



الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة المعمارية

قسم التصميم المعماري

الدراسات العليا

## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في قسم التصميم المعماري  
كلية الهندسة المعمارية

إعداد :

المهندسة يارا سمير فرح

بإشراف:

الدكتور المهندس معتز عبارة

الأستاذ المساعد في قسم التصميم المعماري

كلية الهندسة المعمارية – جامعة البعث

2021م-1442هـ

## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في

### سورية

#### ملخص البحث:

أثرت مظاهر التكنولوجيا في العمارة المعاصرة وخاصةً ما يتعلق بأنظمة التحكم البيئي، والمنظومات الكهروضوئية هي أحد أنظمة التحكم البيئي التي تقع ضمن مجموعة المفاهيم المتعلقة بتكامل المبنى مع البيئة نظراً لاستخدامها مصادر الطاقة المتجددة الصديقة للبيئة .

ويتضمن البحث التعرف على أساليب التكامل المعماري مع الخلايا الكهروضوئية وكيفية الاستفادة منها في تعزيز الجمال في الشكل المعماري النهائي، ودراسة مواقع تركيب الخلايا الكهروضوئية بحسب أنواعها في الشكل المعماري للمباني. و عمل موازنة بين تحقيق الجانب الشكلي لجمال المباني مع توفير الطاقة المطلوبة من الخلايا ودراسة مدى تقبل الناس لفكرة الخلايا الكهروضوئية واستخدامها كحل مساعد لمشكلة الطاقة.

وقد خلص الباحث الى أن نظام الطاقة الكهروضوئية يعد من أفضل الأساليب لحل مشكلة الكهرباء لما يتميز به من نواحي عدة من الناحية الوظيفية حيث توليد الطاقة الكهربائية النظيفة الغير مؤثرة على البيئة ومن الناحية الاقتصادية لأنه برغم ارتفاع سعرها النسبي مقارنة بالأساليب الأخرى لتوفير الطاقة إلا أنها على المدى البعيد تعد أوفر اقتصادياً وفي الختام من الناحية الجمالية تعد أحد الأساليب الجديدة في التشكيل المعماري حيث تؤثر على الشكل العام للمبنى والفراغ الخارجي والداخلي وكذلك من حيث اللون والملمس وتعبّر عن الحداثة والرقى بذلك تصبح الخلايا الكهروضوئية عنصر معماري أساسي في المبنى يحقق أهداف العمارة الأساسية من وظيفة وجمال ومتانة واقتصاد. وللتكامل الناجح يجب أن تكون هذه الخصائص كلها متلازمة مع منهج شامل لتصميم المبنى مع الواجهات والأسقف بالإضافة للكاسرات الكهروضوئية.

الكلمات المفتاحية: "الخلايا الكهروضوئية ، الشكل المعماري، المباني العامة"

## **Photoelectric Cells and Their Applications to the Exterior of Public Buildings in Syria**

### **Research summary:**

The aspects of technology have affected contemporary architecture, especially with regard to environmental control systems, and solar systems are one of the environmental control systems, as they fall within the concepts related to building integration with the environment due to their use of environmentally friendly renewable energy sources. The research aims to identify the methods of architectural integration with photovoltaics and how to benefit from them in enhancing beauty in the form of the final architectural product, and to study the sites of installing photovoltaic cells according to their types in the architectural form of buildings. And working out a balance between achieving the formal aspect of the beauty of the buildings while providing the required energy from the cells. And studying the extent to which people accept the idea of solar cells and use them as an assistant solution to the energy problem. The researcher concluded that the photovoltaic energy system is one of the best methods for solving the electricity problem due to its characteristics in several aspects from the functional point of view, where the generation of clean electrical energy does not affect the environment and economically, because despite the high prices, it is comparatively high. The remote is more economically more economical and in conclusion from the aesthetic point of view it is one of the new methods in the architectural formation as it affects the general shape of the building and the external and internal spaces, as well as in terms of the color of the texture and expresses the modernity and sophistication of the architecture, thus becoming the basic architecture of the building to achieve the photoelectric function. Durability and economy. For a successful integration, all these characteristics must be in tandem with a comprehensive approach to designing the building with facades and roofs, in addition to photovoltaic breakers.

Keywords: "photoelectric cells, architectural form, Public buildings"

## فهرس المحتويات

16.....	مقدمة
16.....	اهمية البحث
16.....	هدف البحث
17.....	منهجية البحث
18.....	<u>الفصل الاول : تصميم الخلايا الكهروضوئية</u>
18.....	1-1 الخلايا الكهروضوئية تاريخياً
20.....	1-1-1 تعريف الخلايا الكهروضوئية
22.....	1-1-2 انواع الخلايا الكهروضوئية
25.....	1-1-3 العوامل المؤثرة على اداء الخلايا
27.....	1-1-4 مزايا الخلايا الكهروضوئية
28.....	1-2 عناصر تصميم الألواح الكهروضوئية
28.....	1-2-1 موضع الخلايا الكهروضوئية
30.....	1-2-2 المواد ونسيج السطح
35.....	1-2-3 لون الخلايا الكهروضوئية
36.....	1-2-4 شكل الوحدات الكهروضوئية
37.....	1-2-5 مساحة الوحدات الكهروضوئية
38.....	1-2-6 نوع التوصيل
39.....	1-2-7 استخدام متعدد الوظائف/منفرد
41.....	1-3 تحسين كفاءة استخدام الطاقة بالمباني
42.....	<u>الفصل الثاني: الشكل المعماري في الأبنية العامة وإمكانية التطبيق فيه:</u>
42.....	1-2 المحددات التشكيلية في الواجهات المعمارية
42.....	1-1-2 التشكيل المعماري
43.....	1-1-1-2 الشكل المعماري
43.....	1-2-2 عناصر التشكيل المعماري
46.....	1-2-3 وسائل التشكيل المعماري
52.....	2-2 الواجهات المعمارية
56.....	2-3 الأبنية العامة



- 2-4 العلاقة المتبادلة بين المبنى العام والبيئة المحيطة ..... 61
- الفصل الثالث: تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل المعماري ..... 62
- 1 تحقيق الخلايا الكهروضوئية لوسائل التشكيل المعماري : ..... 62
- 3-1-1 تحقيق الشكل والفضاء للخلايا الكهروضوئية: ..... 62
- 3-1-2 تحقيق القيمة الضوئية للخلايا الكهروضوئية..... 62
- 3-1-3 تحقيق الملمس والنسيج للخلايا الكهروضوئية: ..... 63
- 3-1-4 تحقيق اللون للخلايا الكهروضوئية: ..... 64
- 3-2 التكامل المعماري للخلايا الكهروضوئية والشكل في المباني العامة ..... 64
- 3-2-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الواجهات ..... 66
- 3-1-2-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الفتحات..... 66
- 3-2-2-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الجدران ..... 69
- 3-2-3-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الاسقف..... 71
- 3-2-4-1 دمج الخلايا الكهروضوئية بالكاسرات الشمسية ..... 76
- 3-3 المستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الكهروضوئية والشكل الخارجي المعماري ..... 77
- 3-3-1 إضافة المنظومات الكهروضوئية على مستوى غير مرئي : ..... 77
- 3-3-2 إضافة على مستوى تصميم المبنى : ..... 77
- 3-3-3 إضافة على مستوى التعبير المعماري: ..... 77
- 3-3-4 إضافة على مستوى الصورة المعمارية: ..... 77
- 3-3-5 إضافة على مستوى الفكرة التصميمية: ..... 77
- الخلاصة:..... 78
- الفصل الرابع: الدراسة التحليلية..... 81
- 4-1 المباني المستخدمة للخلايا الكهروضوئية بشكل كلي (فتحات - جدران - أسقف - كاسرات)..... 82
- 4-1-1 مبنى City Hall في الولايات المتحدة الأمريكية: ..... 82
- 4-1-2 مبنى المكتبة الرئيسية في جامعة Leicester في انكلترا:..... 90
- 4-1-3 مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا:..... 94
- 4-1-4 مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي..... 99
- 4-2 المباني المستخدمة للخلايا الكهروضوئية بشكل شبه كلي (فتحات - جدران - أسقف)..... 107
- 4-2-1 مبنى Edge في هولندا ..... 107

