

## Малки компоненти. Голямо въздействие.

Окабеляване на фотоволтаични инсталации – Ключови фактори за успешна дългогодишна надеждност



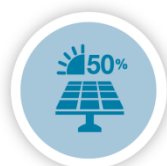
# Stäubli Group – три дейности, четири дивизии



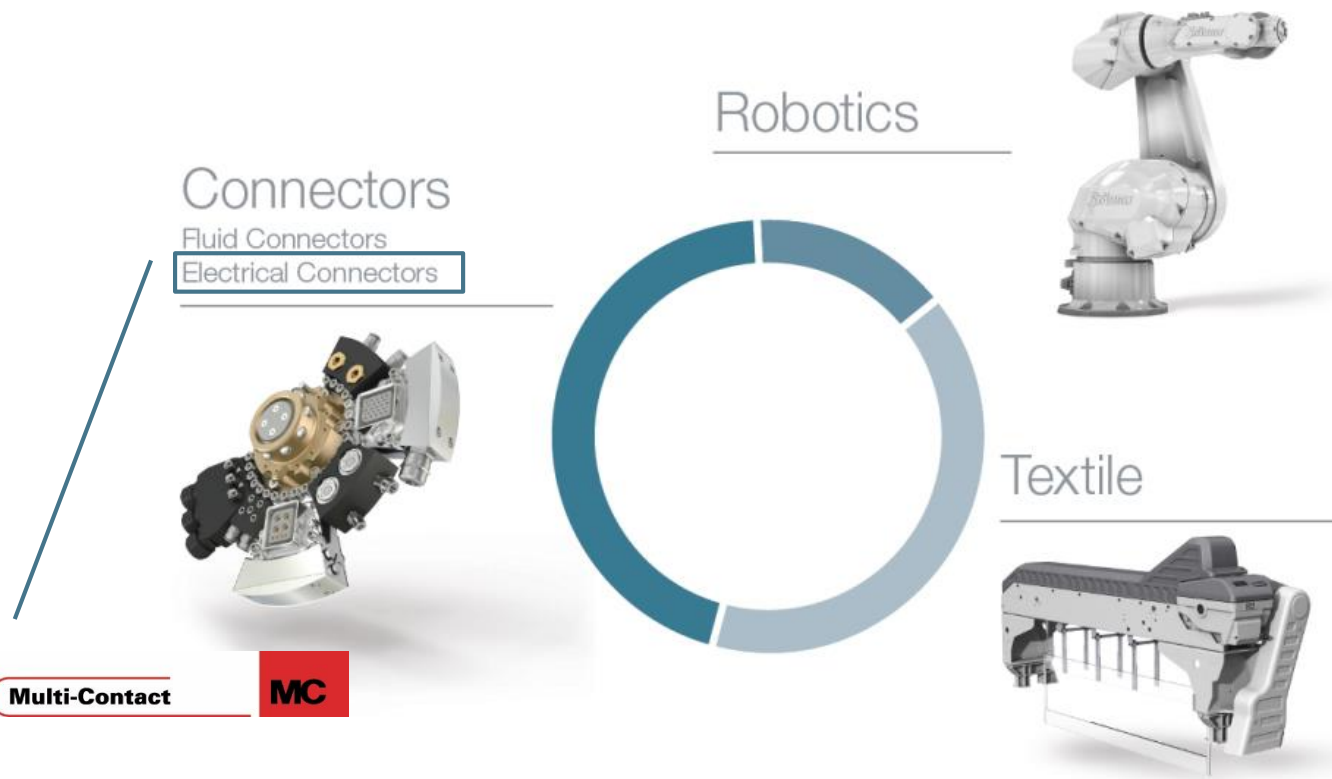
> 125 години  
ОПИТ



> 5500  
служители в  
29 държави

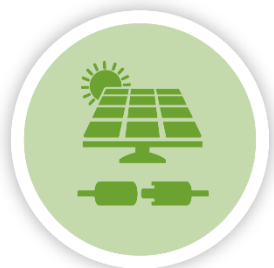


> 400 GW PV  
свързан



# Вашият банков партньор – Повече от „просто“ продукт

## Products



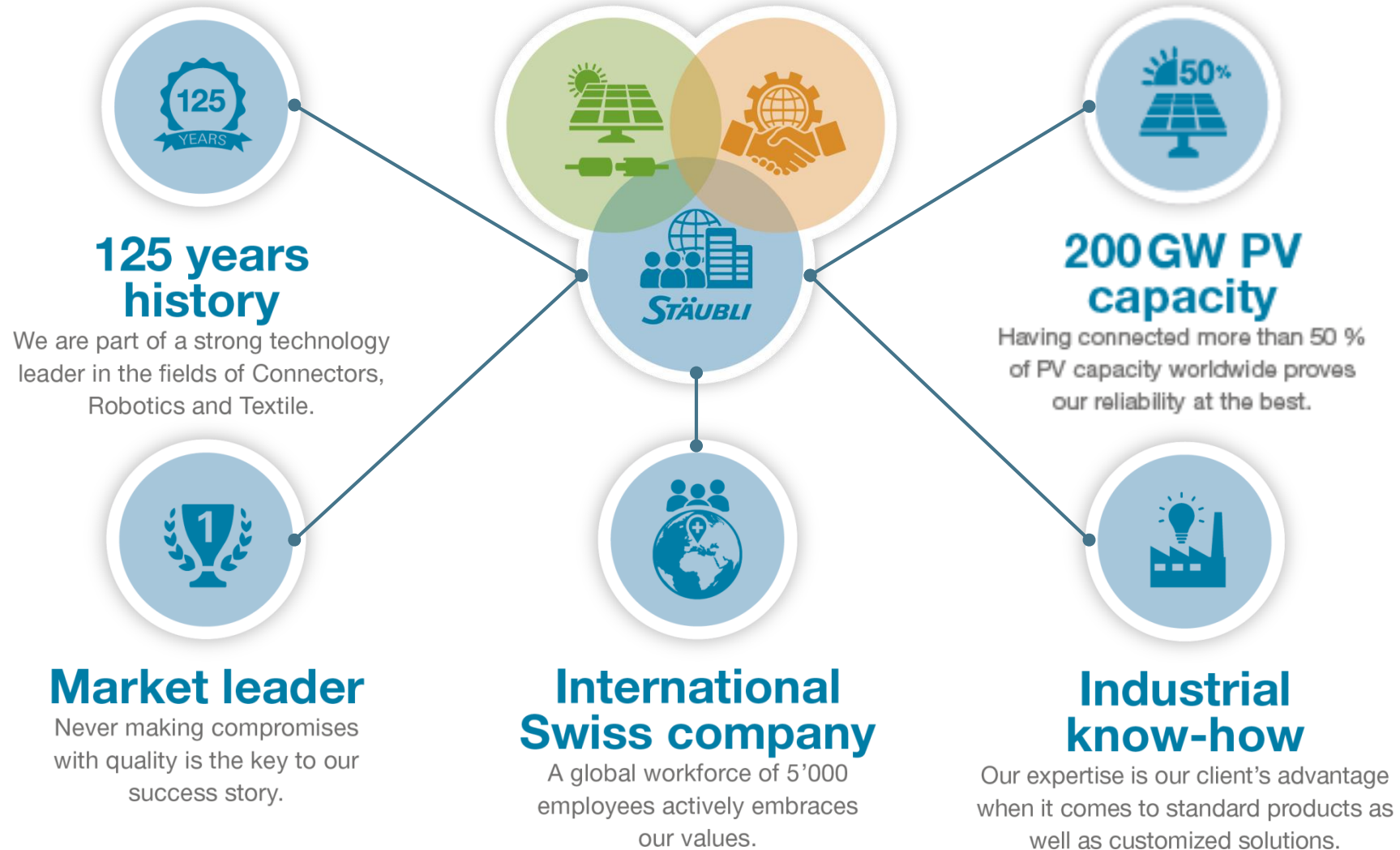
## Company



## Service



Нашето внимание към детайла изгражда доверие. А доверието създава най-добри резултати.



Ние не правим само качество. Ние го живеем.



Ние стоим до вас като ваш партньор – във всяка част на света.



## Окабеляване на фотоволтаични системи – Не можете да управлявате неизвестното

### Липса на познания относно компонентите на eBoS (окабеляване/конектори)...

- Компонент - технология, норми, материали, производствени процеси
- Монтаж - норми, инструменти, инструкции за монтаж

### ... и тяхното значение за дългосрочния успех на фотоволтаичната система

- Технически проблеми и тяхната първопричина
- Последици/риск върху безопасността, ефективността (LCOE), рентабилността (ROI)

