PV Systems and Risks –
From The Perspective of the Civil Defense

KINGDOM OF SAUDI ARABIA

MINISTRY OF INTERIOR

GENERAL DIRECTORATE OF CIVIL DEFENSE

Safety Design in Buildings

Riyadh Conference

April 16, 2018, Holiday Inn Izdihar - Riyadh

الأنظمة الكهرضوئية ومخاطرها من منظور الدفاع المدني

- مقدمة
- بنية وخصائص الخلايا الشمسية الكهرضوئية
- منحنيات الاستطاعة للخلية الشمسية الكهرضوئية
- مكونات الأنظمة الكهرضوئية
- أنواع الأنظمة الكهرضوئية
- تطبيقات الأنظمة الكهرضوئية
- مخاطر الأنظمة الكهربائية
- متطلبات السلامة في التثبيت والتركيب
- التشريعات والتنظيمات العالمية
- مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية
- التوصيات

مقدمة

- تتمتع المملكة العربية السعودية بإمكانات هائلة من الطاقة الشمسية، وذلك بفضل موقعها في نطاق »الحزام الشمسي العالمي«، وتتميز بوجه عام بالإشعاع الشمسي المرتفع، وتُعد إشعاعاتها الشمسية من أعلى المعدلات في العالم، وتدعم حكومة المملكة خطوات تنويع مصادر الطاقة، وذلك من خلال استراتيجية التنمية الوطنية الشاملة التي تتضمنها رؤية 2030، والتي تركز على التزام المملكة بمنح الأجيال القادمة مستقبلاً أفضل يعتمد على الطاقة النظيفة .
- وقد اعتمدت هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج وثيقة بعنوان "تنظيمات أنظمة الطاقة الشمسية الصغيرة "في إطار جهودها لمواكبة التطورات العالمية في مجال نشر استخدامات الطاقة الشمسية، وتحقيقاً لأهداف رؤية المملكة 2030، وقد أعلنت الشركة السعودية للكهرباء أن مشروع الخلايا الشمسية الكهروضوئية الصغيرة سيتم البدء فيه منتصف هذا العام 2018م، وفق تلك التنظيمات المعدة من قبل الهيئة .
- إن أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية آمنة بذاتها ما لم يتم المساس بها أو إساءة استخدامها من قبل غير المختصين في هذا المجال .ولضمان سلامة وكفاءة عمل تلك الأنظمة يجب استخدامها وفقا لأرقى المعايير والمواصفات العالمية والمحلية والتي تراعي الصحة والسلامة والبيئة وتوفير الطاقة الكهربائية بكفاءة واعتمادية، لذا يتعين الالتزام بقواعد ومتطلبات السلامة الخاصة بها.

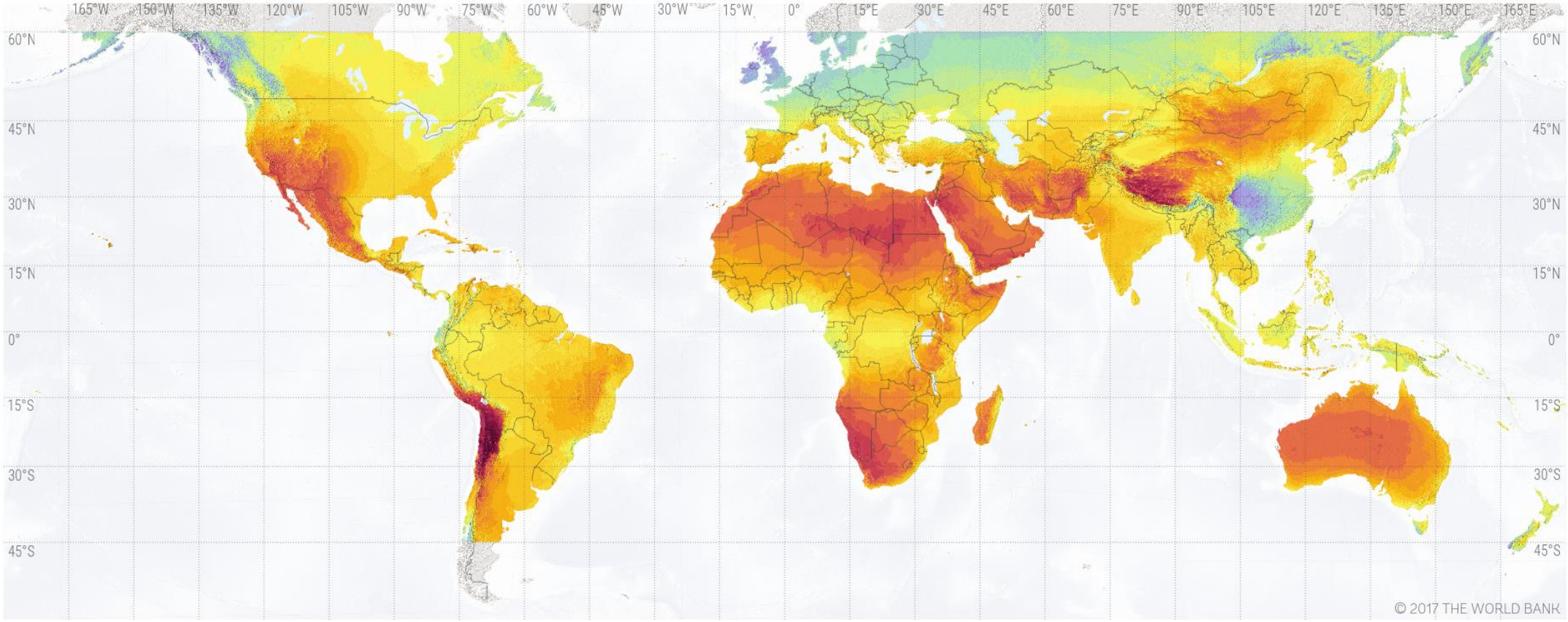
SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL

WORLD BANK GROUP
THE WORLD BANK IBRD • IDA | IFC International Finance Corporation

ESMAP
Energy Sector Management Assistance Program

SOLARGIS



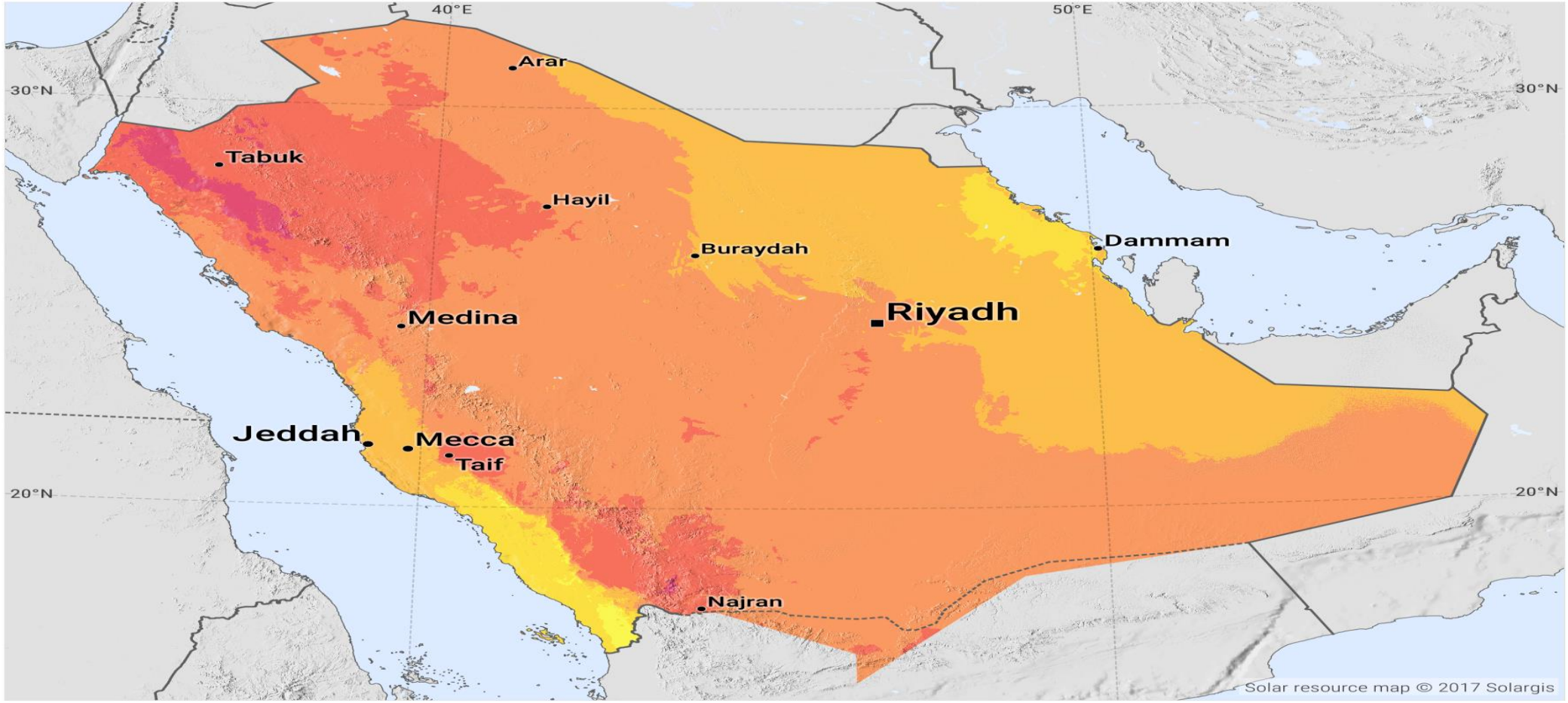
Long-term average of daily/yearly sum

Daily sum:	<	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4 > kWh/kWp
Yearly sum:	<	730	876	1022	1168	1314	1461	1607	1753	1899	2045	2191	2337 >

This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit http://globalsolaratlas.info.

