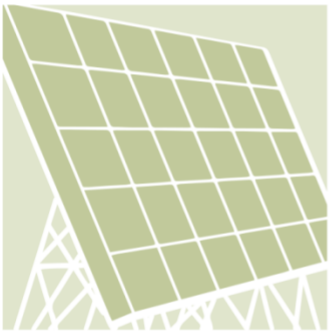
POWERING AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE FOR DEVELOPMENT

TOOLBOX ON SOLAR POWERED IRRIGATION SYSTEMS (SPIS)



الوحدة السابعة: التصميم

Food and Agriculture Organization of the United Nations

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

SWEDEN

german cooperation

DUKE ENERGY

OPIC

يعتبر صندوق الأدوات الخاص بأنظمة الريّ بالطاقة الشمسية (SPIS) مشروعًا موروثا (قديمًا) للمبادرة العالمية "دعم و تقوية الزراعة: التحدي الكبير للطاقة من أجل التنمية" (PAEGC). في عام 2012 ، قامت كل من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID) ، والوكالة السويدية للتعاون الإنمائي الدولي (Sida) ، والوزارة الاتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية (BMZ) ، و دووك للطاقة. (Duke Energy) ، ومؤسسة الاستثمار الخاص الخارجي (OPIC) بتجميع موارد لدعم المناهج الجديدة والمستدامة لتسريع تطوير و توظيف (نشر) حلول الطاقة النظيفة لزيادة الإنتاجية الزراعية

إن صندوق الأدوات الخاص بـال SPIS قد تم اعتماده الآن لمزيد من التطوير من خلال برنامج PAEGC خليفة (عقب) برنامج المياه والطاقة من أجل الغذاء WE4F. (WE4F) هي مبادرة دولية مشتركة بين الوزارة الاتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية (BMZ) ، ووزارة الشؤون الخارجية بوزارة الخارجية الهولندية ، والسويد من خلال الوكالة السويدية للتعاون الإنمائي الدولي (Sida) ، والولايات المتحدة وكالة التنمية الدولية (USAID). يهدف WE4F إلى زيادة إنتاج الغذاء على طول سلسلة الامدادت (القيمة) من خلال استخدام أكثر استدامة وكفاءة (فعّالة) للمياه و الطاقة.

نشرت من قبل

المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) نيابة عن BMZ كشريك مؤسس للمبادرة العالمية لدعم و تقوية الزراعة: برنامج التحدي الكبير للطاقة من أجل التنمية (PAEGC) و المياه والطاقة من أجل الغذاء (WE4F) و منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)

المسؤول

GIZ Project Water and Energy for Food (WE4F)

للتواصل

we4f@giz.de

للتحميل

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS/ar

عن

GIZ Project Water and Energy for Food (WE4F): https://we4f.org/

الإصدار

1.0 (November 2020)

إخلاء المسؤولية

إن التعيينات (الرموز) المستخدمة و تقديم (عرض) المواد في هذا المنتج الإعلامي لا تتضمن (تلمح – تعني) على الإطلاق التعبير عن أي رأي من جانب المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) أو أي من الشركاء المؤسسون لـ PAEGC أو WE4F فيما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو سلطاتها ، أو فيما يتعلق بتخصيص (بتعيين) جبهاتها أو حدودها. إن ذكر شركات معينة أو منتجات من شركات صناعية ، سواء تم تسجيل براءات الاختراع لها أم لا ، لا يتضمن (يلمح – يعني) على الإطلاق أن هذه الشركات قد تم رعايتها (اعتمادها) أو التوصية بها من قبل GIZ أو FAO أو أي من الشركاء المؤسسين لـ PAEGC أو WE4F لتفضيلها على الآخرين من نظرائهم الغير مذكورين. إن الآراء الواردة في هذا المنتج الإعلامي ما هي إلا آراء المؤلف ولا تعكس بالضرورة آراء أو سياسات GIZ أو FAO أو أي من الشركاء المؤسسين لـ PAEGC أو WE4F .

يشجع كل من GIZ و FAO و الشركاء المؤسسون لـ PAEGC و WE4F على استخدام و أعادة اصدار (نسخ) ونشر المواد في هذا المنتج الإعلامي. باستثناء ما هو مذكور بخلاف ذلك ، يمكن نسخ المواد و تحميلها من الانترنت وطباعتها لأغراض الدراسة الشخصية أو البحث أو التدريس ، أو لاستخدامها في المنتجات أو الخدمات الغير التجارية ، شريطة وجود الإقرار (الاثبات) المناسب لـ GIZ و FAO بأنهم المصدر وممتلكي حقوق النشر و الطباعة و التأليف

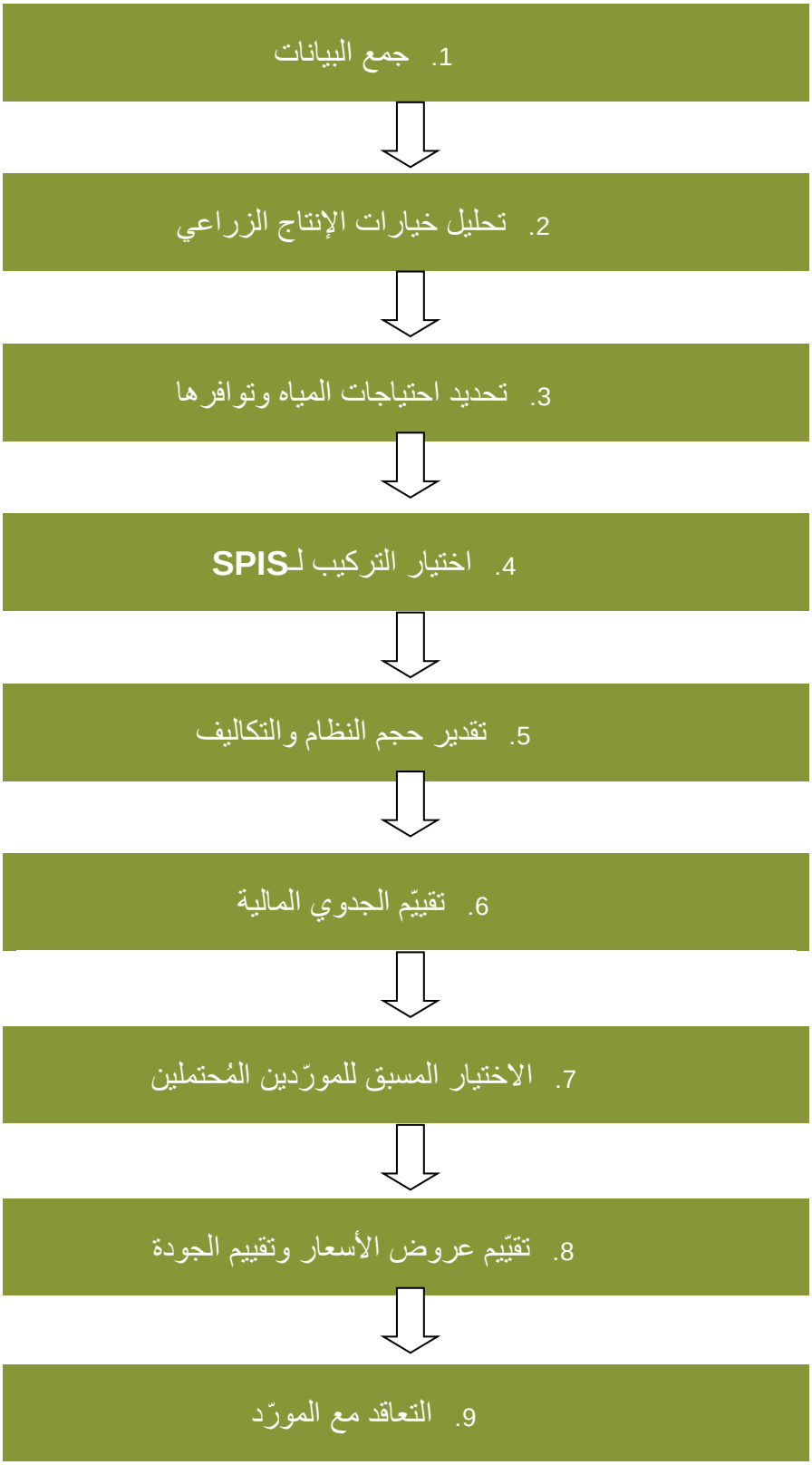
Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

© GIZ and FAO, 2020

ABBREVIATIONS

Ah	Ampere hour
CWR	Crop Water Requirement
DC/AC	Direct Current / Alternating Current
ET	Evapotranspiration
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Gd	Daily Global Irradiation
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GIWR	Gross Irrigation Water Requirement
GPFI	Global Partnership for Financial Inclusion
HERA	GIZ Program Poverty-oriented Basic Energy Services
H_T	Total Head
IEC	International Electrotechnical Commission
IFC	International Finance Corporation
IRR	Internal Rate of Return
IWR	Irrigation Water Requirement
MPPT	Maximum Power Point Tracking
NGO	Non-Governmental Organization
NIWR	Net Irrigation Water Requirement
NPV	Net Present Value
m^2	square meter
PV	photovoltaic
PVP	Photovoltaic Pump
SAT	Side Acceptance Test
SPIS	Solar Powered Irrigation System
STC	Standard Test Conditions
TC	Temperature Coefficient
UV	Ultraviolet
Vd	Daily crop water requirement
W	Watt
Wp	Watt peak


1. جمع البيانات
2. تحليل خيارات الإنتاج الزراعي
3. تحديد احتياجات المياه وتوافرها
4. اختيار التركيب لـSPIS
5. تقدير حجم النظام والتكاليف
6. تقييّم الجدوي المالية
7. الاختيار المسبق للمورّدين المُحتملين
8. تقيّيم عروض الأسعار وتقييم الجودة
9. التعاقد مع المورّد

الهدف من الوحدة - توجيه

توفّر هذه الوحدة معلومات وأدوات لمقدّمي الخدمات الزراعية حول كيفية تقدير الأبعاد والنوع والجدوى المالية لأنظمة الريّ بالطاقة الشمسية لحالة مزرعة معيّنة. يتكون نظام الـ SPIS من مكونات متعددة والتي تعمل في ظل ظروف يومية وموسمية متغيرة باستمرار.

