



YEMEN
SHELTER CLUSTER

Coordinating Humanitarian Shelter and Settlements

BRIEFING SESSION ON PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: ESSENTIAL PRINCIPLES FOR BEGINNERS

جلسة تعريفية حول أنظمة الطاقة الشمسية: المبادئ الأساسية للمبتدئين

Overall Learning Objective

By the end of the training, participants will understand the components, operating principles, basic sizing logic, and essential maintenance requirements of an autonomous photovoltaic system.

الهدف التعليمي العام

بنهاية التدريب، سيفهم المشاركون مكونات نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستقل، ومبادئ تشغيله، ومنطق تحديد حجمه الأساسي، ومتطلبات صيانته الضرورية.

SESSION DECEMBER 16, 2025

10:00 AM – 11:00 PM

I. **MODULE 1: Fundamentals of a Photovoltaic (PV) System**

الوحدة 1: أساسيات نظام الخلايا الكهروضوئية

II. **MODULE 2: Introduction to System Sizing**

الوحدة 2: مقدمة في تصميم النظام

III. **MODULE 3: Preventive & Corrective Maintenance (Level 1 & 2)**

الوحدة 3: الصيانة الوقائية (المستويان 1 و 2)

IV. **MODULE 4: Summary and Conclusion**

الوحدة 4: ملخص واستنتاجات

PLAN:



I. MODULE 1: Fundamentals of a Photovoltaic (PV) System

الوحدة 1: أساسيات نظام الخلايا الكهروضوئية

Objective: Understand the role of each component in a typical installation.

الهدف: فهم دور كل مكون في عملية التركيب النموذجية.



Presentation of a simplified diagram including:

Solar panels → charge controller → batteries → inverter → electrical loads

عرض تخطيطي مبسط يتضمن ما يلي:

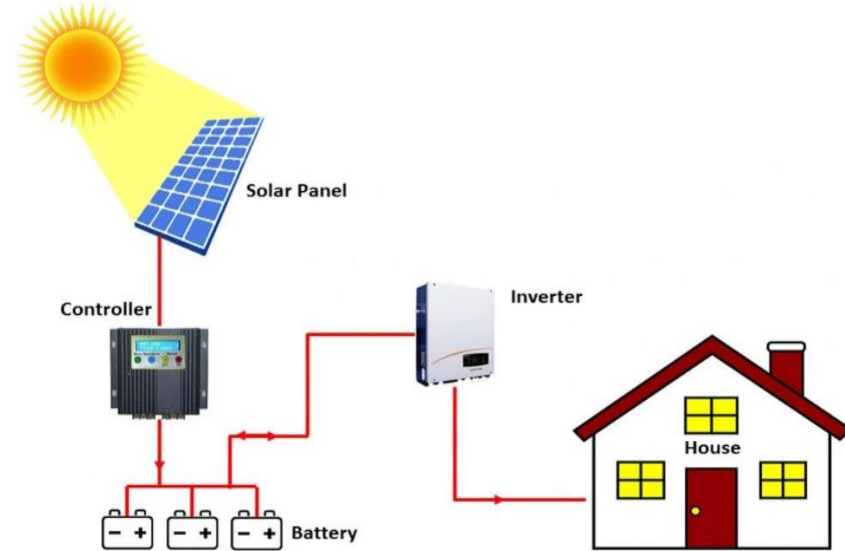
ألواح شمسية ← منظم شحن ← بطاريات ← محول ← أحمال كهربائية

Explanation of the energy path:

Sunlight → DC electricity → storage → AC conversion → use by appliances

شرح مسار الطاقة:

ضوء الشمس ← كهرباء تيار مستمر ← تخزين ← تحويل إلى تيار متردد ← استخدام الأجهزة





Key diagram points:

- Separation of DC and AC wiring
- Protection devices (fuses, breakers)
- Panel mounting, tilt and orientation

أهم نقاط الرسم التخطيطي:

- فصل أسلاك التيار المستمر عن أسلاك التيار المتردد
- أجهزة الحماية (الفوزات، القواطع)
- تركيب الألواح الشمسية، وضبط ميلها، وتوجيهها



أ. الألواح الشمسية

A. Solar Panels

• **Working principle:** photovoltaic effect converting sunlight into DC electricity.

