطبيعة الحال لتأثير "إعادة الاندماج"، ويقع مجدداً في مستوى التكافؤ للذرة التي تستعيد شكلها الأصلي.

إن تأثير إعادة الاندماج هو من الأسباب الرئيسية لانخفاض كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء. أما السبب الأساسي الآخر فيمكن في أنه ليس من الضروري أن يستطيع أي إشعاع شمسي أن يثير الإلكترونات في أشباه الموصلات. بل يجب أن تكون طاقة الفوتونات من نطاق جيد التصميم.



كما ذكرنا أعلاه، ليس من الضروري أن تكون إثارة الإلكترونات الطرفية في ذرات السيليكون كافية لإنتاج تيار كهربائي، إذا لم يكن هناك مجال كهربائي قادر على تحريك الإلكترونات من أحد أوجه اللوحة إلى الوجه الآخر. وينشأ هذا المجال عن طريق خلط، أو كما يقال في المعتاد، تطعيم السيليكون باستخدام مواد معينة. للسيليكون النقي بنية بلورية رباعية، ترتبط كل ذرة بأربع وصلات مع الذرات المجاورة التي ترتبط بها. وينشط السيليكون في الجزء العلوي مع الفسفور ($P, Z=15$)، وفي الجزء السفلي مع البورون ($B, Z=5$).

للورون ثلاثة إلكترونات في آخر مدار، وعند إدخاله في النظام الشبكي البلوري لذرة السيليكون، يحتوي الأخير على إلكترون متكافئ غير مندمج. وخلافاً لذلك، لا يحتوي الفوسفور، الذي يمتلك خمسة إلكترونات في مدار آخر، عند دخوله النظام الشبكي على أية إلكترونات مجتمعة. وتجذب الإلكترونات المحررة من روابط السيليكون إلكترونات الفوسفور المرتبطة بالنواة ارتباطاً ضعيفاً نحو الجانب السفلي من الخلية. ويؤدي هذا إلى تكوين ما يطلق عليه ارتباط أشباه الموصلات من النوعين P-N. وهكذا أعيد التوازن للروابط، إلا أن توازن الشحنات قد توقف. لقد تسببت إلكترونات الفوسفور المهاجرة في إحداث خلل في الشحنات السالبة في الجزء السفلي من الخلية. ويعني هذا أنه أدى إلى تكوين مجال من الجهد الكهربائي قادر على نقل الإلكترونات المحررة جراء تأثير الأشعة الكهروضوئية. وبطبيعة الحال، سوف تتحرك هذه الإلكترونات نحو الجزء العلوي من الخلية، بشحنة موجبة. وتجذب ذرات السيليكون التي خلفتها الإلكترونات التي أثارها إشعاع الشمس إلكترونات جديدة من أسفل الخلية. إذا كان وجهها الخلية متصلين عن طريق موصل، سيحدث تدفق للإلكترونات (التيار الكهربائي) من خلاله، قادر على تشغيل الحموله المتصلة. ويكتمل العنصر بطبقة من أكسيد التيتانيوم للحد من انعكاس ضوء الشمس، وكذلك للسماح للخلايا بامتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع، ولا يزيد سمك الخلية عن ٠,٤ مم. يبقى أن نفهم ماذا يحدث للإشعاع الشمسي الذي لم يتحول إلى كهرباء، يتحول هذا الإشعاع إلى حرارة ترفع درجة حرارة اللوحة، ويعاد إخراجها إلى البيئة.

٢ . ٥ تقييم أداء الطاقة في النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني

في مرحلة التخطيط الأولي للنظم الكهروضوئية المدمجة في المباني، من المهم بحث الجزء المختار من المبنى ليكون موقع تثبيت الألواح الشمسية. ويتطلب هذا فهم الظروف المناخية في الموقع، وطريقة تحرك مسار الشمس في السماء خلال المواسم المختلفة في السنة (اعتماداً على خطوط العرض) وأسطح البناء التي من المرجح أن تستقبل مستويات عالية من التعرض الشمسية دون التعرض للظلال.

ومن المهم الوصول إلى قدر كافي من أشعة الشمس المباشرة إذا كان الهدف هو الحصول على مخرجات عالية من الطاقة على مدار العام. ولكن هناك مرونة في تحديد الموقع الذي يمكن أن يسمح لألواح الطاقة الكهروضوئية بالعمل في أفضل وضع ممكن.

وفي السواحل الشمالية أو الجنوبية لحوض البحر الأبيض المتوسط، وكذلك في مناطق الشرق الأوسط، تتعرض أسطح الأبنية التي تتجه جنوباً، أو تلك التي لها اتجاه أفقي، لقدرة جيد من أشعة الشمس. وكقاعدة عامة، أفضل زاوية للوحة الشمسية هي الموجهة نحو الجنوب الحقيقي وتميل بزاوية مع خط العرض في موقعها. على سبيل المثال، تقع كاليفاريا على خط عرض ٣٩ درجة شمالاً، ولذا تحقق الألواح الشمسية الموجهة نحو الجنوب الحقيقي وتميل بزاوية ٣٩ درجة من الخط الأفقي أقصى قدر من التعرض لأشعة الشمس سنوياً. إلا أن هذا ليس دائماً صحيحاً بالضرورة لأن بعض العوامل المحلية (على سبيل المثال الغيوم المتكررة في فترات معينة) يمكن أن تؤثر على إشعاع الشمس التراكمي. ولهذه الأسباب، يقترح أن تكون زاوية الميل في كاليفاريا ٣٠ درجة.

وليس من الضروري أن تكون الألواح الشمسية موجهة على النحو الأمثل للحصول على قدر كافٍ من المنتج. ولا شك أن هناك حاجة لإجراء تسويات مع ميزات تصميم المبنى، مثل زاوية السقف. على سبيل المثال، قد تفضل متطلبات الراحة الداخلية للمبنى ووقت استخدام التعريفات الأنظمة التي تظل الأسطح الجنوب غربية المكشوفة وتولد الطاقة في فترة ما بعد الظهر لتقليل الحاجة إلى استخدام تكييف الهواء الاصطناعي وشراء الطاقة في وقت الذروة. وينطبق هذا بصفة خاصة على المباني التجارية.

وبالنسبة لمعظم التقنيات الكهروضوئية، فيما عدا السيليكون البللوري، يؤدي ارتفاع درجة حرارة الجو إلى انخفاض الكفاءة. تعمل الوحدات الكهروضوئية بكفاءة عند ارتفاع قرص الشمس وانخفاض درجات الحرارة المحيطة نسبياً (على سبيل المثال أقل من ٢٥ درجة مئوية). تولد الوحدات التيار الكهربائي المستمر وتصنف الشركة المصنعة هذه الطاقة باستخدام ظروف الاختبار القياسية. تقيس ظروف الاختبار القياسية أداء اللوحة في ظروف اصطناعية، فتحاكي درجة حرارة جوية تبلغ ٢٥ درجة مئوية، وكثافة إشعاع الشمس ١٠٠٠ واط / متر مربع، ونصف سمك الغلاف الجوي للأرض عند خط الاستواء. ومماثل هذا الوضع وقت الظهور في يوم مشرق عند خط عرض ٤٠ درجة. قد يتم تقييم الوحدات ب ١٠٠ واط وفقاً لظروف الاختبار القياسية وتقع ضمن الأداء الفعلي +/٥%. ونظراً لأن منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط تشهد أحياناً كثيرة تزيد فيها درجة حرارة الهواء عن ٢٥ درجة مئوية، فمن المرجح أن يكون هناك تناقص متكرر في إنتاج الطاقة، وخصوصاً خلال ذروة فصل الصيف. بالإضافة إلى ذلك، عندما تعمل الألواح على السقف أو السطح المستوي، يمكن أن تصل درجة الحرارة الداخلية للوحدات الكهروضوئية إلى ما بين ٥٠ و ٧٥ درجة مئوية، مما يتسبب في المزيد من الخسائر في الأداء.

ونتيجة لذلك، من المهم أن نبحث في تأثير المناخ على الأنواع الكهروضوئية المختلفة والمواقع التي من المرجح أن يقع عليها الاختيار للتركيب بها. ويمكن استخدام التهوية الطبيعية من خلال التصميم الجيد لتبريد الوحدات الكهروضوئية لتصل إلى درجة حرارة التشغيل المناسبة، خاصة بالنسبة للحواط الكهروضوئية. ويمكن تصميم النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني لسحب الهواء الساخن من خلال المبنى ليخرج من أعلى المبنى، مما يوفر بيئة أكثر برودة يمكن أن تعمل فيها الألواح. وقد يفضل استخدام وحدات السيليكون اللابلوري في التطبيقات التي تشهد ارتفاعاً في درجات الحرارة، على الرغم من انخفاض كفاءتها العامة، نظرًا لأن أدائها ليس حساسًا لدرجات الحرارة. إن قياس درجة حرارة الخلايا الكهروضوئية من الصعوبة بمكان، حيث أن الخلايا مغلقة بإحكام لحمايتها من التدهور البيئي. ويتم قياس درجة حرارة السطح الخلفي للوحدات الكهروضوئية عادةً ويستخدم هذا القياس كبديل عن قياس درجة حرارة الخلية استنادًا إلى فرضية أن درجات الحرارة متقاربة. ومن الناحية الرياضية، قد تكون العلاقات المتبادلة بين درجة حرارة تشغيل الخلايا الكهروضوئية إما واضحة الشكل، وبالتالي تعطي درجة حرارة التشغيل مباشرة؛ أو ضمنية، أي تنطوي على متغيرات مثل كفاءة الخلايا أو معاملات نقل الحرارة التي تعتمد على درجة حرارة التشغيل. وفي الحالة الأخيرة، من الضروري إجراء قياس متكرر لحساب درجة حرارة الخلية. وهناك الكثير من نماذج تقييم درجة الحرارة الخلايا الكهروضوئية التي يمكن العثور عليها في المنشورات؛ وتشمل نماذج صريحة وضمنية. وتقدم المعادلة (1) إحدى أبسط الطرق لحساب درجة حرارة التشغيل وأكثرها انتشارًا.

$$T_c = T_a + G_m/800 \text{ (NOTC-20)} \quad (1)$$

حيث T_c هي درجة حرارة الخلية، T_a هي درجة حرارة الهواء ($^{\circ}C$)، G_m هي أشعة الشمس (واط / متر مربع) وNOTC هي درجة حرارة التشغيل العادية ($^{\circ}C$). وفور معرفة درجة حرارة الهواء T_a ، يمكن حساب انخفاض الأداء من خلال المعادلة (2).

$$PV_{Ptc}/PV_{Pm} = 1 - PTC \cdot (T_c - 25) \quad (2)$$

حيث PV_{Ptc} هي قوة الوحدة الكهروضوئية في درجة الحرارة T_c ، PV_{Pm} هي الطاقة القصوى للوحدة (في ظروف الاختبار القياسية) وPTC هو معامل درجة الحرارة الطاقة، اعتمادًا على نوع اللوحة. وتشير القيم التالية إلى الوحدة النموذجية متعددة البلورات. ويمكن لارتفاع درجات الحرارة أن يؤثر كذلك على تحويل المحول للتيار المستمر/ والتيار المتردد. في المناطق التي ترتفع فيها درجات الحرارة كثيرًا، من الضروري تبريد غرف المحولات لتحسين كفاءتها، إلا أن ذلك ينطوي على استهلاك للكهرباء الذي ينبغي أن يطرح من إنتاج النظام الكهروضوئي. وهناك عامل آخر وهو الحد من ترسب الغبار الذي يمكن أن يمثل عقبة أمام التشغيل السليم للألواح. وفي بعض المناطق القريبة من المناطق الصحراوية يمكن أن تكون هذه القضية خطيرة، فإذا كانت البيانات متاحة يجب تضمينها في تقييم قدرة الإنتاج.