إن تصميم الـ SPIS يضع الأساس الذي تقوم عليه الجدوى (استمرارية) الفنية والمالية والبيئية للنظام. خاصة ولا سيما فيما يتعلق بالآثار المالية وخطر السحب غير المستدام للمياه، يتطلّب قرار التصميم دراسة شمولية. لذلك، هذه الوحدة مرتبطة أيضًا بمقدّمي الخدمات المالية. اضافةً، يجب أن تعطي هذه الوحدة الاستشاري الامكانية للحكم على ما إذا كان تركيب نظام الـ SPIS أكثر ملاءمة و قدرة على الاستمرار من استخدام أنظمة ريّ بديلة.

الأدوات قد تم وصفها والإشارة إليها في خطوات العملية المختلفة لهذه الوحدة. عناصر التصميم المهمة يمكن حسابها باستخدام معادلات حسابية مبسّطة بهدف اكتساب فهم أكثر لتفاصيل التصميم. نظرًا للتفاعلات المعقّدة بين المكونات المختلفة للتصميم وفي ظل بيئات عمل مختلفة، فإن الأدوات في هذه الوحدة لا تستبدل التصميم الفنّي المفصل الذي تم إعداده بواسطة متخصّصين في تكنولوجيا الطاقة الشمسية والريّ.

خطوات العملية

قبل تصميم الـ SPIS ، من المهم تقيّيم فرص ومخاطر انشاء نظام الـ SPIS في منطقة معينة. حيث يعد الاطار المؤسساتي والجوانب البيئية، كما هو موصوف في وحدات الترويج و البدء و حماية المياه، ظروفًا إطارية مهمة للأخذ في الاعتبار.

بالإضافة إلى ذلك، تعد المعلومات المحلية الحديثة عن مدخلات ومخرجات الأسواق (كمبيعات المحاصيل) وغيرها من المعلومات، أساسية لتحديد ما إذا كان تصميم الـ SPIS لموقع معيّن أمر منطقي. بمجرّد التأكيد على أن الـ SPIS هو الخيار المفضّل، من الضروري أن يلتزم التصميم بالغرض المخصص لذلك الخيار. عند تحديد متطلبات المحاصيل للمياه والإشعاع الشمسي وضغط النظام، يمكن إعداد التصميم الفنّي بعد ذلك. يستطيع المخطّط الفنّي الاختيار من بين عدد من الاساليب متفاوتة التعقيد والدقّة للتوصّل إلى تصميم نهائي. قبل اتخاذ قرار بشأن تجهيز عقد مع مزود معيّن، يجب تقيّيم عرض الأسعار بشكل مستفيض للتكلفة من الشخص العامل في إدماج النظام.

1. جمع البيانات

للحصول على تصميم مناسب لنظام الـ SPIS ، يلزم وجود مجموعة من البيانات والمعلومات حول الأرصاد الجوية والتربة والمحاصيل والمياه وغيرها من العوامل الخاصة بالموقع. لذا يمكن الحصول على البيانات من مجموعة مصادر مثل المقابلات مع المنتِج، والملاحظات الميدانية في الموقع والبيانات من خارج الموقع (الإنترنت، وقواعد البيانات، وما إلى ذلك). على المنتج أن يُخبر المصمّم عن المحاصيل التي يجب زراعتها و في أي وقت يتم وكيف تتم إدارة المحاصيل.

إن المنتِج قد يرغب في استخدام التسميد (الريّ المسمّد) لتسريع معدل النمو، أو قد يختار المنتِج أشجار الفاكهة بدلاً من المحاصيل السنوية. بناءً على موقع المزرعة، يمكن جمع الكثير من البيانات من خارج الموقع، مثل بيانات الأرصاد الجوية والتضاريس وربما معلومات عن توافر المياه. في حين أن المسح الميداني لبيانات عن الإشعاع الشمسي و الأرصاد الجوية الأخرى سيكون مفيدًا، فإن معظم الأنظمة تعتمد على البيانات الموجودة والمشتقة من الأماكن المرجعية القريبة.

يمكن الحصول على البيانات والمعلومات حول التبخر النتحي واحتياجات المحاصيل المائية من المكاتب الزراعية أو الخدمات الإرشادية. في النهاية، يجب تنظيم زيارة ميدانية للتحقق و التأكد من صِحة البيانات التي تم جمعها واستكمالها بالمعلومات المحلّية على سبيل المثال. جودة التربة والمياه، كمية الظل (التظليل) من الأشجار أو قمم التلال، سهولة الوصول إلى الموقع، وحدة التحكم بالضخّ والمزيد.

تحتوي التصميم – أداة جمع بيانات الموقع على إرشادات و توجيهات لعمل المقابلات وقوائم مراجعة بحيث تضمن توفّر جميع المعلومات المطلوبة لتصميم الـ SPIS. تُستخدم التصميم - أداة قائمة مراجعة للتحقق من ملاءمة نظام الـ SPIS لإجراء فحص نوعِي لمعرفة إذا كان الموقع مناسبًا لنظام الـ SPIS.

جمع بيانات ميدانية لنظام الـ SPIS في الهند

(المصدر:Lennart Woltering)

النتيجة (الحصيلة)

- وصف تفصيلي للوضع الخاص بالمزرعة، وذلك كأساس لتقييم التركيب المناسب والتصميم الفني؛
- التصميم - أداة جمع بيانات الموقع لجمع كل المعلومات المطلوبة لتصميم نظام الـ SPIS؛
- التصميم - قائمة مراجعة للتحقق من ملاءمة نظام الـ SPIS و ذلك للتأكد من مدى ملاءمة الموقع لنظام الـ SPIS.

متطلبات البيانات

- **بيانات الأرصاد الجوية**: التشمس (التعرض لأشعة الشمس)، درجة الحرارة، سرعة الرياح، الرطوبة، هطول الأمطار، التبخر؛
- **بيانات الموقع**: خطوط الطول والعرض والارتفاع والمصدر المائي ووحدة التحكم بالضخّ والتظليل (كمية الظل) والمناخ والتضاريس؛
- **بيانات المحاصيل**: نوع المحصول وأصنافه، موسم النمو، تناوب المحاصيل، احتياجات المحاصيل المائية، الأسمدة، متطلبات حماية المحاصيل؛
- **بيانات التربة**: نوع التربة، الملوحة، القدرة على الاحتفاظ بالماء، محتوى المادة العضوية، خصوبة التربة؛
- **بيانات المياه**: التوافر (الوفرة) ، تغذية (اعادة شحن) المياه الجوفية، حقوق المياه ، الملوحة، درجة الحرارة، محتوى (مدى كمية) الطحالب، محتوى (مدى كمية) الرواسب؛
- **بيانات السوق**: حالة الطلب، سعر البيع، الموسمية، نوع السوق والمسافات.

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون / جماعات المنتجين؛
- مقدمو الخدمات في القطاع الزراعي؛
- سلطات إدارة مصادر المياه؛
- مقدمو خدمات الأرصاد الجوية؛
- المسؤولين عن عملية دمج النظم.

موضوعات هامة

- يتطلب نظام الـ SPIS من المنتِج على التعامل مع تدفقات المياه المتغيّرة على مدار اليوم وعلى مدار العام.
- التقييم غير الكافي للاحتياجات المائية ومدى توفرها في الموقع غالبًا ما يؤدي إلى أنظمة طاقة كهروضوئية أقل أو أكبر مما هو مطلوب. يحدث هذا بشكل متكرر في الأسواق التي تعتمد على الدّعم المالي، حيث تكون تصميمات النظام موحّدة والحجم غير قابل للتوسع (للتطوير).

2. تحليل خيارات الإنتاج الزراعي

من المهم تصميم نظام الـ SPIS بحيث يكون قليل التكلفة ومُربحا. الربحية تعتمد على الإيرادات، أو على الدخل الناتج من بيع المحصول. لذلك فإن اختيار المحاصيل للزّراعة يُعتبر أمرا بالغ الأهمية:

- تبدأ محاصيل الاشجار، مثل البرتقال والمانجو، في تحقيق إيرادات فقط بعد 3 إلى 5 سنوات.
- من الصعب زراعة الخضراوات ونقلها، لكنها بشكل عام تجلب ايرادات عالية.
- غالبًا ما تكون المحاصيل الأساسية ذات قيمة منخفضة مثل الذُخن (الجاورس) والذرة الرفيعة (السرغوم) والذرة الصفراء ونادرًا ما تستطيع تبرير الاستثمار في أنظمة الريّ.
- المحاصيل الأخرى أو المحاصيل المستخدمة في التصنيع (الوقود الحيوي) يمكن أن تدر عائدات عالية، اعتمادًا على السوق المحلي.