• **Common technologies:**

- Monocrystalline (higher efficiency, smaller surface)
- Polycrystalline (lower cost, moderate efficiency)

• **Peak power (Wp):** maximum power output under Standard Test Conditions (STC).

• **Electrical characteristics:** Voc, Isc, Vmp, Imp.



مبدأ العمل: التأثير الكهروضوئي الذي يحول ضوء الشمس إلى تيار كهربائي مستمر.

التقنيات الشائعة:

- أحادية البلورة (كفاءة عالية، مساحة سطح أصغر)
- متعددة البلورات (تكلفة أقل، كفاءة متوسطة)

القدرة القصوى (واط): أقصى قدرة خرج في ظل ظروف الاختبار القياسية.

الخصائص الكهربائية: جهد الدائرة المفتوحة، تيار الدائرة القصيرة، جهد القدرة القصوى، تيار العزم.

B. Charge Controller

- **Role:** protects the battery against overcharging and deep discharge.
- **Importance:** crucial to ensure system safety and battery lifespan.
- **Types:**
 - **PWM:** simple, low cost, lower efficiency.
 - **MPPT:** maximizes panel output, better in hot climates or low sunlight.
- **Key parameters:** nominal voltage, current rating (A).



ب. وحدة التحكم بالشحن

- **الدور:** حماية البطارية من الشحن الزائد والتفريغ العميق.
- **الأهمية:** ضرورية لضمان سلامة النظام وعمر البطارية.
- **الأنواع:**
 - **PWM:** بسيط، منخفض التكلفة، أقل كفاءة.
 - **MPPT:** يزيد من إنتاجية الألواح الشمسية، أفضل في المناخات الحارة أو ذات الإضاءة الشمسية المنخفضة.
- **المعايير الرئيسية:** الجهد الاسمي، معدل التيار (أمبير).

C. Batteries

- **Function:** store the energy produced.
- **Technologies covered:**
 - AGM
 - Gel
 - (Lithium mentioned as an emerging option but not detailed)
- **Capacity:** expressed in Ah; link to energy: $Wh = V \times Ah$.
- **Important concepts:**
 - Depth of Discharge (DoD)
 - Cycle life
 - Temperature operating range



ج. البطاريات

الوظيفة: تخزين الطاقة المنتجة.

التقنيات المُغطاة:

- بطاريات AGM
- بطاريات الجل

(تُذكر الليثيوم كخيار ناشئ ولكن لم يُفصّل عنه)

السعة: تُقاس بالأمبير/ساعة؛ العلاقة بالطاقة:

واط/ساعة = فولت × أمبير/ساعة.

مفاهيم هامة:

- عمق التفريغ
- عمر الدورة
- نطاق درجة حرارة التشغيل

د. المحول الكهربائي

D. Inverter

• **Role:** converts DC (batteries) into AC 230 V for appliances.

• **Types:** pure sine wave (recommended), modified sine wave (not for sensitive devices).

• **Main characteristics:**

- Rated power (W)
- Surge power (peak)
- Efficiency (%)

• **Examples of sensitive appliances:**

refrigerators, pumps, electronics.



الوظيفة: تحويل التيار المستمر (من البطاريات) إلى تيار متردد **220 فولت** لتشغيل الأجهزة.

الأنواع: موجة جيبيية نقية (موصى بها)، موجة جيبيية معدلة (غير مناسبة للأجهزة الحساسة).

الخصائص الرئيسية:

- معدل القدرة (واط)
- القدرة القصوى (ذروة)
- الكفاءة (%)

أمثلة على الأجهزة الحساسة: الثلاجات، المضخات، الأجهزة الإلكترونية.

II. MODULE 2: Introduction to System Sizing

الوحدة 2: مقدمة في تصميم النظام

Objective: Learn the basic logic to estimate the size of a PV system.

الهدف: تعلم الأساسيات
لتقدير حجم منظومة الطاقة
الشمسية.

