

إنارة الشوارع باستخدام الطاقة الشمسية (بلدية الزاوية)

إبراهيم عبدالله البوعيشي
كلية الهندسة - جامعة الزاوية
Email. ae.ibabdullah@zu.edu.ly

عبد الباري إمام أبو القاسم المريمي
كلية هندسة النفط والغاز - جامعة الزاوية
Email. daknone@hotmail.com

ملخص:

تعد إضاءة الشوارع باستخدام الطاقة الشمسية، وسيلة من وسائل الحصول على الإنارة من مصدر مستدام للطاقة. في هذه الورقة تطرقنا الى أهمية المشاريع الحضرية للطاقة المستدامة في بلدية الزاوية من خلال إنارة الطرقات باستخدام الطاقة الشمسية لتوفير جزء من احتياجات البلدية من الطاقة لما له من دور في تحسين جودة حياة السكان، وتوفير مصدر لامركزي لإنارة الشوارع (نظام مستقل عن الشبكة) وضمان إنارة الشوارع وتوفير الطاقة للاستجابة إلى احتياجات أخرى. للوصول الى ما يتم استهلاكه من طاقة كهربائية بواسطة أعمدة الإنارة، تم حصر اعمدة الإنارة الكهربائية داخل المدينة وبذلك تمكنا من حساب الطاقة التي نستطيع توفيرها عند استبدال هذه الأعمدة بأعمدة إنارة شمسية. كذلك تم اختيار الأعمدة المناسبة للطرق داخل المدينة حيث تم تصنيف الطرق إلى ثلاث أصناف وهي طريق فردي وطريق مزدوج داخلي وطريق مزدوج رئيسي، وذلك من أجل تحديد متطلبات الإضاءة لكل منها وبالتالي تحديد ارتفاع العمود والمساحة السطحية للوح الشمسي لكل صنف من الطرق. استخدمت البيانات المناخية وشدة الإشعاع الشمسي لمدينة الزاوية على أساس اليوم الشهري المتوسط Average monthly day ، وحساب عدد ساعات الليل من الغروب حتى الشروق والسطوع على لوح شمسي مائل لكل شهر، قمنا أيضاً باختيار بطاريات التخزين المناسبة لتلبية متطلبات الطاقة بعد غروب الشمس. كما تم حساب الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تجنبها حفاظاً عن البيئة في حال تم اعتماد إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية.

الكلمات المفتاحية: إنارة الشوارع، الطاقة الشمسية، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

المقدمة:

إن اعمدة الإنارة بالطاقة الشمسية هي وسيلة للحصول على الإنارة بدون تكلفة، وحيث أن التكلفة لأعمدة الإنارة بالطاقة الشمسية مساوية تقريباً لتكلفة العمود العادي مع الأخذ في الاعتبار تكلفة عمل شبكة ربط ونظم تحكم بين الأعمدة التقليدية والتي لا نحتاج إليها في الأعمدة التي تعمل بالطاقة الشمسية، بالإضافة إلى أن عمر عمود الطاقة الشمسية أضعاف عمر العمود العادي باستخدام لمبات الليد. استخدام الطاقة الشمسية يتم خصوصاً في المناطق

التي لم يتم ربطها بشبكة كهرباء أو في حالة الانقطاع المتكرر لشبكة الكهرباء العامة نتيجة العجز في الشبكة لتتفوق الطاقة الشمسية فيها على الطاقة الكهربائية من جهة الإنارة بشكل أفضل. أما عن كيفية الحصول على هذه الطاقة لإنارة الشوارع فيمكن التحدث هنا عن الألواح الضوئية التي يتم تركيبها على هيكل الاضاءة والتي من مهمتها أن تقوم بشحن بطاريات قابلة لإعادة الشحن. يشكّل استهلاك قطاع الانارة ما يقارب الـ 15 بالمئة من استهلاك الطاقة مما يعني أنه يساهم بما يقارب الـ 5 بالمئة من انبعاثات الغاز الكربوني الضار للبيئة. من هذا المنطلق وللحفاظ على بيئة سليمة تمّ البحث عن خيارات بديلة فكان الحل الأمثل الخلايا الشمسية والتي أدت إلى نمو ملحوظ في قطاع الإنارة الشمسية.