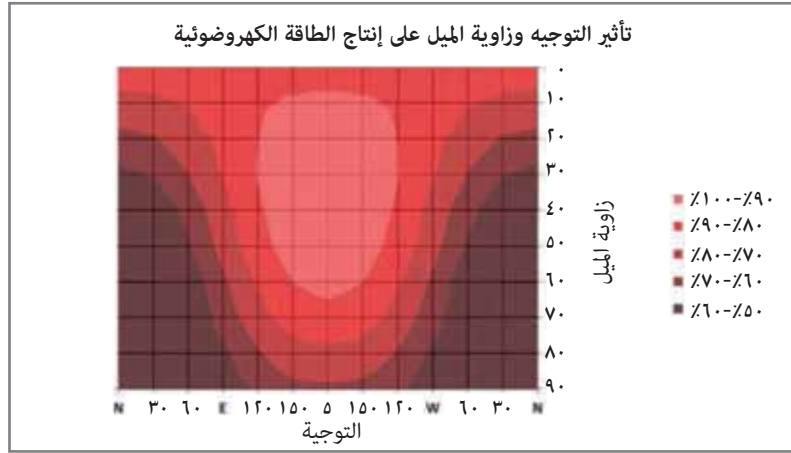
منطقة كاتالونيا - إسبانيا

حيث أن كاتالونيا تقع تقريبًا بين خطي عرض $40,3^{\circ}$ و $42,5^{\circ}$ شمالًا، تكون الألواح الكهروضوئية التي تواجه الجنوب بزوايا ميل تبلغ 10° تقريبًا هي الأفضل تصميمًا من حيث الإنتاج السنوي من الكهرباء. وخلال فصل الشتاء، قد تؤدي زيادة درجة الميل إلى تحسين الإنتاج قليلًا. وعلى الرغم من ذلك، ينتج ثلثي حجم الطاقة السنوية خلال فصل الصيف (أبريل/ نيسان-سبتمبر/ أيلول)، ومن ثم فمن المحبذ توجيه زاوية الميل بالقرب من خط العرض لتعظيم العائد السنوي للطاقة. وبين الشكل 1 أدناه الاختلاف في إشعاع الشمس الشهري في مختلف التوجهات والزوايا في كاتالونيا. نجد أن أفضل اتجاهات الميل تكون بالقرب من 10° ، في حين أن الميول الأفقية والجنوبية تسمح بالحد الأقصى من التعرض لشعاع الشمس في الصيف والشتاء على التوالي.

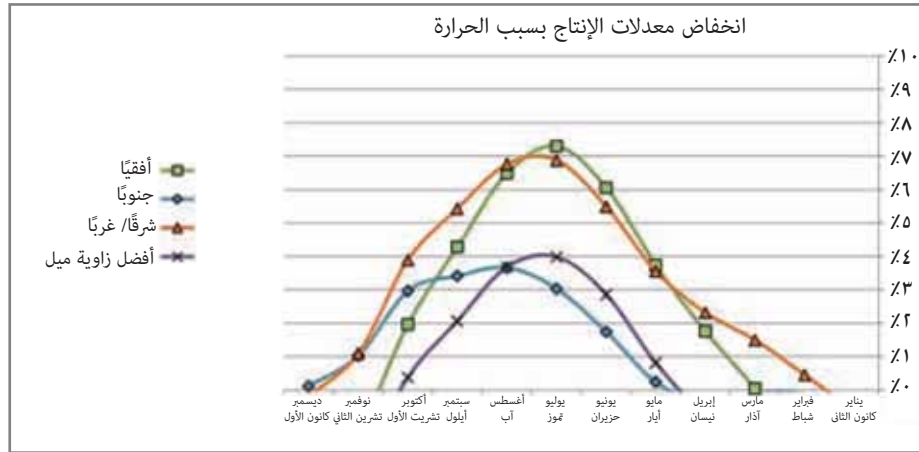


الشكل 1 أشعة الشمس العالمية وفقًا لمختلف التوجهات وزوايا الميل

ويصور الشكل ٢ أدناه نسبة الحد من أشعة الشمس التي تتسبب بها مختلف التوجهات وزوايا الميل بعيداً عن الخيار الأمثل. كما يتبين من الشكل، يمكن تركيب الألواح الشمسية المرنة بزوايا ميل معينة دون الحد من أداء المنشأة بشكل كبير. ومن المستحسن تقليل زاوية الميل لتلك المولدات الكهروضوئية التي لا تواجه المسار الأفضل (الجنوب). ومن ثم، فإن تركيب الخلايا الكهروضوئية بزوايا ميل 30° يمكن أن تؤدي إلى إنتاج يصل إلى 90%، حتى عندما تزيد نسبة الانحراف عن التوجيه الأمثل (الجنوب) عن 45° (الشرق أو الغرب). ولا يسمح الميل المثالي بالتعرض لأشعة الشمس على نحو أفضل فحسب، ولكن درجات حرارة أفضل للألواح الشمسية وفقاً للشكل 3، نسبة خفض إنتاج الطاقة الكهروضوئية نظراً لارتفاع درجة حرارة الخلية.



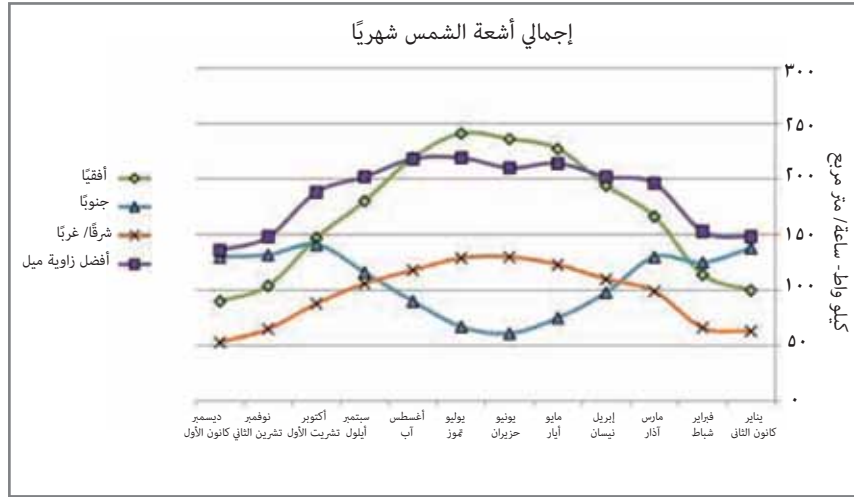
الشكل ٢ النسبة المئوية لتخفيض الإنتاج وفق التوجيه وزاوية الميل



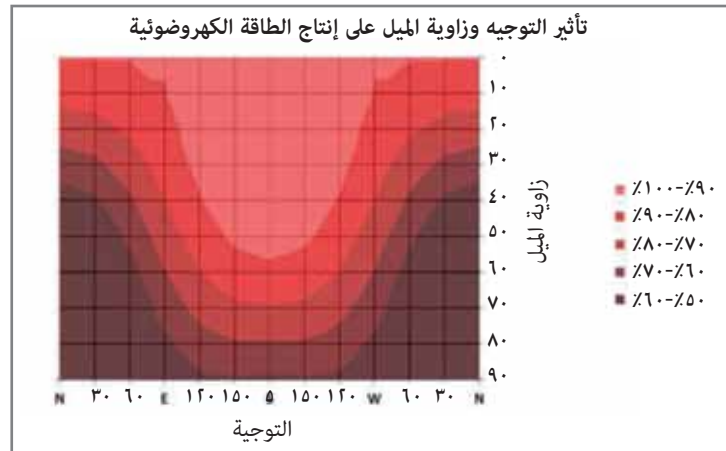
الشكل ٣ النسبة المئوية لانخفاض الإنتاج بسبب درجة الحرارة وفق التوجيه وزاوية الميل



تتوافر بيانات أشعة الشمس في منطقة الإسكندرية فيما يلي.



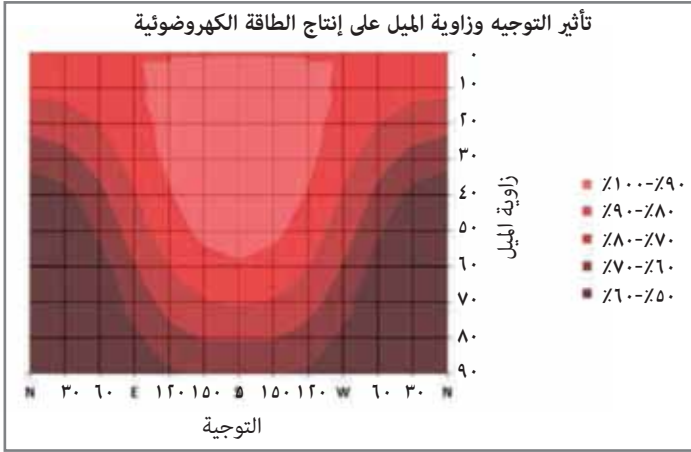
الشكل ٤ أشعة الشمس العالمية وفق التوجيه والميل



الشكل ٥ النسبة المئوية لانخفاض الإنتاج وفق التوجيه والميل

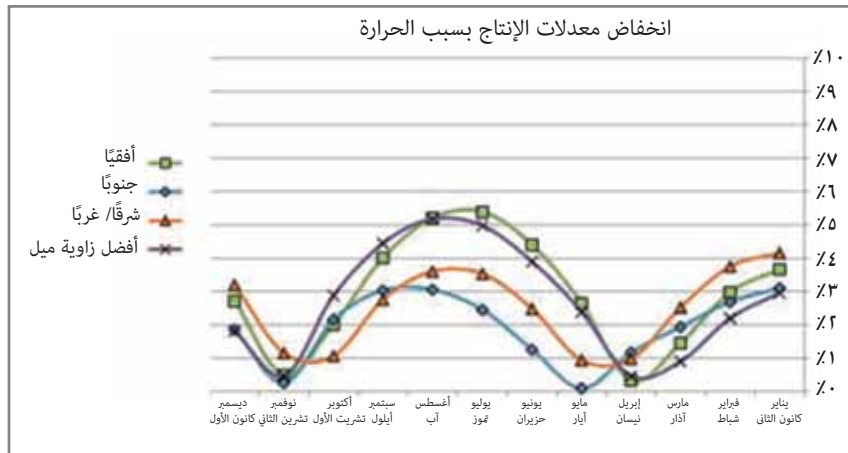


تتوافر بيانات أشعة الشمس في لبنان في البيانات التالية:

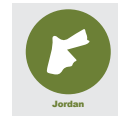


الشكل ٦ أشعة الشمس العالمية وفق مختلف التوجهات والميل

الشكل ٧ النسبة المئوية لانخفاض الإنتاج وفق التوجيه والميل



الشكل ٨ النسبة المئوية لانخفاض الإنتاج بسبب درجة الحرارة وفق التوجيه وزاوية الميل