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL
SAUDI ARABIA

SOLARGIS

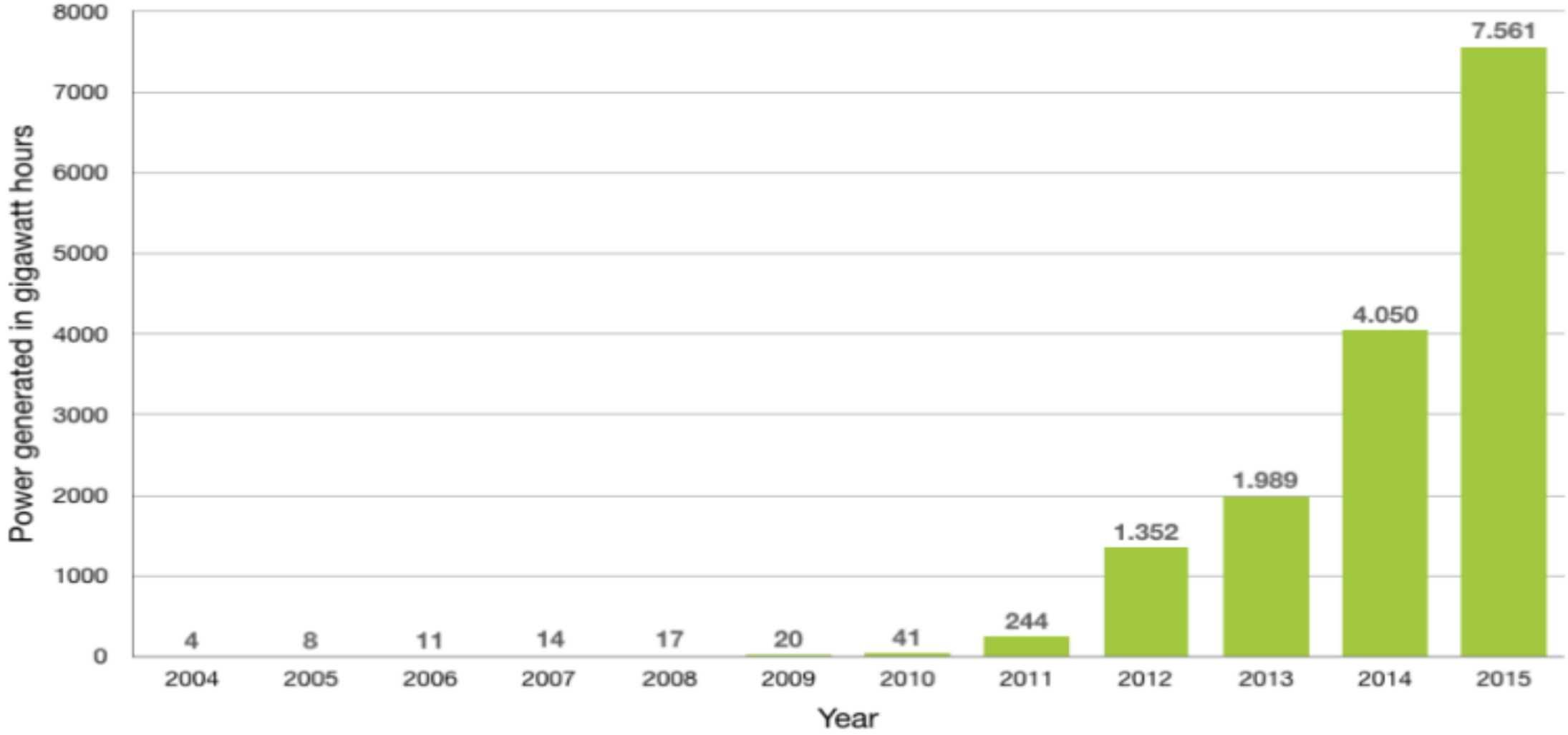


Average annual sum of PVOUT, period 1999-2016

1500 1700 1900 2100 kWh/kWp

This map is licensed by Solargis under the Creative Commons Attribution license (CC BY-SA 4.0). You are encouraged to use content of the map to benefit yourself and others in creative ways. For more information, please visit http://solargis.com/download.

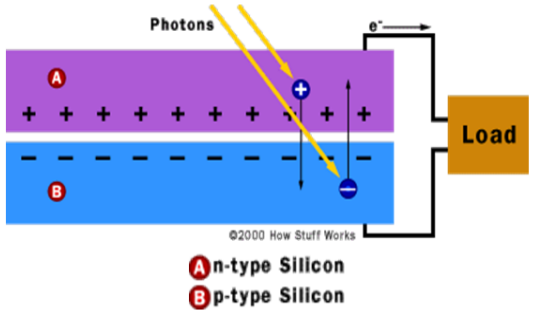
UK Solar Photovoltaic Power Generation from 2004 to 2015 (in gigawatt hours)

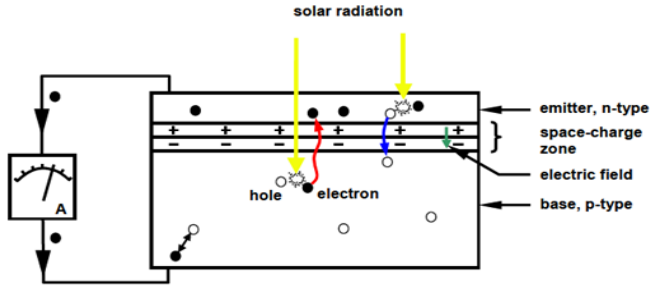


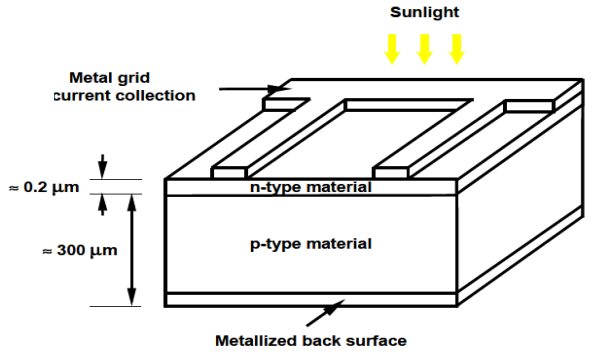
Source: UK Department of Energy & Climate Change. n.d. *UK solar PV power generation from 2004 to 2015 (in gigawatt hours).* Statista. Accessed 11 July, 2017. Available from: https://www.statista.com/statistics/223332/uk-solar-power-generation/

بنية وخصائص الخلايا الشمسية الكهرضوئية

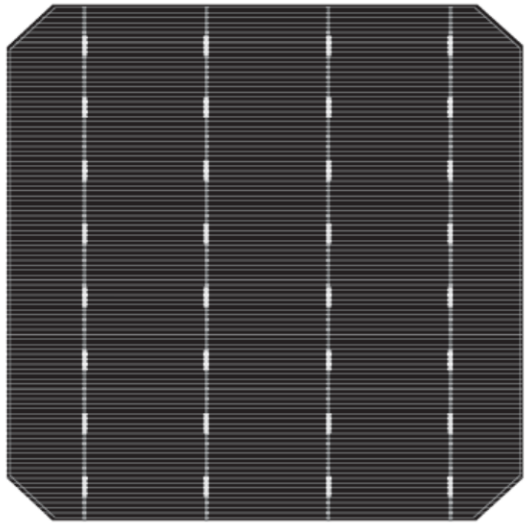
- مواد نصف ناقلة أحادية البلورة Mono crystalline cells (21 %)
- موادPoly crystalline cells (18 %) نصف ناقلة متعددة البلورات
- Copper indium diselenide (CIS)نحاس انديوم
- Cadmium telluride (CdTe)كادميوم تيليرايد
- مواد غير بلورية Amorphous thin film







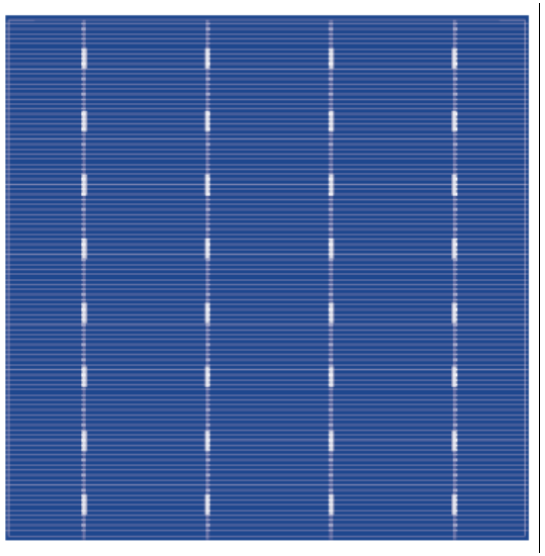
أنواع بنية وخصائص الخلية الشمسية الكهرضوئية
From Cell to module من الخلية الى الموديول



MONOCRYSTALLINE PERC CELLS, 156X156MM,
EFFICIENCY UP TO 21.30%

أكبر جهد يمكن أن تنتجه الخلية الكهرضوئية هو 0.6v ومن النادر استخدامها لوحدها في تطبيق ما, حيث أن معظم التجهيزات يحتاج إلى جهد تشغيل أكبر من ذلك. لذا فإنه من الضروري توصيل هذه الخلايا على التسلسل للحصول على الجهد المطلوب.

لتشكيل موديول واحد (موديول (12Vيتم توصيل 33 إلى 36 خلية كهرضوئية على التسلسل. ونظراً لأن الخلية الكهرضوئية تعطي 1-1.5Wعند الشروط القياسية, لذا تتراوح استطاعة الموديول السيلكوني الواحد بين 40 إلى 60 وات.



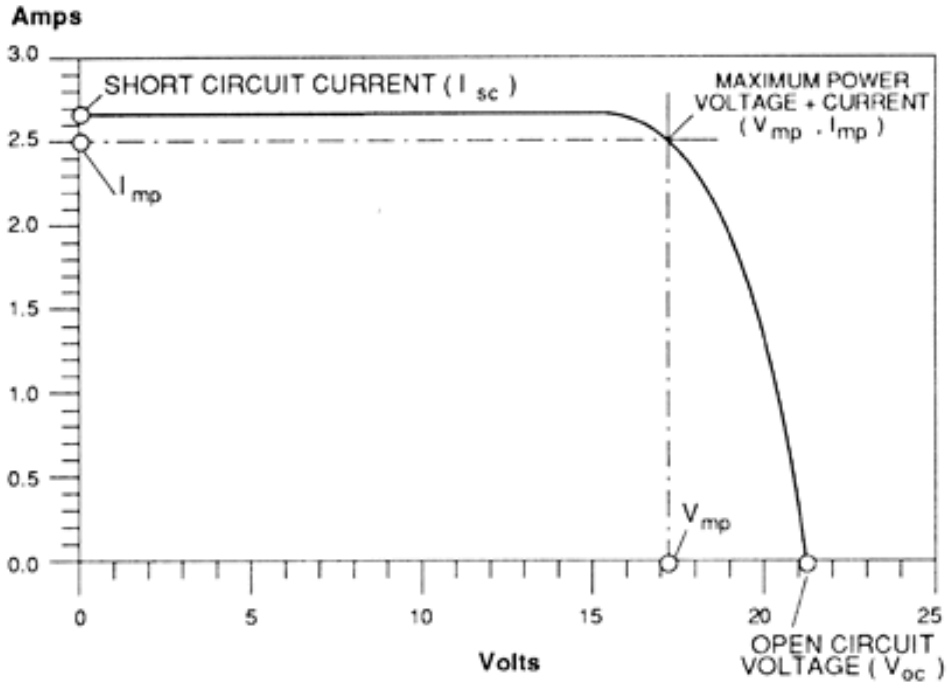
POLYCRYSTALLINE CELLS, 156 X 156 MM,
EFFICIENCY UP TO 18.90 %

Thin Film CELLS, 156 X 156 MM,
EFFICIENCY UP TO 12 %

يستخدم أيضاً موديولات ذات – 7260 خلية(موديول 24V) بحيث توصل جميع خلاياها على التسلسل.