لاستخدام الطاقة الشمسية في إنارة الشوارع وإشارات السير، فوائد عديدة نذكر منها :

- 1- خفض تكاليف التشغيل اليومي والصيانة.
- 2- لا يؤثر انقطاع التيار الكهربائي على إضاءة الشوارع.
- 3- عدم وجود كابلات تربط بين الأعمدة مما لا يعيق اي اعمال صيانة او حفر خاصه بأي اعمال اخري بالطريق.
- 4- عمر افتراضي طويل لكل مكونات النظام.
- 5- مصدر أفضل للإضاءة تتميز مصابيح LED بالضوء الأبيض الهادئ من غير ارتعاش ويكونها ناصعة أكثر من مصابيح الصوديوم والتي يزيد عمرها عن 50000 ساعة تشغيل.
- 6- المشعات الليد LED لا تنتج الأشعة تحت الحمراء وبالتالي لا تجذب الحشرات.
- 7- صديقة للبيئة نظراً لاعتمادها بنسبة 100% على الطاقة الشمسية، فإن لوحات الطاقة الشمسية ل اعمدة انارة الشوارع تقلل من استهلاك الوقود البترولي وبذلك تقوم بالحد من التلوث وتقلل من انبعاثات غاز CO₂.
- 8- يتم التحكم في التشغيل والغلق من خلال الإحساس الذاتي بضوء النهار أو من خلال الضبط المسبق للتوقيت، بما يجعل النظام يعمل أوتوماتيكيا دون اي تدخل يدوي.
- 9- عدم وجود فواتير كهرباء شهرية.

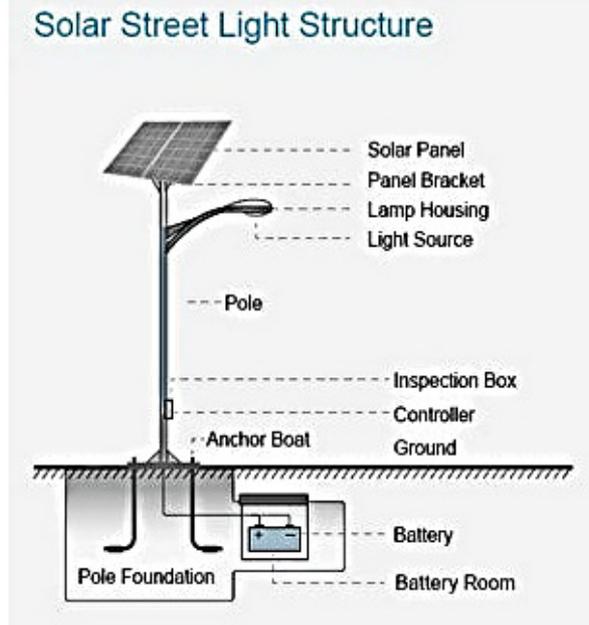
أعمدة الإنارة بالطاقة الشمسية

مما سبق نجد ان أعمدة الإنارة للشوارع بالطاقة الشمسية لها الكثير الذي يميزها عن غيرها من الأعمدة التقليدية ومع سهولة تركيبها ويعتبر كل عمود يعمل كوحدة منفردة لزم علينا توضيح مما يتكون هذا النظام

المكونات الأساسية:

كما هو مبين في الشكل رقم (1) يتكون النظام من:

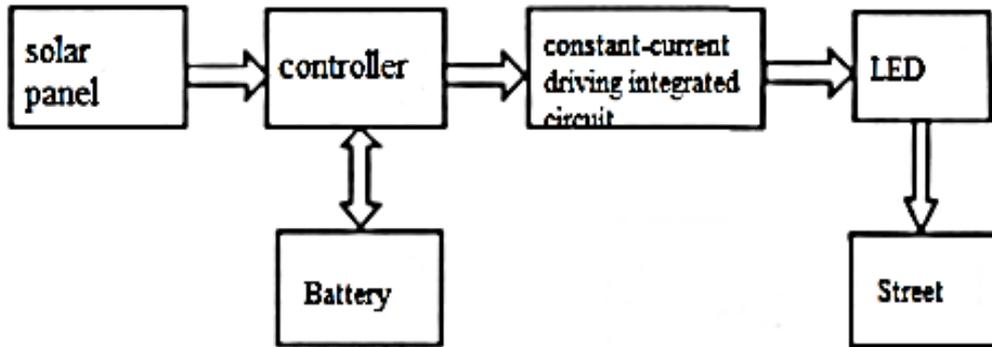
الخلايا الشمسية، المصابيح أو الكشافات، العمود، جزء التحكم (شاحن،تحكم،بطارية)



شكل رقم (1) مكونات عمود الإنارة

مبدأ التشغيل:

وفقاً لمبدأ التأثير الكهروضوئي، فإن الألواح الشمسية تستقبل الإشعاع الشمسي خلال النهار، ثم تقوم بتحويله إلى طاقة كهربائية من خلال الشحن، والتي يتم تخزينها في النهاية في البطارية. توفر البطارية الطاقة لمصباح LED للتشغيل الذي ينبعث منه الضوء المرئي في اتجاه محدد. تفريغ البطارية بعد مرور وقت معين، وسوف تعمل وحدة تحكم التفريغ مرة أخرى لإنهاء تفريغ البطارية من أجل تحضير الشحن التالي أو التفريغ مرة أخرى.