**В резултат на повреда на компонентите на eBoS**

**По-високи разходи и загуби**



*(Credit: Walmart lawsuit)*

## Неуспехи и тяхното финансово въздействие

### Проект Solar Bankability от Horizon 2020 на Европейската КОМИСИЯ

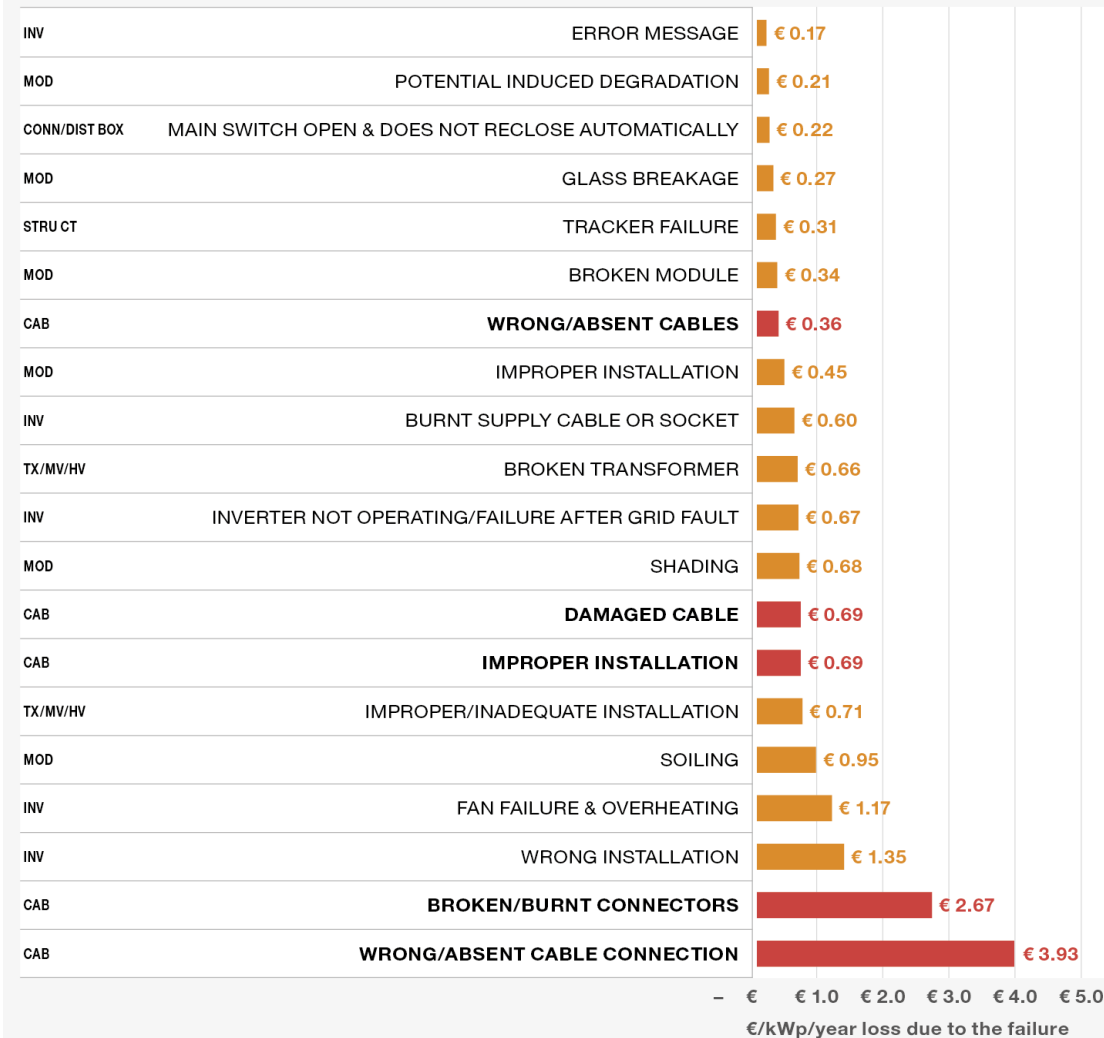
Обичайна практика за професионална оценка на риска за намаляване на рисковете при инвестиции във фотоволтаични проекти

- CPN (номер на приоритет на разходите) = базиран на разходите режим на отказ и анализ на ефектите (FMEA)
- Методът е приложен към база данни от >1 милион документирани твърдения за неизправност (емпирични и статистически)
- Технически повреди/рискове и тяхното икономическо въздействие поради престой и/или загуба на мощност и разходи за ремонт/замяна
- Индикация за икономическия риск (средно) на конкретен технически риск

Кабел и конектор с огромно финансово въздействие  
-Евро/kWp/година загуба поради повреда

Мерки за намаляване на риска с цел минимизиране на LCOE чрез оптимизиране на баланса между CAPEX & OPEX

#### Top 20 technical failures



\* [www.solarbankability.org](http://www.solarbankability.org)

## Неизправности във фотоволтаичните системи – Не можете да управлявате неизвестното



(Credit: Walmart lawsuit)

After reviewing the damage caused by fires, Walmart said in some instances it appeared Tesla personnel made cable connections using connectors that were not compatible.

Walmart said its investigations "quickly discovered that Tesla routinely deployed individuals to inspect the solar systems who lacked basic solar training and knowledge."

## Неизправности във фотоволтаичните системи – Не можете да управлявате неизвестното

### 4.1.2 Field assembled connectors and string cables

The Sunbolts-compatible connectors of the string (homerun) cables were often found to be assembled in an inappropriate manner:



Fig. 4-7: string connector on negative pole of string 0105-14

The cable gland nuts of many connectors were found damaged, obviously because pliers were used for tightening, rather than the appropriate wrench tool with torque control (Mfgr. P/N: 112G0-003344-R1). The nuts were often seen skew on their threads leading to irregular compression of the inner gasket.

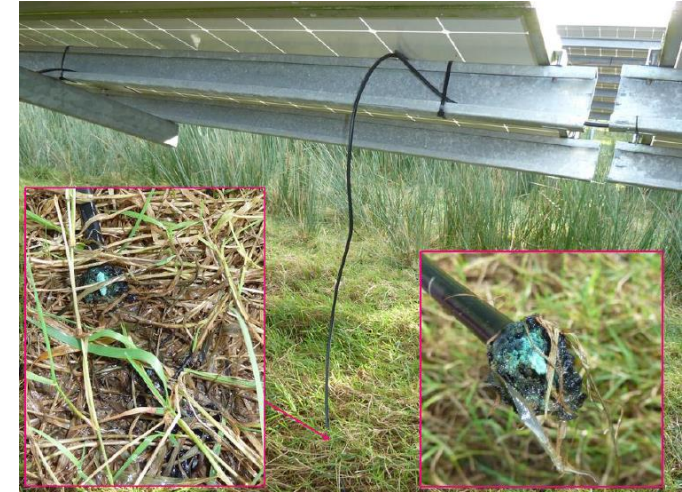
Many string connectors could easily be turned by hand on the string cable which suggests that the type of gasket and its compressing cage was not chosen according to the outer cable diameter.

### 4.2.1 Field assembled connectors and string cables

Again, the Sunbolts-compatible connectors of the string (homerun) cables were often found to be assembled in an inappropriate manner with damaged or skewed nuts und easily turnable by hand:



Fig. 4-14: string connector on negative pole of string 0205-05



## Повреди във фотоволтаични системи – казус

Местоположение на сайта:

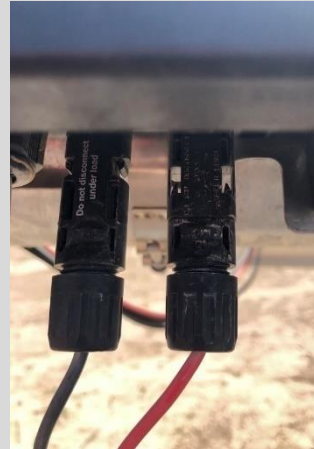
LATAM

размер:

> 500 MW

**Инспекция:**

<6 месеца след завършване на обекта



### Модел на повреда

- Счупени/изгорели конектори (няколко на седмица)
- Ниско напрежение в инвертора, причинено от конектори

### Последствия

- Загуба на производителност (престой)
- Допълнителна услуга/цена за ремонт
- Застрахователен иск за конектор към производителя на модула и гаранционен иск към EPC за неправилна инсталация
- “Предаването” на компанията за експлоатация и поддръжка се отлага

### Решение

- Подмяна на повредени конектори - промяна на цялостното системно окабеляване?

### Финансово въздействие

- Няма мониторинг на нивото на струната, сензорът за излъчване не функционира
- **Престой/цена за обслужване и ремонт?**

## Повреди във фотоволтаичните системи – Повреда на конектора поради кръстосано свързване

**100MW система - 3 112 панела са засегнати досега**



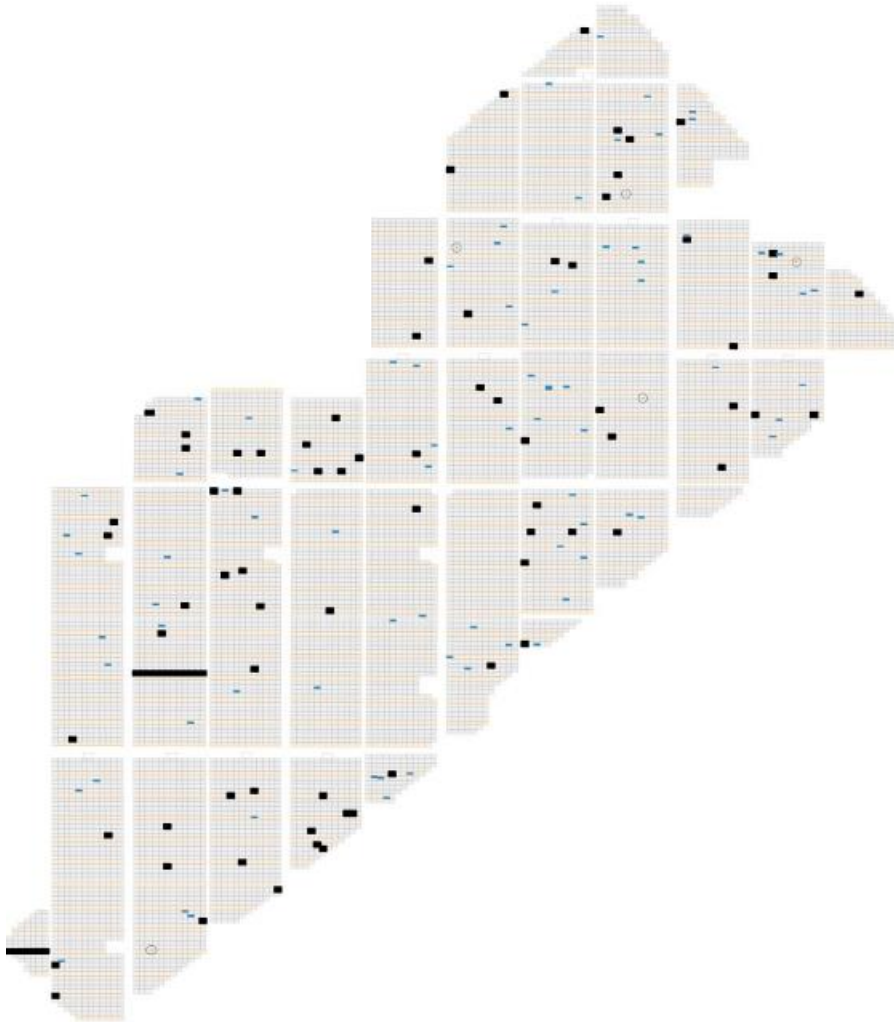
Няма физически щети, но висока температура