- 115..... Cedar Rapids Public Library مبنى 2-2-4 في الولايات المتحدة الامريكية.
- 122 ..... The Museum of Science & Technology in Malmö مبنى 3-2-4 في السويد.
- 126..... مبنى منظمة الصحة العالمية في عمان. 4-2-4
- 133..... 3-4 المباني المستخدمة للخلايا الكهروضوئية بشكل جزئي (فتحات - جدران )
- 133..... 1-3-4 مبنى مجمع Xicui الترفيهي في الصين :
- 140..... 2-3-4 مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا:
- 145..... 3-3-4 مبنى Arts Centre في الولايات المتحدة الامريكية :
- 150..... 4-3-4 مركز قطر الوطني للمؤتمرات:
- 166..... نتائج الدراسة التحليلية :
- 168.... الاعتبارات الواجب توفرها في المباني العامة للتكامل بين الخلايا الكهروضوئية والشكل المعماري.
- 173..... الفصل الخامس: الدراسة التطبيقية.
- 174..... 1-5 وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق
- 182..... 2-5 مبنى مديرية السياحة بحلب
- 190..... النتائج العامة
- 192..... التوصيات
- 193..... المراجع

## فهرس الاشكال والصور

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
(1-1)	التزايد المستمر لاستخدام الخلايا الكهروضوئية ( 1GW = 1 billion watts )	19
(2-1)	انخفاض تكاليف انتاج الخلايا من عام 1978 حتى الان	20
(3-1)	تجميع الخلايا الشمسية ضمن اطار لتشكل لوحاً شمسياً قابلاً للدمج مع غلاف المبنى	21
(4-1)	مراحل تصنيع الخلايا الكهروضوئية من المادة الخام (السيلكون) وحتى انتاج الكهرباء	21
(5-1)	كيفية انتاج الخلايا الكهروضوئية للكهرباء	21
(6-1)	طبقات وحدة كهروضوئية قياسية ذات تقنية السليكون البلوري.	21
(7-1)	الجهة الامامية والخلفية للوح الكهروضوئي خلاياه مدمجة بالزجاج	21
(8-1)	الوضع الامثل للخلايا الكهروضوئية وضعها بزاوية ميل في اتجاه الجنوب	26
(9-1)	التأثير السلبي لارتفاع درجة الحرارة على أداء الخلايا الكهروضوئية	26
(10-1)	التغير في إنتاج الطاقة من الخلايا الكهروضوئية بسبب التهوية الخلفية لموحدات	26
(11-1)	تغير كفاءة الخلية حسب درجة الحرارة الخلية، و كفاءة اللوح الكهروضوئي	26
(12-1)	وضع الخلايا الكهروضوئية في سقف مسرح هيفي الكبير ، هيفي، مقاطعة انهوى، الصين.	28
(13-1)	اختلاف نسيج السطح باختلاف ترتيب الخلايا ضمن الوحدة الكهروضوئية	30
(14-1)	ترتيب الخلايا الكهروضوئية بشكل عشوائي ضمن الوحدة.	30
(15-1)	إمكانية ترتيب الخلايا بشكل متموج ضمن الحدة.	30
(16-1)	زجاج Structured Glass	31
(17-1)	خلايا سليكونية متعددة البلورة بنسج سطح مختلفة.	31
(18-1)	وحدات كهروضوئية شفافة مع خلايا سليكونية متعددة البلورة شفافة.	32
(19-1)	النسيج المختلف للوحدات الكهروضوئية الزجاجية ذات تقنية الأغشية الرقيقة.	32
(20-1)	تأثير كفاءة الخلايا الكهروضوئية ذات تقنية الأغشية الرقيقة بدرجة الشفافية	32
(21-1)	أثر المسافة بين الخلايا الكهروضوئية ضمن الوحدة الكهروضوئية على الطاقة المولدة.	33
(22-1)	خيارات الوحدات الكهروضوئية الشفافة.	33
(23-1)	وحدة كهروضوئية مرنة، في اليسار خلايا أغشية رقيقة على ركيزة من البلاستيك ، وفي اليمين بنفس شكل ومقياس البلاطات.	34
(24-1)	ترتيب الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة بشكل عشوائي ضمن الوحدة كما في مبنى، Hotel-renovation. باريس، فرنسا	34
(25-1)	ترتيب الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة ضمن الوحدة بشكل خطوط أفقية متوازية مع ترك فراغات بينها في مبنى Opera Hous،أوسلو، النرويج.	34

34	ترتيب الخلايا السليكونية الأحادية البلورة بشكل خطوط عمودية متوازية مع ترك مسافات بينها مبنى، Daito University Itabashi Campus، اليابان.	(26-1)
35	خلايا السليكون المتعدد البلورة والخضراء اللون لصالة، Paul-Horn، Tubingen المانيا	(27-1)
35	اثر تغير لون الخلايا على الواجهات	(28-1)
37	مجموعة من أشكال القرميد الكهروضوئي	(29-1)
37	وحدة كهروضوئية مستطيلة الشكل ذات تقنية الأغشية الرقيقة تستخدم كبلات للأسقف	(30-1)
37	تنفيذ الخلايا الكهروضوئية حسب التصميم	(31-1)
38	بلاطات أسقف كهروضوئية ذات خلايا أحادية البلورة للتثبيت على الأسطح المائلة بزاوية من 10° - 75°.	(32-1)
38	سماكة الوحدة الكهروضوئية	(33-1)
39	دمج الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة بهيئة وحدات ذات شكل مثلث متساوي الأضلاع في مبنى Saint Etienne، City of Design، فرنسا	(34-1)
40	الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورة في مبنى مكتبة Fabra Library اسبانيا.	(35-1)
42	تاج محل، أجرة - الهند - أشهر الأضرحة بالعالم	(1-2)
44	الكعبة نقطة جذب ومركز الكون	(2-2)
44	استخدام الخطوط في التشكيل مبنى شركة جونسون للمعماري ميس فان دروه	(3-2)
44	استخدام الخطوط المنحنية مبنى كازا ميلا برشلونة للمعماري انطوني جاودي	(4-2)
44	استخدام الاسطح المستوية مبنى مكتبة برودا-فلوريدا	(5-2)
45	اوبرا سيدني واستخام الاسطح المنحنية	(6-2)
45	النبات في الهرم والصعود الى الاعلى	(7-2)
45	استخدام الاشكال غير المنتظمة متحف جوجنهايم المعماري فرنك جيري	(8-2)
46	التشكيل بشكل غير منتظم للتعبير عن المستقبل مبنى المستقبل - فرنسا	(9-2)
46	التشكيل بشكل منتظم كتجريد لزهرة اللوتس معبد اللوتس -دلهي الهند	(10-2)
47	التشكيل بفضاءات مفتوحة فندق ريجيونج - كوريا الشمالية	(11-2)
47	التشكيل بفضاءات مغلقة استاد الوطني - بكين-الصين	(12-2)
48	التشكيل بفضاءات متوسطة في تشكيل مبنى تلفزيون فوجي طوكيو -اليابان	(13-2)
48	تأثير الضوء الطبيعي على التشكيلات المعمارية في اعمال المعماري نورمان فوستر	(14-2)
49	بنك هونج كونج في ضوء النهار الطبيعي	(15-2)
49	الاضاءة الصناعية لبنك هونج كونج ليلاً	(16-2)
50	التشكيل باستخدام التناقض بين الالوان وتميز وسائل الحركة مبنى الشرفة مدريد اسبانيا	(17-2)
50	تأثير اللون على التشكيلات المعمارية في اعمال المعماري فرانك لويد رايت	(18-2)
51	التشكيل بمادة واحدة متحف جوجنهايم استخدام الخرسانة المعماري "فرانك لويد رايت	(19-2)