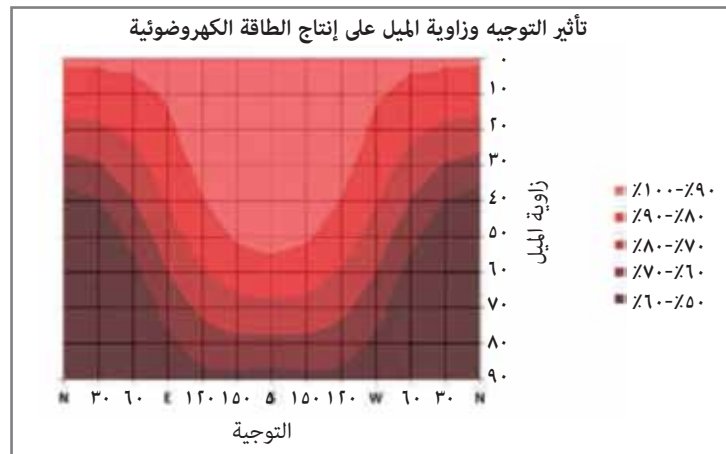


كما هو موضح في الشكل رقم ٩، يمكن لإجمالي كمية أشعة الشمس في العقبة أن يصل إلى ٢١٦٠ كيلو واط ساعة / متر مربع سنويًا عند إمالة النظم الكهروضوئية في أفضل زاوية للميل. ويبلغ الحد الأقصى للأشعة للمتر المربع شهريًا (٢٣٥ كيلو واط ساعة / متر مربع) ويحدث في يونيو/حزيران مع تثبيت النظام أفقيًا. وتعطي أفضل زاوية ميل أكثر أشعة ثابتة على مدار العام بأكمله. وتقع أدنى مستويات الأشعة عندما يتم تثبيت الوحدات الكهروضوئية تجاه الجنوب أو الشرق أو الغرب الحقيقي.



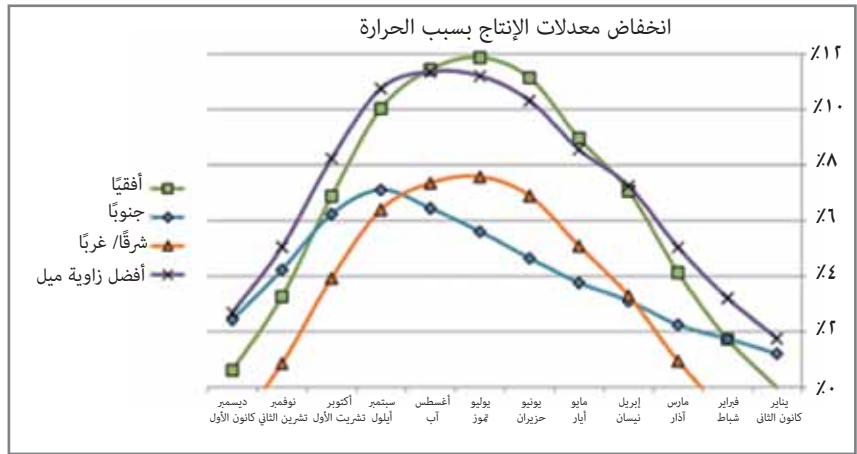
الشكل ٩ أشعة الشمس العالمية وفق مختلف التوجهات والميل

وبغية تتبع أثر التوجيه والميل على إنتاج الطاقة الكهروضوئية في الشكل ١٠، من المهم أن نعرف أن المنطقة الوسطى لمدينة العقبة هو خط العرض ٢٩,٥٣١٠. ويبين الشكل ١١ نقص أو زيادة إنتاج الأنظمة الكهروضوئية بسبب تغير درجات الحرارة.



الشكل ١٠ النسبة المئوية لانخفاض أشعة الشمس بسبب التوجهات وزوايا الميل المختلفة

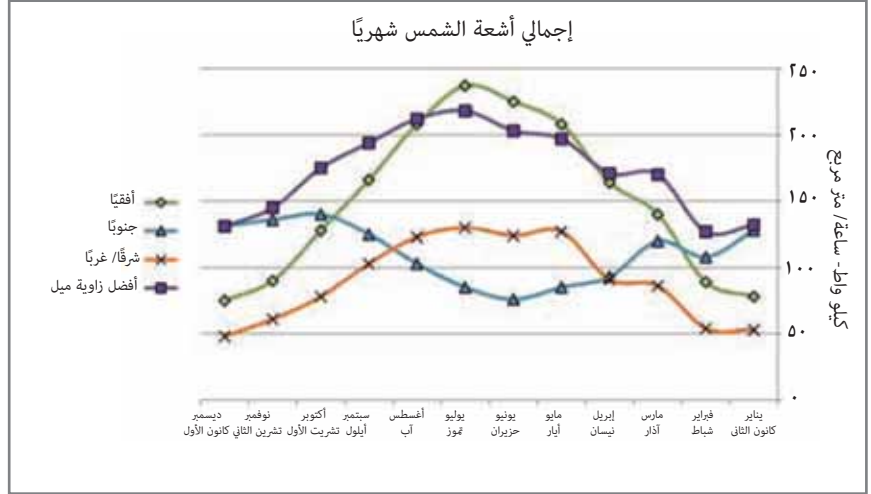
وفي العقبه، تقترب درجة حرارة الخلية الضوئية (إذ تحسب باستخدام المعادلة المذكورة أعلاه) من ٢٥ درجة مئوية (شروط ظروف الاختبار القياسية) خلال شهور الشتاء (ديسمبر/ كانون الأول، ويناير/ كانون الثاني، وفبراير/ شباط).
 وكانت هناك بعض الحالات حين تجاوزت قيمة كفاءة الخلايا الشمسية تصنيفها عندما كانت درجة الحرارة الخلية أقل من ٢٥ درجة مئوية (إروانتو، ٢٠١٤).



الشكل ١١ نسبة انخفاض إنتاج الطاقة الكهروضوئية وفق درجة حرارة الخلية

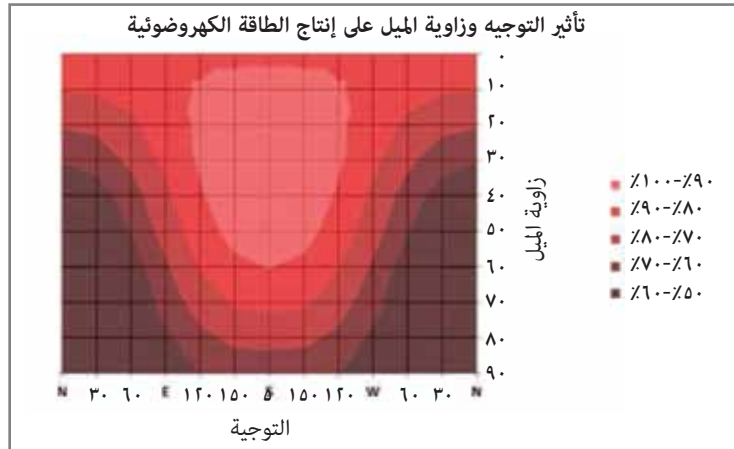


يقع إقليم تونس تقريباً بين خطي عرض $36,5^{\circ}$ و 37° شمالاً، ومن ثم فإن الألواح الكهروضوئية التي تواجه الجنوب مع زاوية ميل تصل إلى نحو 30° تمثل التصميم الأفضل من حيث الإنتاج السنوي من الكهرباء. وخلال فصل الشتاء تؤدي زيادة الميل إلى إنتاج أفضل قليلاً. ومع ذلك، حيث أن إنتاج حوالي 70% من الطاقة السنوية يتم خلال فترة الشمس المشرقة (مارس/ آذار-أكتوبر/ تشرين الأول)، فمن المستحسن وضع زاوية الميل على مقربة من مكان خطوط العرض لتعظيم العائد السنوي للطاقة. في الشكل ١٢، تظهر الاختلافات في أشعة الشمس الشهرية وفق التوجيه وزوايا الميل المختلفة في منطقة تونس.



الشكل ١٢ أشعة الشمس الشهرية وفق التوجيه وزوايا الميل المختلفة

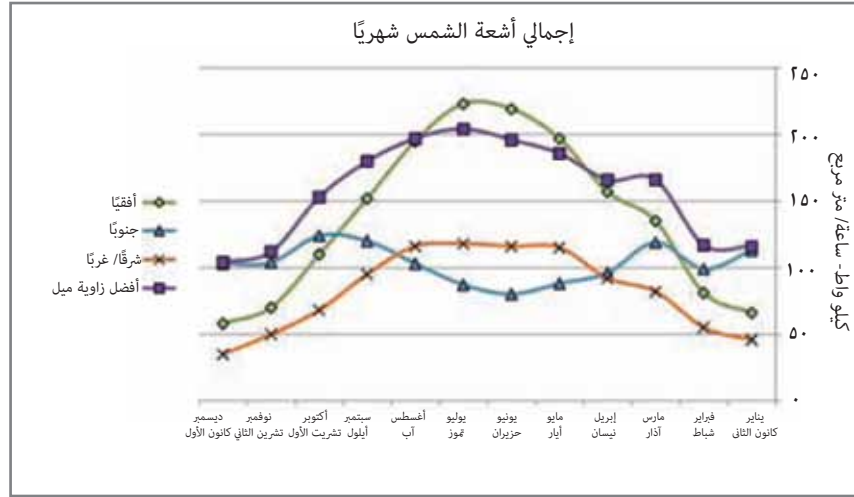
ويصور الرسم البياني التالي (الشكل ١٣) نسبة الحد من أشعة الشمس التي تسببت بها التوجهات وزوايا الميل المختلفة عن الوضع الأمثل. وكما يتبين من الشكل، يمكن تركيب الألواح الشمسية لتكون مرنة من حيث التوجيه وزاوية الميل دون الحد من أداء المصنع بشكل كبير.



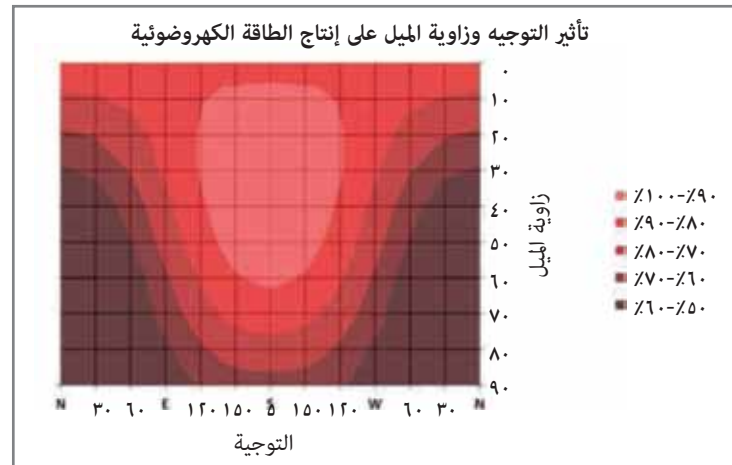
الشكل ١٣ النسبة المئوية لانخفاض كمية أشعة الشمس بسبب التوجهات وزوايا الميل المختلفة



يتتوافر بيانات أشعة الشمس في سردينيا في البيانات التالية



الشكل ١٤ أشعة الشمس العالمية وفق مختلف التوجهات وزوايا الميل



الشكل ١٥ النسبة المئوية لانخفاض الإنتاج بسبب التوجهات وزوايا الميل المختلفة

٣ . ٥ تقدير الحجم التقريبي لمنشأة النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني

إن المعاملات الرئيسية التي يستند إليها حساب النظم الكهروضوئية هي كفاءة التحويل تحت الظروف القياسية (η_{stc}) وكيلوواط / الذروة. وتُعرَّف الأولى بأنها كفاءة الوحدة الكهروضوئية التي تنتج التيار الكهربائي في الظروف القياسية وهي:

- سقوط أشعة الشمس (G) على وحدة تساوي ١٠٠٠ واط / متر مربع؛
- درجة حرارة الهواء تساوي ٢٥ درجة مئوية؛
- طيف أشعة الشمس يساوي ١,٥ كتلة الهواء.