هناك أنواع أخرى من الموديولات توصل خلاياها بشكل صفين (سلسلتين strings) على التفرع بحيث يحوي كل صف 36 خلية على التسلسل للحصول على التيار المطلوب.

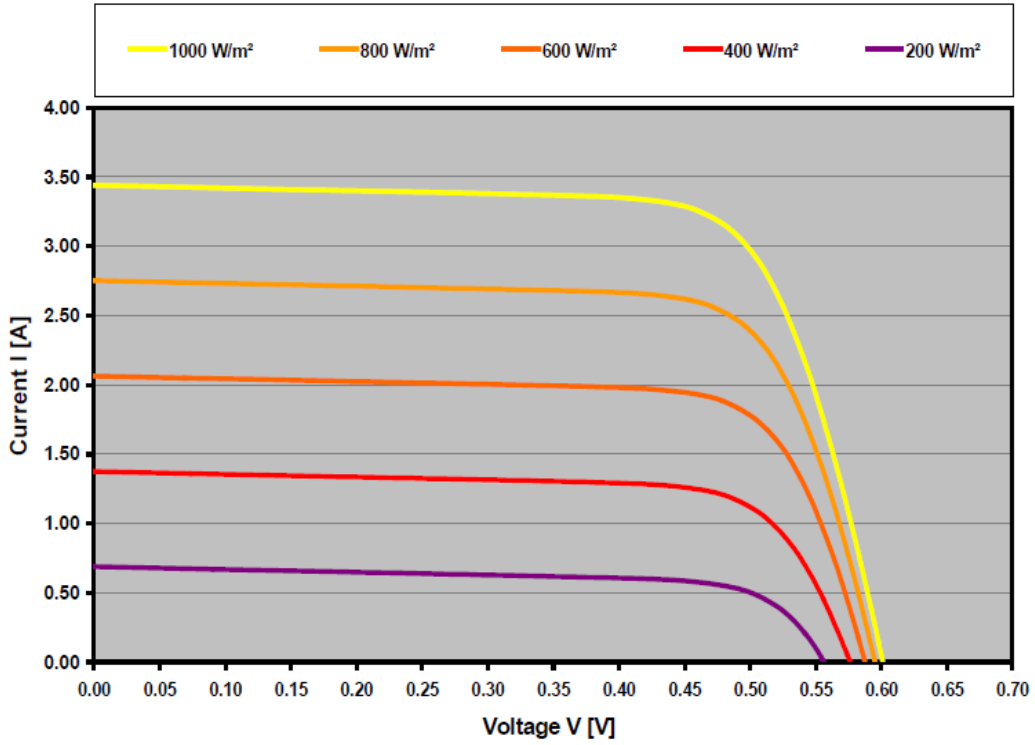
منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية



- تتناسب قدرة وتيار خارج الموديول طرديا مع شدة الإشعاع الشمسي. عند شدة إشعاع معينة فإن التيار الخارج من الموديول وجهد العمل يتحدد بخواص الحمل. إذا كان هذا الحمل بطارية فان المقاومة الداخلية للبطارية سوف تفرض جهد عمل الموديول.
- من اجل موديول بجهد يصل إلى 17 فولت فانه سوف يعطي معدل قدرة اقل عندما يستخدم في نظام البطاريات. هذا بسبب إن جهد العمل سوف يكون بين 12-15 فولت. في حين أن الطاقة هي ناتج ضرب التيار بالجهد فان خارج الموديول سوف ينخفض.وهذا الأمر يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم الأنظمة الكهروشمسية.

منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

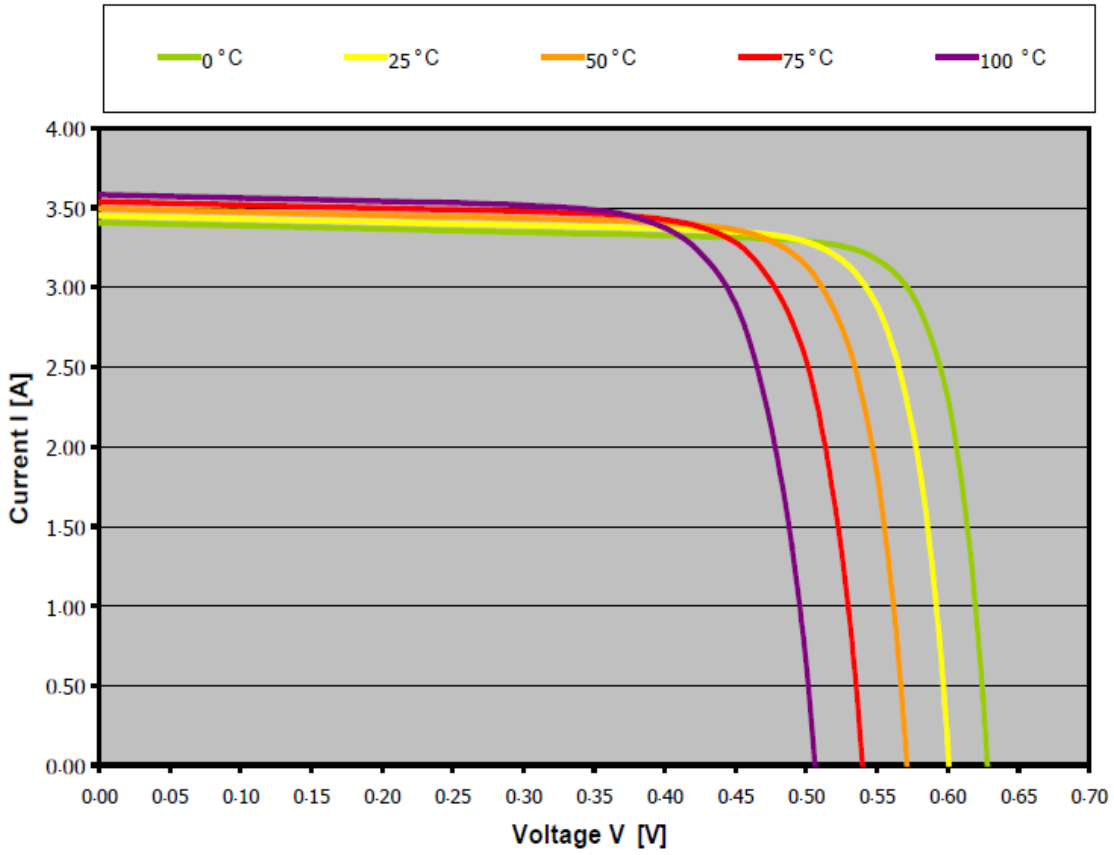
تأثير تغير شدة الإشعاع الشمسي على المنحني IV لخلية كهرضوئية



بسبب كون تيار الإضاءة متعلق بشكل مباشر بالإشعاع الشمسي الوارد, فإن انخفاض هذا الإشعاع سوف يؤدي إلى انخفاض تيار القصر بشكل متناسب خطياً مع قيمة الإشعاع

منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

تأثير تغير درجة الحرارة على المنحني IV لخلية كهرضوئية

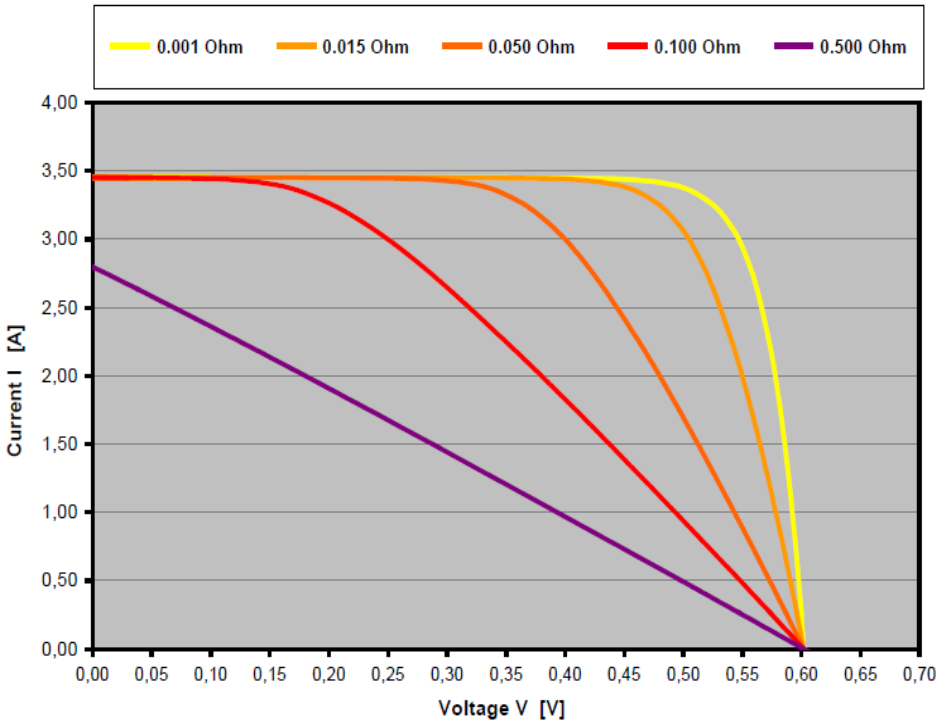


الخلية الكهرضوئية حساسة لدرجة الحرارة مثلها مثل جميع أجهزة أنصاف النواقل, إن تزايد درجة حرارة الخلية يؤدي إلى تخفيض فجوة الحزمة لنصف الناقل والذي يؤدي بدوره إلى ازدياد تيار القصر قليلاً وانخفاض الجهد بشكل واضح