The module includes four essential steps

تتضمن الوحدة أربع خطوات
أساسية

❖ **Step 1: Assess Energy Needs**

الخطوة الأولى: تقييم احتياجات الطاقة

❖ **Step 2: Size the Solar Production (nber of PV)**

الخطوة الثانية: تحديد حجم إنتاج الطاقة الشمسية (عدد الواح الطاقة الشمسية)

❖ **Step 3: Size the Battery Storage**

الخطوة الثالثة: تحديد حجم البطاريات

❖ **Step 4: Size the Inverter:**

الخطوة الرابعة: تحديد حجم المحول الكهربائي

II. MODULE 2: Introduction to System Sizing

الوحدة 2: مقدمة في تصميم النظام

Step 1: Assess Energy Needs

الخطوة الأولى: تقييم احتياجات الطاقة

List appliances:

(example: lamp 10 W x 5 h = 50 Wh/day)

Calculation method:

Daily consumption = Power (W) x Usage time (h)

Determine total consumption in Wh/day
Account for system losses: about 15 - 20%

قائمة الأجهزة:

(مثال: لمبة ١٠ واط × ٥ ساعات = ٥٠ واط/يوم)

طريقة الحساب:

الاستهلاك اليومي = القدرة (واط) × مدة الاستخدام (ساعة)

تحديد إجمالي الاستهلاك بالواط/يوم

مراعاة فاقد الطاقة في النظام: حوالي ١٥ - ٢٠٪


Lighting

10W x 5h

 Daily energy
need
50Wh

الإضاءة

 ١٠ واط × ٥ ساعات
الاحتياج اليومي للطاقة
٥٠ واط/ساعة

TV

120W x 4h

 Daily energy
need
480Wh

التلفاز

 ١٢٠ واط × ٤
ساعات
الاحتياج اليومي
للطاقة
480 واط/ساعة

Fridge

300W x 24h

 Daily energy
need
7200Wh

الثلاجة

 300 واط × 24
ساعات
الاحتياج اليومي
للطاقة
7200 واط/ساعة

Charger

0.8W x 5h

 Daily energy
need
4Wh

الشواحن

 0.8 واط × ٥ ساعات
الاحتياج اليومي
للطاقة
4 واط/ساعة

air conditioner

1000W x 6h

 Daily energy
need
6000Wh

المكيف

 1000 واط × 6
ساعات
الاحتياج اليومي
للطاقة
6000 واط/ساعة

II. MODULE 2: Introduction to System Sizing

الوحدة الثانية: مقدمة في حسابات النظام

الخطوة 2: تحديد القدرة الإنتاجية الشمسية (عدد الألواح) Step 2: Size the Solar Production (nber of PV)

Determine local sunlight (PSH = Peak Sun Hours).

Typical examples:

Yemen: PSH ≈ 5–6

Central Africa: PSH ≈ 4–5

Simplified formula to determinate the PV capacity:

$$\text{Required PV power (Wp)} = \frac{\text{Daily consumption}}{\text{PSH (daily Irradiation)} \times \text{Sys Performance}}$$

Eg: For an overall daily energy need of 70 KWh

$$\text{PV power (Wp)} = \frac{70,000}{6 \times 0.80} = 14,385 \text{ Wp} = 14.583 \text{ KWp}$$

Apply safety factor: 1.2 to 1.3

تحديد متوسط سطوع الشمس المحلي (PSH = Peak Sun Hours)
أمثلة تقريبية:

أفريقيا الوسطى: PSH ≈ 4–5 ساعات/يوم

اليمن: PSH ≈ 5–6 ساعات/يوم

صيغة مبسطة لتحديد قدرة الحقل الشمسي (الطاقة المطلوبة بالألواح)

$$\text{القدرة المطلوبة للألواح (Wp)} = \frac{\text{الاستهلاك اليومي}}{\text{(الإشعاع اليومي) PSH} \times \text{أداء النظام}}$$

مثال: عند احتياج يومي لاستهلاك طاقة مقدارها 70 KWh

$$\text{قدرة الألواح الشمسية (Wp)} = \frac{70,000}{0.80 \times 6} = 14,385 \text{ Wp} = 14.583 \text{ KWp}$$

تطبيق عامل الأمان: 1.2 إلى 1.3



1182213826

II. MODULE 2: Introduction to System Sizing

الوحدة الثانية: مقدمة في حسابات النظام

Step 3: Size the Battery Storage

الخطوة 3: حساب سعة البطاريات

Simplified formula:

$$\text{Battery capacity (Ah)} = \frac{\text{Daily consumption} \times \text{Days of autonomy (back up time)}}{\text{System voltage} \times \text{DoD}}$$