شكل رقم (2) سير عمل النظام

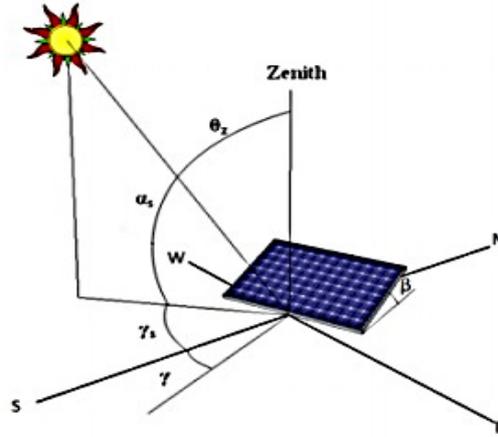
اختيار اللوح الشمسي:

اللوحة الشمسية هي الجزء الأساسي من نظام إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية الذي يحول طاقة الشمس المشعة إلى الطاقة الكهربائية، ثم تنتقل عبر وحدة التحكم حتى يتم تخزينها في البطارية. يتم تركيب الألواح الضوئية أعلى هيكل العمود هناك نوعين من الألواح: أحادية البلورية Mono Crystalline ومتعددة البلورية Poly Crystalline الحقيقة أنه لا يوجد فرق ملموس بين استخدام الـ Mono أو Poly من حيث التوفير في المساحة أو إنتاجية الألواح. إنتاج الطاقة من اللوح الشمسي غير منتظم، وهذا يعني أن إنتاج الطاقة مختلف لأوقات مختلفة لنفس المكان ولنفس اللوح الشمسي. لذلك يجب علينا النظر ليس فقط لكثافة الإشعاع الشمسي المتوسط ولكن أيضاً لساعات السطوع اليومي وقوة مصباح الإضاءة أيضاً أثناء حساب الطاقة المنتجة من اللوح. يمكن حساب قدرة اللوح الشمسي بالمعادلة التالية:

$$\text{قدرة اللوح الشمسي} = \text{قدرة الكشاف} * \text{أقصى ساعات إضاءة} \text{ ا ساعات السطوع الشمسي}$$

وضعية الألواح الشمسية:

زاوية السمت للخلايا الشمسية (γ) هي زاوية الاتجاه الجنوبي والمستوى العمودي للوح الشمسي، بشكل عام تكون كفاءة الخلية الشمسية أعلى عندما تواجه الجنوب. زاوية الانحدار (β) هي الزاوية بين سطح الخلية الشمسية والمستوى الأفقي والتي هي أفضل زاوية التي يمكن أن تجعل اللوح الشمسي ينتج الحد الأقصى لتوليد الطاقة سنوياً. زاوية الانحدار المثلى مرتبطة بخط العرض المحلي ومع زيادة خط العرض ستزداد زاوية الانحدار تشير بعض الدراسات [2-3] إلى أن زاوية الميل المثلى هي خط العرض ± 15 درجة في أشهر الصيف عادة ما تكون زاوية الميل المثلى أقل بمقدار 15 درجة عن خط العرض بينما في أشهر الشتاء أكثر بمقدار 15 درجة من خط العرض في مدينة الزاوية زاوية الميل المثلى هي (32.75 + 15). ومع ذلك، يجب أن نأخذ في الاعتبار أيضاً بعض الشروط المقيدة في نفس الوقت، عندما يتم ترتيب أعمدة الإنارة الشمسية يجب أن نوضح إلى أن تأثير الظل سيقلل من قدرة التوليد لذلك خلال ترتيب الأعمدة نحتاج إلى ضبط الارتفاع على الحالة المثلى لنفاذي تكون ظلال على اللوح الشمسي.



شكل رقم (3) زاوية السمات والانحدار للوح الشمسي

وحدة التحكم controller:

تقوم وحدة التحكم بمتابعة البطاريات. لا بد ان تكون وحدة التحكم مبرمجة مناسبة للتحكم بالفتح وضوئيا عند الشروق والغروب او حسب برمجة المستخدم بالوقت وكذلك التحكم في شدة الاضاءة لعدة مراحل بعد الغلق وضوئيا سهولة البرمجة وكذلك الكفاءة العالية للشحن والتفريغ.

البطاريات:

هي أعلى عنصر من مكونات أعمدة الإنارة في النظم التقليدية يتم استخدام بطاريات طاقة شمسية Deep Cycle Battery اما النظم الحديثة للإضاءة الصغيرة والمتوسطة فتعتمد على بطاريات الليثيوم Lithium يتم تركيبها داخل وحدة الإضاءة نفسها يتم تصميم حجم البطارية على اساس سعة تخزينية للطاقة الكهربائية تكفي 10 ساعات على الأقل



شكل رقم (4) أنواع البطاريات المستخدمة لأعمدة الإنارة الشمسية

الوحدات المدمجة Integrated Solar Street Light:

أعمدة الإنارة الشمسية المدمجة هي اخر المعروضات في الأسواق العالمية، وتستخدم للوحدات الصغيرة فقط التصميم هنا متكامل بدون اي كابلات ويمكن ان نوضح خصائصها في النقاط التالية:

- يتم دمج جميع العناصر السابق شرحها في وحدة واحدة تأتي جاهزة من المصنع.