لأجل السيلكون ينخفض جهد الدارة المفتوحة 2.2mv لكل درجة مئوية

منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

تأثير المقاومة التسلسلية Series resistance effect

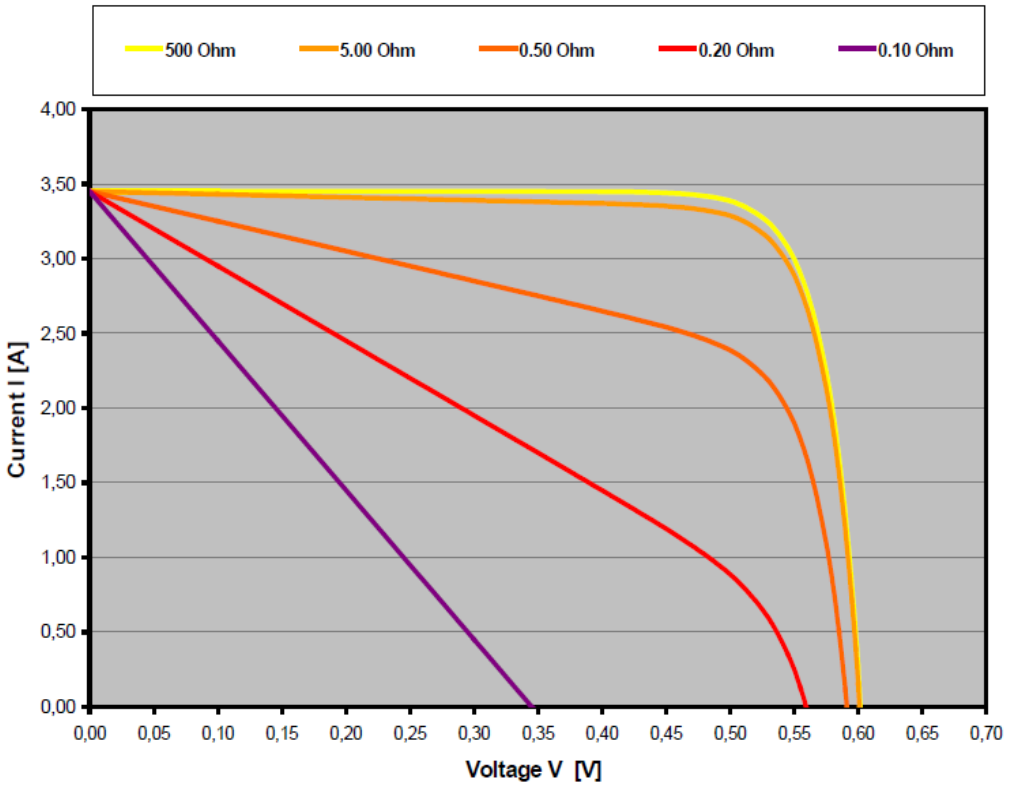


يوجد ثلاث أسباب للمقاومة التسلسلية في خلية كهرضوئية:

- حركة حاملات الشحنة ضمن الوصلة بين نصف الناقل والناقل الخارجي, حيث ينتج عن هذه الحركة هبوط في الجهد .
- مقاومة التماس بين التماس المعدني ومادة السيلكون.
- مقاومة التماسات المعدنية العلوية والسفلية

منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

تأثير المقاومة التفرعية Shunt resistance effect



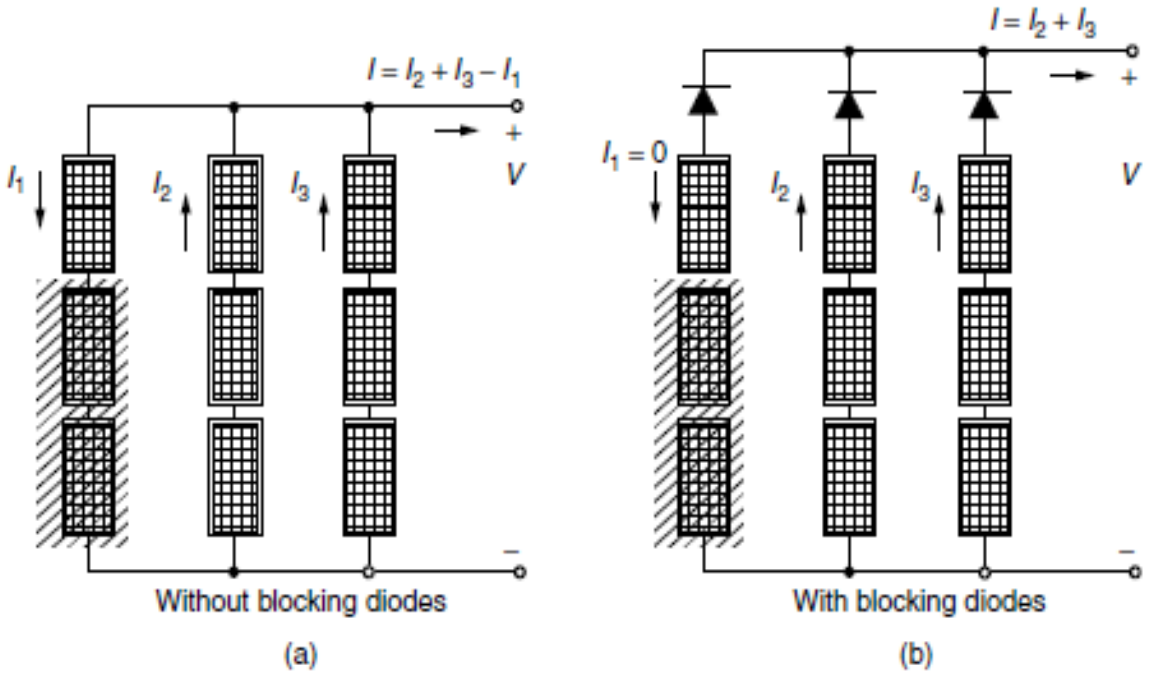
تنشأ هذه المقاومة بسبب أخطاء في الصنع من جهة وعدم جودة الوصلة p–n والمناطق المحيطة بها مما يؤدي إلى قصر جزئي للوصلة وخاصة قرب حواف الخلية

منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

تأثير التظليل على المنحنيات I–V shading impacts on I–V curves

ديود الإيقاف Blocking diode

عند وصل الموديولات على التفرع قد تبرز مشكلة مشابهة وذلك في حال كون أداء إحدى السلاسل سيئاً. فقد تستجر السلسلة المعطوبة أو المظللة تياراً من بقية الحقل. لمعالجة هذه المشكلة يتم وضع ديودات الإيقاف أو العزل في أعلى السلسلة كما في الشكل وذلك لمنع التيار العكسي من الجريان في السلسلة المظللة

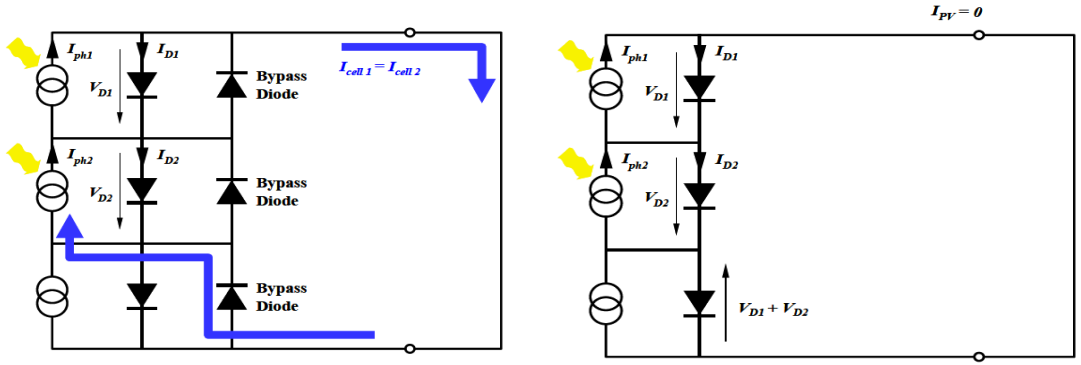


منحنيات الاستطاعة المميزة للخلية الشمسية

تأثير التظليل على المنحنيات I–V shading impacts on I–V curves

ديود العبور ByPass Diode

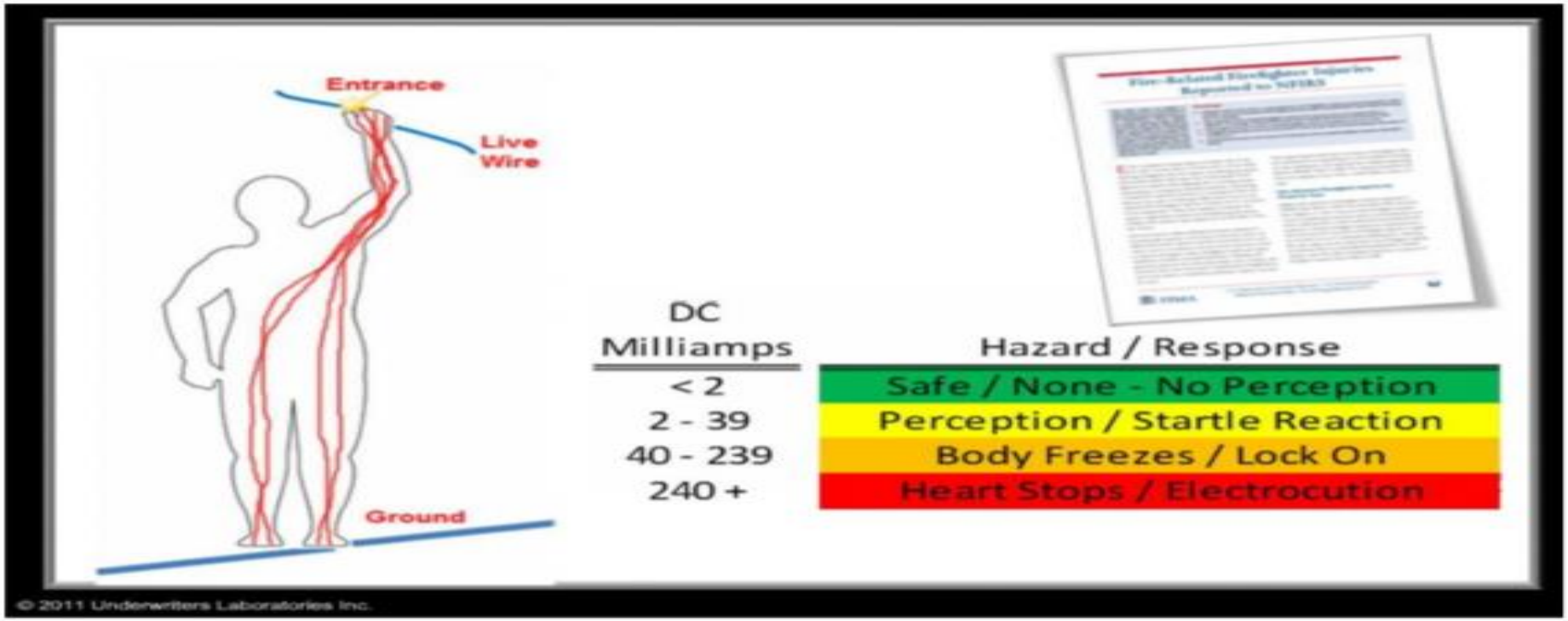
في الحالة المثالية, تملك خلايا الموديول مميزات متماثلة والمنحني I–V للموديول ليس إلا المنحني I–V لخلية إفرادية من حيث الشكل مع تغيير في مقاييس المحاور. لكن في الحالة العملية فإن كل خلية لها مميزاتها الخاصة وخرج الموديول تحدده الخلية ذات الخرج الأقل. ولهذا فإن خرج الموديول يمكن أن ينخفض بشكل كبير عندما يصبح جزء منه ولو صغير مظللاً ما لم تتخذ إجراءات خاصة لحل مشاكل التظليل, حيث يمكن لخلية واحدة مظللة من سلسلة خلايا أن تخفض استطاعة خرج الموديول بشكل كبير. لذلك يجب إضافة ديودات خارجية للتخفيف من أثر التظليل على المميزة