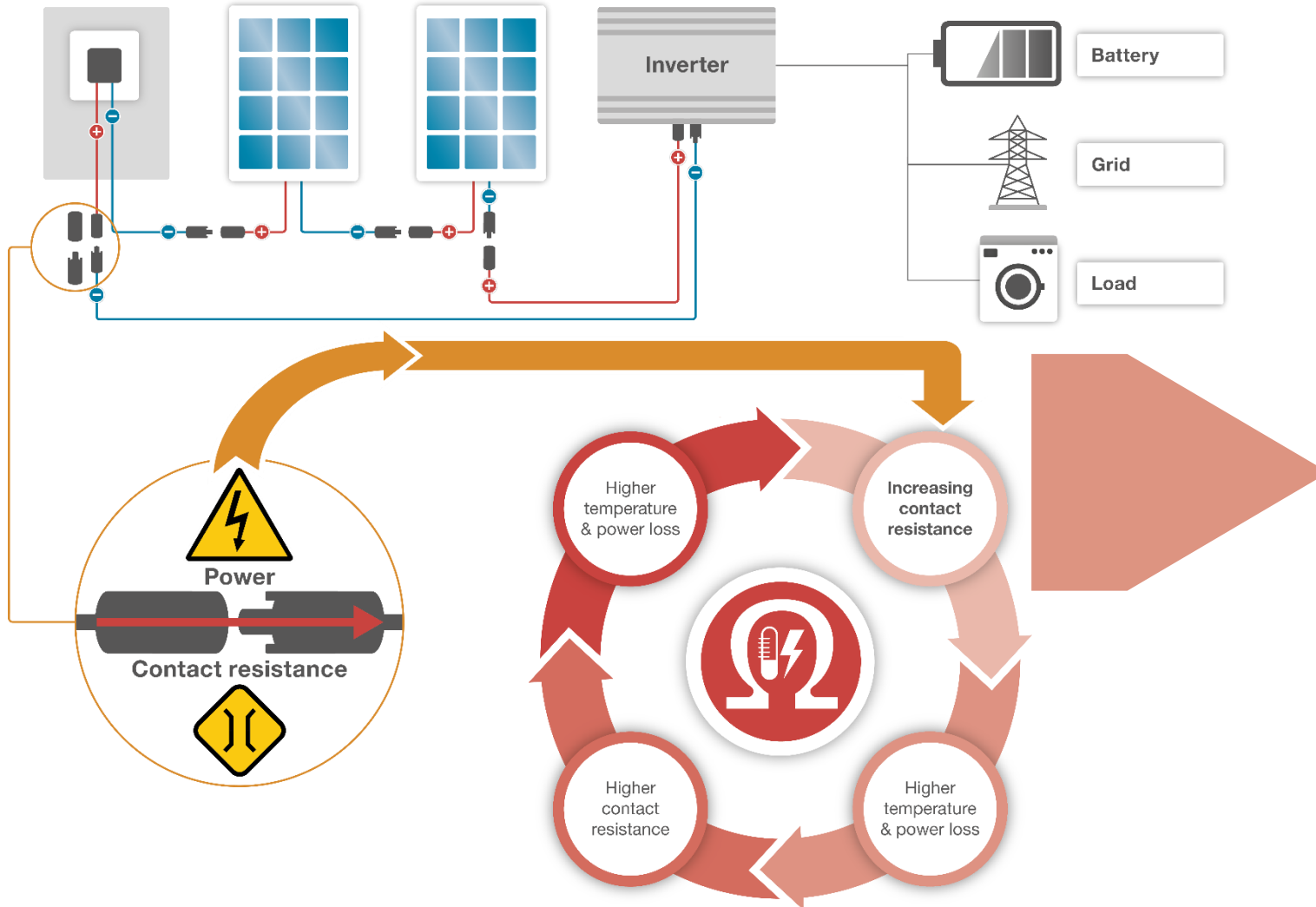
Механични повреди, но електропроводими с висока температура








Повреда на струната поради напълно нарушена механична и електрическа връзка



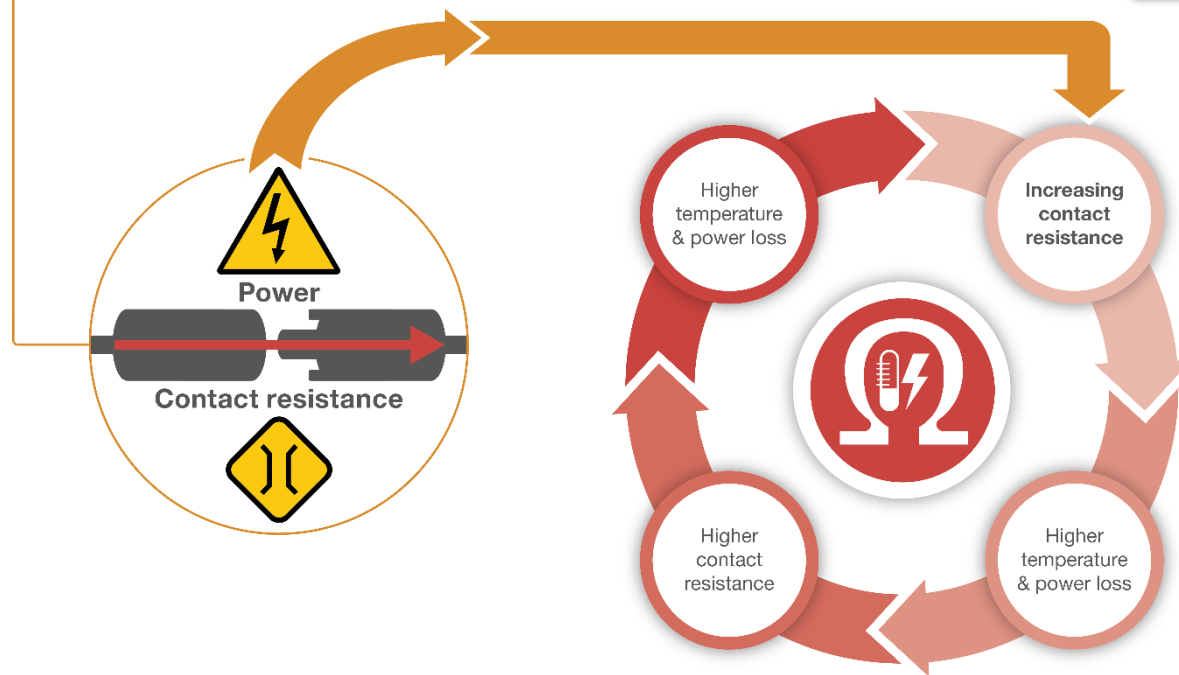
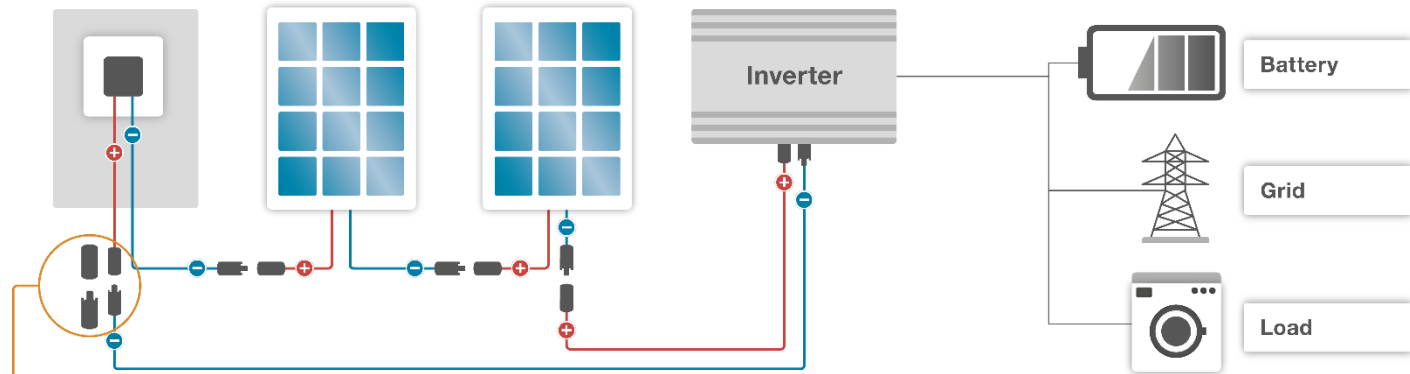
# Защо конекторите (eVoS) могат да имат толкова голямо влияние



## Последствия

-  High risk for (partial) connector failures
-  Performance losses, higher PPM-rates and downtimes of modules, strings or plants
-  High service/maintenance and spare part costs for repairing
-  Hotspots and fire in PV system and reconstruction costs
-  High costs for legal disputes due to undefined liabilities