51	اكاديمية السادات د.علي رافت التشكيل بلمس متغلب من طوب واخر متناقض من الزجاج العاكس	(20-2)
51	كنيسة وودفيريسست التشكيل بسطح متغلب من الطوب واخر متناقض بياض والثالث مساند من الحجر	(21-2)
53	مبنى اداري واجهة اكااديمية	(22-2)
54	متحف المهندس المعماري Frank Gehry ألمانيا	(23-2)
54	مركز بومبيدو الثقافي -فرنسا- باريس -للمعماريين (46+103) Rogers and Plano	(24-2)
55	مكتبة الاسكندرية -مصر	(25-2)
56	مصرف سوريا المركزي	(26-2)
56	مجلس الوزراء في دمشق	(27-2)
57	مكتبة الاسد الوطنية في دمشق	(28-2)
58	مبنى كلية الطب على اتوستراد المزة وعلى الضفة الاخرى من الاتوستراد مبان سكنية جامعية	(29-2)
62	تحقيق الشكل والفضاء للخلايا الكهروضوئية بتجميع مزيج من الخلايا من مركز على شكل زهرة على السطح حول الكور الداخلي في مبنى شركة بناء في لندن	( 1-3 )
63	تحقيق القيمة الضوئية الطبيعية والصناعية بشفافية الخلايا الكهروضوئية في واجهة مبنى شركة "Solar façade" Schott Iberica في اسبانيا	( 2-3 )
63	تحقيق اللمس والنسيج للخلايا الكهروضوئية من خلال التضاد والتناغم بين نسيج وملمس الخلايا وتشطيب باقي مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا	( 3-3 )
64	استخدام التشكيل من خلال الوان الخلايا الكهروضوئية المختلفة في مبنى مساكن الطاقة الكهروضوئية في المانيا	( 4-3 )
65	التكامل المعماري للخلايا الكهروضوئية في سقف مبنى BMW Welt، ميونخ، المانيا	(5-3)
65	دمج الخلايا الكهروضوئية بهيئة وحدات شفافة في مظلة المركز التجاري الترفيهي Madrid-2 La Vaguada ، مدريد، اسبانيا.	(6-3)
67	استخدام الفتحات الكهروضوئية في مكاتب Tecnalia في San Sebastian ، إسبانيا	(7-3)
67	السطح الشمسي الشفاف يشكل كامل الفتحات	(8-3)
68	تركيب السطح الشمسي أمام الفتحات	(9-3)
68	تركيب السطح الشمسي خلف الفتحات	(10-3)
68	الحركة الميكانيكية للخلايا الكهروضوئية التي تشكل جزءاً من الفتحات	(11-3)
69	الجدار الكهروضوئي في مبنى مركز lillis وتحقيق الاتصال بالبيئة المحيطة في الولايات المتحدة الامريكية	(12-3)
70	تركيب الخلايا الكهروضوئية أمام الجدار	(13-3)

70	تركيب الخلية الكهروضوئية على الجدار	(14-3)
71	تركيب الخلية الكهروضوئية كجزء من الجدار	(15-3)
71	كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على سقف مركز الاطفال "Bhima Sangha" في اسبانيا	(16-3)
72	تركيب الأسطح الشمسية على السقف المستوي الأفقي	(17-3)
72	تركيب الأسطح الشمسية كجزء من السقف المستوي الأفقي	(18-3)
73	السطح الشمسي يشكل كامل السقف المستوي الأفقي	(19-3)
74	تركيب السطح الشمسي أمام السقف المستوي المائل	(20-3)
74	السطح الشمسي يشكل جزءاً من السقف المستوي المائل	(21-3)
74	السطح الشمسي يشكل كامل السقف المستوي المائل	(22-3)
75	مرونة التشكيل المعماري باستخدام الاسقف المنحنية الكهروضوئية بمبنى متحف Kyusyu الوطني في اليابان	(23-3)
75	مرونة التشكيل المعماري باستخدام الاسقف المنحنية الكهروضوئية بمبنى The BP solar Showcase في برمنغهام	(24-3)
76	السطح الشمسي الافقي يشكل كامل الكاسرات الكهروضوئية	(25-3)
76	استخدام الكاسرات الكهروضوئية بزاوية ميل في مركز بحوث جامعة نيويورك	(26-3)
76	استخدام الكاسرات الكهروضوئية بزاوية ميل في مركز ابحاث البيولوجيا في المانيا	(27-3)
82	مبنى City Hall في الولايات المتحدة الأمريكية	(1-4)
82	لقطات خارجية للمبنى	(2-4)
84	مقطع يوضح كيفية عمل الخلايا في المبنى	(3-4)
84	بعض الصور التوضيحية لكيفية دخول الشمس الى المبنى وتركيب الخلايا على الواجهات	(4-4)
84	بعض اللقطات الداخلية للمبنى مع توضيح دخول ضوء النهار الى المبنى	(5-4)
85	بعض اللقطات للموقع العام	(6-4)
86	المساقط الافقية للمبنى	(7-4)
87	الواجهات الاربعة للمبنى وكيفية توضع الخلايا الكهروضوئية عليهم	(8-4)
90	مبنى المكتبة الرئيسية في جامعة ليستر في انكلترا	(9-4)
91	يوضح تركيب الخلايا الكهروضوئية على الكاسرات	(10-4)
91	بعض اللقطات الداخلية للمبنى	(11-4)
94	مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا	(12-4)
95	يوضح توضع الخلايا ودمجها في الواجهة والكاسرات من المبنى	(13-4)
96	لقطة داخلية للمبنى كيفية دخول ضوء النهار	(14-4)
96	بعض الصور للواجهات الخارجية للمبنى	(15-4)
99	مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي	(16-4)