في العموم، ينشأ وضع الاختبار في المختبر ثم تقاس الطاقة الكهربائية لوحدة كهروضوئية بعينها. ونحصل على مقياس الكفاءة η_{stc} من خلال المعادلة رقم (٣):

$$\eta_{stc} = P_{max} / G \cdot A \text{ mod}$$

حيث تكون

- P_{max} هي الطاقة الكهربائية للوحدة (واط)؛

- G هي سقوط الإشعاع على الوحدة (١٠٠٠ واط / متر مربع)

- A mod هي مساحة الوحدة (متر مربع).

يتم تعريف كيلو واط / الذروة بأنه كمية الألواح اللازمة لإنتاج 1 كيلوواط من الطاقة تحت الظروف القياسية (وهي ليست وحدة للطاقة). لقياس كيلو واط / الذروة، من الضروري تحديد السطح، أي سطح الألواح اللازمة لإنتاج 1 كيلو واط من الطاقة الكهربائية في الظروف القياسية. وفقاً ل(١):

$$A_{kwp} = P_{max} / G \cdot n \text{ stc}$$

حيث يساوي ١ كيلو واط / الذروة 1000 Pmax واط، في حين أنه في ظل الظروف القياسية G يساوي ١٠٠٠ واط / متر مربع، وبالتالي يمكن كتابة (٤) كالتالي:

$$m2] = 1/nstc]$$

في (٥) لا يوجد اعتبار للوحدات. فهي تعني فقط أن المساحة متر مربع من ١ كيلوواط / الذروة من الألواح تساوي نسبة معكوس كفاءة الشروط القياسية. ومن الواضح أن استخدام المزيد من وحدات الأداء سيقلل من وحدات السطح المطلوبة للحصول على كمية معينة من الطاقة الكهربائية.

على سبيل المثال إذا كان $\eta_{stc} = 10\%$ ؛ $A_{kwp} = 10$ متر مربع

$$\eta_{stc} = 12,5\%؛ A_{kwp} = 8 \text{ متر مربع}$$

$$\eta_{stc} = 5\%؛ A_{kwp} = 20 \text{ متر مربع}$$

والآن، من الممكن تقدير إنتاج ١ كيلوواط / الذروة.

تعتمد الكهرباء المنتجة على سقوط أشعة الشمس على الألواح، وبالتالي على الموقع الجغرافي.

في مدينة كاليفورنيا، بالنسبة للسطح الموجه نحو الجنوب مع زاوية ميل تساوي ٣٠ درجة يكون الإشعاع السنوي هو ≈ 1800 كيلو واط ساعة / متر مربع.

لدمج (١) مرور الوقت، يمكن أن نكتب:

$$EDC = I \cdot A_{kwp} \cdot nstc$$

حيث تكون:

- EDC هو التيار الكهربائي المباشر المنتج في سنة واحدة بنسبة ١ كيلو واط / الذروة.

- I هو متوسط الإشعاع السنوي (كيلوواط ساعة / متر مربع)

- AkWp هو سطح ١ كيلو واط / الذروة. (متر مربع)

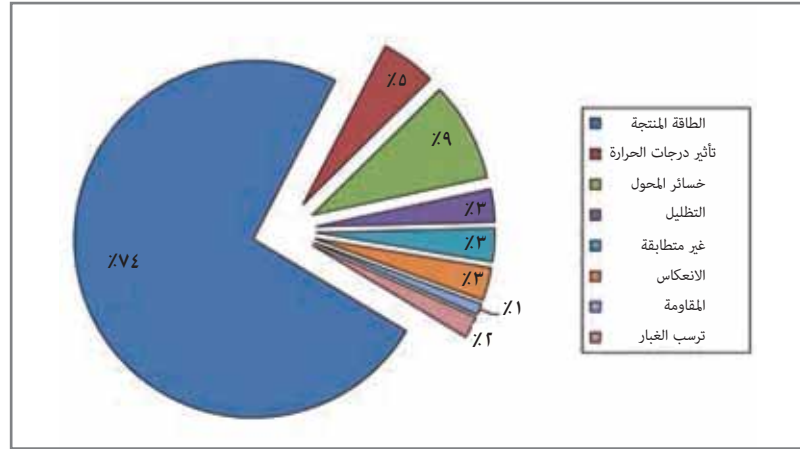
- η_{stc} هو الكفاءة في ظل الظروف القياسية.

وفقاً ل(٥)، يمكن كتابة (٦) كالتالي:

$$[EDC = [kWh] = I [kWh/m^2]$$

ومجددًا، لا تؤخذ الوحدات في الاعتبار، ولكن من ناحية العدد، يساوي الإنتاج السنوي للتيار المستمر الذي يولده 1kWp الإشعاع السنوي على ١ متر مربع من المنشأة الكهروضوئية.

الشكل ١٦ متوسط كفاءة ميزان النظام الكهروضوئي



في كالياري تنتج ١ كيلو واط / الذروة ١٨٠٠ كيلو واط ساعة / سنة، بغض النظر عن نوع الألواح المثبتة. إلا أن هذا الإنتاج نظري فحسب. أولاً، نادرًا ما تعمل الألواح في ظل الظروف القياسية، وثانيًا، تحتاج الكهرباء إلى تحويل التيار المستمر / التيار المتردد لاستخدامها مباشرة في أجهزة المبنى.

ومن ثم، يظهر مقياس ثاني للكفاءة يسمى (ميزان النظام)، حيث يأخذ في الاعتبار جميع الخسائر التي لا يلتفت إليها في الظروف القياسية. في المتوسط، يتم سرد كافة العوامل التي تساهم في ميزان النظام في الشكل ١٦.

من المهم أن نشير إلى أنه بالنسبة إلى النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني يمكن تخفيض ميزان النظام بشدة إذا كان التركيب غير صحيح. على سبيل المثال، إذا كانت اللوحة لا تستطيع أن تبدد الحرارة الزائدة عن طريق التهوية من خلال الوجه السفلي، يمكن للخسائر التي تتسبب بها درجة الحرارة أن تزيد كثيرًا عن ٥%. إن الطاقة المنتجة من قبل النظام بأكمله والمحوّلة إلى شبكة المبنى هي:

$$EAC = EDC \cdot nBOS$$

حيث تكون EAC هي طاقة الإنتاج المحوّل (التيار الكهربائي المتردد) إذا كان النظام متصل بالشبكة.

والآن، أصبح من الممكن محاكاة سيناريوهات مختلفة لتقدير الحجم بدءًا من المدخلات المختلفة.

٣. ١ . ٥ تقدير الحجم وفق جهة الاستخدام (سكني، تجاري، مكاتب، مدارس ...)

بشكل عام، يبدو استخدام أكبر قدر من الطاقة التي تنتجها النظم الكهروضوئية داخل المبنى منطقيًا.

وتتصل كمية الطاقة الكهروضوئية القابلة للاستخدام في الموقع بحجم المصفوفة وحجم الطلب ومُطه. وهناك مجموعة واسعة من أنواع البناء من المكاتب إلى الفنادق والمنازل التي يمكنها أن تستخدم النظم الكهروضوئية. وتحتوي مباني المكاتب بإمكانيات كهروضوئية جيدة لأن الطلب على الكهرباء عندها كبير على مدار السنة (بما في ذلك فصل الصيف) ولأن الطلب يبلغ ذروته من ٩ صباحًا حتى ٥ مساءً. وبالتالي، فإن التناقص بين الطلب والمعروض من النظم الكهروضوئية يبدو جيدًا. أما المنازل، من ناحية أخرى، فهي أكثر صعوبة لأن أوقات الطلب المطلوبة تأتي على فترات متقطعة وتعتمد تمامًا على طريقة استخدام سكان المنزل. وتعمل الأنظمة المتصلة بالشبكة بشكل أفضل مع المساكن حيث تعمل الشبكة بوصفها جهاز تخزين. وتتبع المباني التجارية والصناعية التي تحتوي على مساحات كبيرة من الأسطح مجالاً واسعاً للنظم الكهروضوئية. ويختلف استهلاك الطاقة باختلاف نوع وشكل المبنى، ولذلك ينبغي أن يتم التصميم في مرحلة مبكرة من عملية التصميم.

على سبيل المثال، في سردينيا تستخدم العائلة في المتوسط ٣٠٠٠ كيلو واط/ ساعة من الكهرباء سنويًا. إذا كان الطلب بأكمله مغطى من الوحدة الكهروضوئية،

$$ECC = ECA / \eta_{BOS} = 3000 / 0.74 = 4054 \text{ كيلو واط / ساعة}$$

وحيث أن ١ كيلو واط/ الذروة تنتج في السنة الواحدة نفس القدر من الطاقة الشمسية على ١ متر مربع من الألواح، يكون عدد الكيلو واط/ الذروة اللازم لتغطية هذه الحاجة هو:

$$k_{Wp} = 1800 / 4054 = 2.25$$

وإذا أخذنا في الاعتبار أن التكلفة لكل كيلواط تساوي ٢,٥٠٠ يورو، فإن الاستثمار في الوحدة سيكون ٥,١٢٥ يورو.

ويرجى ملاحظة أن البيانات المتعلقة بأشعة الشمس تشير إلى التوجيه والميل الأمثل، إلا أنه ليس من الضروري أن يكون هذا هو خيار الدمج الأفضل.

٣. ١ . ٥ تقدير الحجم عن طريق عنصر البناء

لضمان السلامة، هناك تدابير وخطوات يتعين اتخاذها أو أخذها في الاعتبار عند تركيب نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مبنى جديد أو قائم. لتطوير المباني الجديدة، يجب أن يأخذ تصميم الهيكل في الاعتبار حمولة تركيب نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تمامًا مثل أي معدات أخرى تحمل على هيكل المبنى. أما بالنسبة للمباني القائمة بالفعل، قد تكون هناك حاجة إلى مهندس هياكل محترف للقيام بعملية فحص هيكل السقف، وحساب الأحمال الهيكلية. وعند النظر إلى موقع بعينه، تتعرض نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية لخطر الصواعق. كما أن البرق يمكن أن يتسبب في الإضرار بالوحدات الكهروضوئية والمحولات، ويجب توخي المزيد من الحيطة لضمان توفير الحماية المناسبة من الصواعق لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية والهيكل بالكامل. يجب حماية المحولات باستخدام مانعات زيادة التيار المناسبة إلى جانب التيار المستمر. ومن الممارسات الجيدة كذلك تثبيت مانعات زيادة التيار إلى جانب التيار المتردد. يجب أن تركز هياكل وأطر الوحدة الكهروضوئية على الأسطح بشكل سليم.

وتعتمد النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني بشدة في تركيبها على أسطح البناء المتاحة. في هذه الحالة يكون من المفيد تقدير حجم الوحدة.