إن كل محصول له ميزانية مختلفة عن الآخر: من حيث تكاليف الإنتاج مقابل الإيرادات المتوقعة. لذا يتمثل دور استشاري الإرشاد الزراعي في إطلاع المنتِجين على ما هي المحاصيل (أو المزيج منها) التي تحقق أفضل عوائد في منطقة معينة. ثم يقوم المنتج بعد ذلك بوضع تقويم زمني للمحصول للعام بأكمله بحيث يشير إلى أي محصول يجب زراعته ومتى وفي أي منطقة من الحقل. نظرًا لأن سوق المحاصيل ديناميكي و متحرك، فمن المهم أن تظل مواكبًا لتطوّرات الأسعار. ذلك لأن أسعار الخضار يمكن أن تتضاعف بسهولة من 3 إلى 4 أضعاف في غضون الموسم.

هام: تعتمد ربحية المزرعة المروّية بشكل كبير على زراعة المحصول المناسب في الوقت المناسب. إن وجود نظامين متطابقين ل SPIS ، بحيث يزرع أحد المزارعين الذرة والآخر ينمو الطماطم ، سيُظهر عائدات مالية مختلفة للغاية.

يعتمد تعريف المحصول ذو القيمة العالية على السوق. بشكل عام تعتبر الخضروات والفواكه من المحاصيل ذات القيمة العالية. لذا يتطلب الإنتاج السليم للفواكه والخضروات إلى عمالة ماهرة واستراتيجية مناسبة لعملية خصوبة التربة وإدارة مكافحة الآفات. هنا يلعب الاستشاريون الزراعيون دورًا مهمًا في هذا الصدد، و أن يكونوا قادرين على مساعدة المزارعين في الوصول إلى برامج بناء القدرات.

النتيجة (الحصيلة)

- نظرة عامة على ميزانيات المحاصيل و التي توضح تكاليف الإنتاج والإيرادات المتوقعة بناءً على معلومات السوق المحلية.
- نموذج للتقويم الزمني للمحاصيل.

متطلبات البيانات

البيانات المطلوبة لتحليل الإنتاج الزراعي تكون متاحة من السجلات الخاصة بالمزرعة و من مقدّمي الخدمات الخارجية. تشمل البيانات على:

- تجميع لكافة المحاصيل بناء على نمط المحاصيل في المزرعة؛
- مستوى الانتاج وسعر المحاصيل في السوق؛
- تكاليف الإنتاج (البذور، السماد، حماية النبات، الجرّ، النقل، العمالة، الخدمات).

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون / أسر المزارعين؛
- خدمات الإرشاد الزراعي.
- مقدّمو التكنولوجيا والخدمات.

موضوعات هامة

- يجب أن يكون وكيل الإرشاد الزراعي قادرًا على مساعدة المنتجين في وضع تقويم سنوي للمحاصيل و مع وجود المزيج الأمثل من زراعة المحاصيل.
- اعتمادًا على توافر المياه (كمية المياه المتاحة)، يجب أن يهدِف المنتجون إلى الزراعة على مدار العام وذلك لتبرير الاستثمار في البنية التحتية للريّ.
- قدرة المنتج على زراعة محاصيل ذات القيمة العالية تعتبر أمرًا بالغ الأهمية.

3. تحديد احتياجات المياه وتوافرها

احتياجات المياه: تعتمد كمية المياه التي يحتاجها النّبات على المناخ والمحصول وكذلك على الإدارة والظروف البيئية. يتم التعبير عنها على أنها الاحتياج المائي للمحاصيل (Crop Water Requirement (CWR)) انظر وحدة كن على اطلاع - مبادئ الريّ .

يعد حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل مهمّة معقدة ولكن بمساعدة أدوات برمجية مفيدة، مثل برنامج الـ CROPWAT ، يستطيع عمّال الإرشاد الزراعي ذوو الخبرة تقديم المشورة للمنتجين الأفراد. برنامج الـ CROPWAT متوفّر لدى منظمة الأغذية والزراعة (FAO) بعد التسجيل وهو مجاني (انظر الرابط في نهاية هذه الوحدة) .

إن المكاتب الزراعية وخدمات الإرشاد عادة ما تكون في وضع يمكنها من توفير بيانات عن CWR للمحاصيل الأكثر شيوعًا في منطقة ما، وذلك بناءً على الظروف المناخية المحلية السائدة .

إن مجموع الاحتياج المائي للمحصول الفردي (الواحد) (CWR) لكل نبات في الحقل يحدّد صافي احتياجات الريّ من المياه (Net Irrigation Water Requirements (NIWR)) لفترة زمنية معينة. يحدّد الـ NIWR كمّية المياه التي يحتاجها المحصول لتلبية احتياجاته من المياه في التربة. من ناحية ثانية، لا يتم استخدام الماء أبدًا بكفاءة بنسبة 100٪ حيث قد يكون هناك تسرّبات أو فواقد أخرى في النظام .

تعتمد الكفاءة إلى حدّ كبير على طريقة الريّ (مثل الريّ بالأخدود (الأتلام) أو بالحوض أو الريّ بالتنقيط أو بالرّش). إن إجمالي احتياجات الريّ من المياه (Gross Irrigation Water Requirement (GIWR)) يتم استخدامه للتعبير عن كمّية المياه المطلوبة في نظام الريّ. لذا من المهم طرح كمّية الماء الذي يتم تغذيته إلى منطقة جذر النباتات من التساقطات .

تساعد أداة التصميم - أداة تحديد حجم المضخة في تصميم نظام للريّ يضمن أقل فقدان ممكن لضغط المياه في النظام. بالإضافة إلى ذلك، فالأداة تعتبر بمثابة قائمة مرجعية لتحديد فواقد الضغط، على سبيل المثال بسبب التسربات في النّظام الحالي.

توافر المياه: فيما يتعلق بأمور التخطيط والتصميم لأي نظام ريّ، يجب أن يكون الاعتبار المبدئي دائمًا هو الاحتياجات وتوافر المياه (الحصول على المياه، حقوق المياه وامتياز استخدامها، كمية المياه العذبة من الآبار). بعد ذلك، يتم تصميم النظام بناءً على توافر المياه وأنسب نمط ممكن لحصاد المحصول الزراعي. تحتاج مكوّنات أنظمة سحب المياه والريّ إلى أن تتكيّف (تتناسب) مع بعضها البعض من أجل تحقيق أفضل نتيجة من حيث الجدوى الفنّية والمالية والبيئية.

توافر المياه عامل تصميم حاسم لأي نظام ريّ

Water availability is a crucial design factor for any irrigation system

(المصدر: Lennart Woltering)

النتيجة (الحصيلة)

- توافر المياه؛
- إجمالي الطلب على مياه الري؛
- الجداول الزمنية البديلة للريّ.
- الخصائص الهيدروليكية لنظام الريّ.
- التصميم – أداة تحديد حجم المضخة للتحقق من فواقد الضغط في النظام.

متطلبات البيانات

- التبخّر النتحي المحلي (بيانات ET_o)؛
- بيانات هطول الأمطار والرياح والتشمّس (أشعة الشمس)؛
- تفاصيل عن المحاصيل (مثل قيم التبخّر النتحي للمحصول - ET_c)؛
- خصائص التربة؛
- نوع نظام الريّ وكفاءته؛

- ترخيص استخدام / حقوق المياه، سعة الآبار والخزّان الجوفي في الموقع.

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون؛
- مقدّمو الخدمات في القطاع الزراعي؛
- مقدّمو خدمات الأرصاد الجوية؛
- سلطات المياه؛
- جمعيات مستخدمي المياه.

موضوعات هامة

- برنامج الـ CROPWAT يتضمّن بيانات قياسية عن المحاصيل والتربة ولكنه يحتاج إلى إدخال بيانات محلية للقيام بالتنبؤ بشكل دقيق على مستوى المزرعة؛
- قد يحدث الاستخدام المفرط (الاستنزاف) أو النضوب المتواصل للمياه الجوفية إذا كان سحب المياه الجوفية المستمر قد تجاوز التغذية (إعادة الشحن) الطبيعية للمياه الجوفية (لها تأثير سلبي شديد على البيئة) ، انظر وحدة حماية المياه؛
- التصميم المناسب للمضخّة يأخذ في الاعتبار سعة البئر الخاص بالموقع؛
- يجب التخطيط لأعمال مراقبة ذات فعالية لعملية سحب المياه؛
- سيختلف الطلب على مياه الريّ على مدار العام، و غالبًا ما تكون كمية ذروة الطلب أكثر من ضعف متوسط الطلب.