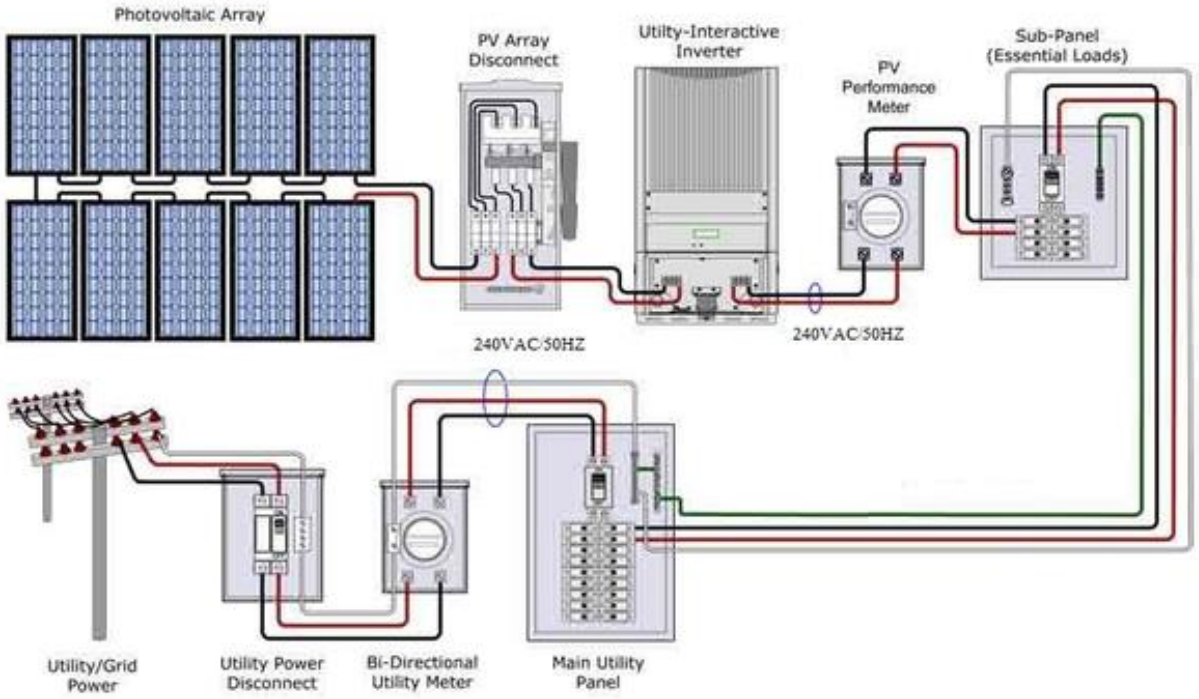
يمكن إضافة ديود على التفرع مع الخلية يدعى ديود العبور, في الحالة الطبيعية عندما تكون الخلية غير مظللة يكون هناك ارتفاع للجهد عبر الخلية, عندها يكون ديود العبور منحازاً عكسيًا ولا يقوم بتمرير أي تيار ,ويمر التيار عبر الخلية, أما عندما تكون الخلية مظللة جزئيًا أو كليًا فإن هبوط الجهد عبر الخلية يسبب عمل ديود العبور ,بالتالي سيمر التيار عبر الخلية و الديود و ذلك حسب مستوى التظليل عندها يكون هبوط الجهد عبر الديود حوالي 0.6 V.

تأثير صعق التيار المستمر (DC) على الإنسان

Levels of Electrical Hazard



مكونات الأنظمة الكهرضوئية



- المولد الكهروضوئي بما فيه الهياكل المعدنية الحاملة للوحات ونظام تتبع الشمس)إن وجد(
- تجهيزات تكييف الاستطاعة (inverter المحول، MPPT)جهاز ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى،منظم الشحن(
- البطاريات)إن وجدت (
- كابلات التوصيل
- أنظمة الحماية

أهم الأجزاء الرئيسية للنظام

المحو
ل

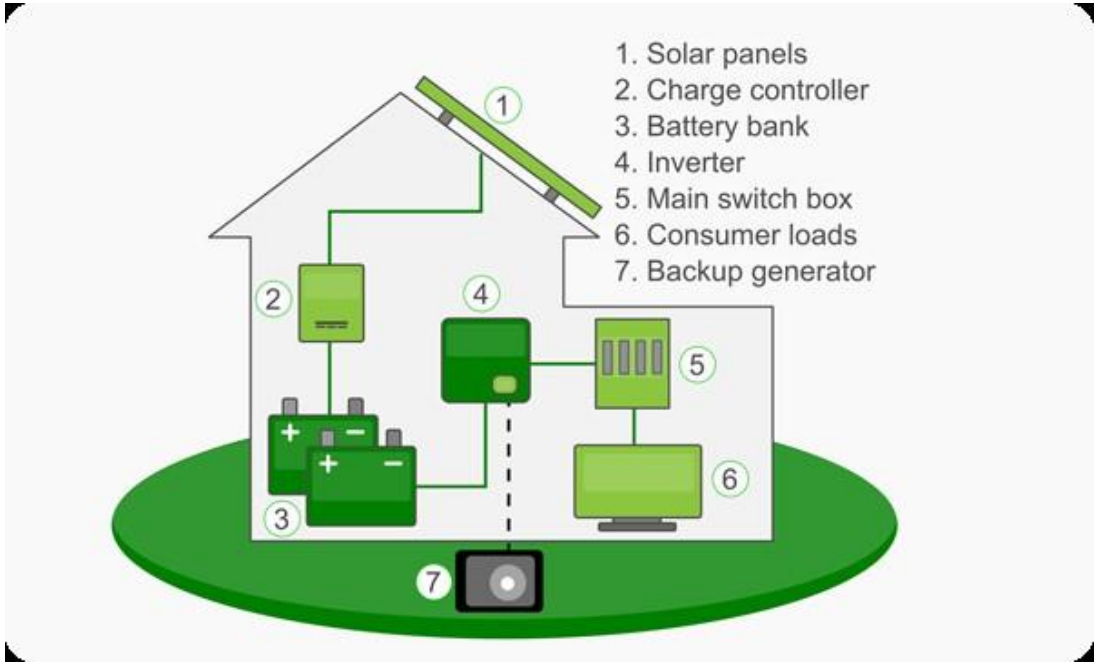
البطاري
ات

أجهزة فصل التيار

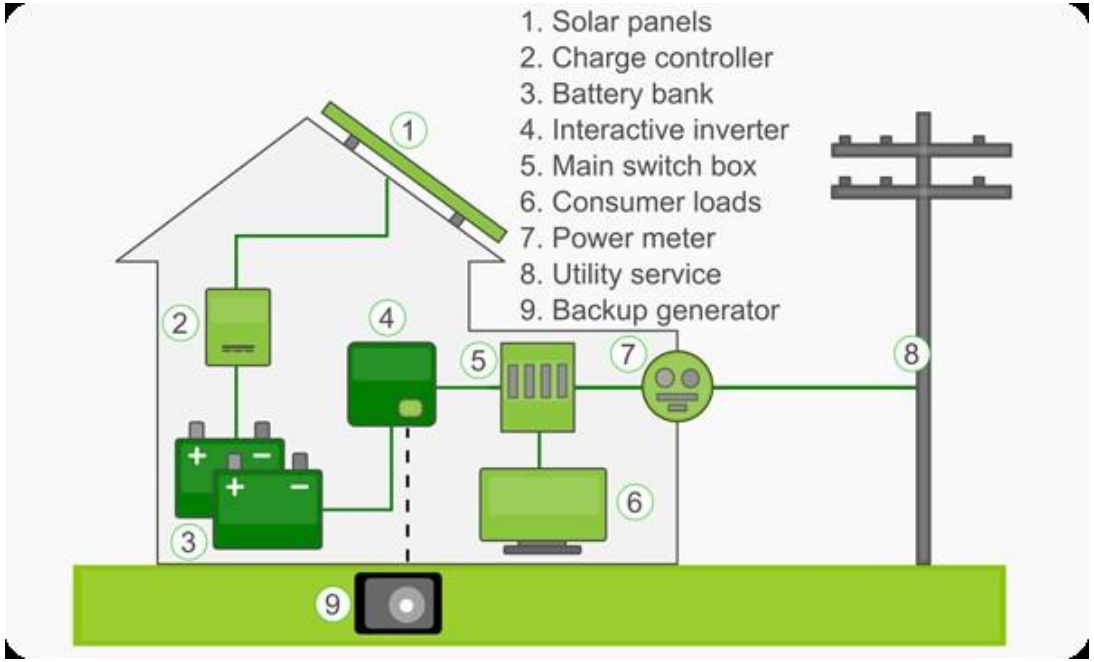
الميتر

أنواع الأنظمة الكهرضوئية

الأنظمة المستقلة عن الشبكة



الأنظمة المرتبطة بالشبكة

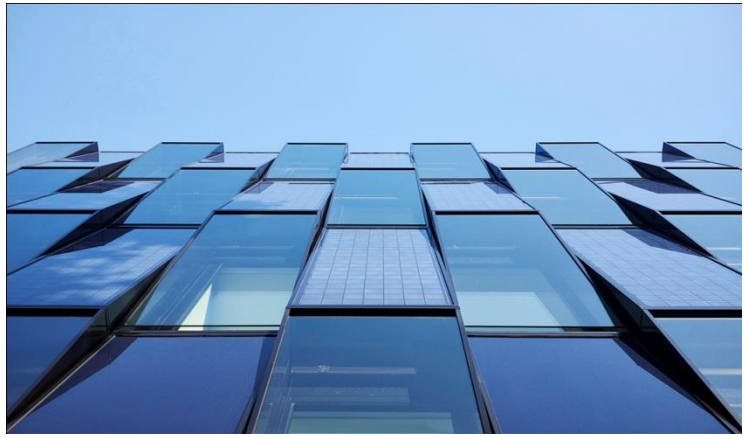


أنواع الأنظمة الكهروضوئية بحسب طريقة التثبيت

المثبتة على الأرض

المثبتة على أعمدة الأضاءة

المثبتة على الأسطح



المدمجة على الواجهات

المستخدمة على نطاق تجاري

المثبتة على مظلات المواقف

مخاطر الانظمة الكهروضوئية

من خلال ماتم رصدة عالمياً وفي حالة استخدام تلك الأنظمة بشكل شائع في المنازل والمحلات التجارية والمصانع فإن تلك الأنظمة متعدده المخاطر وقد تهدد سلامة الأرواح والممتلكات ومن تلك المخاطر :