- تضم الوحدة بطارية ليثيوم يصل عمرها الافتراضي الي 5 سنوات،بدلا من سنتين فقط عمر افتراضي للبطارية التقليدية.
- سهولة التركيب خلال دقائق دون الحاجة الي اي عمالة مدربة او عمل تصميمات للنظام وتجميع المكونات من مصادر متنوعة.
- يكمن تركيب الوحدة على اي عمود او قطب مثل الحديد أو الخشب أو الخيزران أو البلاستيك.
- كما ان اسعار هذا النظام اقل تكلفة وأكثر كفاءة نتيجة تقليل فاقد الأسلاك والتوصيلات.
- تغيير البطاريات سهل خلال دقائق.
- البطاريات لا تحتاج صيانة، علي عكس البطارية التقليدية التي تحتاج الي صيانة دورية للتوصيلات من الصداء والأملاح.
- نظام وحدات الإنارة المدمجة عملي بالنسبة الي التطبيقات الصغيرة فقط اما التطبيقات الكبيرة فتحتاج الي بطاريات تخزين أكبر من الساعات العملية المتوفرة في بطاريات الليثيوم.
- متوفرة بمقاسات ابتداء من 4 وات لإضاءة الحدائق الصغيرة وحتى 30 وات لإضاءة طرق متوسطة الحجم.



شكل رقم (5) وحدة إنارة شمسية مدمجة

المنهجية:

تكلفة أعمدة الإنارة الشمسية مساويا تقريبا لتكلفة العمود العادي التوفير في تكلفة البنية التحتية للأعمدة من كابلات وحفر وردم، عمر مشعات الليد المستخدمة أضعاف عمر وحدات الإضاءة العادية. المشعات الليد LED لا تنتج الأشعة تحت الحمراء وبالتالي لا تجذب الحشرات، عيوب أعمدة الإنارة الشمسية تعدد عمليات سرقة البطاريات نتيجة ارتفاع ثمنها وسهولة نقلها وفكها، للحفاظ على الكفاءة التشغيلية يجب غسل الخلايا من فترة إلى أخرى،

نحتاج الى دراسة الظلال للتأكد من كفاية اشعة الشمس لكل عمود وبالتالي قد لا يكون مناسب تركيبها في شوارع المدن المكتظة بالأبنية المرتفعة، العمر الافتراضي للبطاريات قليل بالنسبة الي سعرها المرتفع مما يزيد من مصاريف الصيانة على المدى الطويل.

ارشادات وخطوات تصميم أعمدة الإنارة للشوارع:

هناك برامج هندسية متطورة للقيام بعملية تصميم انارة الشوارع ويعتمد التصميم علي نوع الطريق، سرعة السيارات وشدة الإضاءة المطلوبة. يمكن اتباع الخطوات البسيطة التالية عند تصميم أنارة الشوارع من حيث ارتفاع وتوزيع اعمدة الإنارة الشمسية فيتم استخدام الجدول الاتي:

عرض الطريق (م)	ارتفاع العمود (م)	وضعية العمود
أقل من 6 متر	3	جانب واحد من الطريق
من 6 - 12 متر	6.5	جانب واحد من الطريق
من 13 - 24 متر	9	على جانبي الطريق
من 25 - 48 متر	10.5	على جانبي الطريق

جدول رقم (1) ارتفاعات الأعمدة حسب نوع الطريق

تحديد أقصى قدرة لكشافات الليد:

قدرات كشافات الليد المتاحة في الأسواق تصل الي 120 واتولكن في الأماكن البعيدة عن خط الاستواء حيث السطوع الشمسي ضعيف ليس من المنطقي او العملي استخدام هذه الكشافات الكبيرة لان بذلك سنحتاج إلى لوح شمسي يصل إلى 1000 وات وهو أمر غير منطقي وغير عملي ايضاً. لذلك كلما ابتعدنا عن خط الاستواء يتم استخدام وحدات اضاءة اقل قدرة مع وضعها على مسافات متقاربة لتحقيق شدة الإنارة المطلوبة في الطريق. يتم الاستعانة بالمعادلات الاتية لحساب أقصى قدرة للكشاف.

المناطق الواقعة بين خطي عرض 25 و 50

$$\text{اقصى قدرة للكشاف} = 175 - (\text{خط العرض} * 3)$$

اما بالنسبة للمناطق الواقعة فوق خط عرض 50

$$\text{اقصى قدرة للكشاف} = 35 - (\text{خط العرض} * 0.2)$$

حساب قدرة الكشافات المطلوبة لكل طريق:

لحساب قدرة الكشافات المطلوبة يجب معرفة عرض الطريق (W) الذي سوف يقع في دائرة الإضاءة الخاصة بالكشاف، فمثلا عرض الطريق 40 متر ويوجد به اعمدة في جانبي الطريق يكون هنا عرض الطريق الذي يقع

تحت مجال إضاءة الكشاف 20 متر فقط وليس 40. يتم حساب ادني إضاءة مسموح بها طبقا لنوع الطريق وتسمى هذه القيمة (LUX)