4. اختيار التركيب لـSPIS

إن نظام الـ SPIS يمكن تصميمه بعدة طرق؛ لكن الاختلافات الرئيسية سوف تكمن في مجموعة من المكوّنات الرئيسية وهي:

- نظام تركيب الطاقة الشمسية (ثابت أو متتّبع)؛
- تركيب محرك المضخة (غاطسة أو سطحية)؛
- دمج الخزّان أم لا؛
- طريقة الريّ - الريّ بالتنقيط أو السطحي.

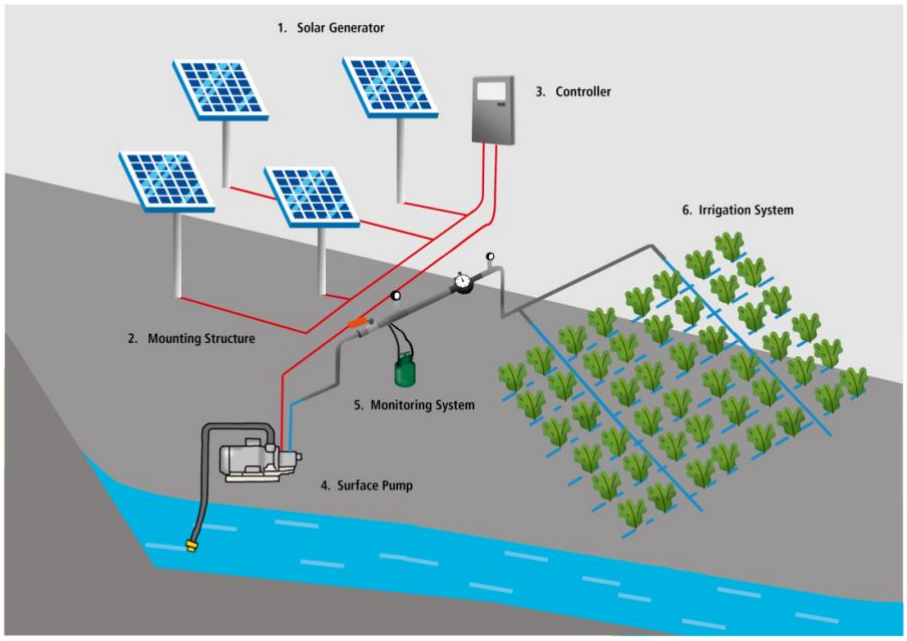
إن النظرة العامة ووصف التكوينات المختلفة للمكوّنات الفردية للنظام يتم تزويدها في وحدة وحدة كن على اطلاع.

من الناحية الفنّية، يمكن دمج أي طريقة ريّ مع مضخة المياه بالطاقة الشمسية. و لكن، تصبح المسألة عن تكلفة النظام. الضغط والتصريف المرتفع يحتاج إلى طاقة أكبر وبالتالي تكاليف مالية أعلى. إن الريّ بالتنقيط ، والذي يعمل بضغوط تشغيل منخفضة نسبيًا وبكفاءة في استخدام المياه، يناسب أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية بشكل أفضل.

ومع ذلك، فإنه يتطلب من المنتج أن يتعلم مهارات جديدة في إدارة الريّ. إن ملاءمة تكوين نظام معين لمزرعة معينة يعتمد على كل من مدى توافر المياه واحتياجات المزرعة المحدّدة من المياه المحددة وإنتاجها الزّراعي ومهارات المنتِج وميزانيته.

ينبغي مراعاة الموارد البشرية والمالية اللازمة للصيانة عند تصميم النظام. كقاعدة عامة، فإن زيادة الاستثمارات في المعدات عالية الجودة ستَفوق تكلفة الوقت والجهد المبذولين في صيانة وإصلاح المعدات ذات الجودة الرديئة.

الشكل 1 يوضّح تكوين لنظام SPIS حيث يوفّر المنتج من تكاليف الخزّان ولكنه يُنفق على أنظمة التتّبع. نظام التتّبع يُتيح تصريف المياه من المضخة بشكل ثابت نسبيا وهو أمر مهم، لأنه لا يوجد خزّان يعمل كمكان مؤقت لتخزين المياه المتوجهة إلى الحقل. كذلك يمكن أيضًا التحكّم في المياه عن طريق الصمامات (المحابس) وعن طريق تقسيم نظام الريّ بالتنقيط إلى أجزاء.



تكوين لـ SPIS مع نظام تتبّع شمسي والمضخّة السطحية و طريقة الريّ بالتنقيط

(المصدر:GFA)

الشكل 2 يوضّح تكوينًا آخر ولكن أكثر شيوعًا حيث يتم ضخّ المياه من الأرض ويتم تخزينها في خزان مرتفع. ثم يمرّ الماء عبر وحدة تحكم الريّ، والتي يمكن تجهيزها بصمّامات (محابس) حجميّة أو بنظام للتّسميد. وبالرغم من ذلك، يُجبر المنتِج على تقسيم الحقل إلى أقسام صغيرة للسماح بالتحكّم بتوزيع المياه بشكل نسبي عبر الحقل. هذا التكوين من الـ SPIS يتطلّب القليل من الصيانة نسبيًا اذا تم إصلاح الألواح والمضخة.

متطلبات البيانات

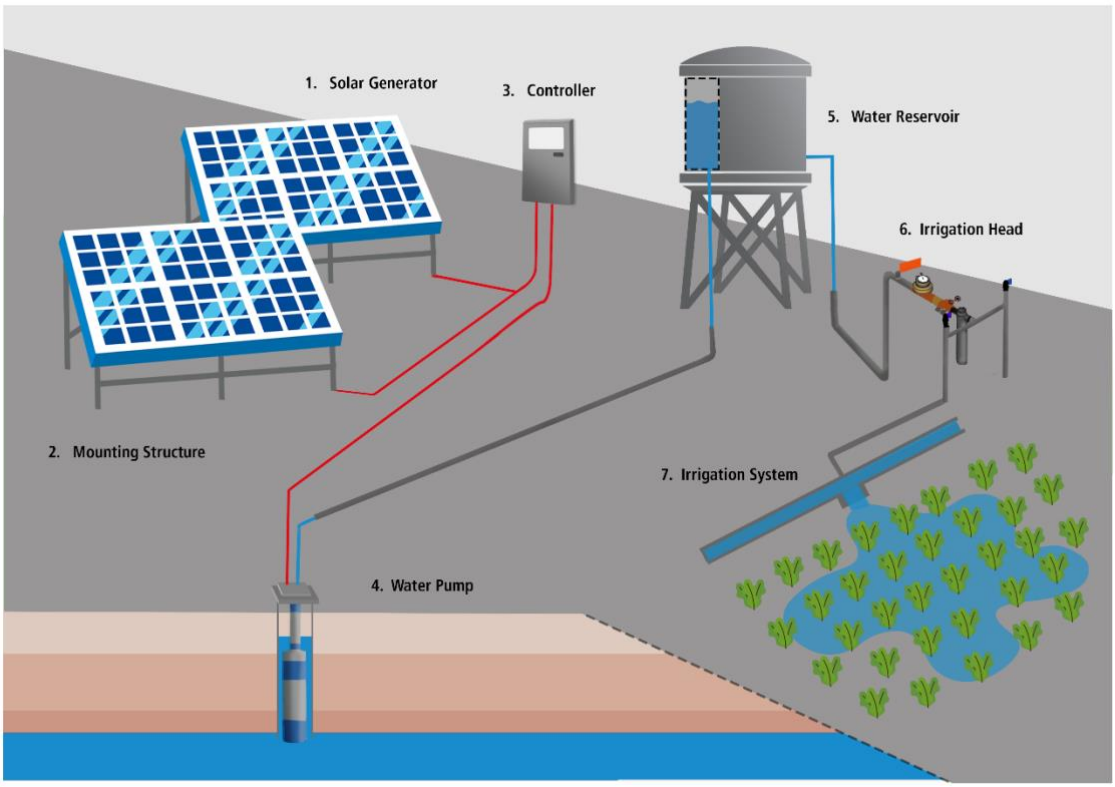
- نتائج جمع البيانات في الموقع.
- نتائج التحليل المالي المقارن.

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون؛
- مقدمو خدمات الإرشاد الزراعي؛
- مقدّمو خدمات التكنولوجيا والمسؤولين عن عملية دمج النظم.

موضوعات هامة

- إن ضخ المياه بالطاقة الكهروضوئية يعمل بشكل أفضل مع أنظمة الريّ بالتنقيط ذات الضغط المنخفض.
- يؤدي الربط المباشر للمضخّة الشمسية بنظام الريّ إلى حمولة هيدروليكية ديناميكية ومتغيّرة، مما يجعل عملية التخطيط أكثر تعقيدًا.
- يمكن تخفيف الحمولة الهيدروليكية المتغيّرة عن طريق (أ) استخدام الصمامات (المحابس) الأوتوماتيكية، (ب) تكيّف الريّ مع حجم حقل (ج) ونظام التتبّع الشمسي.
- إن الجمع بين ضخ المياه بالطاقة الكهروضوئية وطرق الريّ السطحي التقليدية قد يكون غير ذا جدوى من الناحية المالية.