- غياب الأنظمة والتشريعات المحلية بحكم حداثة المنتج بالسوق والتي تنظم عمليات الإستيراد والتجميع والتركيب والتشغيل والصيانة والتدخل في حالات الطوارئ.
- تعدد فئات الألواح الشمسية (A,B,C)من حيث مقاومة الحريق يقابله تعدد في أنواع المباني)الأول-الخامس (التي تثبت عليها تلك الأنظمة مما يصعب آلية التحكم والمراقبة لتلك الأنظمة.
- ظهور هذا النوع من الأنظمة أدى إلى تغيير في بعض أساليب مكافحة الحرائق والإنقاذ التقليدية .
- وجود التيار الكهربائي يعد أكبر مسبب للحريق في حال حدوث أي خلل كهربائي في ذلك النوع من الأنظمة.
- صعوبة فصل التيار الكهربائي بالكامل عن تلك الأنظمة حيث تستمر بإنتاج التيار الكهربائي طالما تعرضت لضوء الشمس حتى أثناء ساعات الليل متى وجد مصدر ضوء بكمية مناسبة.
- خطورة التعرض للصعق خلال عمليات الإطفاء بالتيار المار من خلال الماء أو رغوة الإطفاء في المباني المحتوية على تلك الأنظمة وكذلك خلال مرحلة الإنقاذ والبحث أثناء الإتصال بأي من مكوناتها.
- وميض القوس الكهربائي في تلك الأنظمة الناتج عن خلل في التركيبات والذي يؤدي إلى الصعق أو الحرق والوفاه أو إعادة نشوب الحريق.
- الصعوبات التي تواجه رجال الإطفاء للوصول إلى بعض الأسطح المثبتة عليها تلك الأنظمة والتعرف على نوعيتها وجهد التيار الموجود فيها.

- ظهور ما يعرف بخلايا الطاقة الشمسية المتكاملة كتكسية خارجية)كلادينج (والتي تستخدم في واجهات المباني العالية بشكل متزايد كجزء لا يتجزأ من التصميم وكمنظر جمالي بوصفها المصدر الرئيسي أو الإضافي لتوليد الطاقة الكهربائية فيها يعد تحدي كبير وخطورة على منسوبي الدفاع المدني في عمليات الإطفاء والإخلاء .

- خطورة التعامل مع تلك الأنظمة في حال الفيضانات والأمطار الغزيرة خصوصاً في الأنواع المثبتة على الأرض في المشاريع الكبيرة وعند توصيلها بالشبكة العمومية.

- خطورة وحدة تخزين الطاقة الكهربائية في هذا النظام والمتمثلة في البطاريات وهي مصدر للحريق والإنفجار وما يصاحبها من إستنشاق المواد السامة وإنبعاثات الحريق لإحتواءها على مواد كيميائية تتطلب التعامل الخاص من قبل رجال الدفاع المدني قد تصل إلى عمليات إخلاء عند حدوث تسرب في المشاريع الكبيرة .

- سقوط وتطاير الألواح وخطر السقوط والإنزلاق من مهددات سلامة رجال الدفاع المدني وعمال الصيانة.

- قد يلجأ رجال الإطفاء لعمل فتحات في الأسقف لإجراء عمليات التهوية مما يعرضهم لخطر الصعق الكهربائي في حالة قطع التمديدات الكهربائية لمكونات النظام عن طريق الخطأ.

مخاطر الأنظمة الكهروضوئية

الصعق الكهربائي
من لمس مكونات نظام الطاقة الكهروضوئية

سقوط السقف
من الأوزان الزائدة التي لا يتحملها بعض الاسقف

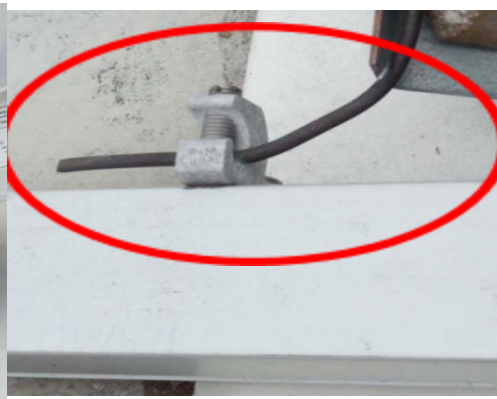
الإنبعاثات السامة
من حرائق الألواح والبطاريات

التعثر أو السقوط
من المسير على الأسطح لوجود عوائق

NFPA 70 – National Electrical Code

متطلبات السلامة في الأنظمة الكهروضوئية في جميع الكودات ومنها

- NFPA 70 covers a range of electrical requirements including:
  - Wiring and connectors
  - Circuit guarding
  - Protection from physical damage
  - Grounding
  - Equipment grounding (protective earthing(
  - System grounding
  - Marking
  - Disconnecting means
  - Overcurrent protection
  - Detecting, interrupting, and indicating
  - Ground-faults
  - Arc-faults
  - Rapid shutdown of PV systems on buildings



Rapid Shutdown

جهازالاغلاق السريع

- جهازا لاغلاق السريع يقوم بتخفيض طاقة الخارج من الالواح الشمسية خلال وقت قصير .يجب تحديد مكان الجهاز لرجال الاطفاء .عندما يتم تنشيط هذه الميزة، تنخفض القدرة إلى مستوى لا يشكل صدمة أو خطر الحريق على الأشخاص الذين هم على اتصال بالمعدات الكهروضوئية أثناء إجراء عمليات مكافحة الحرائق على سطح المبنى
- في غضون 10ثوانٍ من التنشيط ، يعمل نظام الإغلاق السريع على تقليل مستوى الجهد إلى ما لا يزيد عن 30فولت ، ولا تزيد الطاقة الإجمالية في النظام عن 240فولت أمبير.

Rapid shutdown متطلبات جهاز الاغلاق السريع

- 690.12(1)

-More than 10 f ’ from an array in side building from entry

قدم عن عند المدخل 5قدم من المصفوفات داخل المبنى وفي المدخل ولايتجاوز 10يجب ان بمسافة حوالي.

– More than 5 f ’ inside abuilding

- 690.12(4)
  - Labeled per 690.56(C)

PHOTOVOLTAIC SYSTEM
EQUIPPED WITH RAPID SHUTDOWN

Minimum 3/8” CAPS

White on Red

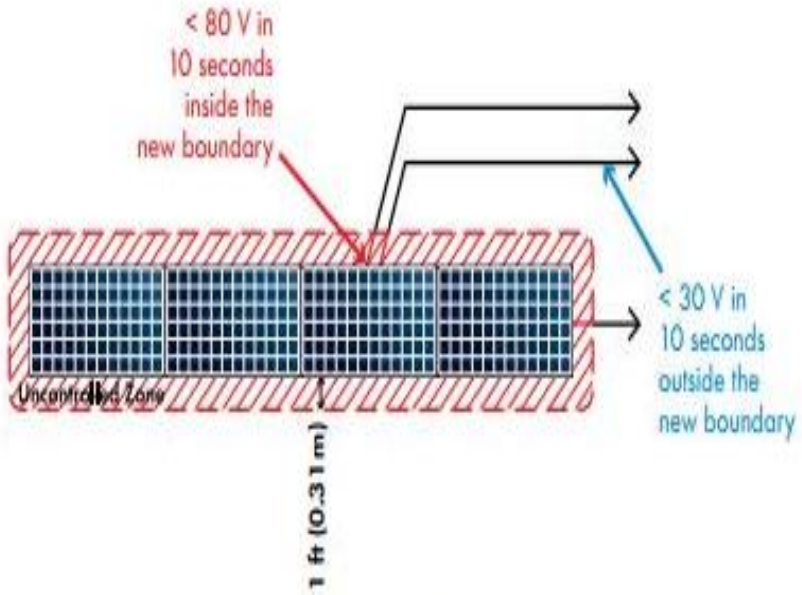
Reflective

جهاز الاغلاق السريع
Rapid shutdown

- 690.12(2)

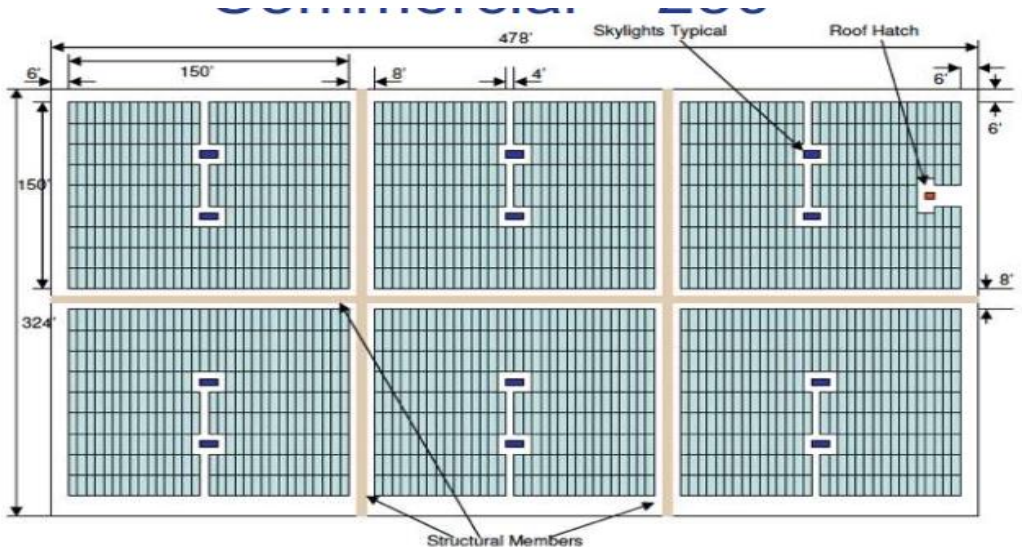
يكون دوره تقليل الجهد الكهربائي في الموصلات حول محيط الألواح الشمسية بما لا يزيد عن 1)قدم (على أن لا يتجاوز الجهد الكهرباي 80فولت في غضون 30ثانية من بدء التشغيل والجهد في الموصلات خارج ذلك المحيط لا تتجاوز 30فولت خلال 30ثانية من بدء التشغيل .