101	لقطات لمركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي	(17-4)
106	النسب المئوية للفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل كامل حسب انظمة التقييم العالمية	(18-4)
107	مبنى The Edge في هولندا	(19-4)
109	بعض اللقطات الداخلية للمبنى	(20-4)
110	المساقط الافقية للمبنى	(21-4)
111	مقطع AA للمبنى توضح كيفية توضع الخلايا الكهروضوئية على الواجهة والسقف	(22-4)
111	فكرة توضيحية للمبنى	(23-4)
112	لقطة ليلية للمبنى	(24-4)
115	مبنى Cedar Rapids Public Library في اميركا	(25-4)
116	الواجهة الرئيسية للمبنى	(26-4)
117	لقطات داخلية للاضاءة الداخلية للدرج	(27-4)
117	لقطات داخلية للمبنى	(28-4)
117	لقطة ليلية للمبنى توضح كيفية الاضاءة الليلية للالواح الكهروضوئية على الواجهات الخارجية لانارة الفراغ الخارجي	(29-4)
118	مسقط الطابق الاول	(30-4)
119	مسقط الطابق الثاني	(31-4)
122	مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö في السويد	(32-4)
123	كيفية وضع الالواح الكهروضوئية على سقف المتحف	(33-4)
126	مبنى منظمة الصحة العالمية في عمان	(34-4)
126	كيفية توضع الالواح الكهروضوئية على السقف والكاسرات	(35-4)
132	النسب المئوية للفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل شبه كامل حسب انظمة التقييم العالمية	(36-4)
133	مبنى مجمع Xicui الترفيهي في الصين	(37-4)
133	تكامل الخلايا الكهروضوئية في واجهة مجمع Xicui الترفيهي ونمط الإضاءة ليلاً، بكين، الصين	(38-4)
134	بعض الصور للواجهات الخارجية للمجمع الترفيهي xicui	(39-4)
136	كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على واجهات المبنى	(40-4)
136	نمط توزيع الخلايا ضمن الوحدة	(41-4)
136	مقطع يوضح الية عمل الخلايا في المجمع الترفيهي	(42-4)
137	يوضح كيفية اضاءة المبنى ليلاً واطاءة الاعلانات على الجدار	(43-4)

140	الخلايا الكهروضوئية المدمجة في الواجهة الزجاجية الخارجية في مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا	(44-4)
141	بعض الصور التوضيحية لتركيب الخلايا على واجهة مبنى المكاتب في الجامعة النرويجية	(45-4)
142	بعض الصور التوضيحية لتركيب الخلايا من الداخل وكيفية دخول ضوء النهار	(46-4)
142	يوضح الواجهة قبل تركيب الخلايا وبعدها	(47-4)
142	مقطع يوضح الية تركيب الخلايا	(48-4)
142	يوضح كيفية توضع الخلايا امام الواجهة وامكانية فتحها للتهوية	(49-4)
145	مبنى Arts Centre في الولايات المتحدة الامريكية	(50-4)
146	بعض اللقطات الداخلية للمبنى مع الانتباه الى كيفية حماية الفن من اشعة الشمس	(51-4)
146	بعض اللقطات الخارجية للمبنى وتوضيح كيفية توضع الألواح الكهروضوئية عليها والانتباه الى امكانية فتحها واغلاقها	(52-4)
147	مسقط الافقي للمبنى	(53-4)
147	الواجهة الرئيسية للمبنى	(54-4)
147	الواجهة الجانبية للمبنى	(55-4)
150	مركز قطر الوطني للمؤتمرات	(56-4)
151	واجهة خارجية للمبنى	(57-4)
152	بعض اللقطات الليلية للمبنى	(58-4)
152	بعض اللقطات الداخلية للمبنى	(59-4)
157	النسب المئوية للفئة الثالثة من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل جزئي حسب انظمة التقييم العالمية	(60-4)
165	النسب المئوية للنماذج التحليلية كافة حسب انظمة التقييم العالمية	(61-4)
174	صور وضع راهن لمبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق	(1-5)
175	مسقط الطابق الارضي لمبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق	(2-5)
175	مسقط الطابق الاول والثاني والثالث والرابع والخامس لمبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق	(3-5)
176	السيئات الموجودة على واجهات مبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق	(4-5)
177	دراسة الظلال للكتلة والسقف على مبنى وزارة الاشغال العامة في دمشق	(5-5)
178	تركيب الألواح الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية لمبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان	(6-5)
179	لقطات خارجية مقترحة لتركيب الألواح الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية مبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان	(7-5)
182	منظور الوضع الراهن لمبنى مديرية السياحة بحلب	(8-5)
182	مسقط الطابق الأرضي لمبنى مديرية السياحة بحلب	(9-5)



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

183	مسقط الطابق الأول لمبنى مديرية السياحة بحلب	(10-5)
183	مسقط الطابق الثاني لمبنى مديرية السياحة بحلب	(11-5)
183	مسقط الطابق الثالث لمبنى مديرية السياحة بحلب	(12-5)
184	مسقط الطابق الرابع لمبنى مديرية السياحة بحلب	(13-5)
184	واجهات الوضع الراهن لمبنى مديرية السياحة بحلب	(14-5)
185	دراسة الظلال للكتلة والسقف على مبنى مديرية السياحة بحلب	(15-5)
186	الواجهة الجنوبية المقترحة لمبنى مديرية السياحة بحلب	(16-5)
187	لقطات منظورية مقترحة لمبنى مديرية السياحة بحلب	(17-5)

## فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
(1-1)	يبين انواع الخلايا الكهروضوئية	24
(2-1)	زوايا الميل بالنسبة لخط العرض صيفاً و شتاءً	25
(3-1)	مزايا الخلايا الكهروضوئية	27
(4-1)	الأهداف الرئيسية لتطوير المباني العامة القائمة	41
(1-2)	الخواص الهندسية والسمات المميزة وكذلك المعاني الايجابية لعناصر التشكيل المعماري	45
(2-2)	يوضح العنصر في الواجهة المعمارية ومدلوله الوظيفي	52
(3-2)	يبين استقرار البيئة والمناخ في منطقة (حارة او باردة ) من خلال بعض العناصر في واجهة المبنى	53
(4-2)	يبين رمزية الاشكال الهندسية	55
(1-3)	الشروط الواجب توفرها للتوصل إلى تكامل الخلايا الكهروضوئية مع المبنى العام	80
(1-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى City Hall	89
(2-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى المكتبة الرئيسية جامعة Leicester	93
(3-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى جامعة Edinburgh	98
(4-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مركز تحكم رقمي لكهرباء و مياه دبي	103
(5-4)	المسطرة القياسية للفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل كلي	105
(6-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى "The Edge"	114
(7-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Cedar Rapids Public Library	121
(8-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö	125
(9-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع منظمة الصحة العالمية في عمان	129
(10-4)	المسطرة القياسية للفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل شبه كلي	131
(11-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Xicui الترفيهي في الصين	139
(12-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى الجامعة النرويجية	144
(13-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Arts Centre	149
(14-4)	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مركز قطر الوطني للمؤتمرات	154
(15-4)	المسطرة القياسية للفئة الثالثة من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل جزئي	156
(16-4)	المسطرة القياسية لنماذج الدراسة التحليلية كافة	158