## Защо конекторите (eVoS) могат да имат толкова голямо влияние

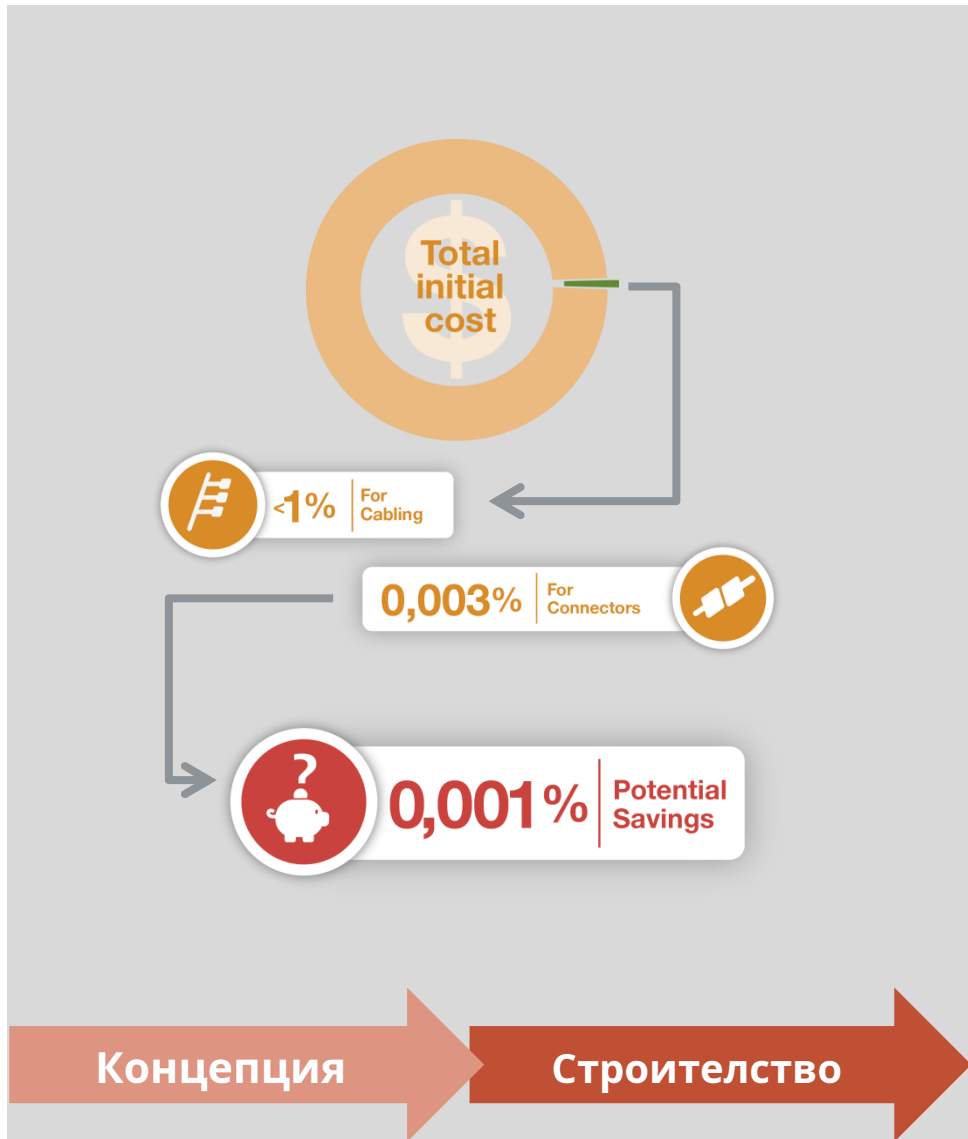


**Постоянен нисък контакт  
съпротива**

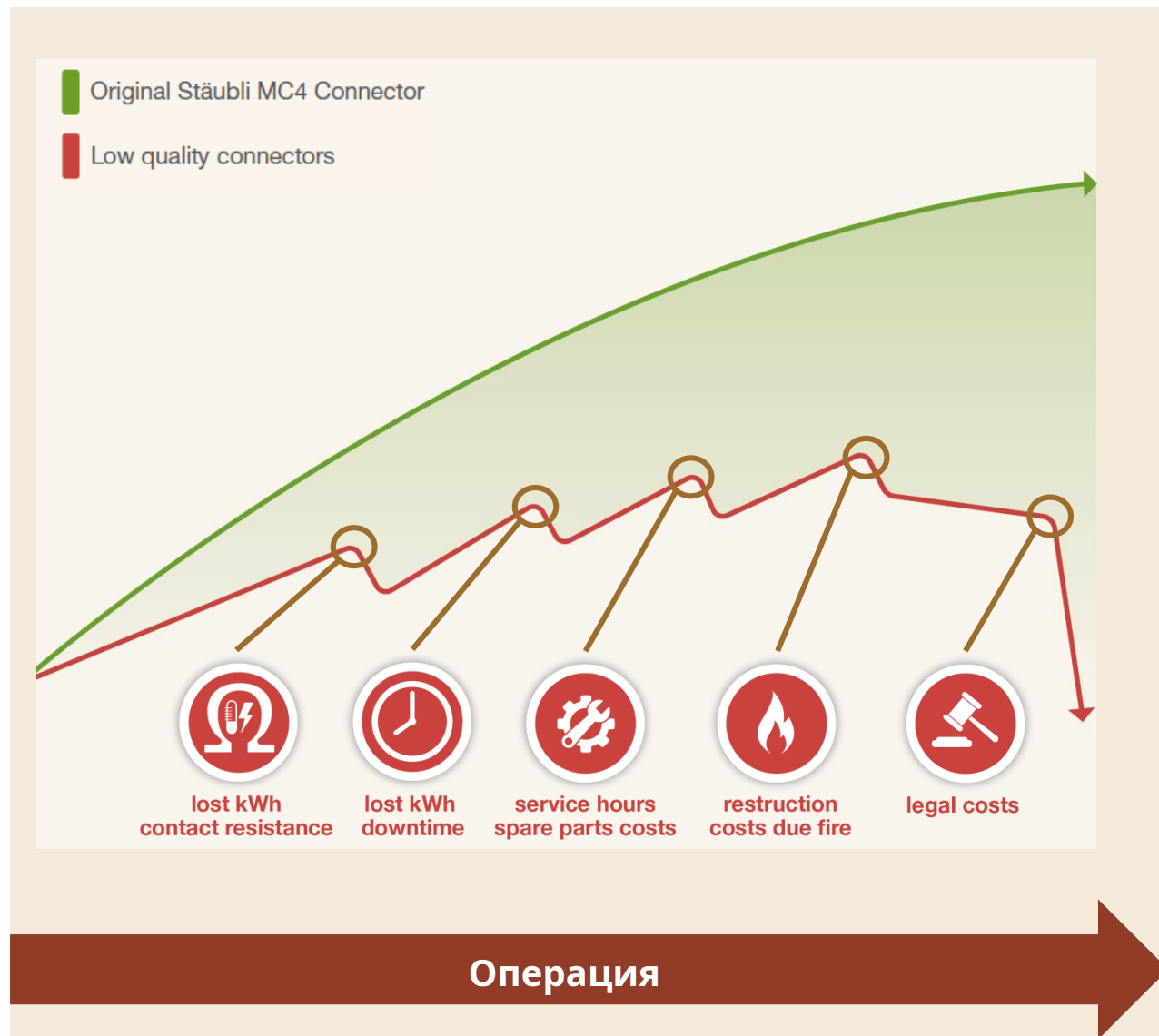
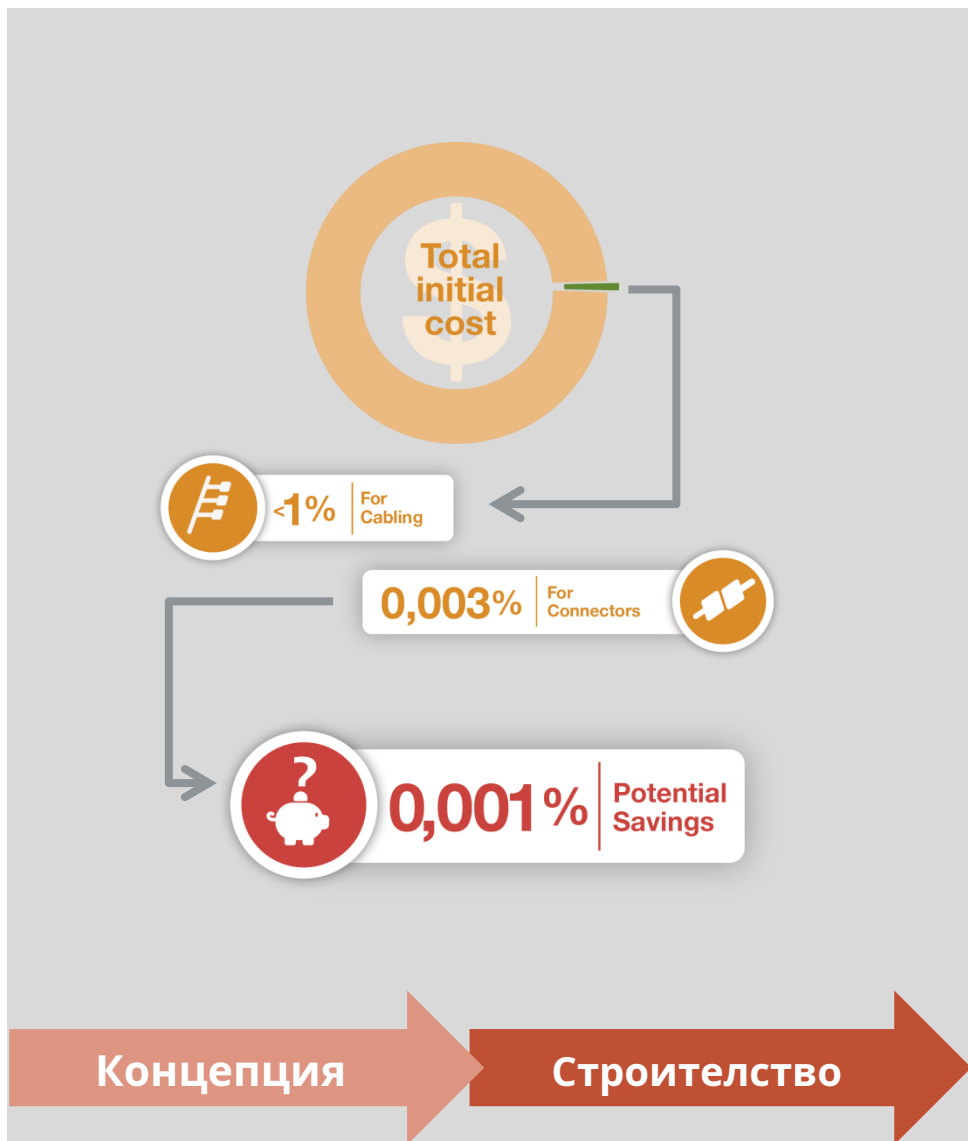
**=**

**Дългосрочна надеждност  
и ефективност**

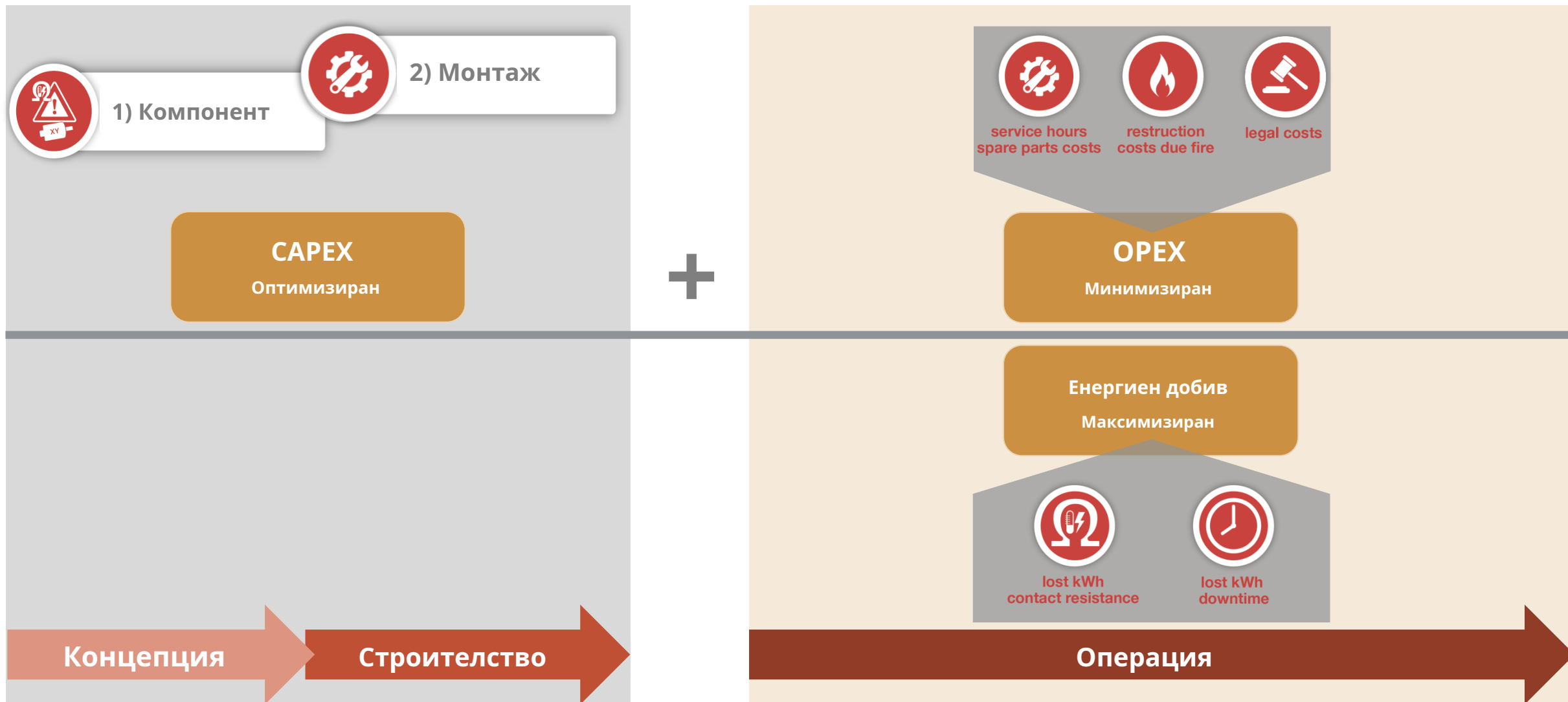
# Малки компоненти. Голямо въздействие.