تكوين الـ SPIS مع الألواح الشمسية الثابتة والمضخة الغاطسة والخزان وطريقة الريّ السطحي

(المصدر:GFA)

5. تقدير حجم النظام والتكاليف

إن تحديد الحجم المناسب لمكوّنات نظام الـ SPIS يعتبر أمرًا بالغ الأهمية، ذلك ان نظام SPIS اذا كان ذا سعة غير كافية فإنه لن يُلبي احتياجات المزارعين بينما سيؤدّي النظام المبالغ في أبعاده إلى تكاليف تشغيلية ورأسمالية غير ضرورية. إن الاهمال في السّحب المائي المستدام للمصادر المائية قد يؤدي إلى نقص المياه ونضوب مصادر المياه، مما ينتج عنه آثار سلبية على الميزانية المخصصّة للمزرعة وعلى البيئة. لذلك فمن المهم جدًا أن يكون الاتصال دائما بالمُزارع أثناء مرحلة التخطيط وإبلاغه بمزايا وقيود الـ SPIS.

إن الحجم المطلوب للمولد الكهروضوئي يمكن تقديره باستخدام المعايير التالية:

- الاحتياجات المائية اليومية للمحاصيل V_d [م^3 / يوم]
- إجمالي ارتفاع الضخّ H_T [م]
- المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي العالمي (G) للشهر الذي يتم التصميم [كيلوواط/م^2 اليوم]

- يمكن استخدام معادلة حسابية بسيطة بحيث تأخذ في الاعتبار كفاءات مكونات النظام الفردية وذلك لتقدير الطاقة القصوى المطلوبة لتوليد الطاقة الشمسية
- الطاقة القصوى (واط-الذروة)

$$P_{peak} = 8,0 \frac{H_T \times V_d}{G_d}$$

مثال: تمّ حساب أن المحاصيل في نظام ريّ معين تحتاج إلى 30 متر مكعب في يوم (م^3 / يوم) من المياه وتؤكد الملاحظات الميدانية على أن المياه تحتاج إلى ضخّ حتى ارتفاع 50 مترًا من البئر إلى الخزّان. و من موقع ناسا على الإنترنت يتضّح أن إجمالي الإشعاع العالمي اليومي في موقع المزرعة هو 5 كيلو واط في الساعة / متر مربع في اليوم . لذا وفقًا لهذه المعادلة، يلزم وجود مولّد طاقة كهروضوئية بقوة 2400 (واط-الذروة).

يمكن استخدام التصميم – أداة تحديد حجم المضخة (ورقة العمل المستندة إلى Excel) لتحديد الحجم التقريبي لمولّد الطاقة الشمسية، والذي (أي الحجم) يعمل كدليل (معيار) عند التعامل مع مورّدي تكنولوجيا الـ SPIS.

التكلفة التقريبية للنظام الكهروضوئي الذي تم تخطيطه يمكن حسابه بضرب متوسط تكلفة النظام الخاصة بالبلد [العملة / كيلوواط] وطاقة المولّد الكهروضوئية التي تم حسابها (الطاقة القصوى - P_{peak}).

إن التصميم النهائي للمضخة الكهروضوئية ونظام الريّ يجب تركه للمتخصصين في دمج النظام الذين يستخدمون أدوات برمجية حاسوبية لمحاكاة وتحديد حجم الأنظمة مثل برامج COMPASS و WinCAPS و PVSYST و HydroCALC و GESTAR (انظر للمزيد من القراءة والروابط والأدوات في نهاية الوحدة).

بعد هذا الإجراء، يجب الانتهاء من الخطوات التحليلية الرئيسية لدعم اتخاذ القرار. لذا يجب أن تكون الجوانب الفنّية والزّراعية والمالية لتكوين النظام المحتمل للـ SPIS (والبدائل) متاحة الآن.

النتيجة (الحصيلة)

- الحجم المطلوب للمولّد الكهروضوئي؛
- الاختيار المُسبق لوحدة المحرك/المضخة؛
- خصائص المحرك/المضخة؛
- التصميم التخطيطي لنظام توزيع المياه؛
- المسار اليومي للإشعاع الشمسي وتدفق المياه؛
- تقديرات تكلفة النظام؛
- معايير تكلفة النظام؛
- قائمة مراجعة لمدى الملاءمة / التقييم.

متطلبات البيانات

- الاحتياجات اليومية للمحاصيل من المياه V_d [م^3 / يوم];
- إجمالي مقدار ارتفاع الضخّ H_T [م];
- المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي العالمي (G) للشهر الذي يتم التصميم [كيلوواط/م^2 اليوم];
- التكاليف الخاصة بكل بلد للمضخّة الكهروضوئية [العملة / كيلوواط الطاقة]

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- مقدّمو الخدمات في القطاع الزراعي؛
- متخصصّو عملية دمج النظم.

موضوعات هامة

- وجود برنامج محوسب تجاري كحلّ لدمج تصميم المضخة الكهروضوئية ونظام الريّ غير متوفر حاليًا في السوق.
- يجب أن يكون حجم نظام الـ SPIS في العادةً أكبر وذلك لتلبية طلبات الذروة هذه، ممّا يؤدي إلى استعمال النظام بدرجة منخفضة نسبيًا.

6. تقييّم الجدوي المالية

أصبحت أنظمة الريّ بالطاقة الشمسية بديلاً مُجديًا ماليًا لمضخّات المياه الكهربائية والديزل لريّ المحاصيل الزراعية. يرجع هذا بشكل أساسي إلى حقيقة أن:

- تكاليف الوحدات الكهروضوئية (PV) انخفضت في السنوات الأخيرة؛
- الأنظمة الكهروضوئية أصبحت أكثر موثوقية وذات تكلفة فعّالة ؛
- المعدات الكهروضوئية يسهل الوصول إليها في أجزاء كثيرة من العالم، بما في ذلك توفّر الخبرة في التركيب والصّيانة.

إن أدوات كل من الاستثمار - أداة تحليل المزرعة و الاستثمار - أداة الاسترداد (استرجاع الاستثمار) (من وحدة الاستثمار) قد تم تصميمهما للمساعدة في تحديد الجدوى المالية لنظام الـ SPIS. بينما تسمح الأداة الأولى بتقيّيم ربحية مشروع المزرعة، فإن الأداة الأخيرة تقارن احتماليات الاسترداد لتكنولوجيات الريّ المختلفة .

ملاحظة: إن تقديرات التكلفة اللازمة لهذه الأدوات يجب توفيرها من مزوّدي التكنولوجيا والخدمات.

المؤشرات الرئيسية والبيانات المالية التالية تساعد على تقيّيم الجدوى المالية:

معايّير التقييم	
تحليل التدفق النقدي - cf	... إذا كان المشروع يُدر مالاً كافيًا ليتبقى هناك سيولة؛ اذن يمكن دفع جميع المبالغ نقدًا.
فترة الاسترداد - PP	... كم من الوقت يستغرق استرداد تكلفة الاستثمار؛ عملية حسابية أساسية للغاية.
صافي القيمة الحالية - NPV	... إذا كان المشروع يُدر دخلاً كافٍ (وفائضًا) لتمويل رأس المال المستخدم والفائدة المستحقة عليه.
معدل العائد الداخلي - IRR	... معدّل الرّبح التقديّري و الناتج عن المشروع / الاستثمار على مدى عمره.
التكلفة الإجمالية لدورة الحياة	... الاختلافات في التكاليف بين بدائل المشروع على طول مدى دورة الحياة الكلية لهذه البدائل.

يُعتبر تقيّيم الجدوى المالية لنظام الـ SPIS إجراءً معقدًا والذي يجب مناقشته مع الخبراء الماليين. هذه الوحدة تقدّم فقط نظرة عامة على البيانات الأساسية المطلوبة. لاحظ أن جميع العمليات الحسابية:

- يجب أن تستند إلى الأسعار التي يمكن تحديدها ولكن أيضًا على التقديرات والافتراضات؛
- سيتعين عليها أن تأخذ في الحسبان الوضع الحالي والسيناريوهات المستقبلية؛
- يجب عليها مقارنة خيارات أنظمة الضخّ البديلة (الكهربائية، الديزل).

إن التحليل المالي مَبني على ثلاثة مدخلات رئيسية:

1. **الإيرادات** من
   a. بشكل مباشر: بيع السلع / الخدمات؛
   b. بشكل غير مباشر: المدفوعات التي يتم تجنّبها (مثل استهلاك الغذاء المُنتج أو تكاليف الطاقة).
2. **النفقات الرأسمالية – نفقات الاستثمار (CAPEX)**: وهي استثمارات طويلة الأجل، و لمرّة واحدة، في الأجزاء غير المُستهلكة من المشروع، مثل
   a. تكاليف نظام الضخّ الشمسي، الخزّان، نظام الري؛
   b. . (تكلفة الفرصة البديلة لـ) العمالة للبناء والتجهيز؛
   c. معدّات المعالجة والتخزين.
   d. تكاليف إعادة الاستثمار.
3. **مصاريف التشغيل (OPEX)**: وهي التكاليف المستمرة لأعمال التشغيل و الصيانة (الثابتة والمتغيرة)
   a. البذور والأسمدة ومبيدات الآفات ومدخلات أخرى للإنتاج؛
   b. تكاليف العمل مثل التنظيف والتعبئة ومراقبة الجودة؛
   c. تكاليف الصيانة والنقل والإعلان؛
   d. تكاليف العمالة، بما في ذلك. تكلفة الفرصة البديلة لعمل المنتجين أنفسهم؛

e. قيمة الإهلاك وربما تكاليف الائتمان لتسديد القرض.