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

181	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان	(1-5)
189	المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى مديرية السياحة بحلب	(2-5)

## مقدمة:

تتميز الوحدات الكهروضوئية اليوم بشكلها الذي يعطي انطباعاً بالهدوء والبساطة التي تتسم بها مؤثرات التكنولوجيا المتطورة إضافة الى أنها تستطيع أن تقدم فكرة المعاصرة والتعايش مع روح العصر من خلال ما تمتلكه من إمكانيات للتفاعل مع العمارة. مع هذا يرى كل من Deo Prasad & Mark " مؤلفاً كتاب (Design with solar power): "إن للألواح الشمسية قدرات على التعبير المعماري لم تظهر جميعها بعد فهي تحتاج من المعماريين نوعاً من الشجاعة أو الجرأة إن صح التعبير لبدأ التعامل معها واكتشاف تأثيرها في الشكل المعماري".<sup>1</sup>

من المهم ألا تعتبر الخلايا الكهروضوئية عنصر تقني تستخدم لغرض إنتاج الكهرباء فقط، بل يجب أن تعتبر عناصر ذو مساهمة هامة في التصميم المعماري .

إن إمكانيات الخلايا الكهروضوئية المدمجة بالمبنى ( BIPV ) أصبحت تتجاوز وظيفتها في تحويل المباني من مباني تقليدية الى مباني لها كفاءة في استهلاك الطاقة وذلك من خلال قدرة المصمم في جعلها متكاملة كعناصر معمارية لها تأثيرها في تصميم المبنى، فالقيمة الجمالية أو القبول الذي يحتاج أن يحققه الشكل هو مسألة في غاية الأهمية، والتقنية اليوم تحاول توفير ما يتطلبه التصميم المعماري من إمكانيات لتحقيق ذلك، إلا أن هذا يعتمد على كيفية استخدام المصمم لهذه التقنيات لتضفي على المبنى الطابع الجمالي الذي قد هيأ المصمم له مسبقاً كصورة ذهنية لما يريد لهيئة المبنى أن تبدو عليه.<sup>1</sup>

## أهمية البحث:

من ميزات الخلايا الكهروضوئية أنه لها أشكال جديدة تنتج عمارة جديدة فمن المهم معرفة كيفية استخدامها بالشكل المناسب والأمثل في الشكل المعماري الخارجي للأبنية العامة في سوريا.

## هدف البحث:

يهدف البحث إلى إيجاد الاعتبارات اللازم توفرها في التشكيلات المعمارية الخارجية للأبنية العامة في سوريا، من خلال دراسة تأثير الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري.

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتائج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)، ص ص 3-4-6-11.

## منهجية البحث :

طريقة استقرائية: لمحة نظرية عن الخلايا الكهروضوئية تاريخياً وتعريفها وأنواعها والعوامل المؤثرة على أدائها ومزايا تركيب الخلايا الكهروضوئية إلى أن نصل لخصائص الألواح الكهروضوئية (موضع الخلايا الكهروضوئية- المواد ونسيج السطح- لون الخلايا الكهروضوئية- شكل الوحدات- مساحة الوحدات- نوع التوصيل- استخدام متعدد الوظائف/ منفرد للخلايا ) و تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني .إلى أن نصل إلى المحددات التشكيلية في الواجهات المعمارية الخارجية والتشكيل المعماري (الشكل المعماري والشكل الهندسي ) عناصر التشكيل المعماري ووسائله إضافة إلى الواجهات المعمارية الخارجية. كما يتضمن الأبنية العامة وأنواعها و الطرق الأساسية للوصول للتصميم الجيد للمباني العامة و المحددات التصميمية لها وصولاً إلى العلاقة المتبادلة بين المبنى العام والبيئة المحيطة. كما يحتوي على تحقيق الخلايا الكهروضوئية لوسائل التشكيل المعماري (تحقيق الشكل والفضاء للخلايا الكهروضوئية - تحقيق القيمة الضوئية للخلايا الكهروضوئية - تحقيق الملمس والنسيج للخلايا الكهروضوئية - تحقيق اللون للخلايا الكهروضوئية) و التكامل المعماري بين الخلايا الكهروضوئية والشكل في المباني العامة من الناحية التصميمية ( تكامل مع الفتحات والجدران والأسقف إضافة إلى الكاسرات الكهروضوئية ) . وصولاً الى الاعتبارات الواجب توفرها في المباني العامة للتكامل بين الخلايا الكهروضوئية والشكل المعماري في سوريا .

طريقة تحليلية: الدراسة التحليلية في البحث تعتمد على دراسة عملية لمباني عامة عالمية وعربية طبقت فيها الخلايا الكهروضوئية على ثلاث نماذج ( كلي - شبه كلي - جزئي ) والدراسة التطبيقية في سوريا تم اختيار مباني عامة (إدارية ) من محافظتين في سوريا وهي: وزارة الأشغال العامة والإسكان في دمشق- مديرية السياحة في حلب، و اقتراح كيفية معالجة المشاكل الموجودة و تطبيق الأسس و الاعتبارات المدروسة..... للتوصل الى مبنى مدروس من الناحية الجمالية والتقنية للخلايا وكيفية تطبيقها على المباني من حيث الشكل لجعلها متطورة نوعاً ما .

## **الفصل الأول: تصميم الخلايا الكهروضوئية:**

### **1-1 الخلايا الكهروضوئية تاريخياً:**

يعود اكتشاف الأثر الكهروضوئي إلى القرن الماضي الميلادي عندما قام العالم (Becquerel) في عام 1839م، بدراسة تأثير الضوء على المعادن والمحاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها ، ثم أدخل العالمان (Adams & Smith) مفهوم الناقلية الكهربائية الضوئية لأول مرة في عام 1877م وتم تركيب أول خلية شمسية من مادة السيلينيوم (Se) من قبل العالم (fritts) في عام 1883م حيث توقع لها أن تساهم في إنتاج الكهرباء مستقبلاً وقد ساعد تطوير النظريات ميكانيكياً (Quantum Mechanics) على تفسير الكثير من الظواهر الفيزيائية وخاصة المرتبطة بالكهرباء الضوئية في فترة الثلاثينيات والاربعينيات من القرن الماضي وذلك عندما تم تفسير ظاهرة الحساسية الضوئية لمواد السيلكون وأكسيد النحاس وكبريت الرصاص وكبريت الثاليوم وقد سجل عالم 1941م تصنيع أول خلية شمسية سيليكونية بكفاءة لا تتجاوز 1% ثم لحق ذلك تصنيع البطارية الشمسية (Solar Battery) في منتصف الخمسينيات بكفاءة بلغت 6%<sup>1</sup>. كما تم في نفس الفترة تركيب أول خلية شمسية من مواد كبريت الكاديوم وكبريت النحاس أطلق عليها فيما بعد الخلية الشمسية ذات الأفلام الرقيقة (Thin –Film Cells) بعد تلك الفترة ازداد تسارع بحوث التطوير في العلوم الفيزيائية والهندسة خاصة ما يرتبط بدراسة التبادلات الكهربائية الضوئية مما ساعد على تطوير الخلايا الكهروضوئية وتقنياتها باتجاه تحسين كفاءتها وخفض تكلفتها.