دعونا نفترض أن سقفاً لديه منحدر يواجه اتجاه الجنوب بميل ٣٠ درجة ووسط مساحته 15 متر مربع.

فمن الضروري اختيار تكنولوجيا محددة حيث أن الكفاءة في ظل الظروف القياسية يجب أن تكون معروفة. على افتراض أن $\eta_{stc} = 10\%$ ، $Ak_{Wp} = 1 / 0.1 = 10$ متر مربع، وهو ما يعني أن كل كيلو واط/ الذروة يحتاج إلى ١٠ متر مربع من منحدر السقف.

أما الحد الأقصى لشبكات كيلوواط/ الذروة التي يمكن تركيبها فهو $10/15 = 0.67$.

وإجمالي الإنتاج السنوي هو:

$$kWh = 1,998 = 0.74 \cdot 1800 \cdot 1.5 = ECA = Nk_{Wp} \cdot I \cdot \eta_{BOS}$$

وإذا أخذنا في الاعتبار أن التكلفة لكل كيلواط/ الذروة يساوي ٢,٥٠٠ يورو، فسيكون حجم الاستثمار في المصنع هو ٣,٧٥٠ يورو.

٦ التوصيلات والمكونات الكهربائية

ينقسم النظام الكهروضوئي إلى فئتين رئيسيتين، هما:

- النظم المتصلة بالشبكة

- والأنظمة المستقلة

تتصل الأنظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة دائماً بشبكة الكهرباء العامة عن طريق المحول المناسب لأن الألواح أو المصفوفات الكهروضوئية (الألواح الكهروضوئية المتعددة) تنتج تيار مستمر فقط. مثل الألواح الشمسية، فإن المكونات الإضافية التي تشكل النظم الكهروضوئية المتصلة بالشبكة بالمقارنة مع النظام الكهروضوئي المستقل هي:

- المحول: المحول هو الجزء الأكثر أهمية من أي نظام متصل بالشبكة. يستخرج المحول أكبر قدر من الممكن من التيار المستمر من المجموعة الكهروضوئية ويحولها إلى تيار متردد نظيف ومضبوط وفق الجهد والتردد الصحيح لتغذية الشبكة أو لتوريد كميات محلية. من المهم أن تختار أفضل نوعية المحول في حدود الميزانية المتاحة. إن الاعتبارات الرئيسية التي يجب مراعاتها عن اختيار المحول المتصل بالشبكة هي: الطاقة (أقصى طاقة للجهد المرتفع والمنخفض يمكن للمحول أن يتعامل معها)، والكفاءة (مدى كفاءة المحول في تحويل الطاقة الشمسية إلى تيار كهربائي متردد). يجب أن يختار المصممون المحولات التي تتوافق مع المعايير واللوائح الوطنية.

- عداد الكهرباء: ويسمى أيضاً عداد كيلواط/ ساعة، ويستخدم لتسجيل تدفق الكهرباء من الشبكة وإليها. ويمكن استخدام عدادين توأم، أحدهما يشير إلى الطاقة الكهربائية المستهلكة، والآخر لتسجيل الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية والمرسلة إلى الشبكة. ويمكن استخدام عداد واحد ثنائي الاتجاه لتحديد صافي كمية الكهرباء المأخوذة من الشبكة. يجب أن يكون النظام مجهزاً بعناصر السلامة التي تلتزم بالمعايير واللوائح الوطنية.

- شبكة الكهرباء: وأخيراً شبكة الكهرباء التي يتوجب الاتصال بها، لأنه من دون شبكة المرافق لن يكون النظام الكهروضوئي متصلاً بالشبكة ولن يولد الكهرباء. إن النظام المتصل بالشبكة دون بطاريات هو أبسط وأرخص شكل متاح من أشكال إعداد نظام الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى عدم الحاجة لشحن البطاريات والمحافظة عليها، كما أنه أكثر كفاءة. يصبح المبنى أقل اعتماداً على شركات الكهرباء وينتج جزءاً من احتياجاته للطاقة. ولا يزال الحصول على التوازن بين إنتاج الطاقة الشمسية واستهلاك الكهرباء المنزلية يتم بمساعدة شبكة المرافق. يتم إرسال أي فائض في الإنتاج أثناء اليوم إلى الشبكة، ثم تسحب الاحتياجات في المساء من شبكة الكهرباء. وتستخدم الشبكة بوصفها مخزناً افتراضياً.

أما الأنظمة المستقلة فليس لها أي اتصال خارجي، إلا أنها توفر احتياجات الطاقة بالكامل (في بعض الأحيان بمساعدة مولدات الكهرباء الصغيرة الأخرى). في هذه الحالة، لأن فائض الإنتاج خلال النهار لا يمكن أن يفقد، يتم تريب وحدة تخزين كهربائية في النظام، وتكون في العموم بطارية لتخزين الطاقة. وعلى الرغم من ذلك، فقد أصبح هذا التصنيف قديماً في الوقت الحاضر، وفي المستقبل سوف تضيف التقنيات الكهروضوئية دائماً وحدة للتخزين المحلي، حتى لو كانت متصلة بالشبكة.

وتهد حلول التخزين المحلية الطريق أمام العديد من التطبيقات الجديدة. ومن الأمثلة على ذلك:

- تم القضاء على زيادة الجهد في الخط بسبب وجود العديد من المحولات على الشبكة.

- يمكن تعويض انقطاع التيار عن خط الطاقة، شريطة أن يسمح للمبنى بالعمل في الوضع المستقل.

ويمكن التعرف على سائر القضايا التجارية الجديدة. فالمباني التي تخزن الطاقة التي أنتجتها قد تسمح لمورد الكهرباء بقطع التيار عنها أثناء فترات ذروة الطلب، وفي المقابل قد تحصل على خصم أو مقابل مادي. وعلاوة على ذلك، هناك عالم جديد من الإمكانات يسمى تطبيقات الشبكة الذكية. يمكن للمبنى أن يعمل بشكل تفاعلي مع الشبكة ويفتح قناة تجارية مع أسواق الطاقة. فيمكن خفض الاستهلاك في وقت الذروة والاستجابة للطلب أن يتأسس بطريقة أكثر شمولاً عما هو عليه من دون تخزين. بل ويمكن للمبنى أن يبدأ في التعامل في أسواق الطاقة في الأوقات التي يختارها.

وتتضح ضرورة التخزين المحلي كذلك في البلدان التي لا تعاني شبكة الكهرباء بها من نقص في توفير الطاقة أو مشاكل انقطاع التيار (إيطاليا وإسبانيا من بين الشركاء فوستر إن ميد). وقد تسبب الحد من الحوافز في السنوات القليلة الماضية في جعل تبادل الكهرباء مع الشبكة غير مناسباً، لأن فائض الإنتاج لم يعد يحصل على الدعم اللازم. ومن ثم، حتى في تلك الحالات، يمكن اللجوء لخطوة تالية لتخزين الطاقة الكهربائية المنتجة خلال النهار لاستهلاكها في وقت متأخر من الليل أو في اليوم التالي. كان التخزين التقليدي للألواح الكهروضوئية مصمماً لخدمة تطبيقات الوحدات المستقلة. ويعني هذا أنه كان يجب تخزين كمية من الطاقة على الأقل لسد فجوة الإنتاج في الأيام التي يكون الطقس فيها غائماً جداً.

وسوف تتعامل التطبيقات المستقبلية مع التخزين على نطاق ضيق لتجميع جزء من الطاقة الشمسية المنتجة في يوم واحد وتأجيل استهلاكها خلال اليوم أو الأيام المقبلة. إذا كان المبنى متصلاً بالشبكة، لا يتوجب على نظام التخزين أن يتمكن بالضرورة من التعامل مع الفترات الطويلة من انخفاض إنتاج الطاقة الشمسية، حيث أن الشبكة متاحة لتوفير الطاقة الاحتياطية. وبالتالي، يمكن أن تكون معايير تقييم الحجم مختلفة في الأنظمة المستقلة تمامًا. ويتطلب دمج التخزين في النظام المتصل بالشبكة المزيد من المكونات.

إن النظم الكهروضوئية التي تمتلك وحدات تخزين تماثل في الأساس النظم المتصلة بالشبكة مع إضافة البطاريات (أو غيرها من الوسائل التقنية) ووحدات التحكم في الشحنة. وتحدد وحدة التحكم في الشحنة ما إذا كانت هناك حاجة إلى الطاقة المولدة من الألواح الشمسية للاستخدام المنزلي، لتشغيل المعدات ذات الجهد المنخفض والإنارة، أو ما إذا كان سيتم شحن الدورة العميقة الاحتياطية للبطاريات لاستخدامها في وقت لاحق. يترك التيار المستمر وحدة التحكم ويمر عبر محول التيار المستمر إلى تيار متردد، الذي يحوله إلى كهرباء قابلة للاستخدام لتشغيل أجهزة المبنى. ويُرسَل أي فائض الكهرباء لا يستهلكه المبنى إلى شبكة الكهرباء في شركة الكهرباء. ويفضل تشغيل وحدات الإضاءة والأجهزة التي تعمل بالتيار المستمر أولاً مباشرة من النظام الشمسي، قبل أن يتحول إلى تيار متردد باستخدام المحول. ويضمن هذا الحصول على أكبر قدر من الكفاءة.

٦

الممارسات الجيدة



وقع الاختيار على الممارسات الجيدة الواردة أدناه بعد اختيار مجموعة واسعة من المباني المنتشرة في جميع أنحاء العالم. وتشمل هذه المجموعة المتاحف والمعارض والمراكز التجارية والمستشفيات والمنشآت ذات التصميم الحضري، والمباني السكنية الخاصة. وليس من المفترض أن تكون هذه المباني هي الأفضل من حيث الحلول الجمالية أو الفنية للمبنى، ولكن من المتوقع أن تعتبر أمثلة على استخدام الأنظمة الكهروضوئية في سياقات جغرافية وثقافية ومناخية مختلفة. في هذه الأمثلة، استخدمت النظم الكهروضوئية في التسقيف، وكسوة الواجهة، والتظليل، وبوصفها قطع حمايية وفنية، شفافة أو معتممة، مما يثبت أن هذه التكنولوجيا أصبحت الآن جاهزة للاستخدام بطرق أكثر تنوعاً وقدرة على التكيف.

مركز الشيخ زايد للعلوم في حديقة حيوانات العين

المكان: العين - أبو ظبي

الاستخدام: عام (مركز تعليمي)

المشروع: شركة آي سي كونسولتنز زيفيلاشنايكر جسمب للاستشارات الهندسية

الطاقة: ١٥٠ كيلو واط/ الذروة



الشكل ١ مركز علوم الصحراء، العين - أبو ظبي



الشكل ٢ موقع بناء مركز علوم الصحراء، العين - أبوظبي

التزاماً بمتطلبات الاستدامة التي حددها مجلس أبوظبي للتخطيط العمراني، أصبح مركز الشيخ زايد للعلوم هو أول مبنى حكومي مستدام يحقق أعلى تصنيف ممكن للاستدامة. وقد جمعت عملية تصميم المشروع فريقاً متعدد التخصصات في البناء، والمناظر الطبيعية، والمهندسين المعماريين، ومهندسي الهياكل، ومهندسي الكهرباء والميكانيكا، ومصممي المتحف التفسيري، ومستشاري الاستدامة، ليدعموا معاً عملاً تعاونياً ومستمرًا، ويسعون لتحقيق تحسينات عالية الأداء. وقد تطورت هذه العملية لتصل إلى حل واحد مدمج ومستدام.