جهاز الاغلاق السريع



690.12 Rapid Shutdown evolution	No requirement	<30V beyond 10’ of the array boundary within 10s[i]	<30V beyond 1’ of the array boundary within 30s	80V max within array boundary
NEC 2011 and prior	✔			
NEC 2014		✔		
NEC 2017			✔	
NEC 2017 after 1st Jan, 2019				✔

يوضح في الجدول التالي نظرة عامة موجزة عن كيفية تطوُّر متطلبات مفتاح الإيقاف السريع.



الوصول والمسارات International Fire code :

وصول الى السطح ,المسارات ,متطلبات التباعد يجب أن يتوفر بها مايلي:

- لايلزم توفير مسارات الى الاسطح ومسافات تباعد بين الخلايا في الهياكل المنفصلة غير الصالحة للسكن المجموعة ((uكهياكل المظلات لمواقف السيارات ,مراب السيارات ,بسبب أن عمليات الاطفاء لن تتم فوق سطح تلك المنشآت .
- يجب أن تكون هناك مسافة آمنة على حواف المبنى خالية من الالواح الشمسية لتوفير منطقة وصول آمنة لسطح المبنى لرجال الدفاع المدني والصيانة .
- أنظمة الطاقة الضوئية الشمسية لمباني المجموعة ((R-3)يجب أن يطبق عليها الاتي وفقاً لكود البناء الدولي:

تكون مساحة الخلايا الشمسية لا تتجاوز 150×150قدم 2كما يجب فصل المصفوفات المتعددة بمسار وصول واضح عرضة 3قدم .

- في الاسطح المائلة المتعددة مثل الهناقر والبيوت الجاهزة:

الالواح الكهروضوئية المثبته على المباني السكنية (R-3)على شكل اسطح مائلة ومتعددة يجب أن يتم وضعها بطريقة توفر مسار واضح يصل الى 3قدم تقاس من حافة المبنى لكل سطح مائل ويجب أن يكون في مكان يسهل وصول رجال الدفاع المدني لها.

- **في المملكة العربية السعودية الاسطح مستوية وهنا يجب ان تكون المسافة بين اللوح واللوح الاخر مسافة لا تقل مرة ونصف (1.5) طول اللوح لمنع حجب الشمس عنه وفي نفس الوقت تكون مسار آمن.(**

الاشتراطات التي يجب أن تتحقق بالمسارات : (Pathways)

- يجب أن تكون هذه المسارات قوية بحيث تتحمل أوزان رجال الدفاع المدني والصيانة .
- يجب توفير مسارات لكل محوري المبنى.
- يجب أن تكون المسارات على شكل خط مستقيم وتكون بمسافة لاتقل عن 4قدم صافية عن أنظمة الدخان أو التهوية
- يجب أن توفر مسارات لاتقل عن 4قدم صافية حول حدود السطح .

التهوية :

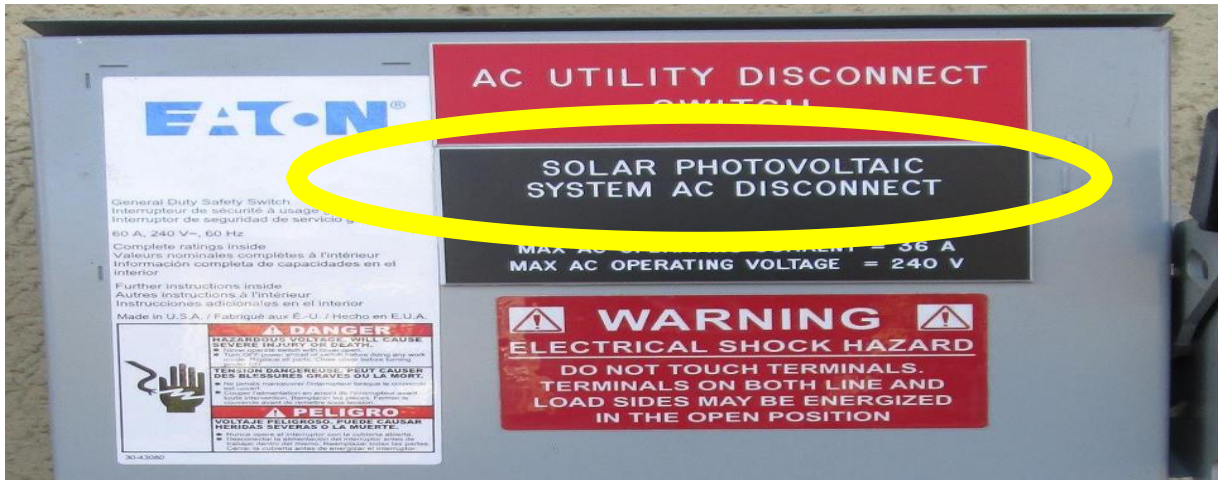
-يجب أن لاتزيد مجموعة الخلايا الشمسية عن 150×150قدم في كلا الاتجاهين من أجل عمليات التهوية .

مجموعات الخلايا الشمسية المثبتة على الارض:

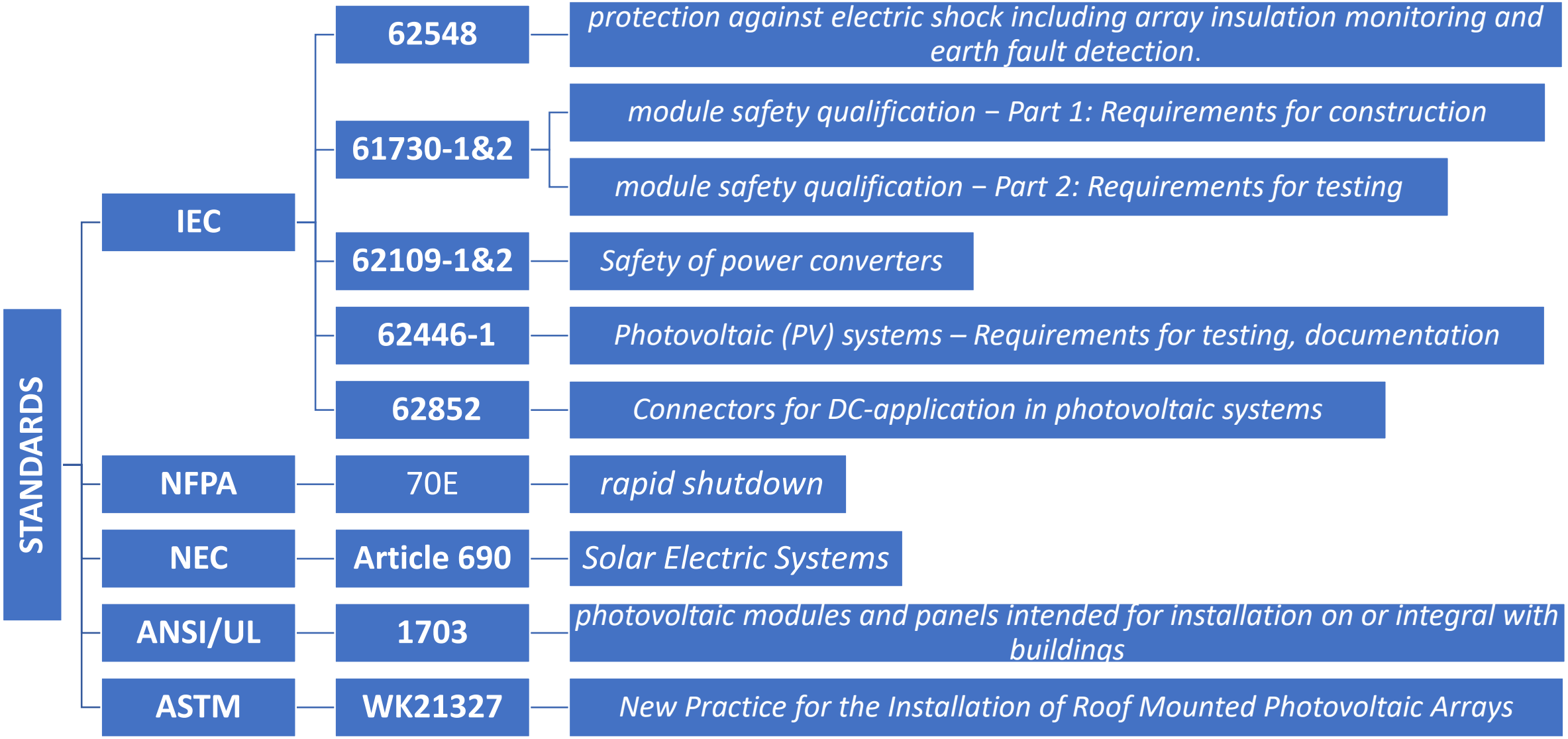
يجب أن يكون هناك مسافة كافية وخالية من أي تركيبات بحيث يتم عزل هذه الالواح بمسافة لاتقل عن 10اقدام .