وعندما بدأ عملياً إدخال منظومات الخلايا الكهروضوئية في المباني، بدأ معها وجود أزمة بين العلماء ومهندسي الطاقة من جهة والمعماريين من جهة أخرى، حيث يطمح الطرف الأول إلى زيادة كفاءة منظومات المباني والاستفادة من أكبر قدر للطاقة، أما المعماريين فكان جل اهتمامهم الشكل الجمالي للمبنى وبالتالي التحرر من أية قيود تعيق إبداعاتهم . وبحلول فترة التسعينات أصبح للخلايا الكهروضوئية قبول أكبر نتيجة لاهتمام مصنعي الخلايا الكهروضوئية بوضع الحلول التقنية المناسبة لمشكلة الشكل حيث ساهمت التقنيات المتعددة في إنتاج خلايا كهروضوئية تتناسب مع المتطلبات الجمالية للمباني وكذلك إمكانية إحلالها محل بعض مواد البناء مما جعلها تنال قبول المعماريين والمستخدمين على حد سواء.<sup>1</sup>

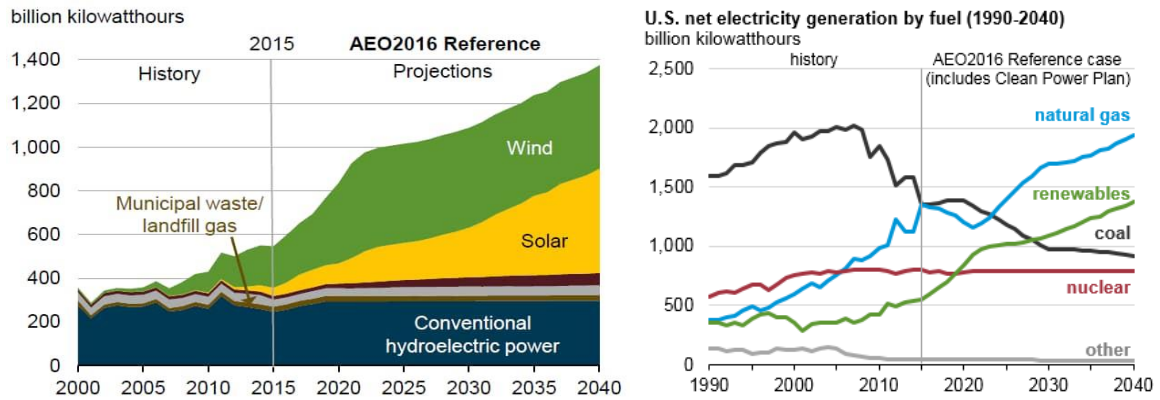
<sup>1</sup> حماد، حازم عبد العظيم، وعيد، محمد عبد السميع، ويوسف، عمرو ممدوح علي 2010. دور النظم الفوتوفولتية في دعم التنمية المستدامة بمصر، مؤتمر التقنية والاستدامة في العمران، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية، ص ص 601 – 608.

فاستعمال الخلايا الكهروضوئية كنظام متكامل مع المباني في تزايد مستمر يوماً بعد يوم نظراً للزيادة المستمرة في إنتاج الخلايا الكهروضوئية من خلال تطوير التكنولوجيا، وخفض التكاليف نتيجة لزيادة الطلب واستنزاف موارد الطاقة والتلوث البيئي<sup>1</sup>.

وتعد الصين حالياً الرائدة عالمياً في مجال الطاقة الكهروضوئية ومن المرجح أن تبقى كذلك في المستقبل ولديها 65 % من القدرة التصنيعية في العالم .

تمر أنظمة الطاقة الكهروضوئية بنقطة تحول كبيرة في انتشارها وزيادة تداولها على مستوى دول العالم المتقدمة والنامية. وذلك بسبب تقارب تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من هذه النظم، بتكاليف إنتاجها من المصادر التقليدية .

تمثل الوحدات الكهروضوئية 40-60% من التكلفة الإجمالية للنظام المستخدم في المباني. ويختلف سعر PV Watt peak اعتماداً على نوع المنتجات من وحدات قياسية إلى وحدات مصنعة حسب الطلب، ومن البلد المنشأ.<sup>2</sup> فسعر الوحدات الكهروضوئية انخفض منذ عام 2008م وحتى عام 2012م بنسبة 80%.



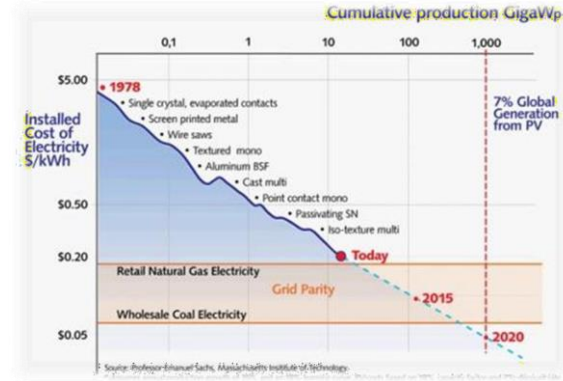
الشكل (1-1): التزايد المستمر لاستخدام الخلايا الكهروضوئية حتى عام 2040. (1 GW = 1 billion watts) المصدر (36):

<https://blog.ucsusa.org/steve-clemmer/renewable-energy-to-surpass-coal-and-nuclear-by-2030-eia-annual-energy-outlook-2016>

<sup>1</sup> عبد الهادي، مروة عاطف 2012. نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، مصر.

<sup>2</sup> حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف، القاهرة، 1984م

بفضل التقدم التكنولوجي والتطور انخفضت تكلفة الطاقة الكهروضوئية بشكل ثابت منذ أن تم بناء أول خلية كهروضوئية تجارية ، مما أدى إلى زيادة الكفاءة ، وجعل متوسط تكلفة توليد الكهرباء منافسة بالفعل مع مصادر الطاقة التقليدية في تزايد من المناطق الجغرافية ، ليصل إلى تكافؤ الشبكة. وتبلغ تكلفة الكهرباء التي يتم إنتاجها في المنشآت الشمسية حالياً ما بين 0.05-0.10 دولار / كيلووات في الساعة في أوروبا والصين والهند وجنوب إفريقيا والولايات المتحدة. في أيار 2016م ، وصل مزاد للطاقة الشمسية في دبي إلى سعر 0.01 دولار / كيلوواط ساعي<sup>1</sup>. و في سوريا صدر مؤخراً لعام 2020 تعرفة شراء الكهرباء من المشاريع الكهروضوئية باستطاعات 10 ميغا واط حيث تبلغ التعرفة (0.07) يورو لكل واط ساعي .



الشكل(1-2): انخفاض تكاليف انتاج الخلايا من عام 1978 حتى 2020

المصدر ( 17 ) : KAZEK, V 2012، Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades.