# Малки компоненти. Голямо въздействие.

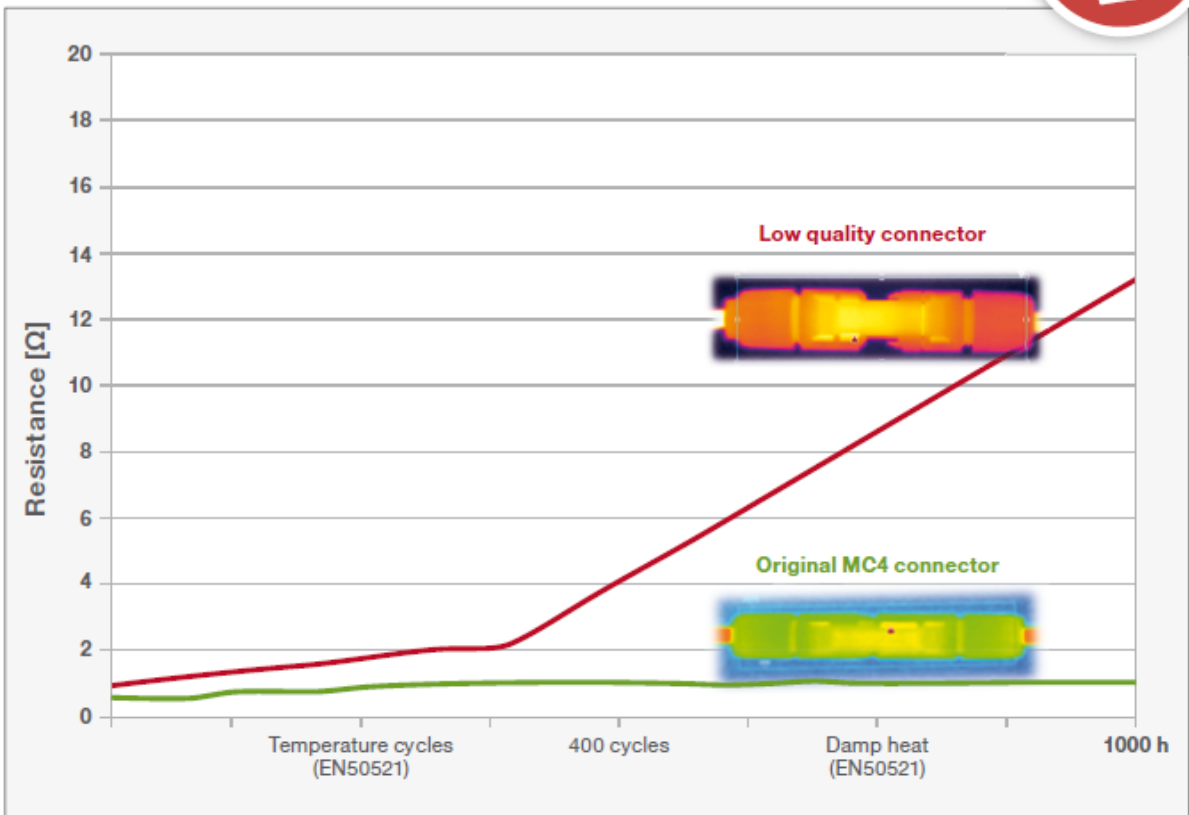


# Ливъридж върху LCOE (нивелирани разходи за енергия)



# 1) Качество на компонента – Контактно съпротивление

## Първоначални измервания и след ТСТ/DHT



## Последствия



High risk for (partial) connector failures



Performance losses, higher PPM-rates and downtimes of modules, strings or plants



High service/maintenance and spare part costs for repairing



Hotspots and fire in PV system and reconstruction costs



High costs for legal disputes due to undefined liabilities

# 1) Качество на компонента – PV DC конекторът: уникален случай на използване

## Дълготрайна издръжливост

- Очаквана продължителност на живота

## Излагане на сурова среда

- Широк температурен диапазон
- На открито / атмосферни влияния (неконтролирана среда)

## Прекомерен механичен стрес

- Вибрации / Тежки удари
- Износване / раздразнение

## Безпроблемна работа и поддръжка

- Без надзор по време на работа
- Няма редовна проверка по време на работа
- Недостъпност на продукта при инсталиране

## Предизвикателни изисквания за безопасност

- Опасност от токов удар
- Опасности от електрически дъги и пожар

## Взискателен продуктов дизайн

- Най-малък размерен отпечатък
- Монтаж на място
- Ефективен дизайн
- Галванична съвместимост