استخدام العلامات الارشادية والتحذيرية في النظام يفيد رجال الإطفاء الى
1- معرفة إجزاء النظام الخطيرة
2- بيان مسارات الوصول لعمليات مكافحة الحرائق

نظام العلامات الإرشادية والتحذيرية



التشريعات والتنظيمات العالمية



التشريعات والتنظيمات العالمية

IEC 62548:2016

حددت المواصفة IEC 62548:2016متطلبات تصميم الأنظمة الكهرضوئية بما في ذلك الكابلات وأجهزة الحماية الكهربائية

- **Separation of PV array from main AC power output circuits فصل مصفوفة الخلايا الكهرضوئية عن دوائر التيار المتناوب**
- **Arc fault detection and interruption in PV arrays اكتشاف وفصل القوس الكهربائية في مصفوفة الخلايا**

➢ **Protection against electric shock الحماية من الصدمة الكهربائية**

➢ **Protection against thermal effects الحماية من الأثر الحراري**

➢ **Protection against the effects of insulation faults الحماية من انهيار العازلية**

➢ **Protection against overcurrent الحماية من التيار الزائد**

➢ **Protection against effects of lightning and overvoltage الحماية من الصواعق وارتفاع الجهد**

التشريعات والتنظيمات العالمية

IEC 62548:2016

PV array maximum voltage التوتر الأعظمي لمصفوفة الخلايا

- **Component requirements مكونات النظام**
  - PV modules الالواح الكهرضوئية
  - PV array and PV string المصفوفات والسلاسل الكهرضوئية
  - Combiner boxes علب التجميع
  - Circuit breakers القواطع الكهربائية مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية
  - Fuses الفيوزات
  - Disconnectors and switch-disconnectors أجهزة الفصل والوصل
  - Cables الكابلات
  - Segregation of AC and DC circuits فصل دوائر التيار المتناوب عن المستمر
  - Plugs, sockets and connectors التوصيلات والمآخذ
  - Wiring الأسلاك
  - Bypass diodes ديود العبور
  - Blocking diodes ديود الايقاف
  - Power conversion equipment (PCE) أجهزة تكييف الاستطاعة

Fire propagation إنتشار الحرائق

	Fire Exposure*	Allowable Flame Spread
Class A	1400 F/10 minutes	6 feet maximum
Class B	1400 F/10 minutes	8 feet maximum
Class C	1300 F/4 minutes	13 feet maximum

كود البناء الدولي ((IBC *2012 IBC: 1509.7.2*وكذلك UL 1703
يتطلب أن تكون فئة مقاومة نظام الكهروضوئية الشمسية تطابق معدل الحريق المطلوب لسقف المبنى.
ينبغي تركيب الالواح على إرتفاع لا يقل عن 50ملم من سطح المبنى حددته بعض المراجع .
يجب أن تكون هناك طبقة عازلة غير قابلة للإحتراق مابين البناء والوحدات الشمسية.

تم تصنيف مقاومة الحريق في تلك الانظمة على اساس اختبار انتشار اللهب في اسطح تلك الأنمة وأنتج ثلاث فئات)أ (وهو اقوى مقاومة يليه)ب (ثم)ج (كما يوضح الجدول المقابل.
يسمح باستخدام الألواح الشمسية ذات المقاومة من النوع)أ (في المباني أو الهياكل في جميع أنواع الإنشاءات.

مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية

- اوصت منظمة الحماية من الحريق بأن تكون المسافة الآمنة عند الإطفاء ب 33قدم 10)متر (من الألواح الضوئية ومكوناتها.
- خطر الصعق هنا يعتمد على قوة الجهد الكهربائي والموصلية المائية ونمط الرش المستخدم
- لا يوصى باستخدام التيار المباشر المائي في حوادث حريق انظمة الطاقة الضوئية لموصليته الكهربائية.
- **ينبغي إستخدام خرطوم الحريق ذو النمط الضبابي بزاوية 10درجات وضغط 100 PSI مايعادل 6,9بار .**
- بسبب الموصلية العالية للكهرباء للمياه المالحة لايوصى بإستخدامها في مثل هذه الحوادث.

Firefighter Safety and Photovoltaic Systems

مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية

Hose Stream

Firefighter Safety and Photovoltaic System

Test with pond water and smooth bore nozzle

Distance Feet	Smooth bore nozzle size	Pressure PSI	Voltage DC Volts	Leakage current Milliamps
10	1 inch	21	1000	5.7
10	1 inch	21	600	3.2
10	1 inch	21	300	1.6
10	1 inch	21	50	0.3
20	1 inch	23	1000	1.5

0 - 2 mA	2.1 - 40 mA	40.1 - 240 mA	> 240 MA
Safe	Perception	Lock On	Electrocution

مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية

- **عمليات التهوية :**
- قد تواجه رجال الإطفاء صعوبة اثناء تثبيت الالواح الشمسية في اسطح المباني في إجراء عمليات التهوية العمودية في بعض انواع المباني الخشبية والهناقر وقد تتعثر نظراً لتغطية جميع سطح المبنى بالالواح)مخالف للانظمة (بغرض الإستفادة القصوى من المساحة إضافة لعمليات القص لربما يقوم رجال الاطفاء بقص احد الموصلات الكهربائية ويعرضهم للصعق.
- ينبغي عمل فتحات التهوية في الاماكن والمساحات الخالية من الالواح الشمسية .
- قد تتعذر التهوية الرأسية وتكون التهوية الأفقية الخيار الأفضل والوحيد.

خيارات رجال الإطفاء لإيقاف النظام

1-تغطيت الألواح بالأقمشة

-قد تعمل على أنظمة سكنية صغيرة

غير عملي للأنظمة الكهروضوئية الكبيرة

2-اغلاق جميع مفاتيح الإغلاق التي يمكن الوصول إليها

Tarp #	Cost	Tarp	Color	Layers	Open Circuit Volts	Short Circuit Amps	Hazard
1	$15	4.0 mil plastic film	Black	1	33	0	Safe
2	$16	5.1 mil all purpose plastic	Blue	1	126	2.1	Electrocution
3	$78	Fire Salvage Canvas	Green	1	3.2	0	Safe
4	$94	Fire Salvage Heavy Vinyl	Red	1	124	1.8	Electrocution
		Full Sun			148	8.1	

0 - 2 mA	2.1 - 40 mA	40.1 - 240 mA	> 240 MA
Safe	Perception	Lock On	Electrocution

Firefighter Safety and Photovoltaic Systems

مصادر أخرى للضوء

- الأضواء الصناعية
- الضوء الناتج عن الحريق
- ضوء القمر
- أجرت المختبرات العالمية ULتجارب على تأثير الأضواء اعلاه وتفاوتت النتيجة من آمنة مروراً بالإحساس بالتيار حتى الاحتجاز بالتيار ولا تصل غالباً للصعق.

Firefighter Safety and Photovoltaic Systems

مكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية

- أجريت مختبرات (UL)اختبارًا بالرغوة في يوم غائم بعد 10دقائق انزلقت الرغوة من على الألواح.
- خلصت مختبرات (UL)أن الرغوة ليست وسيلة فعالة لحجب أشعة الشمس.
- وجد أن هناك تأثير للاضواء الصناعية في الليل على إنتاجية الطاقة الكهربائية مثل اضواء أنارة الطوارئ ومركبات الدفاع المدني في حدود 75قدم من الالواح.
- إذا تطلب عمليات الإطفاء وضع غطاء فوق الالواح الشمسية لحجب ضوء الشمس لوقف انتاج التيار الكهربائي فإنه يجوز ذلك بشرط إحكام الغطاء وأن يكون من الأنواع الثقيلة الغير نافذة للضوء حسب مختبرات . (UL)

Firefighter Safety and Photovoltaic Systems

- http://www.ul.com/global/documents/offerings/industries/buildingmaterials/fireservice/PV-FF_SafetyFinalReport.pdf

تعليمات لرجال الإطفاء لمكافحة حرائق الأنظمة الكهرضوئية

ما يجب القيام به لرجال الاطفاء في حالات حريق الأنظمة الضوئية	ما لا يجب القيام به لرجال الاطفاء في حالات حريق الأنظمة الضوئية
• حدد موقع اجزاء النظام • يجب تحديد موقع قاطع الكهرباء وفصل التيار عن النظام . • فصل التيار عن الألواح بإستخدام مفتاح القاطع السريع • ضرورة ارتداء الملابس الواقية والمخصصة للحماية من الصعق الكهربائي وجهاز التنفس منعا لاستنشاق المواد السامه المنبعثة من ألواح الطاقه الشمسية وخصوصاً بطاريات النظام . • تجنب ارتداء المجوهرات والمعادن كالسلاسل والخواتم فيه موصل جيد للكهرباء. • استخدام الأدوات اليدوية مع مقابض معزولة. • قم بتحديد موقع البطاريات بصورة عاجلة قدرالإمكان إن وجدت. • كن على علم بأن الزواحف والحشرات السامة يمكن أن أن تتخذ من مكونات النظام ملجأ مثل الصناديق والمقسمات الكهربائية.	• عدم السير على مكونات النظام أو كسر أو تحطيم أي جزء منها . • عدم القيام بعمل فتحة تهوية من الخلال الألواح الشمسية . • عدم قطع الكيابل أو التوصيلات . • لا تقم بوضع السلالم على الالواح الشمسية أو مكوناتها خصصوصاً في أوقات النهار . • لا تقم بعمليات القطع خلال البطاريات . • عدم لمس أو الإتصال مع وحدات تخزين الطاقة)البطاريات(• عدم استخدام المياه في عمليات إطفاء البطاريات وإستخدام المطفيات المناسبة مثل ثاني اكسيد الكربون.

أخيراً: متطلبات السلامة في النظام الكهروضوئي

متطلبات السلامة في الأنظمة الكهروضوئية تطلب إيجاد منظومة من الخطوات التي تسهم في الوصول إلى نظام آمن وهي كالتالي:

- التـــصميـــم الآمـــن
- مكونات عالية الجـــودة
- التركيب والتثبيت الآمن
- التفـــتيـــش الـــدوري
- الـــصـــيانة الـــوقائيـــة

الـتوصـــيـات

- ينصح بسرعة تحديث التشريعات المحلية لتشتمل على فقرة تشير إلى ضرورة استيفاء مواصفات المنتجات المراد استيرادها و تركيبها و تشغيلها و صيانتها
- كذلك ينبغي إصدار لوائح تنظم متطلبات تثبت التأهيل الفني للمختصين في تركيب وصيانة وتشغيل تلك الأنظمة وخضوعهم لبرامج مكثفه.
- تدريب الدفاع المدني وفرق التفتيش والصيانة على كيفية التعامل مع تلك الأنظمة والإلتزام بالمسارات ومعرفة قراءة الإشارات الدالة والتحذيرية الخاصة بالنظام .
- بحث إمكانية إيجاد قاعدة بيانات وطنية تمكن الدفاع المدني من معرفة المباني المحتوية لذلك النوع من الأنظمة في كل منطقة.
- ضرورة تمييز المنازل المحتوية على تلك الأنظمة بعلامات خارج المبنى تكون ظاهرة لرجال الإطفاء قبل مباشرة الحادث.
- قد تساعد بعض الأجهزة الأخرى في تقليل المخاطر مثل :

➢ Arc fault detection – few products available yet

➢ Local & remote ‘Fire-fighter's’ switches

Enphase Microinverter

SolarEdge Power Optimizer

الـتوصـــيــات

- ينصح بإلزام تصميم مواقع تركيب أنظمة اللوحات الشمسية الكبيرة بمتطلبات متشددة لحمايتها من الفيضانات مثل توفير متطلبات تصميمية لحدث فيضان يتكرر مرة كل 100سنة .
- اجهزة الكشف عن وجود التيار المتسرب (AC)الموجودة في الاسواق حالياً لا تستطيع الكشف عن وجود التيار المستمر (DC) الموجود في الألواح الشمسية لاختلاف نظرية العمل ولا تفي بالغرض.