النتيجة (الحصيلة)

- توقّعات التدفق النقدي؛
- فترة الاسترداد (PP)؛
- صافي القيمة الحالية (NPV)؛
- معدل العائد الداخلي (IRR)؛
- إجمالي تكاليف دورة الحياة لاستثمار الـ SPIS.

متطلبات البيانات

- العمر الوظيفي للمشروع / نظام الـ SPIS؛
- النفقات الرأسمالية / الاستثمار الرأسمالي الأولّي (أي أسعار المكوّنات التي سيتم تمويلها) للطاقة الشّمسية والخيارات البديلة؛
- إيرادات المبيعات (أسعار السوق)؛
- تكاليف أعمال التشغيل والصيانة؛
- متغيّرات الاقتصاد الكلّي (التضخم، أسعار الفائدة، إلخ)؛
- السياسات الضّريبية (ضرائب دخل الشركات، ديناميكيات ضريبة القيمة المضافة (VAT)، إلخ)؛

إحسب، جهّز:

- تكلفة وحدة المياه؛
- الإيرادات السنوية وتكاليف التشغيل (OPEX) وهامش الربح الإجمالي السنوي للإنتاج (الحالي والمستقبلي + خيارات الطاقة الأخرى)؛
- النفقات الرأسمالية (CAPEX)؛ أي المبلغ الإجمالي/السنوي لتمويل الاستثمار في نظام الـ SPIS (والنظام البديل).

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- مقدّم الخدمة في القطاع الزراعي؛
- مزوّدو الخدمات المالية؛
- الهيئات العامة التي تروّج و تقوم بدعم مبادرات الـ SPIS؛
- المزارعون وجمعيات المنتجين / الجهات المُقرضة المحتملة ؛
- محللو الأسواق / الاستشاريون.

موضوعات هامة

عند مقارنة الأنظمة الكهروضوئية بأنظمة الضخّ التي تعمل بالديزل أو الكهرباء، تنطبق العبارات التالية:

- النفقات الرأسمالية (CAPEX): تعتبر التكاليف الأولية لرأس المال اللازمة لنظام قائم على الديزل أقل من تلك في أنظمة الحلول الكهروضوئية؛ غير أن التكاليف الخاصة باستبدال أنظمة الديزل تحدث أكثر بشكل متكرر.
- التكاليف التشغيلية (OPEX) + التدفق النقدي (Cash flow):
  - أنظمة الديزل والكهرباء لها مصاريف تشغيلية دورية أعلى (تكلفة البنزين + سعر النقل / الطاقة + توصيل الشبكة) من تلك في الكهروضوئية؛
  - تعتبر تكاليف أعمال صيانة النظام الكهروضوئي منخفضة (انظر وحدة الصيانة)؛
  - نظرًا لارتفاع الاستثمار الأولّي للأنظمة الكهروضوئية، فإن هناك مخاطرة تتمثل في ارتفاع التكاليف الدورية للتمويل (كأقساط القروض ودُفعات أسعار الفائدة) مقارنةً بالأنظمة القائمة على الديزل.

تؤثر هذه العوامل على الجدوى المالية للخيارات المختلفة؛ ولهذا، ينبغي وضع و دراسة سيناريوهات مختلفة قبل اتخاذ القرار.

7. الاختيار المسبق للمورّدين المُحتملين

الآن بعد أن أصبح متاحًا التصميم الفنّي مع تقدير التكلفة، حان الوقت لمقارنة عروض الأسعار واختيار المورّد.

الاختيار المسبق للمورّدين: لا يزال سوق الـ SPIS في تطوّر. لذلك، لا تجد المضخات الشّمسية في معظم مجموعة منتجات مزوّدي الخدمات الزراعية التقليدية. بدلاً من ذلك، فإن مصنّعي المضخّات الكهروضوئية غالبًا ما يختاروا الموزّعين المتخصّصين في الطاقة الكهروضوئية و المسؤولين عن دمج الأنظمة لتسويق منتجاتهم. لذا هناك عدة جوانب يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار (اعداد قائمة مختصرة) من المورّدين المحتملين / مسؤولي دمج الأنظمة:

- البحث عن العلامات التجارية الرائدة في مجموعة مزوّد الخدمة؛
- التحقّق من وجود خبرة طويلة الأمد في مجال ضخّ المياه بالطاقة الشمسية؛
- التحقّق من وجود شبكة توزيع إقليمية وإمدادات تعمل بشكل فعّال لقطع الغيار؛
- تحقق ممّا إذا كانت خدمات بعد البيع متوفرة.

إن الحلول الشاملة، تلك التي تشمل المضخة الكهروضوئية ونظام توزيع المياه، نادرًا ما توجد في السوق، على الرغم من أنه من المفيد وجود ترتيب مُندمج للنّظام وذلك لزيادة إجمالي كفاءة النظام وثبات الـ SPIS. لذا يجب تفضيل المورّدين الذين يقدمون خدمات وحلول متكاملة، إذا كانوا قادرين على جعل جميع مكونات النظام متلائمة مع ظروف الموقع واحتياجات المنتِج.

مُتطلبات الجودة والسلامة: من الشروط المُسبقة للتشغيل الآمن واستمرارية نظام الـ SPIS أن تُلبي جميع مكونات النظام الحد الأدنى من معايير الجودة والسلامة. لذلك عند طلب عروض الأسعار وعطاءات المناقصات، يجب أن يُذكر بوضوح أن المنتجات عالية الجودة فقط و التي تُلبي المعايير الدولية (مثل IEC، ISO) هي التي سيتم تقديمها.

الشهادات يجب تزويدها من قبل المسؤول عن دمج النظام لتأكيد جودة النظام. كذلك عرض الأسعار يجب أن يحتوي على بيان الضمان من مزوّد الخدمة لخدمة بعد البيع وتفاصيل الخدمة وتكاليفها.

أيضًا، قيّم ما إذا كان مزوّد الخدمة يحتفظ بأي تمثيل محلي في منطقة المزرعة. سيتيح ذلك الاستجابة بشكل سريع لطلبات الصيانة والإصلاح، بما في ذلك توريد قطع الغيار. الأوقات الطويلة لاستجابة الخدمة يمكن أن تؤدي إلى تلف المحاصيل أثناء أعطال النظام.

بيانات التصميم والتوقيت (المدة الزمنية): يجب إدراج مجموعة كاملة من بيانات التصميم عالية الجودة عند طلب عرض أسعار. يجب التأكد من دقّة بيانات الحجم الخاصة بالموقع (V_d، H_t، G). كذلك يجب تحديد موعد نهائي لتقديم عروض الأسعار/العروض التقديمية من خلال ترك وقت كافٍ للإعداد (على سبيل المثال 4 أسابيع).

النتيجة (الحصيلة)

- طلب الحصول على عرض أسعار.
- إذا كان هناك اجراء مفضل للمناقصة تجاه اتفاق مباشر بين وكيل المبيعات/المشتري: مجموعة من وثائق المناقصة، تشتمل على وصف شامل لاحتياجات النظام؛
- تكلفة النظام وخدمات بعد البيع المُدرجة في عروض الأسعار/العروض التقديمية.

متطلبات البيانات

- نتائج جمع البيانات في الموقع؛
- معلومات عن مجموعة المنتجات؛
- خبرة المورّدين / الموزعين المُحتملين.

موضوعات هامة

- إن التصميم المتكامل للـ SPIS و الذي يشمل على نظام ضخّ وريّ لا يتوفر بشكل عام – لذا يجب أن تكون مكوّنات النظام متناسقة لتقديم أفضل نتيجة.
- توجد اختلافات كبيرة في جودة جميع مكوّنات النظام المتوفرة في السوق.

8. تقيّيم عروض الأسعار وتقييم الجودة

في الموعد المحدّد للتقديم، يتم فتح عروض الأسعار/العروض التقديمية من قبل المورّدين المختلفين ويجب تقييّمها فيما يتعلق بالجوانب الفنية والمالية. لذا يجب مراعاة العوامل التالية:

- لمقارنة وتقيّيم عروض الأسعار/العروض التقديمية المختلفة، يُنصح بإعداد ورقة عمل اكسل (Excel) بحيث يتم إدخال خصائص وأسعار المكوّنات والخدمات الفردية للنظام.
- إن تحديد معايير التقيّيم و القيم الوزنية للجوانب الفنية والمالية يُسّهل من عملية التقييم.

الجوانب التالية تساعد في تقييم جودة مكونات النظام المقدمة في العروض:

فترة الضمان

من المهم تقييم فترة الضمان والتي غالبًا ما تكون محدودة بـ 5 سنوات. المكونات الفردية للنظام، مثل الألواح الشمسية، عادةً ما تأتي مع فترة ضمان المنتَج لمدة 10 سنوات وضمان الأداء الخطّي بما لا يقل عن 80٪ من إنتاج الطاقة بحلول نهاية العام الخامس والعشرين.