Eg: For an overall daily energy need of 70 KWh

$$\text{Battery capacity (Ah)} = \frac{70000 \times 0.5}{48 \times 0.8} = 899 \text{ Ah} \approx 1000 \text{ Ah} = 5 \times 200 \text{ Ah}$$

Important points:

Recommended DoD: 80% for Lithium

الصيغة المبسطة:

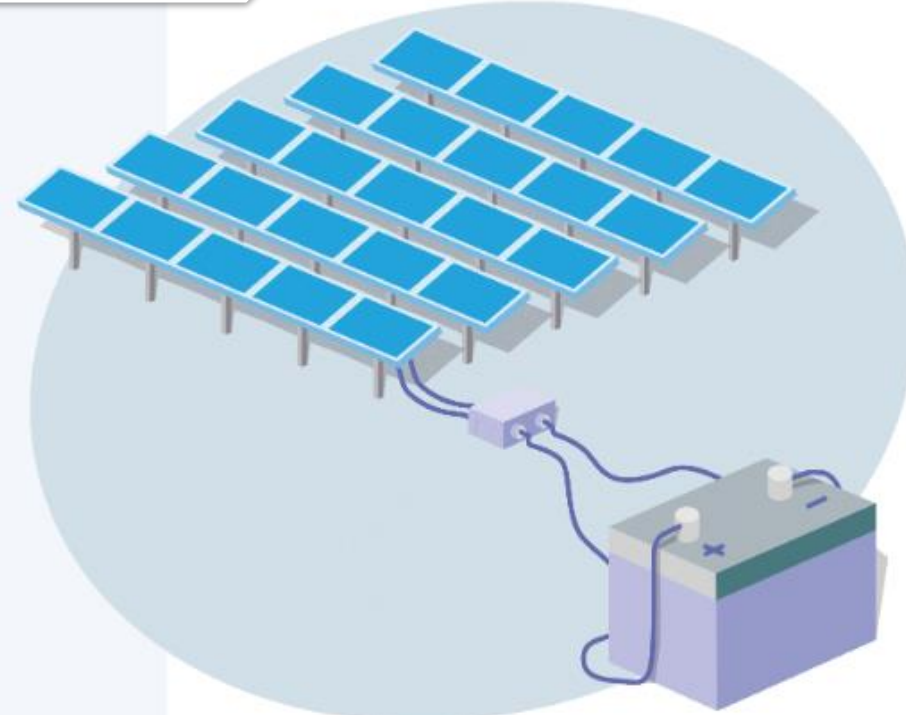
$$\text{سعة البطارية (Ah)} = \frac{\text{الإستهلاك اليومي} \times \text{أيام الاستقلالية (الوقت الاحتياطي)}}{\text{جهد النظام} \times \text{عمق التفريغ المسموح}}$$

مثال: عند احتياج يومي كلي لاستهلاك طاقة بمقدار 70 KWh

$$\text{سعة البطارية (Ah)} = \frac{0.5 \times 70000}{0.8 \times 48} = 899 \text{ Ah} \approx 1000 \text{ Ah} = 5 \times 200 \text{ Ah}$$

نقاط مهمة:

عمق التفريغ الموصى به (DoD): 80% للبطاريات الليثيوم



II. MODULE 2: Introduction to System Sizing

الوحدة الثانية: مقدمة في حسابات النظام

Step 4: Size the Inverter:

الخطوة 4: تحديد سعة العاكس

Typically, the converter capacity should be selected between 80% and 100% of the installed solar field capacity.