عملياً، يعمل المبنى باستخدام "الطاقة الطبيعية" بفضل الجمع بين أفضل تقنيات الإضاءة والتهوية المحلية المتاحة وتطبيقها، وتشمل ما يلي:

- توجيه وتكتل البناء: إن وضع الفناء الداخلي من المبنى وشكله المثقوب يعزز حركة الهواء خلال الفناء وحوله.
- استخدام الأرض الطبيعية بوصفها مادة عازلة: يقع جزء كبير من المبنى تحت الأرض، مما يؤدي إلى خفض الفارق بين درجات الحرارة الخارجية والداخلية.
- استخدام ضوء النهار: يتم توجيه المبنى لتحقيق أقصى قدر من الاستفادة من ضوء النهار داخل المبنى. توفر الفتحات الغائرة والمناور غير المباشرة الضوء الطبيعي بجودة عالية، مع تجنب الإفراط في امتصاص حرارة الشمس. وتسمح النوافذ ذات الفتحات الصغيرة للضوء الطبيعي بالدخول، مع الحد من انتقال الحرارة.
- التظليل: يظل الجزء الكبير البارز المدخل الرئيسي للمبنى. وسيتم استخدام أقمشة التظليل القابلة للسحب لتغطية المساحات الخارجية والفناء خلال فصل الصيف.
- الطاقة الكهروضوئية: تغطي جامعات الطاقة الكهروضوئية سطح المبنى بالكامل، مولدة ١٥٠ كيلوواط من الطاقة. ومن ثم، ينتج المبنى ما يقرب من ٩٥ في المئة من الطاقة الأولية التي يحتاج إليها.

مصنع الطاقة الكهروضوئية، مستشفى ماير، فلورنسا

الموقع: فلورنسا، إيطاليا

الاستخدام: مستشفى

المهندس المعماري: سي إس بي إيه فلورنسا، م. / باولو فيلي

بالتعاون مع: مهندس معماري/ أنطونيلو ترومبادور، مهندس معماري/ جيوسيبيينا الكامو، مهندس معماري/ باولا جالو، مهندس معماري/ لوسيا سيشيريني،

مهندس / سيلفيا مورجيا

مستشار الطاقة: إم إس إيه

حجم الطاقة: ٣٠ كيلو واط / الذروة



الشكل ٣ مستشفى ماير، فلورنسا، إيطاليا

إن صوبة ماير للطاقة الكهروضوئية هي مبنى يواجه جهة الجنوب وتصل إليه الطاقة الشمسية دون عائق من أجل تحقيق أقصى قدر من امتصاص أشعة الشمس في فصل الشتاء؛ وهو يمثل شكل فريد من التصميم، ليس هذا فحسب، بل والأهم، شكل فريد من أشكال المساحة. ولا يراعي هدف التصميم جوانب الطاقة والبيئة فحسب، بل والأثر الاجتماعي كذلك؛ فالهدف الأساسي هو تكوين مساحة لطيفة " واجتماعية" يمكن استخدامها لإقامة الأنشطة المقامة في الهواء الطلق إلى حد ما طوال العام دون أي مساحة إضافية للطاقة، ومساحة اجتماعية مدمجة جيداً في الحديقة الخضراء المجاورة. يسمح تركيب الوحدات الكهروضوئية المدمجة في واجهات الصوبة بإمكانية الجمع بين إنتاج الطاقة وسائر وظائف غلاف المبنى، مثل التظليل، والحماية من عوامل الطقس، وتوليد الحرارة. وقد يصل حجم توفير التكاليف من خلال هذه الوظائف مجتمعة إلى مبالغ كبيرة، على سبيل المثال، في الواجهات المكلفة حيث قد تعادل تكاليف تغليف المبنى تكاليف الوحدات الكهروضوئية. بالإضافة إلى ذلك، لا يحتاج الأمر إلى أراضي باهظة الثمن أو وجود هيكل دعم منفصل. ويتم توليد الكهرباء عند موقع الاستخدام، مما يساعد على تجنب خسائر النقل والتوزيع، وتقليل تكاليف صيانة الشركة للمرفق من رأس مالها. ويبلغ حجم الطاقة في النظام الضوئي 30 كيلوواط، وتم تنفيذه باستخدام الوحدات الكهروضوئية الزجاجية.



الشكل ٤ مستشفى ماير، فلورنسا، إيطاليا

مدينة التصميم في سانت إتيان

المكان: سانت إتيان، فرنسا
الاستخدام: متعدد الوظائف
مهندس معماري: لين للهندسة المعمارية - برلين
الطاقة: ٢٥ كيلو واط/ الذروة



الشكل ٦ مدينة التصميم، منظر جوي للمبنى البلاتيني



الشكل ٥ مدينة التصميم، الافتتاح

تستضيف مدينة التصميم، التي صممها عام 2009 مكتب لين الهندسي ومقره برلين وباريس، القاعات وغرف الاجتماعات، ومساحات معارض، ومكتبة إعلامية، وحدائق داخلية، كما أن بها برج مراقبة يقع إلى جانب القاعة الطويلة. وتتكون جدران وسقف المجمع من هيكل مشبك ثلاثي الأبعاد، مع ترك داخل القاعة مفتوحًا دون أي دعم أو ألواح تعوق الطريق. والمركز فعال جدًا في استخدام الطاقة ويستخدم نظام التبادل الحراري واستعادة الحرارة للحد من الطاقة المستخدمة لأغراض التدفئة. يُستخدم الهواء الطبيعي القادم من الحدائق الداخلية، والذي لا يتم تسخينه، ويوجه إلى داخل النظام لتسخين الغرف المجاورة. أما الغطاء البلاتيني، الذي يتألف من 14000 مثلث متساوي الأضلاع قياس 1,2 متر لكل جانب، فهو غلاف مدرج ومتفاعل: ويتفاوت شكله بين المعتم والشفاف، والأجزاء المعزولة أو المتفاعلة مع الطقس، المفتوحة أو المغلقة، مما يعكس مختلف دورات وتفاعلات مدينة التصميم.

ويسمح اختيار نوع الزجاج بتوزيع الضوء الطبيعي وفق استخدام المكان.



الشكل ٧ مدينة التصميم، سانت اتبان

وتسمح الصفات الحرارية للألواح بتعديل نوعية الغلاف المناخية ليكون منظمًا وفق المعايير العشوائية لأماكن العمل. كما أن إمكانية دمج الألواح الشمسية (الكهروضوئية والتجريبية) في الغلاف البلاستيكي تتيح إنتاج الطاقة الشمسية، وكذلك تطوير واختبار مواد الطاقة الشمسية المبتكرة. ويتفاعل الغلاف باستمرار مع التغيرات المناخية، كما أنه قد حصل على وظائف جديدة. على المدى الطويل، يمكن استبدال الألواح أو تعديلها لتتكيف مع الاحتياجات المتغيرة أو للسماح بوجود مساحات تجريبية.

ال سنتر ديل مون

المكان: برينيان، فرنسا
الاستخدام: مركز متعدد الوظائف (محطة قطار ومحطة للحافلات، مكان للتسوق، ومكاتب، وفنادق)
المشروع: ال ٣٥ أركيكتوس
الطاقة: ٢٣٢ كيلو واط/ الذروة

إن المنطقة الممتدة من محطة القطار السريع الجديدة في برينيان والتي تتضمن المجمع متعدد الوظائف (محطة القطار السريع، ومحطة الحافلات، ومركز التسوق، والمكاتب، وفندقين) هي العنصر الذي كان بمثابة محور للعملية الحضرية البلدية التي تهدف إلى تنشيط حي سان أسيسيكل وتحويل المحطة الجديدة إلى مركز متعدد الوسائط للتنمية الحضرية ومحرك اقتصادي جديد للمدينة.



الشكل ٨ ال سنتر ديل مون، برينيان، فرنسا

وتم تصميم المشروع على طول محور مواز لتخطيط المسار، مما أنشأ مسار عام بين صفيين من المباني، أحدهما بجانب المسارات والآخر في مواجهة جادة المدينة. وقد تمت معالجة الواجهات بطبقة تهوية خارجية من الزجاج الذي يتراوح لونه من الأزرق الداكن إلى الأحمر الداكن إلى البرتقالي والأخضر والأزرق وعدد من درجات اللون الأصفر، مما ساعد على تكون تأثير ديناميكي ومتنوع على طول المبنى البالغ ٤٠٠ متر. واستخدمت وحدات ضوئية شبه شفافة، معلقة على شريط معدني مموج طويل، لتغطية الممر بين المبنيين الطويلين، مما يسمح للضوء بإثارة الردهة، وفي الوقت نفسه يحميه من المطر.



الشكل ٩, ١٠ ال سنتر ديل مون، بريبيان، فرنسا

بيت الموسيقى

الموقع: البورج (الدمارك)

الاستخدام: قاعة حفلات

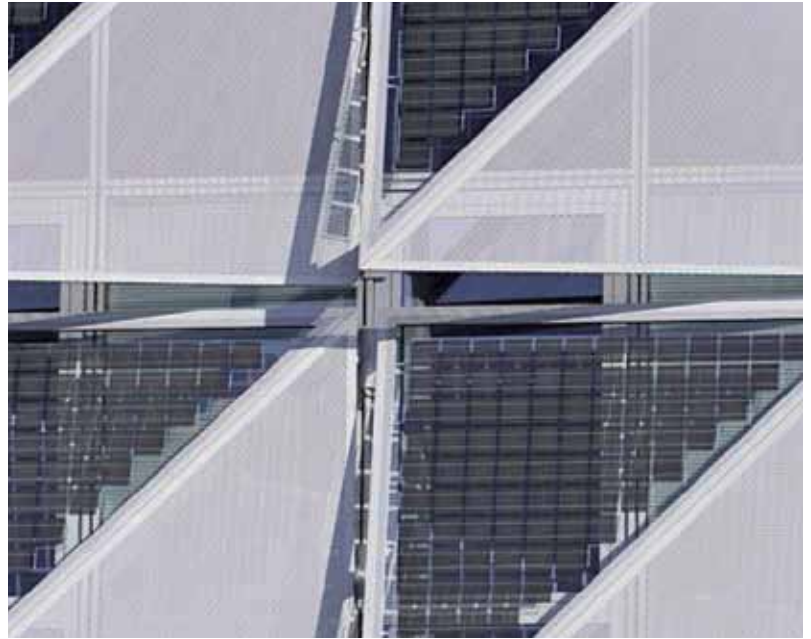
المشروع: شركة COOP HIMMELB(L)AU

إن هذا المركز متعدد الوظائف لهو أعجوبة من أعاجيب التصميم السليبي للطاقة الشمسية، ويتميز بواجهة تواجه الجنوب مغطاة بأغشية ضوئية رقيقة تساعد على الحد من استخدام الطاقة. ويحتوي المركز على ١٣٠٠ مقعد في قاعة للحفلات الموسيقية، والقاعات، والساحات العامة، ويتميز بتصميمه المستدام، ويعد بمثابة إضافة جديدة رائعة للمشهد الثقافي في الدمارك. ومن أجل ضمان الاستخدام الأمثل بين التظليل والاحتياج لضوء النهار، تم تصميم وحدات مثلثة الشكل، وليست مربعة، وضمها إلى ألواح معدنية مثلثة مثقبة، ووضعت مفتوحة الواجهة. وتغطي الوحدات التي تبلغ أبعادها ٢,٣x٢,٣ م وحدات شبه شفافة، تظهر المبنى من الداخل والخارج بطريقة مثيرة خصوصاً في الليل.