## Висока производителност и надеждност

- Ниска загуба на енергия през целия живот на продукта

Технически рискове  
Икономически рискове

Високо  
качество  
Продукт

## Industry Target

- безопасно
- Надежден
- Рентабилен

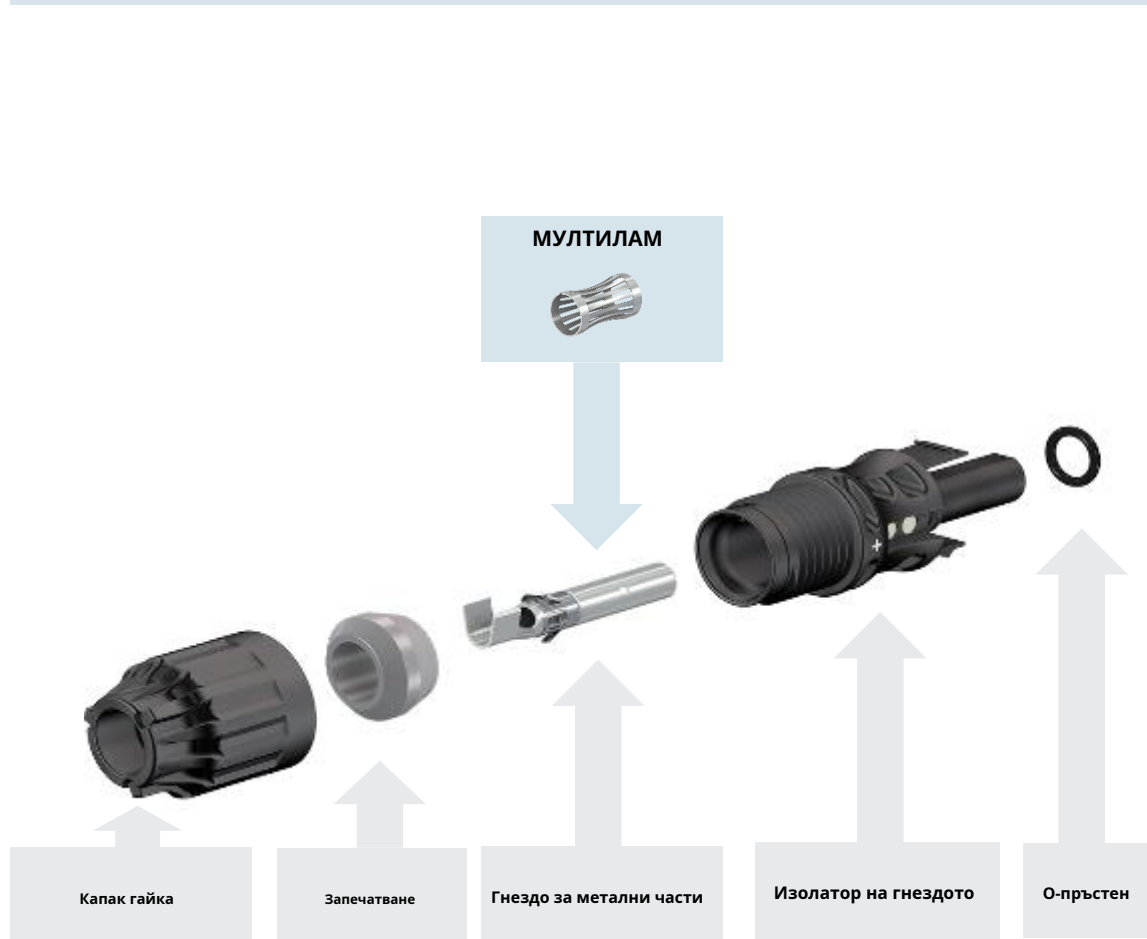


# 1) Качество на компонента – PV DC конектор

## PV DC конектор

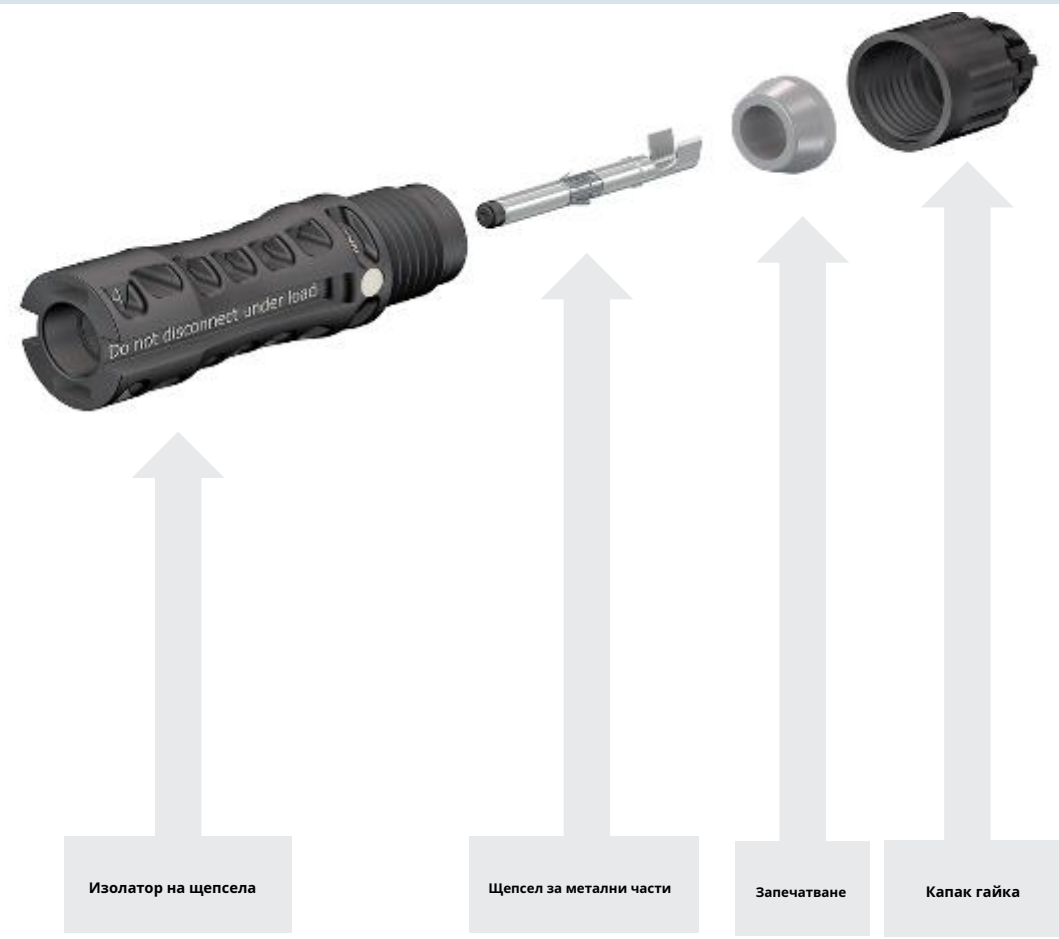
### Гнездо

(отбелязано с «+» / женски)

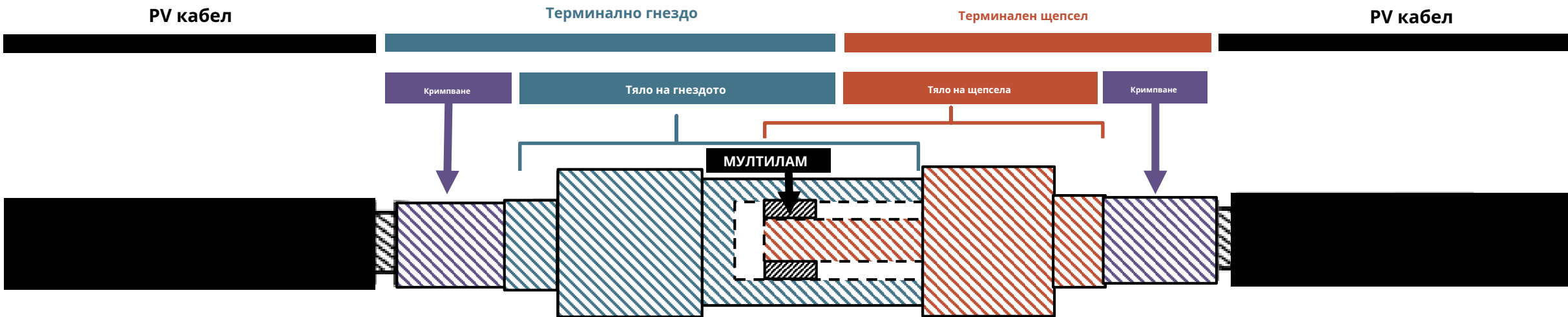


### Щепсел

(отбелязано с «-» / мъжки)



# 1) Качество на компонента – Съпротивления в PV DC конектор



1

## Контактно съпротивление съгласно IEC 60512-2-2

Фокус: Показва качеството на електрическия контакт между щепсел и контакт, стойността не зависи от размера на напречното сечение на проводника

Описание: Съпротивление от терминал до терминал, без съпротивление на гофриране и кабел, <0,25 mΩ

Типична стойност:

Точките за измерване се поставят върху корпуса на контакта и щепсела Листове с данни, каталози, инструкции за монтаж

Случай на употреба:



$$P_1 = P_{BodyS} + P_{МУЛТИЛАМ} + P_{ТялоP}$$

2

## Контактно съпротивление съгласно IEC 62852

Фокус: Отчита качеството на кримпване, стойността зависи от размера на напречното сечение на проводника

Описание: Включва устойчивост на кримпване и съпротивление на кабела 2,5 mm<sup>2</sup>: <0,9 mΩ

Типична стойност

4,0 mm<sup>2</sup>: <0,7 mΩ  
6,0 mm<sup>2</sup>: <0,6 mΩ  
10,0 mm<sup>2</sup>: <0,4 mΩ

Точките за измерване са поставени върху кабелни проводници

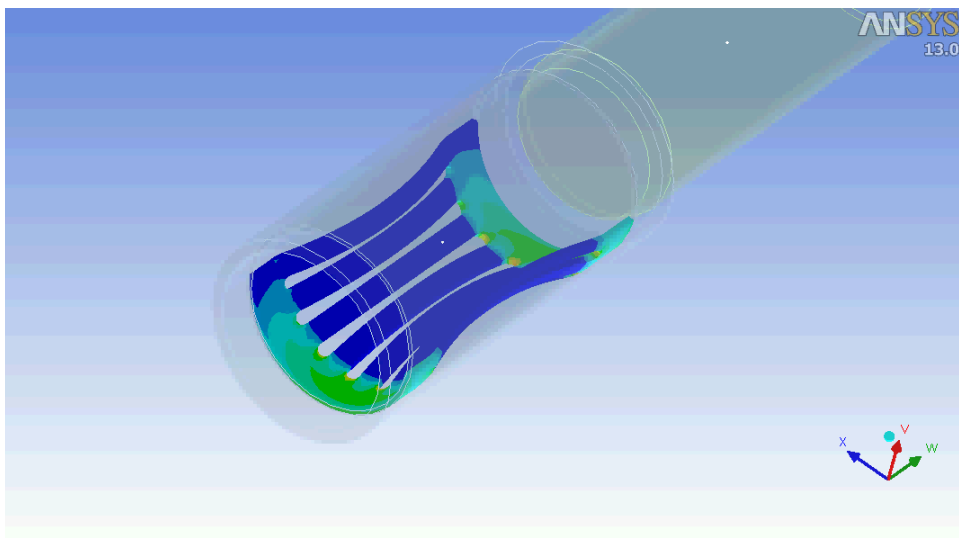
Случай на употреба:

Сертификационни лаборатории

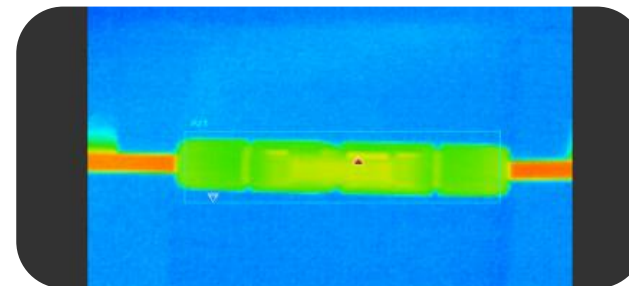


$$P_2 = (P_{кабелиS} + P_{Crimps} + P_{BodyS} + P_{МУЛТИЛАМ} + P_{ТялоP} + P_{КримпванеP}) - 2X(R_{Кабел})$$

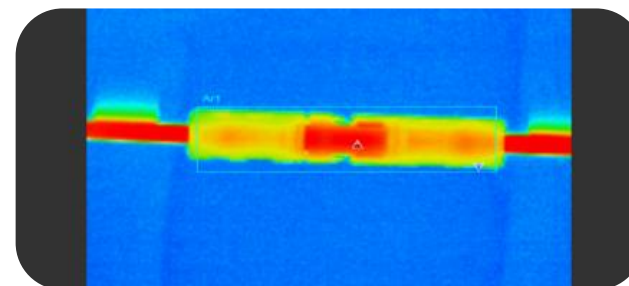
# 1) Качество на компонента - Stäubli технология: MULTILAM



**MC4**(Технология MULTILAM)



**Конкурентен продукт**(не МУТЛИЛАМ)



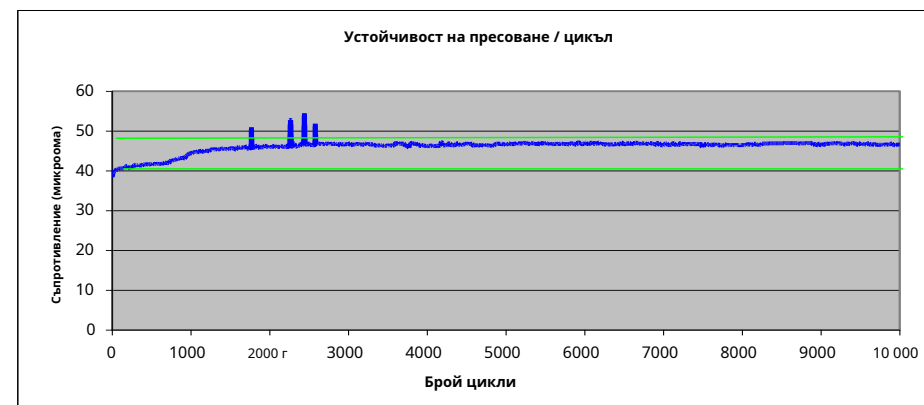
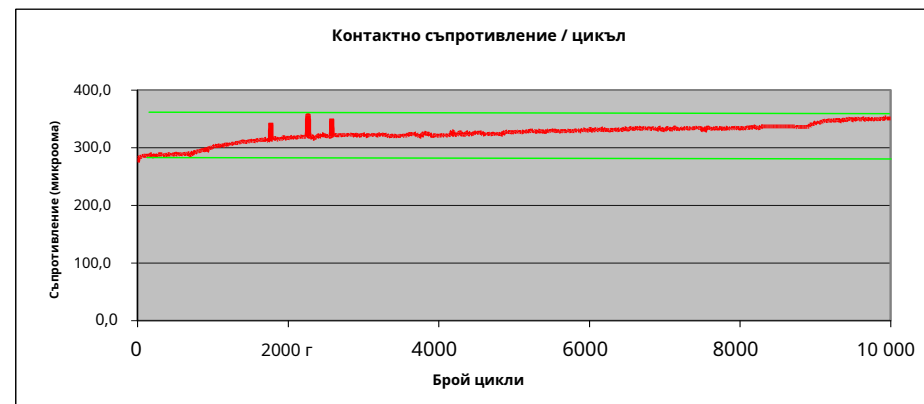
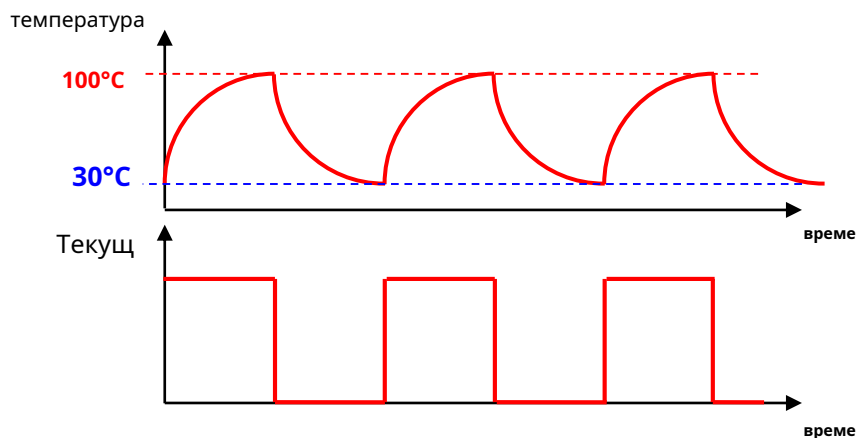
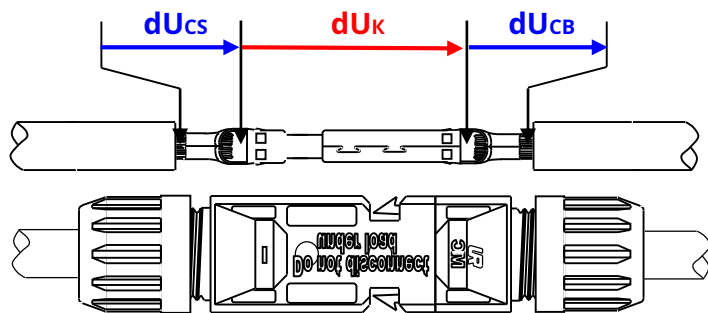
Мащаб  
T<sub>мин</sub>= 25°C  
T<sub>Макс</sub>= 45°C