$$80\% \text{ PV (Wp)} \geq \text{Pinv} \leq 100\% \text{ PV}$$

Eg: For a solar capacity of 14 KWp

$$12 \text{ KWp} \geq \text{Pinv} \leq 14.385 \text{ KWp}$$

The capacity of the inverter should be Min P_{inv} = 12 Kw

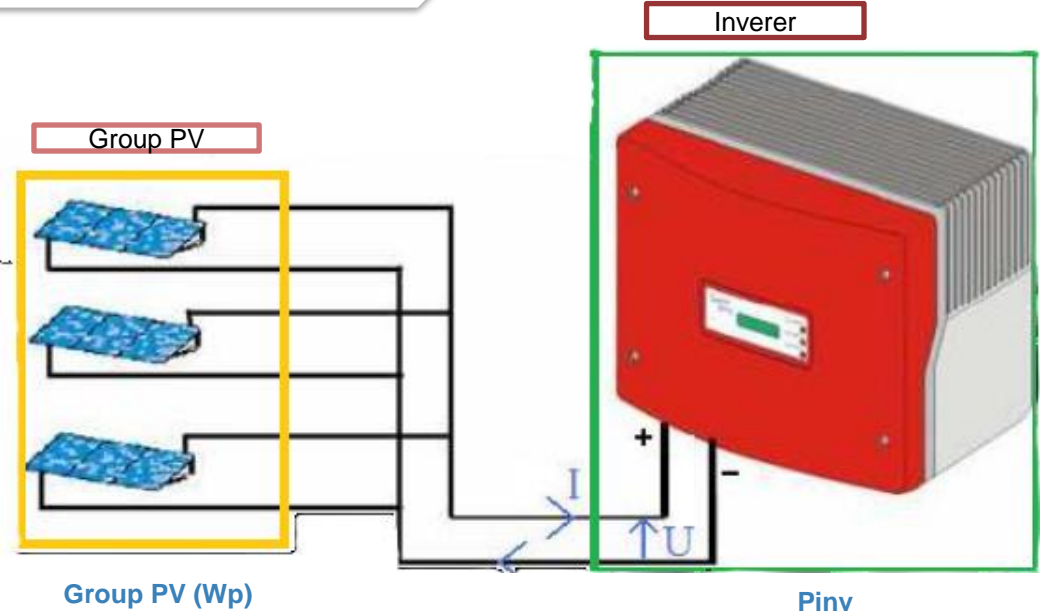
عادة تُختار سعة العاكس ضمن نطاق 80% إلى 100% من القدرة الكلية للحقل الشمسي:

80% من قدرة الحقل الشمسي ≤ قدرة العاكس $\text{Pinv} \geq 100\%$ من قدرة الحقل الشمسي

مثال: عند قدرة شمسية مركبة مقدارها 14 كيلوواط ذروي (KWp)

$$12 \text{ KWp} \geq \text{Pinv} \leq 14.385 \text{ KWp}$$

إذا الحد الأدنى لسعة العاكس = 12 kW



Group PV (Wp)

P_{inv}

$$80\% \text{ PV (Wp)} \geq \text{Pinv} \leq 100\% \text{ PV}$$

III. MODULE 3: Preventive & Corrective Maintenance (Level 1 & 2) (المستوى 1 و 2) الوحدة الثالثة: الصيانة الوقائية والتصحيحية (المستوى 1 و 2)

Objective: Perform basic routine tasks and identify simple faults.

الهدف: تنفيذ المهام الروتينية الأساسية والتعرّف على الأعطال البسيطة.

III. MODULE 3: Preventive & Corrective Maintenance (Level 1 & 2) (الوحدة الثالثة: الصيانة الوقائية والتصحيحية (المستوى 1 و 2))

3.1. Level 1 Maintenance (without special tools)

3.1. الصيانة من المستوى الأول (بدون أدوات خاصة)

Panel cleaning:

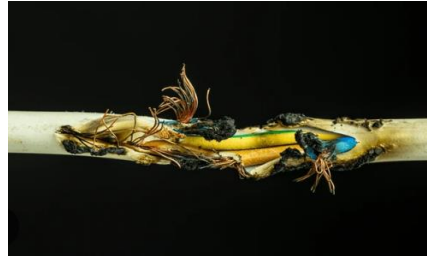
- ✓ Use clean water + soft cloth
- Avoid hot hours (thermal shock)
- ✓ Check for constant shading

Visual inspection:

- ✓ Look for cracked, heated, or damaged cables
- ✓ Check connection tightness (without over-tightening)

Charge controller:

- Read LED indicators (charging, low battery, fault)
- Check device temperature



تنظيف الألواح الشمسية:

- ✓ استخدام ماء نظيف + قطعة قماش ناعمة
- ✓ تجنب التنظيف في ساعات الذروة الحرارية (تجنب الصدمة الحرارية)
- ✓ التأكد من عدم وجود ظلال ثابتة

الفحص البصري:

- ✓ البحث عن تشققات أو ارتفاع حرارة أو تلف بالأسلاك
- ✓ فحص إحكام التوصيلات (بدون شد زائد)

منظّم الشحن :