## 1-1-1 تعريف الخلايا الكهروضوئية:

الكهروضوئية Photovoltaic تتكون من كلمتين (photo) وهي كلمة من جذور يونانية ( phos ) بمعنى الضوء، و (voltaic) الفولت نسبة إلى العالم الفيزيائي الإيطالي اليساندرو فولتا (Volta)، والفولت هو الوحدة المستخدمة لقياس فرق الجهد الكهربائي.<sup>2</sup> لذا فإن الكهروضوئية تعني الكهرباء المولدة من ضوء الشمس والتي تحولها الخلايا إلى تيار كهربائي مستمر.<sup>1</sup>

تتكون الخلية الكهروضوئية من طبقتين أو أكثر من مادة شبه موصلة غالباً من السليكون، والذي عند تعرضه للضوء يولد تياراً كهربائياً في الخلية يمكن استخدامه من خلال وصلات معدنية. كما أن كمية الكهرباء المولدة من خلية واحدة أبعادها (10\*10) سم قليلة (يبلغ 0.5 فولت و 2-1 وات) ، لذلك يتم ربط عدة خلايا مع بعضها البعض تحت طبقة عازلة (غالباً من الزجاج) لتكوين وحدة كهروضوئية. وقد تكون الوحدة مرفقة بإطار من الألمنيوم من أجل توضع حر أو دون إطار لوضعها على الواجهات و

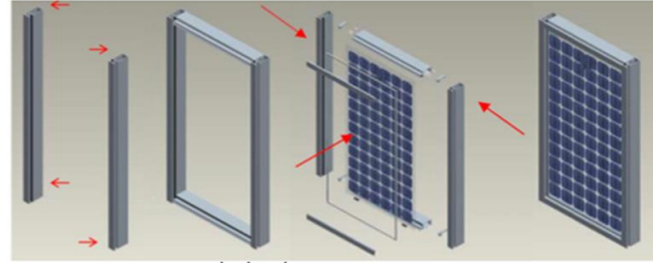
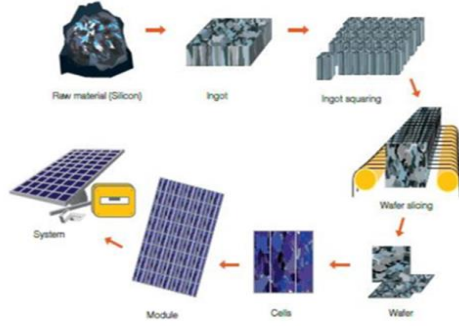
<sup>1</sup> عبد الهادي، مروة عاطف 2012. نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، مصر، ص ص 75-79-84-88-89-97-100-102.

<sup>2</sup> حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف، القاهرة، 1984م صص 20-78-81-85-86-89-95-105-114-115-118-119



## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

السقوف و الجدران ، كما أصبحت قابلة للدمج بعازل حراري وصوتي، وأصبحت تستغل لخلق واجهات ملونة أيضاً. وتقوم هذه الخلايا بإنتاج الكهرباء في المباني بطريقة غير ملوثة للبيئة وغير مزعجة وبدون إشغال حيز داخل المبنى.



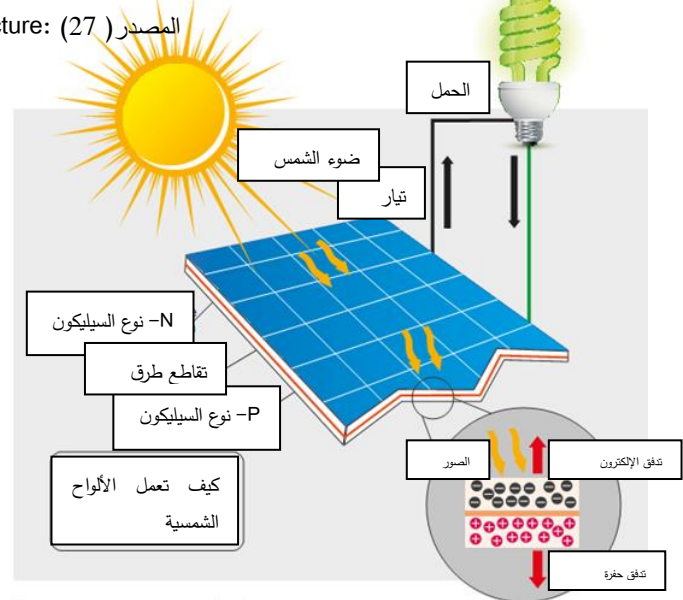
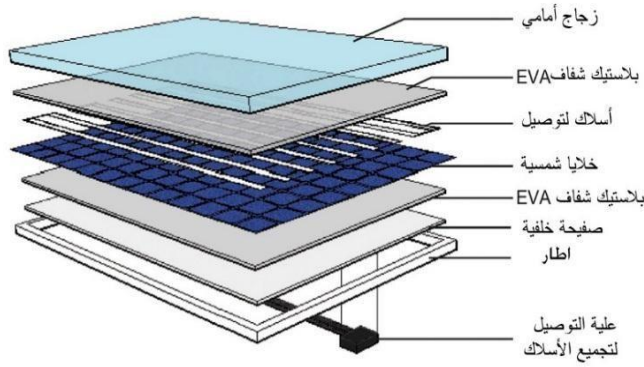
الشكل (1-4) مراحل تصنيع الخلايا الكهروضوئية من

المادة الخام (السيليكون) وحتى انتاج الكهرباء

المصدر (27) Solar Energy System in Architecture:

الشكل (1-3) تجميع الخلايا الشمسية ضمن اطار لتشكل

لوحةً شمسيةً قابلاً للدمج مع غلاف المبنى



الشكل (1-6): طبقات وحدة كهروضوئية

قياسية ذات تقنية السيليكون البلوري.

الشكل (1-5) كيفية انتاج الخلايا الكهروضوئية للكهرباء

المصدر (27) Solar Energy System in Architecture:



الشكل (1-7) الجهة الامامية والخلفية للوح الكهروضوئي خلاياه مدمجة بالزجاج

المصدر (27) Solar Energy System in Architecture:

## **1-1-2 أنواع الخلايا الكهروضوئية:** هناك عدة أنواع مختلفة من الخلايا الكهروضوئية:

1 - خلايا سليكونية غير متبلورة : Amorphous Silicon Cells : تتكون من شرائح طويلة بينها الموصلات الكهربائية ويبلغ مردودها من 5 إلى 9 % وتعدّ تكلفتها منخفضة جداً.