الشكل ١١ بيت الموسيقى، البورج، الدمارك

وعلاوة على ذلك، تعمل عناصر الزجاج الموضوعة قطرًا بمثابة مصدات للرياح، وتسمح بدورها بفتح النوافذ حتى في المباني العالية. إلى جانب كل هذه الوظائف، تجدر الإشارة إلى أن الواجهة تنتج نحو ٧٠ كيلو واط / ساعة لكل متر مربع في السنة.



الشكل ١٢، ١٣، ١٤ بيت الموسيقى، البورج، الدامارك

متحف العلوم والصناعة في كاتالونيا

الموقع: تيراسا، كاتالونيا

الاستخدام: متحف

المقاولون: المتحف الوطني للعلوم والصناعة في كاتالونيا، إسبانيا؛ مختبر تحليل وهندسة النظم، المركز القومي للبحث العلمي، فرنسا؛ الأسطح والواجهات متعددة الوظائف، إسبانيا؛ بي بي سولاركس، المملكة المتحدة.

الطاقة: ٣٨,٧ كيلو واط / الذروة

اختار المتحف واجهة كهروضوئية ملونة كغطاء تكنولوجي ومعماري للجدار الفاصل بين المبنى السكني المجاور والمركز. وقد تمت تغطية الجدار بهيكل معدني مثبت عليه ٥٢٧ وحدة ضوئية مرتبطة بالشبكة العامة.



الشكل ١٥ متحف العلوم والصناعة في كاتالونيا، تيراسا

تم تركيب الواجهة الكهروضوئية الملونة على هيكل يشبه الستائر الجدارية، بحيث يعمل كنظام لإنتاج الكهرباء، وفي الوقت نفسه يتجنب انخفاض درجة حرارة الجدار الفاصل بسرعة خلال فصل الشتاء أو ارتفاعها في فصل الصيف. وهناك نوعان من الوحدات: الخلايا الزرقاء التقليدية أحادية البلورة مرتفعة الكفاءة، والخلايا الشفافة والأرجوانية والذهبية أحادية البلورة التي تسمح بمرور أكثر من ١٠% من أشعة الشمس. وعلى الرغم من أن كفاءة الوحدات الزرقاء في تحويل أشعة الشمس إلى كهرباء تزيد عن اللونين الآخرين، فقد تم اختيارها لإعطاء الأولوية للمعيار الجمالي أكثر من بعض الوظائف، حيث أن الواجهة تقع في موقع مزدحم جدًا وظاهر للعيان في شارع رامبلا دي إيجارا، أحد الشوارع الرئيسية في تراسا. وتنتج الوحدة الكهروضوئية المركبة طاقة بقوة ٣٩.٧ كيلوفولت، وتحتل مساحة ٣٠٠ متر مربع. وتنتج سنويًا حوالي ٤٠٠٠ كيلواط / ساعة تغطي ١٥% من احتياجات المتحف من الكهرباء، وقد أصبح هيكل المتحف رمزًا لكل من المتحف ومدينة تراسا.



الشكل ١٦ متحف العلوم والصناعة في كاتالونيا، تراسا

جناح رنزو بيانو ممتحف كمبل للفنون

الموقع: فورت وورث، تكساس

الاستخدام: متحف

المشروع: ورشة بناء رينزو بيانو وأروب للوحدات الكهروضوئية

المقاول: GIG FASSADEN، الولايات المتحدة الأمريكية

الوحدات: ٢,٤٠٣ VSG ٤/٢

الأبعاد: ٢,٢٣٠ X ١٨٠ مم

الطاقة: ١٢٠ كيلوفولت

يُميز جناح بيانو، المشهور بالأعمدة والإفريز المعلق، مبنى متحف كاهن من خلال ارتفاعه، والتركيز على الضوء الطبيعي، واستخدام الخرسانة كمادة أولية. ويتكون الجناح من قسمين متصلين بواسطة ممر زجاجي. ويعطي القسم الأمامي، في أقصى الشرق، انطباعًا بخفة الوزن: يبدو نظام السقف الزجاجي وكأنه يطفو عاليًا فوق العوارض الخشبية والدعامات الخرسانية. وتطوق الأعمدة الخرسانية الأنيقة المربعة زجاج المدخل المركزي وتلتف حول جوانب المبنى الثلاث.



الشكل ١٧ الجناح الجديد ممتحف كمبل، الولايات المتحدة الأمريكية. السقف.

وتعكس الواجهة الثلاثية الداخل، مع مدخل واسع لصالة الاستقبال وصلات العرض الكبيرة في الشمال والجنوب.

ويحتوي القسم الغربي لجناح بيانو، المقام تحت سقف أخضر، على معرض للأعمال الفنية الحساسة للضوء، وثلاثة استوديوهات تعليمية، ومكتبة كبيرة تحتوي على مناطق مخصصة للقراءة، وقاعة أداء تحتوي على أدوات سمعية موسيقية متقدمة. وقاعة الأداء هذه، الواقعة تحت مستوى سطح الأرض، هي محور التصميم: تواجه الكراسي الممشطة خشبة المسرح مع خلفية درامية من الضوء المتحرك عن طريق تحويل أنماط الضوء الطبيعي.

ويتكون السقف من طبقة واحدة تقوم بمجموعة من المهام. فوق الزجاج مباشرة هناك نظام الكوات الضوئية. أول وظيفة لها هي التحكم في كمية الضوء التي تدخل إلى الفضاء، ويمكن أن تكون إما مغلقة تمامًا أو مفتوحة بزاوية ميل بين صفر و ٤٥ درجة. في حالة ظروف الطقس الخطيرة، مثل البرد، تدور وتنثني لحماية هيكل السقف الزجاجي. ويقول ديفيز، تولد الخلايا الكهروضوئية داخل الكوات طاقة كافية لتلبية نحو ٧٠ في المئة من احتياجات إضاءة المبنى. وتحافظ الكوات على سقوط الشمس على الزجاج، ويتحكم نظام مخصص للتحكم في كل كوة بشكل فردي.



الشكل ١٨ ، ١٩ الجناح الجديد في متحف كمبرل، الولايات المتحدة الأمريكية. السقف.

مركز الطقس في برمهافن

الموقع: برمهافن، ألمانيا

الاستخدام: مركز تعليمي وترفيهي

المشروع: Klumpp Architekten, Bremen, Transsolar Energietechnik GmbH

Modules

with Digiprint ١١,٢(١٤)١١,٢ VSG-ISO ١٤٣

الأبعاد: ١,٧٠٠ X ١,١٨٠ مم

الطاقة ٣٥,٧ كيلو واط / الذروة

إن التصميم المعماري للمركز الترفيهي هو مغلف زجاجي شفاف، قائماً بذاته، وملتقاً حول الهيكل الخرساني الداخلي. يستخدم مفهوم البيت في بيت فيما يصل إلى ١٥٠٠٠ متر مربع من مساحة المعرض. في منطقة "السفر"، يخوض الزائر خبرة واقعية في المناطق المناخية الهامة من العالم. ولتحقيق هذه الغاية، تم تركيب نظم لتكييف الهواء في حوالي ٥٠٠٠ متر مربع من مساحة المعرض لإعادة إنتاج الظروف القاسية التي تتراوح بين طقس القطب الشمالي، والطقس المعتدل، والرطب شبه الاستوائي، وحتى المناخ الصحراوي شديد الجفاف.



الشكل ٢٠ مركز الطقس في برمهافن، ألمانيا

وتتسق المفاهيم المناخية لسائر مساحات المعارض، مثل "العناصر"، "وجهة نظر" والبهو، مع متطلبات الهندسة المعمارية للمعرض وتفاوت عدد الزوار. وبصرف النظر عن العناصر الضوئية المدرجة في الواجهة، تستخدم هذه المناطق من المعرض مصادر الطاقة الطبيعية فقط لأغراض التبريد والتهوية. وتحقق مفاهيم المناخ والطاقة المختارة أهداف المشروع، وهي تعزيز السلوك المسؤول تجاه البيئة، بالإضافة إلى توفير المعلومات.



الشكل ٢١, ٢٢ مركز الطقس في برمهافن، ألمانيا

مكعب الطاقة ستادورك كونستانز

الموقع: كونستانز، ألمانيا
الاستخدام: مركز خدمة العملاء
المشروع: ستادورك كونستانز
مشروع الواجهة / السقف
وحدات VSG-ISO 17
الحد الأقصى للأبعاد ٢,٩٨٨ X ٣,٩١١ مم
الطاقة ٢٤,٥٤ كيلو واط / الذروة

تبلغ المساحة الكلية لمكعب الطاقة حوالي ٨٠٠ متر مربع منتشرة عبر طوابقه. ويقف الهيكل على ٤٧ ركيزة، مدفونة في الأرض على عمق ١٨ متر. وتتكون الواجهة الشفافة من ٨٠ عنصرًا زجاجيًا كبيرًا تبلغ مساحتها الكلية ١٠٠٠ متر مربع. ويمكن أن تكون المساحات المستقلة للواجهة مضاءة بلون من ألوان شركة ستادورك. ونتيجة لهذا التخطيط، حقق مركز العملاء الجديد كفاءة في استخدام الطاقة وأصبح يستخدم مصادر الطاقة المتجددة.



الشكل ٢٣ مكعب طاقة كونستانز ستادورك، ألمانيا

وينتج المبنى الجديد، على مدى عمره الإنتاجي، طاقة تزيد عما يستهلكه هو نفسه. وسيتم استخدام الطاقة المولدة من الشمس والأرض في توليد الكهرباء واستخدامها للتدفئة والتبريد. ويحصل الضخ العكسي إما على التدفئة أو التبريد من الأرض، وفق ما يقتضيه الأمر. وعلى السطح والواجهة الجنوبية تولد الألواح الكهروضوئية المثبتة الكهرباء. وتثير البيانات القياسية التي تخرج من التركيبات الكهروضوئية المدمجة في الواجهة التعجب. فعندما يتم تقسيم طول الحافة أفقيًا على خمسة والرأسية على أربعة، ينتج عن هذا أبعاد لا تصدق وهي من ٢٩٨٨ X ٣٩١١ لكل لوحة. كما أن قدرة كل وحدة مرتفعة بحد أقصى ١٢٤٦ كيلو واط/ الذروة - وهو رقم قياسي مطلق للطاقة الكهروضوئية. بالإضافة إلى الطاقة، يفوق الوزن كل ما تم الوصول إليه. يتكون اللوح من زجاج معزول عزل ثلاثي مع حزم زجاجية تصل إلى 64مم، وبذلك تصبح هذه هي أكبر وحدة ويبلغ وزنها الإعجازي ١٠١٤ كجم. ويصل حجم طاقة الألواح مجتمعة إلى ٢٣,٢ كيلو واط/ الذروة بالإضافة إلى نسبة شفافية تبلغ حوالي ٢٢%، بسبب استخدام خلايا شبه شفافة. في غضون أسابيع قليلة، يمكن لزوار مركز خدمة العملاء أن يملوا أعينهم بالهندسة المعمارية للمبنى، فضلاً عن جانب الطاقة الرائد للواجهة الفريدة من نوعها.