Измервания съгл. към IEC60512-5-1

# 1) Качество на компонента – Контактна резистентност: Лабораторни резултати

Тестова настройка

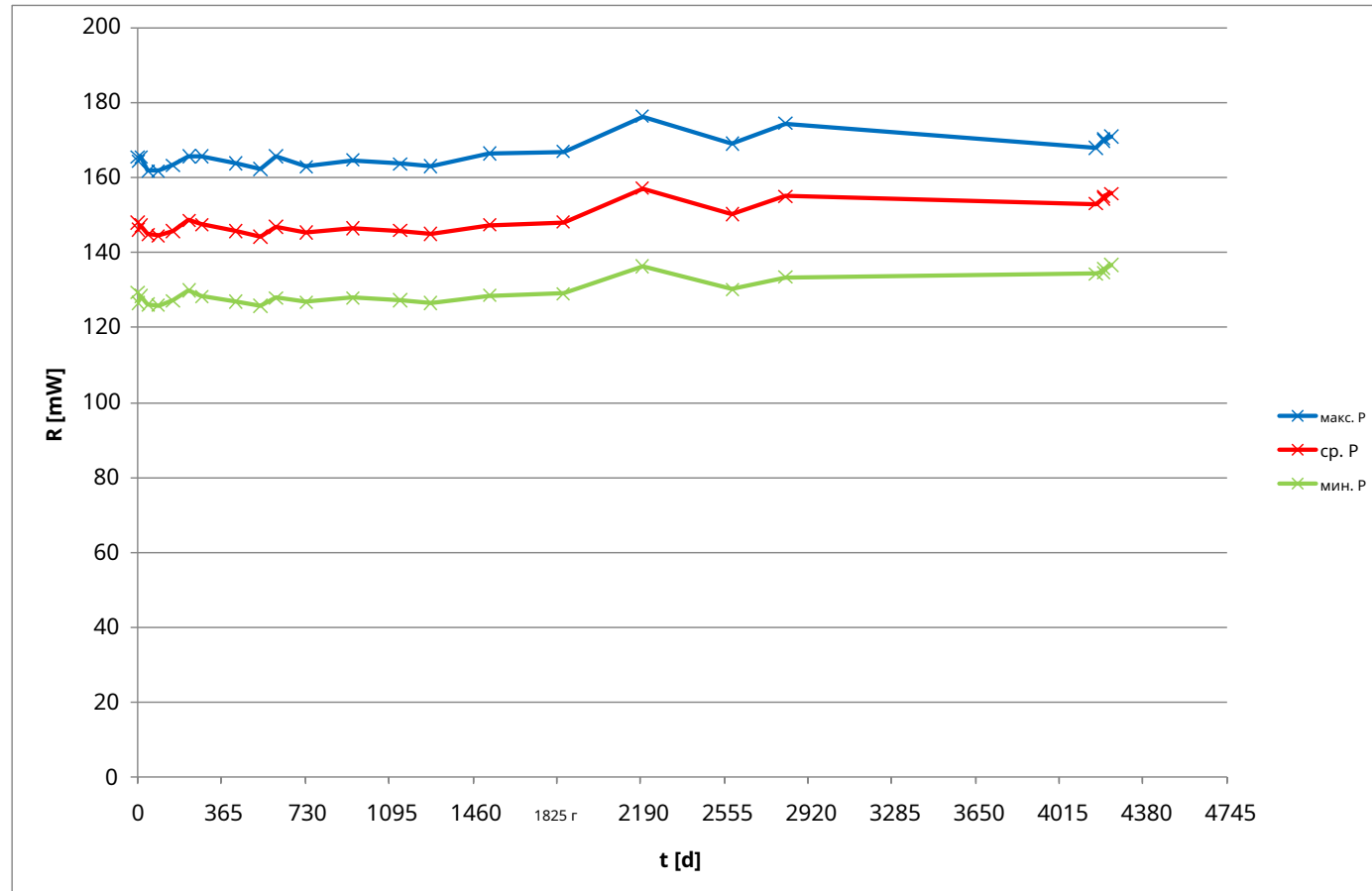
Резултат от тест



**10'000 цикъла, представляващи ~ 20 години!**

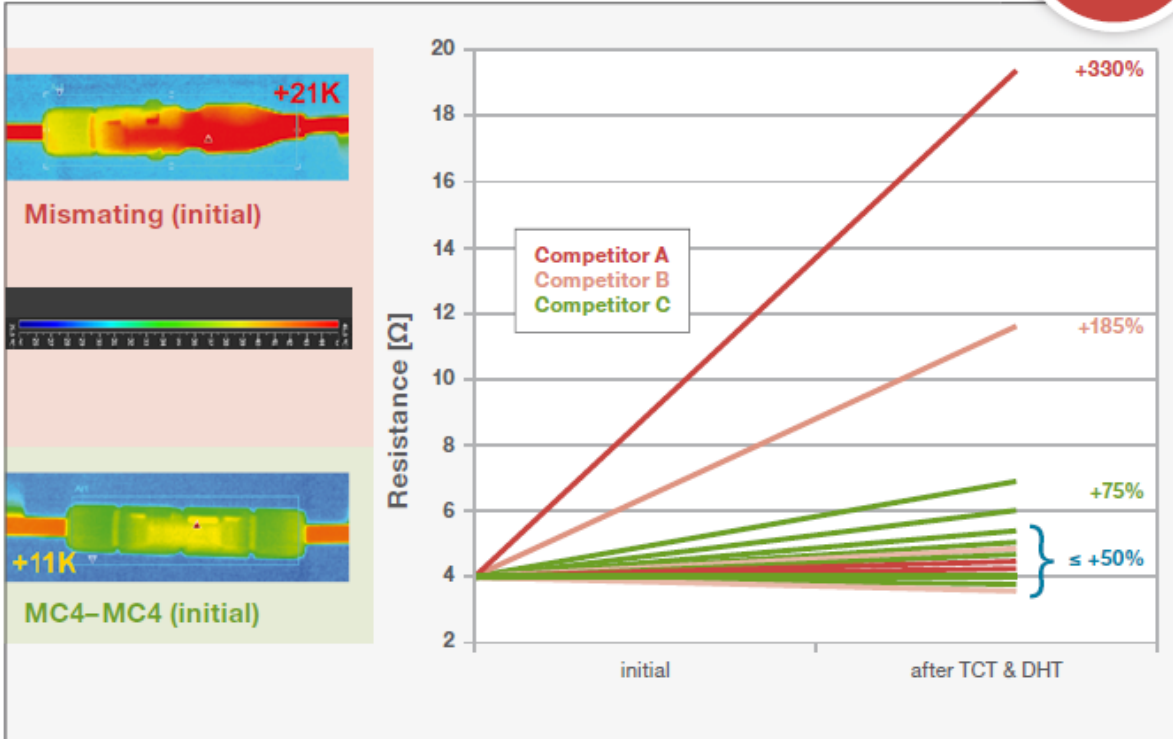
# 1) Качество на компонента-Контактно съпротивление: Резултати от полето

Дългогодишен опит - 12 години наблюдение на покрива

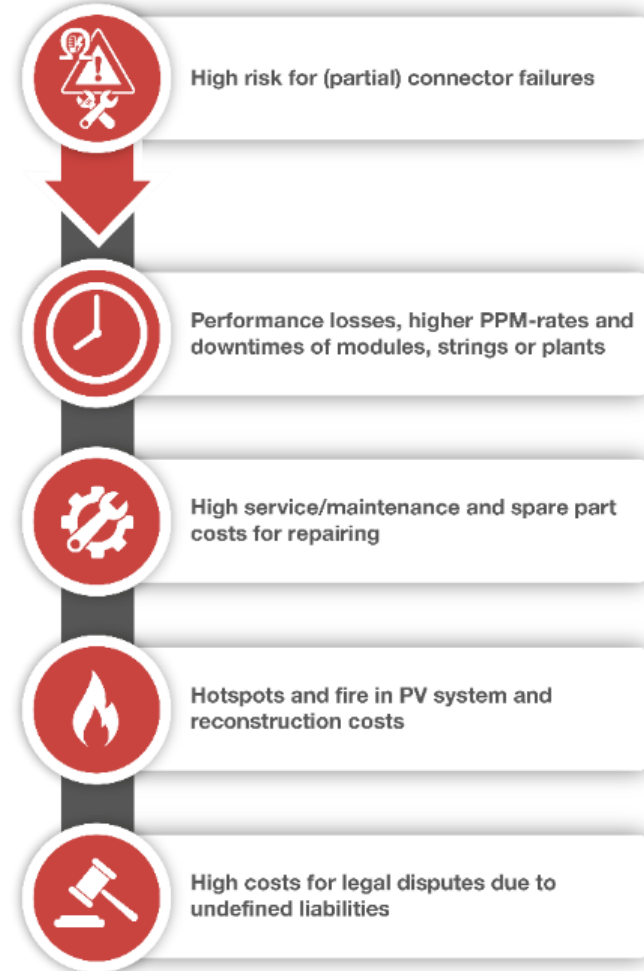


## 2) Монтаж-Кръстосана връзка

### Първоначални измервания и след TCT/DHT

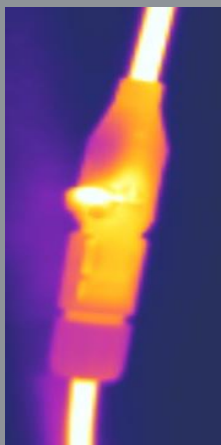


### Последствие° сиодн се° СрдиСд:nces



## 2) Монтаж-Кръстосана връзка

След  
Пау  
темп



100A

200 -C

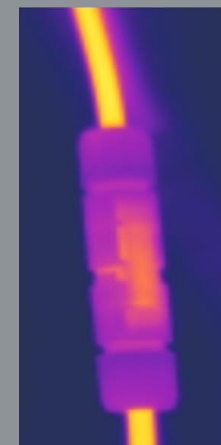
150 -C

100 -C

50 -C



След 5 минути: без дефекти  
Загуба на сила: 73W  
температура: 135 -C



100A

### Технически риск

- **Причинено от:** Различна технология, размери, продукт-материал, производствен процес, капацитет и др.