- ✓ قراءة مؤشرات الـ LED (شحن – بطارية منخفضة – خطأ)
- ✓ التحقق من حرارة الجهاز

III. MODULE 3: Preventive & Corrective Maintenance (Level 1 & 2) (الوحدة الثالثة: الصيانة الوقائية والتصحيحية (المستوى 1 و 2))

3.2. Level 2 Maintenance (with multimeter)

3.2. الصيانة من المستوى الثاني (باستخدام الملتيميتر)

Essential measurements:

- ✓ **Panels:** open-circuit voltage (Voc), current if possible
- ✓ **Batteries:** resting voltage
< 11.5 V → discharged and 12.6–12.8 V → fully charged
- ✓ **Inverter:** AC output voltage

Basic troubleshooting:

- ✓ **Low panel voltage:** dirt, shading, damaged cable
- ✓ **Battery over/under-charged:** faulty controller, loose connections
- ✓ **Inverter shutting down:** overload, low battery voltage

Safety rules:

- ✓ Switch off PV production before intervention
- ✓ Never short-circuit a battery
- ✓ Wear insulated gloves and safety glasses,
Respect polarities (+ / -)

القياسات الأساسية:

- ✓ الألواح الشمسية: قياس جهد الدائرة المفتوحة Voc، قياس التيار إن أمكن
- ✓ البطاريات: جهد راحة أقل من 11.5 فولت ← بطارية مفرغة
جهد بين 12.6–12.8 فولت ← بطارية ممتلئة
- ✓ العاكس: قياس جهد الخرج AC

استكشاف الأخطاء الأساسية:

- ✓ انخفاض جهد الألواح: اتساخ – ظلال – كابل تالف
- ✓ شحن زائد/ناقص للبطارية: خلل في المنظم – توصيلات مرتخية
- ✓ إيقاف العاكس: حمل زائد – انخفاض جهد البطارية

قواعد السلامة:

- ✓ فصل إنتاج الألواح قبل أي تدخل
- ✓ عدم عمل قصر (Short Circuit) على البطارية
- ✓ ارتداء قفازات ونظارات عازلة
- ✓ الالتزام بالقطبية الصحيحة (+ / -)

IV. MODULE 4: Summary and Conclusion

الوحدة الرابعة: الملخص والخاتمة

Objective: Consolidate knowledge.

الهدف: تعزيز وترسيخ المعارف المكتسبة.

IV. MODULE 4: Summary and Conclusion

الوحدة الرابعة: الملخص والخاتمة

4.1. Key Takeaways

- Structure of a PV system
- Role of main components
- Basic sizing method
- Maintenance and safety principles

4.2. Best Practices

- Correct panel tilt and orientation
- Adequate battery ventilation
- Use proper cable sizes
- Keep a logbook of maintenance measurements
- Clean panels regularly

4.3. Limits of Competency

Participants should contact a certified technician for:

- advanced MPPT configuration
- Inverter installation > 2 kVA
- complex roof installations
- AC wiring work
- signs of burning smell, overheating or smoke

4.1. النقاط الأساسية المستفادة

- تركيب النظام الكهروضوئي
- دور المكونات الرئيسية
- منهجية الحسابات الأساسية
- مبادئ الصيانة والسلامة

4.2. أفضل الممارسات

- ضبط ميل واتجاه الألواح بشكل صحيح
- توفير تهوية مناسبة للبطاريات
- استخدام مقاطع كابلات مناسبة
- الاحتفاظ بسجل لقياسات الصيانة
- تنظيف الألواح بانتظام

4.3. حدود الاختصاص

يجب على المشاركين التواصل مع فني معتمد في الحالات التالية:

- إعدادات ال MPPT المتقدمة
- تركيب العاكسات ذات القدرة الأكبر من 2 kVA
- التركيبات المعقدة على الأسقف
- أعمال تمديدات التيار المتردد (AC)
- ظهور روائح احتراق أو ارتفاع حرارة أو دخان

Solar System Sizing Simulator

محاكي حسابات الأنظمة الشمسية

END



YEMEN
SHELTER CLUSTER

Coordinating Humanitarian Shelter and Settlements

Thank You

More Info.:

<https://www.sheltercluster.org/response/yemen>

Follow us on X:

[@ShelterClustYE](https://twitter.com/ShelterClustYE)