الطرق الرئيسية التي قد تصل فيها سرعات السيارات الي أكثر من 50 كم/ساعة (LUX = 10)

الطرق المزدوجة التي لا تزيد فيها سرعة السيارات عن 50 كم/ساعة (LUX = 6)

الطرق الداخلية والفرعية التي لا تزيد فيها سرعة السيارات عن 30 كم/ساعة (LUX = 4)

تقاس قوة الإضاءة باللومين Lumens

يتم حساب قدرة وحدة الإضاءة المطلوبة باللومين Lumens طبقا للمعادلة الآتية:

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9$$

W: عرض الطريق الذي يقع تحت مجال إضاءة الكشاف D: المسافة بين الأعمدة (ارتفاع العمود * 2)

L: قيمة LUX : معامل الاستخدام (قيمة ثابتة = 0.9) mf: معامل الصيانة (قيمة ثابتة = 0.84)

أخيرا يتم حساب قدرة كشافات الليد بالوات.

كشافات الليد تبدأ بكفاءة إضاءة 80 لومن لكل وات وتنتهي بأعلى نوعية وهي 140 لومن للوات متوسط الكفاءة السائد حاليا في الأسواق يعطي 100 لومن إضاءة لكل وات. بعد معرفة قدرة الكشاف وساعات الإضاءة للكشاف نستطيع ان نحسب مساحة اللوح الشمسي المناسب من عدد الخلايا المكونة لهذا اللوح حيث ان الابعاد القياسية للخلاية الشمسية 15 سم × 15 سم وتنتج كل خلية 4.2 وات تقريبا.

الوضع الحالي لأعمدة الإنارة في بلدية الزاوية:

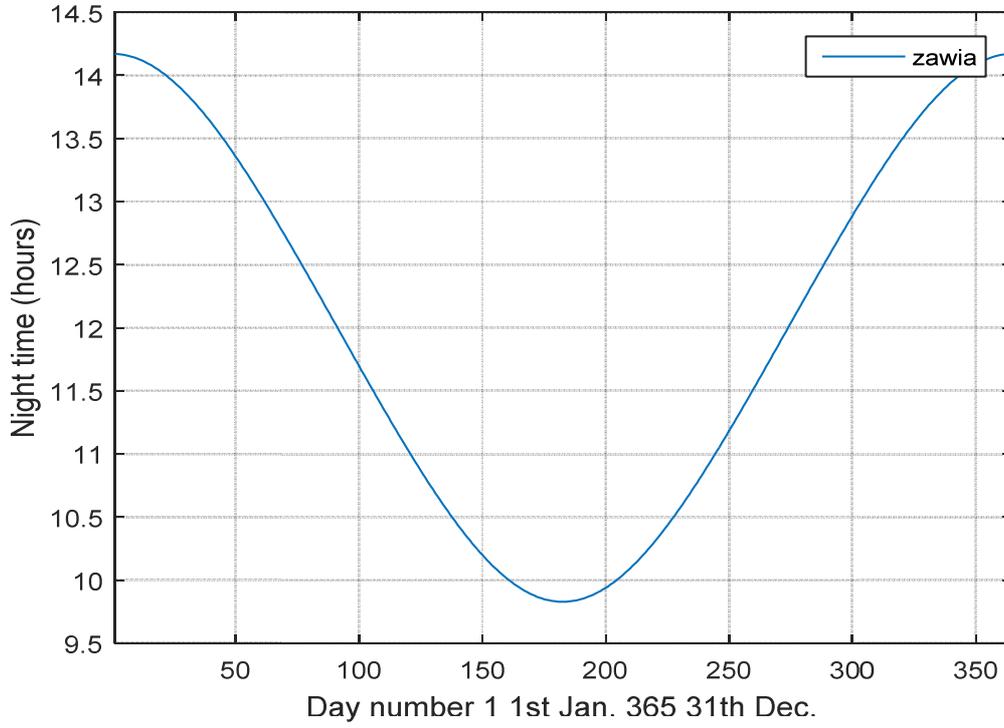
جدول رقم (2) أنواع الطرق في بلدية الزاوية

نوع الطريق	عددها	عدد الاعمدة	طولها بالكيلومتر	القدرة (Kw)
طريق فردي (6-10) م	14	1592	53.5	637
طرق فردي (11-18) م	8	615	22	246
طريق مزدوج (12-20)	8	486 مزدوج	16	298
طريق مزدوج رئيسي < 20 م	1	510 مزدوج	17	408

سيتم إضافة 3% لكل نوع من الطرق في عدد الاعمدة وطول الطريق وبالتالي ينتج لنا إضافة في القدرة المستهلكة.