مولّد الطاقة الشمسية / جودة الألواح الشمسية

عند تركيبها في ظروف بيئية قاسية، تتّعرض الألواح الشمسية باستمرار لدرجات حرارة عالية وللإشعاع فوق البنفسجي (UV) والغبار والرطوبة والمطر. يضع هذا الكثير من الضغط على مواد الادماج والتوصيلات الكهربائية. لذلك، فقط يجب تقديم منتجات عالية الجودة تفِي بمعايير اللجنة الكهروتقنية الدولية (IEC).

الكابلات (الكبلات)

بالنسبة لأعمال التركيبات الكهربائية للنظام الكهروضوئي، يجب استخدام الأسلاك والكابلات التي تُلبي احتياجات هذا التطبيق. بالنسبة لتوصيلات التيّار المستمر، فإن الكابلات أحادية الأسلاك ذات العزل المزدوج تُعدّ حلاً عمليًا وموثوقًا. يجب أن تكون الكابلات مقاومة للأشعة فوق البنفسجية والطقس ومناسبة لنطاق واسع من درجات حرارة.

صندوق التجميع للمصفوفة الكهروضوئية

صندوق التجميع يجب أن يتم تصنيعه ليكون من مستوى الحماية الثاني وأن يُظهر الفصل الواضح بين الجوانب الموجبة والسالبة في داخل الصندوق. إذا تم تركيبه خارجيًا، فيجب حمايته ليكون على الأقل من مستوى تصنيف IP54 للحماية من دخول المياه و الغبار).

ملاحظة: إن فئة الحماية من EN60529 يتم الإشارة إليها برموز قصيرة تتكون من رمز (كود) ذو حرفين (IP) و رمز (كود) رقمي يحدّد درجة الحماية. الرقم الأول يُمثل حماية محدودة ضد دخول الغبار (بدون رواسب ضارة). أمّا الرقم الثاني فهو يُمثل الحماية ضد الماء المتناثر (المرشوش) من أي اتجاه.

تركيب الهياكل

في معظم أنظمة الريّ بالطاقة الشمسية، يتم تركيب الألواح الكهروضوئية في الحقول المكشوفة، وبالتالي فهي تتطلب هيكل تركيب قوي و متماسك ومقاوم للعوامل الجوية. تتكون أنظمة التركيب ذات الجودة العالية من مقاطع الصُلب المجلفن أو الألومنيوم. عند تركيب الألواح الكهروضوئية والمقاطع، يجب استخدام كل من الأقواس والبراغي والحلقات الزُنبركية والصواميل المُطوّرة خصيصًا لهذا التركيب (وهذا يساهم أيضًا في تقليل مخاطر السرقة، والتي يجب أن تكون جزءًا من معايير التقييّم). لتجنّب التآكل الجلفاني، من المهم اختيار مواد ذات احتمالات تآكل مماثلة أو قطع التوصيل الكهربائي عن طريق عزل المعدنين عن بعضهما البعض.

وحدة تحكم المضخة / العاكس الكهربائي

يجب على وحدات التحكم الحديثة أن تدمج إلكترونيات قدرة (طاقة) ذات كفاءة عالية وأن تستخدم تكنولوجيا تعقّب نقطة الطاقة القصوى (Maximum Power Point Tracking (MPPT)) لزيادة استخدام الطاقة الناتجة من المولّد الكهروضوئي. هناك خصائص إضافية لزيادة موثوقية النظام بحيث تشتمل على الحماية من الجهد الزائد والمنخفض بالإضافة إلى الحماية من القُطبية لعكسية والحمولة الزائدة وارتفاع درجة الحرارة.

محرّك (موتور) المضخة

يجب أن تكون مضخات المياه بالطاقة الشمسية مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ و غير القابل للتآكل. نظرًا لأن محركات التيار المستمر (DC) تتمتع بمستويات كفاءة إجمالية أعلى من محركات التيار المتناوب (AC) ذات الحجم المماثل، فإنها غالبًا ما تكون الخيار الأول لمُصنّعي المضخات الشمسية ذات الجودة العالية. لا تزال بعض المضخات العاملة بالطاقة الشمسية مزوّدة بمحركات DC رخيصة الثمن نسبيًا. العيب الرئيسي للمحركات بالمسفرات (Brushed Motors) هو أن المسفرات (الفرش) تخضع للتآكل والتمزق ويجب استبدالها على فترات منتظمة (كل عامين تقريبًا). لذلك، من مبدأ موثوقية النظام، لا يوصى باستخدام **محركات المسفرات ذات التيار المستمر (DC)** لأنه لا يمكن ضمان الصيانة الدورية في المناطق النائية من البلدان النامية.

نظام توزيع المياه

تعد تكنولوجيا الريّ الموفرة للمياه والتي تعمل بضغوط تشغيل منخفضة نسبيًا هي الخيار المفضّل فيما يتعلق بالمضخات الكهروضوئية. لتقييّم مدى ملاءمة أنظمة التوزيع، من المهم معرفة الخصائص الهيدروليكية. التفاصيل الخاصة بذلك يجب تقديمها من قبل المورّد/ المسؤول عن دمج النظام. إن الأداء في ظل ضغوط التشغيل المنخفضة (على سبيل المثال في الصباح الباكر و أواخر المساء) وانتظام توزيع المياه عبر الحقل يُعتبر أمرًا ذو أهمية خاصة.

بعد الانتهاء من أول تقيّيم فني

- يجب مناقشة النتائج مع خبراء فنيّين آخرين (استشاريين زراعيين، معاهد بحثية، إلخ).
- يجب مقارنة الأسعار المقدّمة من المورّدين مع الخدمات ذات الصلة التي تقدم منتجات مماثلة.
- يجب دعوة مُقدّمي أفضل عروض الأسعار/العروض التقديمية من أجل القيام بعرض تفصيلي بشكل فردي وللتفاوض.

النتيجة (الحصيلة)

- مقارنة منّظمة لعروض الأسعار/العروض التقديمية المُتأهلة؛
- ترتيب عروض الأسعار / العروض التقديمية؛
- دعوة المورّدين/ المسؤولين عن دمج النظام المحتملين للعرض التفصيلي وللتفاوض.

متطلبات البيانات

- عروض الأسعار/ العروض التقديمية بما في ذلك الأجزاء الفنّية والمالية؛
- قائمة بأسعار الوحدة؛
- شهادات الجودة والسلامة؛
- أوراق البيانات الفنية الخاصة بمكوّنات النظام؛
- الخصائص الهيدروليكية لنظام الريّ؛
- معلومات عن الضمانة وخدمات بعد البيع.

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون؛
- مقدّمو الخدمات في القطاع الزراعي؛
- المورّدون / المسؤولون عن دمج النظام.

موضوعات هامة

- الأنظمة ذات الجودة العالية والتي تمثل قيمة جيدة مقابل المال المُنفق يجب دائمًا إعطاءها الأفضلية.
- لا ينبغي أبدًا محاولة خفض التكاليف بالمساومة على جودة النظام أو عن طريق تقليل خدمات الدعم.
- يوصى بإبرام عقود الصيانة بين المنتِج ومزوّد الخدمة ولكنه ليس شائعًا جدًا.
- يُفضّل دمج النظام في شكل عقود بحلول متكاملة، ولكن لا يزال من الصعب جدًا العثور على ذلك.

9. التعاقد مع المورّد

في الخطوة الأخيرة، يجب اختيار أفضل مزوّد للنظام بناءً على اعتبارات الجودة والتكلفة. عند اجتماع المنتج ومقدّم الخدمة في القطاع الزراعي والمرشحين المختارين (بناء على القائمة المختصرة)، ينبغي تناول الموضوعات التالية:

- عرض تفصيلي للعرض المقدّم و الخبرة العملية في الـ SPIS من قبل المزوّد؛
- شرح إجراءات التصميم والأدوات التي سيتم استخدامها (مثل تحديد الحجم باستخدام الكمبيوتر)؛
- شهادات جودة و سلامة المنتج؛
- الضّمانة وخدمات بعد البيع وتوريد قطع الغيار (مثل عقود الصيانة)؛
- المفاوضات النهائية على السعر، إذا لزم الأمر؛
- الجدول التنفيذي.
- تفاصيل العقد وشروط الدّفع.

يجب إبرام العقد فقط بعد توضيح جميع الأسئلة المفتوحة .

في **المفاوضات** مع المورّد، من المهم أن:

- تُحدّد أهدافك؛
- تعيّن مجالات التفاوض؛
- تبحث عن حلول مربحة للطرفين؛
- تقدّم مقترحات واقعية؛
- توضيح أى سوء تفاهمات؛
- قم بعمل ملخص نهائي.

النتيجة (الحصيلة)

- المزوّد صاحب أقصى درجة من الجودة مع أفضل نسبة التكلفة والجودة؛
- عقد التوريد بما في ذلك خدمات بعد البيع.

متطلبات البيانات

- العروض الفنية والمالية / العروض التقديمية؛
- المرشّحين المختارين (بناء على القائمة المختصرة)؛
- مقارنة منظّمة بين العطاءات المتأهلة؛
- توضيح الأسئلة المفتوحة أثناء التفاوض.

الأشخاص / الجهات المعنية (أصحاب المصلحة)

- المنتجون؛
- مقدّمو الخدمات في القطاع الزراعي؛
- المورّدون / المسؤولون عن دمج النظام.