الشكل ٢٤ مكعب طاقة كونستانز ستادورك، ألمانيا

المنزل على سفح التل في باسيل (النمسا)

الموقع: باسيل، النمسا

الاستخدام: منزل

المشروع: شركة كالتنجر المعمارية، باسيل، النمسا

مقاوم الوحدات الكهروضوئية المقاوم: مصنع موستل، باسيل، النمسا

الوحدات: ٢٠ VSG / ٨ / ١٠

الأبعاد: ١,٥٥٥ X ٢,٠٠٠ مم

الطاقة: ٤,٧ كيلو واط / الذروة

على حافة منحدر بالقرب من باسيل، في النمسا، يقع مبنى سكني غير عادي. قاعدة المبنى اللوحية مثبتة، من بين أمور أخرى، على ستة أعمدة تعطي للمبنى تأثير الطفو. إن الموقع، بما يطل عليه من منظر واسع على الوادي ومساحة كبيرة، هو خير تعريف لمفهوم السعة المكانية. ومن ثم، منحى المهندس شرفة تلتف حول المبنى، وفتحها باستخدام واجهة زجاجية كبيرة تقابل جنوب غرب الوادي.



الشكل ٢٥ المنزل على سفح التل في باسيل، النمسا

ويشمل تصميم المبنى، بالإضافة إلى حجرة المعيشة/ الطعام الفسيحة، غرفتي نوم، والغرف الصحية والفنية اللازمة، وساحتين مغطاتين لوقوف السيارات. وعلى الرغم من أن المبنى يحتوي على مساحة كبيرة جداً معرضة للهواء الخارجي الطلق، فإنه يصل إلى ما يقرب من المستوى السلبي للمنزل. لم يقام حاجز الشرفة الملتف على جانبي الوادي للسلامة فقط، فهو يستخدم لتوليد الكهرباء: ينتج كل عنصر من العناصر الضوئية (ومجموعها ١٩ وحدة زجاجية مغلقة) ٢٤٥ واط/ الذروة، مما ينتج سعة طاقة تصل إلى ١٥٤ كيلوواط. ولتركيب الوحدات، غرست حوامل من الفولاذ المقاوم للصدأ في الزجاج الخلفي على أن تكون غير مرئية من الجهة الأمامية، كما أن علب التوصيل والكابلات مخفاة في الطابق العلوي.

مركز مكاتب بونيشوف

الموقع: دوسلدورف، ألمانيا

الاستخدام: مكاتب

المشروع: RKW Rhode Kellermann Wawrowski Architecture

+ دوسلدورف ، Urban Design, Düsseldorf

وحدات الطاقة الشمسية: BAUWERK الوحدات الكهروضوئية المدمجة

النظم الكهروضوئية أحادية البلورة المدمجة في المباني SCHUCO

الوحدات: 114 VSG 1/1 رمادي قاتم

الأبعاد: 1,300 X 3,300 مم

الطاقة: 1,3,3 كيلو واط/ الذروة



الشكل ٢٦ , ٢٧ مركز مكاتب بونيشوف

يتوسع مجمع مباني بونيشوف الحديث في دوسلدورف في المبنى الحالي، ومركز مكاتب ترستيجن إلى ما يقرب من ١٢٠٠٠ متر مربع من مساحة الطابق الجديد، وينشئ بهو جديد مكون من طابقين من الزجاج. وقد تم تنفيذ مبنى المكاتب المكون من خمسة طوابق مع طابق السقيفة وموقف سيارات تحت الأرض وفق خطط المقاول العام، كوانتام إيموبليان، وتم الانتهاء منه في أوائل عام ٢٠١٤. ويستند مفهوم الواجهة إلى بناء خاص له واجهة مزدوجة مع مختلف ألواح الستائر في الطبقة الخارجية. وتعتمد المكونات الرئيسية للواجهة على إصدارات خاصة من نظام الألومنيوم SCHUCO AWS ٧٥، مع أنظمة العزل الحراري والتكتلات. وتبلغ القيمة الإجمالية للواجهة ١,٣ اواط/ متر مربع كالفن، في حين تبلغ قيمة الواجهة الزجاجية ١,٠ اواط/ متر مربع كالفن. ويتميز المبنى الرئيسي بالتبديل بين ألواح الواجهة الزجاجية والستائر. ويبلغ ارتفاع الوحدة الأساسية 3,5 متر وعرضها ٢,٧ م، مكونة من عناصر النافذة مع فتحة الداخلية، وطبقة نشطة حراريًا، وألواح ضوئية في الطبقة الخارجية. وفي إطار التصميم الخاص، تم دمج حماية إضافية من أشعة الشمس في شكل الستائر الفينيسية الخارجية.

ويتكون هيكل ألواح الستائر الشمسية أو الوحدات الكهروضوئية المصنوعة من زجاج الأمان من لوحين زجاجيين شبه خفف بسبك ٦ مم مع طبقات داخلية مختلفة. في الزجاج المستخدم للحماية من أشعة الشمس، يطبع على الجانب الخلفي من الطبقة الخارجية طباعة رقمية وفقًا لتصميم المهندس المعماري باستخدام نمط أبيض. يصنع الزجاج الشمسي من خلايا ضوئية بين طبقتين مصقولتين. وللحصول على الانطباع البصري، من المهم استخدام اللون "الرمادي الداكن" في الزجاج الخلفي. وتبلغ المساحة الإجمالية للمنطقة الكهروضوئية للمشروع حوالي ٥٠٠ متر مربع. وتتكون كل وحدة من ١٣٣ بلورة أحادية بسعة ٥٥٥ اواط/ الذروة. ويبلغ إجمالي سعة النظام في غطاء الواجهة العمودي ٦٣ كيلوواط. وقد تم تثبيت النظام بالكامل بما في ذلك الكابلات والمحولات. وترتبط الواجهات النشطة بالمحول الخاص، كل على حدة، بغية تفادي خسائر الطاقة الناجمة عن عدم تطابق سلسلة الوحدات الضوئية المتصلة نظرًا للزوايا المختلفة للشمس. إن غلاف الطاقة النشط هو سمة من سمات تصميم مبنى المكاتب، ويسهم بشكل كبير في كفاءة استخدام الطاقة. وقد سهل نظام الوحدات المكونة من عناصر مسبقة الصنع عملية التركيب وتوصيل الأسلاك عمليًا، وأدى إلى تقليل وقت التجميع إلى ثمانية أسابيع فحسب. إن هذه الواجهة الفعالة معماريًا وفتيًا هي مثال ناجح لاستخدام النظم الكهروضوئية المدمجة في المباني.

تحية إلى الشمس

المكان: زادار، كرواتيا

الاستخدام: نصب تذكاري

المشروع: نيكولا بيبيك

الوحدات: ٣٢٨ VSG ١٢/١٢/٦ walkable

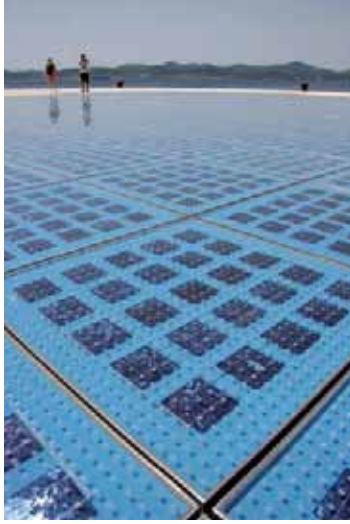
الأبعاد: ١.١٠٢ X ١.١٠٢ مم بحد أقصى

يقع مبنى تحية الشمس في ميناء زادار، عند النقطة الغربية في شبه جزيرة زادار، بجوار أرغن البحر. ويطل هذا المكان على ميناء المدينة، والجزر وغروب الشمس الشهير في زادار. ويرمز النصب إلى الشمس مع ألواح شمسية تمتص الطاقة الشمسية في النهار وتحولها إلى مؤثرات ضوئية غير عادية أثناء الليل. وتستخدم الطاقة الشمسية في عرض الضوء الذي يقام ليلاً. بعد غروب الشمس، يتم تنشيط عناصر الإضاءة، التي تتبع سيناريو مبرمج بشكل خاص ينتج عنه عرض ضوء رائع. ويتكون التركيب الفني من ثلاثمائة لوح زجاجي متعدد الطبقات، وضعت أساساتها في الرصيف الحجري على شكل دائرة يبلغ قياس قطرها ٢٢ متر، ويمكن للناس أن يسيروا عليه. وتحت كل إطار زجاجي توجد وحدة للطاقة الكهروضوئية.

الشكل ٢٨ نصب الشمس في زادار، كرواتيا



وهناك أيضا شبكة من نقاط الضوء تحت الزجاج، تتألف في الواقع من عرض متفرق مكون من أكثر من ١٠٠٠٠ مصباح كهربائي صغير. تغير كل لمبة تغير شدة الضوء ولونها وفق برنامج الكمبيوتر. في الواقع، يمكن لهذا التركيب أن يصدر أضواءً تعبر عن كافة الأحاسيس الممكنة، ويرسل رسائل، ويشكل حروف، ويكتب كلمات. في المستقبل، عند الدخول إلى دائرة الضوء، يحث السائر رد فعل ضوئي معين، حيث يحفز كل شخص رد فعل واحد، وهكذا، حتى يحث عشرة أشخاص عشرة آثار تراكمية. وقد كان هدف المصمم هو إضفاء فرحة الأداء، وإمكانية لقاء الطبيعة والتواصل معها إلى هذا الفضاء الحضري، وكذا التعرف على متعة الارتباط ببعض الأماكن الهامة والعزيزة على السكان الذين يرغبون في العودة إليه وتعزيز الشعور بالانتماء للمدينة.



الشكل ٢٩ , ٣٠ نصب الشمس في زادار، كرواتيا



الشكل ٣١ نصب الشمس في زادار، كرواتيا

Project Coordinator



Università degli Studi di Cagliari

University of Cagliari
DICAAR and DSSI (Italy)
www.unica.it



Project Partners



Association of Mediterranean Chambers of
Commerce and Industry (Spain)
www.ascame.org



Special Agency
Centre of Services for Enterprises (Italy)
www.csimprese.it



Confederation of Egyptian
European Business Associations (Egypt)
www.ceebea.org



INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE

Industrial Research Institute (Lebanon)
www.iri.org.lb



الجمعية العلمية الملكية
Royal Scientific Society

Royal Scientific Society (Jordan)
www.rss.jo



Chamber of Commerce and Industry of
Tunis (Tunisia)
www.ccitunis.org.tn



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Autonomous Region of Sardinia
Industry Department (Italy)
www.regione.sardegna.it

Associate



Sardinia Mediterranean Foundation (Italy)
www.sardegnameiterranea.org

لمزيد من المعلومات، برجاء الاتصال بـ:



FOSTER inMED

مكتب إدارة المشروع

قسم الهندسة المدنية والبيئية، والهندسة المعمارية

٢ شارع مارنيو - ٠٩١٢٣ كالياري

ت: ٠٧٠٦٧٥٥٨١١ +٣٩

البريد الإلكتروني: management@fosterinmed.eu

www.fosterinmed.eu

صفحاتنا على مواقع التواصل الاجتماعي

<http://twitter.com/fosterinmed>

<http://slideshare.net/fosterinmed>

<http://youtube.com/fosterinmed>

<http://facebook.com/fosterinmed>