### Правен риск

- **БЕЗ сертификация:** IEC 62852 (EN50521) и UL 6703 продуктова норма респ. UL 1703 модулна норма
- **НЯМА съвместимост:** IEC 62548 инсталационна норма, Декларация TUV Rheinland
- **Отговорност? - БЕЗ гаранция/гаранция!**



## 2) Монтаж–Кръстосана връзка: Нормативни препратки

### Глобална инсталационна норма: IEC 62548 – PV масиви

**9.3.9 Щепсели, контакти и съединители** Щепселите и щепселите, свързани заедно в фотоволтаична система, трябва да бъдат от един и същи тип от един и същи производител. Теза **свързване не трябва да се използва щепсел от един производител и контакт от друг производител или обратно.**



### UL стандарт 6703 – PV съединители

#### **Условия за приемане**

„... са проучени като приемливи за сглобяване на място от квалифицирани електротехници с фабрично предоставени инструменти.

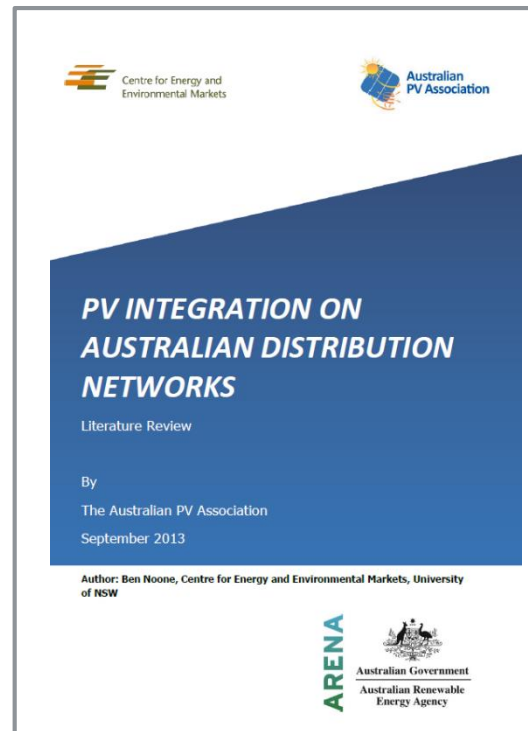
„Тези устройства са оценени само за UL разпознаване със специфични типове **свързани съединители в рамките на тяхното продуктово семейство.**

Те не са оценени да работят с други подобни устройства от друг производител.



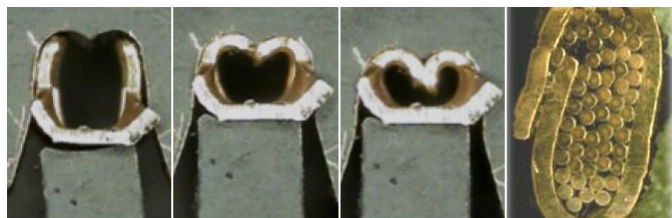
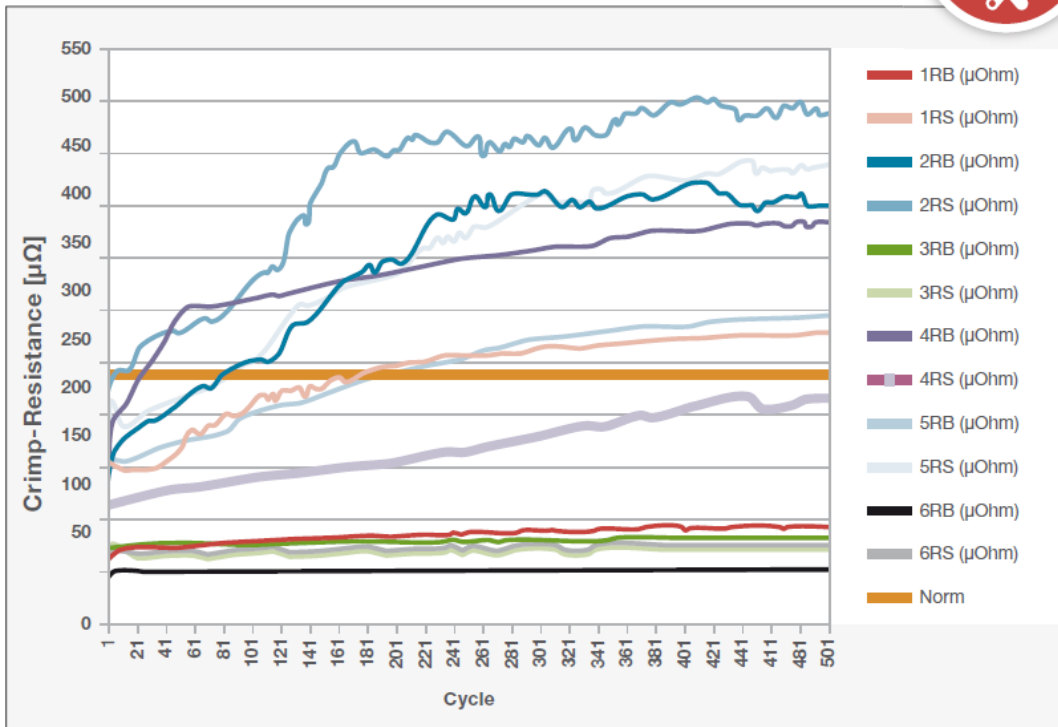
### Национални насоки

- Австралия, Франция, Бразилия и Турция



## 2) Монтаж-Дефектно управление на кабела (кримпване)

### Първоначални измервания и след ТСТ



### Последствия



High risk for (partial) connector failures



Performance losses, higher PPM-rates and downtimes of modules, strings or plants



High service/maintenance and spare part costs for repairing



Hotspots and fire in PV system and reconstruction costs



High costs for legal disputes due to undefined liabilities

## 2) Монтаж–Често срещани грешки (Примери)

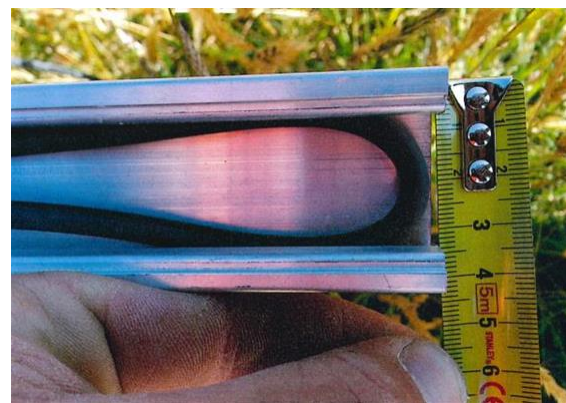
Директно поставени конектори/кабели на покрива или земната повърхност



Кабелът е постоянно изложен да поливам



Прекомерно напрежение и рязко радиус на огъване



Грешка при избора на продукт и конфигурация



## Финансов риск и риск за безопасността

Лабораторни изследвания:

Връзки 5 години след въвеждане в експлоатация



Изоляционно съпротивление

$R > 400 \text{ M}\Omega$

Оригинал x Оригинал  $\emptyset$  **1660,00 M $\Omega$**

Кръстосана връзка  $\emptyset$  **0,06 M $\Omega$**

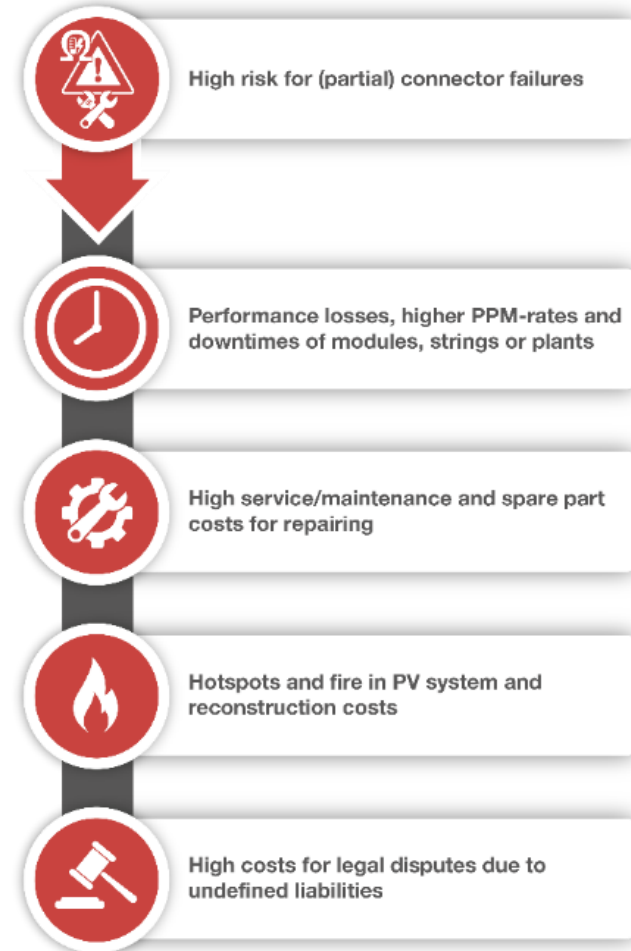
Контактно съпротивление

$R \emptyset 530 \mu\Omega$

Оригинал x Оригинал  $\emptyset$  **532  $\mu\Omega$**

Кръстосана връзка  $\emptyset$  **6841  $\mu\Omega$**

### Последствия



# Summery – Поставете основата правилно в много ранните етапи