نوع الطريق	عدد الاعمدة	الطول (km)	القدرة (Kw)
طريق فردي (6-10) م	1640	55	656
طرق فردي (11-18) م	633	22.5	253
طريق مزدوج (12-20)	500	16.5	307
طريق مزدوج رئيسي < 20 م	525	17.5	420

ساعات الليل والسطوع الشمسي لمدينة الزاوية:



جدول رقم (3) المعدل الشهري لساعات السطوع الشمسي وساعات الليل

عدد ساعات الليل	ساعات السطوع الشمسي	الشهر
13.75	4.80	يناير
12.95	5.79	فبراير
12.02	6.12	مارس
11.02	6.13	ابريل
10.15	5.83	مايو
9.7	5.85	يونيو
9.92	6.15	يوليو
10.63	6.42	اغسطس
11.6	6.34	سبتمبر
12.6	5.98	اكتوبر
13.5	4.88	نوفمبر
13.97	4.45	ديسمبر

النوع الأول: طريق فردي (6-10) متر:

كما نوهنا سابقاً طول العمود يكون 6.5 متر المسافة بين الأعمدة D (طول العمود * 2) وبذلك تكون المسافة بين الأعمدة 13 متر وبذلك نحتاج إلى حوالي عدد 4230 عمود.
شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 8 * 10 * 13 / 0.84 * 0.9 = 1376 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف = شدة الإضاءة (lm) \ 100 (lm/w) = 13.76 w .

مساحة اللوح الشمسي الذي يمكن استخدامه لهذا النوع من الكشافات والذي يتم شحن البطارية عن طريقه لتكفي مدة (2-3) أيام دون الحاجة إلى شحنه يمكننا حسابها من قدرة اللوح الشمسي.

قدرة اللوح الشمسي = قدرة الكشاف * أقصى ساعات إضاءة / ساعات السطوع الشمسي.

$$\text{قدرة اللوح الشمسي} = (w) * 15 \text{ (hr)} * 4.45 \text{ (hr)} = 50w .$$

يمكننا الآن حساب مساحة اللوح الشمسي حيث أن كل خلية شمسية يمكنها أن تنتج حوالي 4.2 وات والأبعاد لهذه الخلية 15 سم × 15 سم فأننا نحتاج إلى 12 خلية شمسية لتصميم اللوح المناسب، 12 خلية تحتاج لوح شمسي أبعاده 60 سم × 45 سم ولهذا النوع يمكننا أن نستخدم الوحدات المدمجة للإنارة الشمسية أو أن يكون كل من الكشاف واللوح والبطارية بمفرده كما هو مبين بالشكل رقم (5) يفضل أن يكون كل جزء بمفرده لأن في هذه الحالة ستكون البطارية أكثر كفاءة وأطول عمر من بطاريات الليثيوم.



شكل رقم (5) نوع الإنارة واللوح الشمسي للطرق من (6-10 م)

النوع الثاني: طريق فردي (10-18) متر:

طول العمود يكون 9 متر المسافة بين الأعمدة D (طول العمود * 2) وبذلك تكون المسافة بين الأعمدة 18 متر وبذلك نحتاج إلى حوالي عدد 1250 عمود
شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 18 * 10 * 18 / 0.84 * 0.9 = 4286 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف = شدة الإضاءة (lm) \ 100 (lm/w) = 42.86w

قدرة اللوح الشمسي = (w) * 42.86 (hr) \ 13.97 (hr) * 4.45 = 134.5w

وهذا اللوح يعتبر ذو حجم كبير ولذلك ينبغي ان نوزع الإضاءة على جانبي الطريق ويتطلب ذلك ان:

نضاعف عدد الأعمدة ويصبح 2500 عمود طول كل عمود 9 متر والمسافة بين الأعمدة 18 متر وبذلك يمكننا

حساب شدة الإضاءة المطلوبة من جديد

شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 9 * 10 * 18 / 0.84 * 0.9 = 2143 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف = شدة الإضاءة (lm) \ 100 (lm/w) = 21.43w تقريباً 20 وات

قدرة اللوح الشمسي = (w) * 21.43 (hr) \ 13.97 (hr) * 4.45 = 67.28w

عدد الخلايا الشمسية = 67.28 \ 4.2 = 16 خلية شمسية

16 خلية تحتاج لوح شمسي أبعاده 60 سم 60 سم كما موضح بالشكل رقم (6)



شكل رقم (6) نوع الإنارة واللوح الشمسي لطريق فردي بعرض (11-18 م)

النوع الثالث: طريق مزدوج (12-20) متر:

في هذا النوع من الطرق تكون الحسابات نفس النوع الأول لان أقصى عرض لكل طريق يكون 10 متر ولكن

توزيع الأعمدة يكون في منتصف الطريق وليس على الجانبين وبذلك يمكننا استخدام عمود مزدوج ويمكن ان يكون

بلوح شمسي واحد ويكون عدد الكشافات 2 وبنفس المواصفات

عدد الأعمدة المطلوبة = 16500 \ 13 = 1270 عمود

شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 10 * 10 * 13 / 0.84 * 0.9 = 1720 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف = شدة الإضاءة (lm) \ 100 (lm/w) = 17.2w