موضوعات هامة

- عروض الأسعار / العروض التقديمية غالبًا ما تختلف (تنحرف) عن المواصفات الفنية؛
- توجد اختلافات كبيرة بين مقدّمي العطاءات من حيث الخدمات والضمانة.
- يجب أن يكون الجدول التنفيذي دقيقا ومتفقا عليه.
- عليك بالتفاوض مع المورّد.

FURTHER READING, LINKS AND TOOLS

Links

Alfredson, T. & Cungu´, A. (2008): Negotiation Theory and Practice. A Review of the Literature. FAO. Retrieved from http://www.fao.org/docs/up/easypol/550/4-5_negotiation_background_paper_179en.pdf

Food and Agriculture Organization: Land & Water. Retrieved from http://www.fao.org/land-water/en/

GRUNDFOS. Retrieved from http://de.grundfos.com/

The Grundfos sizing software is called WebCAPS and can be found at http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS. It works only for the company's borepump products, the SQF range, although the site gives you the option of selecting surface pumps.

Irrigation Association (2017): Irrigation Glossary. Retrieved from http://www.irrigation.org/IAGlossary

LORENTZ: Submersible Solar Pumps. Retrieved from https://www.lorentz.de/products-and-technology/pump-types/submersible-solar-pumps

NASA (2016): Surface meteorology and Solar Energy. With the cooperation of Atmospheric Science Data Centre. Retrieved from http://eosweb.larc.nasa.gov/sse

SPIS tools

DESIGN – Site Data Collection Tool

DESIGN – Pump Sizing Tool

DESIGN – Pump Suitability Check Selection Tool

The following tools that are assigned to other Modules are also relevant:

SAFEGUARD WATER – Water Requirement Tool

IRRIGATE – Soil Tool

INVEST – Payback Tool

INVEST – Farm Analysis Tool

GLOSSARY

طبقة المياه الجوفية (الخزان الجوفي)	Underground geological formation(s), containing usable amounts of groundwater that can supply wells or springs for domestic, industrial, and irrigation uses.
الكيميائيات (التسميد بواسطة مياه الريّ)	The process of applying chemicals (fertilizers, insecticides, herbicides, etc...) to crops or soil through an irrigation system with the water.
فقدان المياه في خطوط النقل ضياع المياه في قنوات الجر	Loss of water from a channel or pipe during transport, including losses due to seepage, leakage, evaporation, and other losses.
معامل المحصول	Ratio of the actual crop evapotranspiration to its potential (or reference) evapotranspiration. It is different for each crop and changes over time with the crop's growth stage.
المتطلبات المائيه للمحاصيل (CWR)	The amount of water needed by a plant. It depends on the climate, the crop as well as management and environmental conditions. It is the same as crop evapotranspiration.
التيار الكهربائي (أمبير- I)	Current is the electrical flow when voltage is present across a conductor, or the rate at which charge is flowing, expressed in amperes [A].
ترشيح عميق	Movement of water downward through the soil profile below the root zone. This water is lost to the plants and eventually ends up in the groundwater. [mm]
التراجع (انخفاض)	Lowering of level of water in a well due to pumping.
الرىّ بالتنقيط	Water is applied to the soil surface at very low flow rates (drops or small streams) through emitters. Also known as trickle or micro-irrigation.
النقاطات (الباعثات)	Small micro-irrigation dispensing device designed to dissipate pressure and discharge a small uniform flow or trickle of water at a constant discharge which does not vary significantly because of minor differences in pressure head. Also called a "dripper" or "trickler".
التبخر	Loss of water as vapor from the surface of the soil or wet leaves. [mm]
التبخر النتحي (ET)	Combined water lost from evaporation and transpiration. The crop ET (ETc) can be estimated by calculating the reference ET for a particular reference crop (ETo for clipped grass) from weather data and multiplying this by a crop coefficient. The ETc, or water lost, equals the CWR, or water needed by plant. [mm]
إجمالي متطلبات مياه الريّ (GIWR)	The Gross Irrigation Water Requirement (GIWR) is used to express the quantity of water that is required in the irrigation system. [mm]
التسميد (الريّ المسمّد)	Application of fertilizers through the irrigation system. A form of chemigation.

الصلاحية المالية (الاسمترارية)	The ability to generate sufficient income to meet operating expenditure, financing needs and, ideally, to allow profit generation. It is usually assessed using the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) approaches together with estimating the sensitivity of the cost and revenue elements (See Module **INVEST**).
فقدان الضغط بالاحتكاك - مفاقيد الاحتكاك	The loss of pressure due to flow of water in pipe. It depends on the pipe size (inside diameter), flow rate, and length of pipe. It is determined by consulting a friction loss chart available in an engineering reference book or from a pipe supplier. [m]
الإشعاع الشمسي العالمي (G)	The energy carried by radiation on a surface over a certain period of time. The global solar radiation is locations specific as it is influenced by clouds, air humidity, climate, elevation and latitude, etc. The global solar radiation on a horizontal surface is measured by a network of meteorological stations all over the world and is expressed in kilowatt hours per square meter [kWh/m²].
التدفق بالجاذبية (السريان بالجاذبية)	The use of gravity to produce pressure and water flow, for example when a storage tank is elevated above the point of use, so that water will flow with no further pumping required.
رئيس (عنوان)	Value of atmospheric pressure at a specific location and condition. [m]:
	Head, total (dynamic) Sum of static, pressure, friction and velocity head that a pump works against while pumping at a specific flow rate. [m];
	Head loss Energy loss in fluid flow. [m]
الارتشاح (التسرب)	The act of water entering the soil profile.
التشمّس	The rate at which solar energy reaches a unit area at the earth measures in Watts per square meter [W/m^2]. Also called solar irradiance.
الاشعاع	The integration or summation of insolation (equals solar irradiance) over a time period expressed in Joules per square meter (J/m2) or watt-hours per square meter [Wh/m^2].
الريّ	Irrigation is the controlled application of water to respond to crop needs.
كفاءة الريّ	Proportion of the irrigation water that is beneficially used to the irrigation water that is applied. [%]
وحدة التحكم بالريّ	Control unit to regulate water quantity, quality and pressure in an irrigation system using different types of valves, pressure regulators, filters and possibly a chemigation system.
الجانبي (عرضي)	Pipe(s) that go from the control valves to the sprinklers or drip emitter tubes.
خط العرض	Latitude specifies the north–south position of a point on the Earth's surface. It is an angle which ranges from 0° at the

	Equator to 90° (North or South) at the poles. Lines of constant latitude, or parallels, run east–west as circles parallel to the equator. Latitude is used together with longitude to specify the precise location of features on the surface of the Earth.
ترشيح (غسيل التربة)	Moving soluble materials down through the soil profile with the water.
نقطة القدرة القصوى (نقطة القدرة العظمى)	An important feature in many control boxes to draw the right amount of current in order to maintain a high voltage and achieve maximum system efficiency.
صافي متطلبات مياه الريّ (NIWR)	The sum of the individual crop water requirements (CWR) for each plant for a given period of time. The NIWR determines how much water should reach the crop to satisfy its demand for water in the soil. [mm]
القوة (القدرة) (P)	Power is the rate at which energy is transferred by an electrical circuit expressed in watts. Power depends on the amount of current and voltage in the system. Power equals current multiplied by voltage (P=I x V). [W]
البناء الضوئي (التركيب الضوئي)	Photosynthesis is a process used by plants and other organisms to convert light energy into chemical energy that can later be released to fuel the organisms' activities (energy transformation).
الضغط	The measurement of force within a system. This is the force that moves water through pipes, sprinklers and emitters. Static pressure is measured when no water is flowing and dynamic pressure is measured when water is flowing. Pressure and flow are affected by each other. [bars, psi, kPa]
الإعداد و التحضير	The process of hand-filling the suction pipe and intake of a surface pump. Priming is generally necessary when a pump must be located above the water source.
المضخة	Converts mechanical energy into hydraulic energy (pressure and/or flow).
	Submersible pump: a motor/pump combination designed to be placed entirely below the water surface.
	Surface pump: pump that is not submersible and placed not higher than about 7 meters above the surface of the water.
منطقة الجذور	The depth or volume of soil from which plants effectively extract water from. [m]
الملوحة (مالحة)	Salinity refers to the amount of salts dissolved in soil water.
كفاءة الألواح الشمسية	Solar panel efficiency is the ratio of light shining on the panel, versus the amount of electricity produced. It is expressed as a percentage. Most systems are around 16% efficient, meaning 16% of the light energy is converted into electricity.
رافعة شافطة (شفط)	Vertical distance from the surface of the water to the pump. This distance is limited by physics to around 7 meters and should be minimized for best results. This applies only to surface pumps.

الريّ السطحي	Irrigation method where the soil surface is used to transport the water via gravity flow from the source to the plants. Common surface irrigation methods are: Furrow irrigation – water is applied to row crops in small ditches or channels between the rows made by tillage implements; Basin irrigation – water is applied to a completely level area surrounded by dikes, and Flood irrigation – water is applied to the soil surface without flow controls, such as furrows or borders.
النتح	Water taken up by the plant's roots and transpired out of the leaves. [mm]
الجهد (U أو V)	Voltage is the electric potential between two points, or the difference in charge between two points, expressed in Volts [V].