مساحة اللوح الشمسي الذي يمكن استخدامه لهذا النوع من الكشافات والذي يتم شحن البطارية عن طريقه تكفي لمدة

(2-3) أيام دون الحاجة إلى شحنة يمكننا حسابها من قدرة اللوح الشمسي

قدرة اللوح الشمسي = قدرة الكشاف * أقصى ساعات إضاءة / ساعات السطوع الشمسي

$$56.5w = (hr) 4.45 \setminus 13.97 (hr) * 18(w) = \text{قدرة اللوح الشمسي}$$

وبذلك يمكن استخدام لوح شمسي قدرته 60 وات حيث سنحتاج إلى عدد 15 خلية شمسية لكل عمود (3 * 5) كما موضح بالشكل رقم (7) وبذلك تكون مساحة اللوح الشمسي الواحد 75 سم × 40 سم يمكن استخدام لوح شمسي 60 سم × 60 سمحسب ما موجود في السوق.



شكل رقم (7) نوع الإنارة واللوح الشمسي لطريق مزدوج عرض (12-20 م)

النوع الرابع: طريق مزدوج رئيسي < 20 م:

هذا النوع من الطرق في بلدية الزاوية لا يوجد الا طريق واحد فقط وهو الطريق الساحلي ويعتبر الطريق الأساسي الذي يربط البلدية بالبلديات الأخرى كما يعتبر حلقة الوصل لجميع المدن بالمنطقة الغربية ولذلك سوف نعمل على إضاءته بحيث ان هذه الإضاءة تستمر إلى قرابة 3 أيام متتالية في حالة غياب الشمس. سيكون عرض الطريق 30 متر ونحسب شدة الإضاءة المطلوبة للطريق.

حسب الجدول رقم (1) ومن عرض الطريق سيكون ارتفاع الاعمدة 10.5 متر وبما ان الطريق مزدوج سيكون عرض الطريق لكل كشاف 15 متر والمسافة بين الاعمدة 21 متر وبذلك يكون عدد الاعمدة = 17500 \ 21 = 834 عمود لكل طريق فردي أي أننا نحتاج إلى 1668 عمود.
شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 15 * 10 * 21 / 0.84 * 0.9 = 4167 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف الواحد = شدة الإضاءة (lm) \ 100 (lm/w) = 41.67w سيتم استخدام كشاف ليد بقدرة 40 وات. مساحة اللوح الشمسي الذي يمكن استخدامه لهذا النوع من الكشافات والذي يتم شحن البطارية عن طريقه تكفي

لمدة (3) أيام دون الحاجة إلى شحنه يمكننا حسابها من قدرة اللوح الشمسي

قدرة اللوح الشمسي = قدرة الكشاف * أقصى ساعات إضاءة / ساعات السطوع الشمسي

$$125.6 w = (hr) 4.45 \setminus (hr) 13.97 * (w) 40 = \text{قدرة اللوح الشمسي}$$

يمكننا استخدام لوح شمسي قدرته 130 وات لكل كشاف وبذلك تكون مساحة اللوح الشمسي عدد الخلايا الشمسية = 130 \ 4.2 = 31 خلية نستخدم لوح شمسي يتكون من 32 خلية



شكل رقم (8) نوع الإنارة واللوح الشمسي لطريق مزدوج عرض < 20م

وبذلك تكون أبعاد اللوح الشمسي 120 سم × 60 سم بما ان الطريق مزدوج وسيتم وضع الكشافات في منتصف الطريق يمكننا ان نستخدم عمود واحد فقط بكشافين ولوح شمسي واحد تكون ابعاده 120 سم × 120 سم كما في الشكل الموضح رقم. حالة خاصة:

شارع جمال عبدالناصر يعتبر من الشوارع الحيوية والكبيرة في البلدية وهو شارع يتميز بعرض كبير حوالي (18) متر ويوجد به العديد من المباني المرتفعة التي تحيل وصول أشعة الشمس للجهة الجنوبية منه وخاصة للفترة من شهر أكتوبر إلى شهر فبراير وبذلك لا نستطيع وضع الأعمدة على جانبي الطريق وبذلك سيتم دراسة وضع الأعمدة على جانب واحد فقط ولذلك ستكون خصائص هذه الأعمدة كالتالي:

طول العمود يكون 10.5 متر المسافة بين الأعمدة D (طول العمود * 2) وبذلك تكون المسافة بين الأعمدة 21 متر

شدة الإضاءة المطلوبة =

$$\text{Lumens} = W * L * D / 0.84 * 0.9 = 18 * 10 * 21 / 0.84 * 0.9 = 5000 \text{ lm}$$

قدرة الكشاف = شدة الإضاءة (lm) \ (lm/w) 100 = 50 w

قدرة اللوح الشمسي = (w) 50 * (hr) 13.97 \ (hr) 4.45 = 157 w

عدد الخلايا الشمسية = 157 \ 4.2 = 37.38 خلية شمسية

إذن نحتاج لوح شمسي يحتوي على 40 خلية تكون أبعاد هذا اللوح 120 سم × 60 سم وتوضع هذه الألواح على الجانب الشمالي من الشارع كما موضح في الشكل



مما سبق يمكننا ان نوضح ما توصلنا إليه في الجدول التالي:

جدول رقم (4) عدد الأعمدة اللازمة للإضاءة بالطاقة الشمسية

نوع الطريق	الطول (km)	عدد الأعمدة	قدرة الكشاف W	قدرة اللوح W
طريق فردي (6-10) م	55	4230	15	50
طرق فردي (11-18) م	22.5	2500	20	67
طريق مزدوج (12-20) م	16.5	1270	18	60
طريق مزدوج رئيسي < 20 م	17.5	1668	40	125

مساهمة المشروع في التخفيف من انبعاث الغازات الملوثة:

يعتبر استخدام الطاقة البديلة عاملاً من العوامل الرئيسية التي تساهم في المحافظة على بيئة نظيفة حيث ان الطاقة الناتجة هي طاقة خضراء صديقة للبيئة وهي تساهم في التخفيف من انبعاث الغازات الملوثة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون بالإضافة الى الغازات الأخرى. بعد حساب الطاقة المستهلكة من أعمدة الشوارع التقليدية والتي كانت 1636 كيلوات نستطيع ان نحسب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استخدام الكهرباء من هذه الأعمدة.

أولاً نقوم بحساب الطاقة المستهلكة من الأعمدة بالكيلو وات ساعة

المتوسط الساعي اليومي لأعمدة الإنارة = 11.82 ساعة

استهلاك الطاقة في اليوم = 1636 * 11.82 = 19333.43 كيلو وات ساعة

الاستهلاك السنوي لأعمدة الإنارة = 19333.43 * 365 = 7056702 كيلو وات ساعة

هذا الاستهلاك من الطاقة الكهربائية يكفي حوالي 470 منزل على أساس ان الاستهلاك الشهري للمنزل 1500 كيلو وات ساعة.

لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كل كيلو وات ساعة ينتج عنه 0.24 كيلو جرام من ثاني أكسيد الكربون [4] في حالة استخدام الغاز الطبيعي في محطات انتاج الكهرباء وهو يعتبر أقل الوقود الأحفوري انبعاثات، نحن نعلم

ان محطات توليد الطاقة الكهربائية لا تزيد كفاءتها عن 40 % وبذلك تكون كمية ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تجنبها = $7056702 * 0.24 \setminus 0.4 = 4234.0212$ طن سنوياً.

الخلاصة:

بعد هذه الدراسة يمكن أن نصل إلى نتائج مهمة نستخلصها في النقاط الآتية:

- 1- الاستفادة من الطاقة الشمسية في إنارة الشوارع ليلاً، وتخفيف العبء على الشبكة العامة.
- 2- استخدام البطاريات من نوع Deep Cycle Battery رغم ارتفاع تكلفتها أفضل من بطاريات الليثيوم وذلك لطول عمرها وكفاءتها التخزينية للطاقة.
- 3- تصنيف الطرق من حيث العرض والطول مهم عند حساب شدة الإضاءة المطلوبة.
- 4- حساب مساحة اللوح الشمسي ومن ثم معرفة قدرته يعتبر من أهم الركائز في مشاريع إنارة الشوارع.
- 5- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تجنبها حوالي 4234 طن سنوياً
- 6- التوفير في الطاقة الكهربائية باستخدام أعمدة الإنارة بالطاقة الشمسية ببلدية الزاوية يكفي قرابة 400 منزل على أساس ان الاستهلاك الشهري للمنزل 1500 كيلو وات ساعة.

التوصيات:

هذه الورقة يمكن أن تكون بالتأكيد لمزيد من الأعمال، هذه الدراسة التي أجريت عل إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية في بلدية الزاوية والتي يمكن ان نوصي:

- 1- اهتمام الحكومة المحلية بالطاقات المتجددة ووضع خطة للاعتماد عليها في العديد من المجالات.
- 2- إجراء دراسات أخرى مثل السخانات الشمسية للمنازل والمؤسسات العامة لتخفيف العبء على الشبكة العامة.
- 3- حساب الكلفة الاقتصادية لهذا المشروع وتقسيم تنفيذه على عدة مراحل.

المراجع:

- 1- Pan Shiquan "Application Research in the Solar Street Lamp Management Based on the LED Light-emitting Diodes" Bulletin of Science and Technology, Vol.28 No.4 Apr.2012.
- 2- Mahmoud M, Nabhan I. Determination of optimum tilt angle of single and multi-rows of photovoltaic arrays for selected sites in Jordan. Solar & Wind Technology 1990 ;7:739-745.

- 3- Yorukoglu M, Celik AN. A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration. Energy Conversion and Management 2006 ;47:2441-2450.
- 4- The Engineering tools Combustion of Fuels, "Environmental emission of carbon dioxide CO₂ when combustion fuels.
- 5- General Electric Company- Zawia municipality.