2- خلايا سليكونية أحادية البلورة : Mono-crystalline Silicon : تتعدد ألوانها وأشهرها الأزرق ويغلب عليها اللون الواحد، وتعطي أكبر مردود ويتراوح بين 15-20 % . تكون بلورات السليكون ذات اتجاه واحد، وبنقاوة أعلى، ويعّد هذا النوع من أكثر البنيات البلورية انتظاماً، وهو ذات التكلفة الأعلى، إلا أنه أكثر انتشاراً، وهو ذو لون واحد ويتدرج من الأزرق إلى الأسود وبالإمكان صنع الخلايا بألوان أخرى ولكن بتكلفة أعلى، حيث ستقل كفاءة الخلية فالألوان الأخرى إذا ما تم استخدامها ستعكس جزءاً من طاقة الإشعاع الشمسي التي ستصلها، وبالتالي سيحتاج المصمم إلى عدد أكبر من الخلايا الكهروضوئية . فاللون الذهبي، أو الأرجواني سيكون ذا مظهر مميز إذا ماتم استخدامه إلا أنه سيتسبب بخسارة في المردود تصل إلى 20%.<sup>1</sup>

3- خلايا سليكونية متعددة البلورة : Poly-crystalline Silicon cells : المظهر الخارجي للخلية المفردة معروف بتداخل درجات الألوان فيه يتراوح مردود الخلية الشمسية من 10-16 % .<sup>1</sup> وهي ذات تكلفة منخفضة نسبياً. وتكون بلورات السليكون باتجاهات مختلفة، ولذلك تبدو كقطع منكسرة غير منتظمة، تعطي عدة درجات من اللون الواحد عادة ماتكون بتدرجات مختلفة للون الأزرق، إلا أنها كسابقتها من الممكن أن تتوافر بألوان أخرى، كالرصاصي، ويكون لهذا النوع لمعان خفيف في المظهر الخارجي.

4- خلايا الكاديوم تيلورايد : Telluride (CdTe) Cadmium : يبلغ مردودها حوالي 6-10 % .  
تمتاز بامتصاصية عالية للضوء ومن الممكن أن تمتص طبقة بسماك 1 ميكرومتر 90 % من الضوء، كما يمتاز بسهولة التصنيع إلا أن عدم استقرار أدائية الخلية الشمسية لحد الآن يعد أحد العوائق أمام استخدامه.<sup>1</sup>

5- خلايا سبائك نحاس - انديو ديسيلينايد : Copper Indium Diselenide : يبلغ مردودها 11-18 % .  
امتصاصيته للضوء عالية، فطبقة بسماكة 0.5 ميكرومتر تمتص 90 % من الضوء، إلا أن عملية تصنيعه معقدة، لذلك كلفته أعلى من باقي الأنواع وهو غير متوفر للأغراض التجارية.<sup>1</sup>

6- خلايا زرنيخ الجاليوم (الغاليوم) : Gallium Arsenide : تستخدم في تطبيقات الفضاء نظراً لتحمله الشديد للإشعاع الشمسي، تسمى بالخلية الشمسية ثلاثية الأبعاد، بسبب قدرتها العالية على اقتناص

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)، ص ص 3-4-6-11.

الفوتونات، وهي خلايا عالية الكفاءة حيث تم التوصل إلى كفاءة مخبرية لهذا النوع بحدود 35.6% وبالتالي هي مرتفعة التكاليف نسبياً عن غيرها.<sup>1</sup>

7- خلايا مواد عضوية الصبغة: Dye sensitized Organic Cells: هذا النوع من الخلايا الصبغية يتم تصنيعها على هيئة أوراق سميكة شفافة يبلغ مردودها 11-18 %.<sup>1</sup>

8- خلايا النانو: Nano-Cell: هذا النوع من الخلايا ما يزال تحت البحث رغم أنه تم الإعلان عن أول خلية متاحة للاستخدام عام 2006 م. وهي ذات طبيعة تقنية جديدة تتميز بقلّة تكلفتها وإمكانية دمجها في الواجهات الزجاجية لطبيعتها شبه الشفافة.<sup>1</sup>

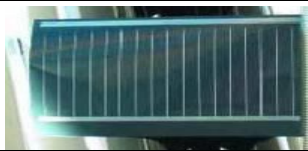
9- خلايا بلاستيكية: Vaporware: تجري بعض المحاولات لاستخدام البلاستيك في تصنيع هذا النوع من الخلايا وتعدّ الخلايا البلاستيكية أقلّ تكلفة عن نظيراتها لكنها أقلّ مردوداً.<sup>1</sup>

10- الخلايا الكهروضوئية الشفافة: تعتبر عملية تصنيع الزجاج الكهروضوئي عملية مثيرة جداً للاهتمام وفريدة من نوعها. حيث يتم وضع طبقة رقيقة كهروضوئية تحت اشعة الليزر تستخدم لازالة أي مواد انتقائية لتمكين الخلايا من نقل الضوء في حين يمكنها توليد الكهرباء وتتوفر أيضاً كزجاج ملون مما يجعلها مثالية لأي مكان في أي منزل أو مبنى.

11- تكنولوجيا الخلايا ذات الأفلام الرقيقة: Film Thin Cell trchnology: وهي من أكثر التطبيقات نمواً، وتتكون من طبقات لا تزيد عن 1-6 ميكرومترات. تتميز بأسطح متجانسة ويعدّ تصنيعها أقلّ تكلفة من نظيراتها، لأنه يمكن تصنيعها عند درجات من 200 إلى 700 درجة مئوية، وهي نصف الدرجات المطلوبة لتصنيع خلية بلورية. وتتسم هذه الخلايا بالألوان الداكنة مثل الأسود، أو البني المحمر، أو باللون الرمادي وتتراوح كفاءتها من 7-9% ويمكن أن تصل إلى 14 %.

يتسبب صغر سماكتها في مرونة مصفوفة الخلايا، وهي قابلة للطي، وخفيفة الوزن، ومن الممكن استخدامها على مختلف الأسطح الأفقية، والمنحنية بأدائية عالية، ولا يدخل الزجاج في تركيب اللوح الشمسي، ولا تحتاج الى هياكل للتثبيت بالإضافة إلى تناسب مصفوفتها للدمج في مناطق الإظلال حيث إن كفاءتها تقل في الظل.. وزادت كفاءتها مع تطوير ما يسمى بالخلايا المكسدة حيث تكس طبقتان أو ثلاث فوق بعضها. ومن أنواعها (طبقات كادميوم نحاس غالسيوم) وهي خلايا شمسية متعددة الطبقات Device Multijunction يتم تصنيعها من مادة السيليكون، صممت بثلاث طبقات، كل طبقة تستجيب لمدى طيفي معين أشعة ( قصيرة - متوسطة - طويلة ) الموجة.

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كموايد إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)، ص ص 3-4-6-11.

	(1) خلايا سليكونية غير متبلورة
	(2) خلايا سليكونية أحادية البلورة
	(3) خلايا سليكونية متعددة البلورة
	(4) خلايا الكادميوم تيلورايد
	(5) خلايا سبائك نحاس - انديو ديسيلينايد
	(6) خلايا زرنيخ الجاليوم (الغاليوم)
	(7) خلايا مواد عضوية الصبغة
	(8) خلايا النانو
	(9) خلايا بلاستيكية
	(10) الخلايا الكهروضوئية الشفافة
	(11) تكنولوجيا الخلايا ذات الأفلام الرقيقة

جدول (1-1) يبين أنواع الخلايا الكهروضوئية<sup>1</sup>

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كموااد إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)، ص ص 3-4-6-11.

### 1-1-3 العوامل المؤثرة على أداء الخلايا الكهروضوئية:

- بالإضافة إلى كفاءة الخلية نفسها فإن هناك عوامل أخرى تؤثر على كمية الكهرباء التي تولدها الخلية:<sup>1</sup>
- كمية الإشعاع الشمسي والتي تتناسب طردياً مع الكهرباء المنتجة.
- الظلال، حيث إن أي ظل على الخلايا حتى لو كان قليلاً سيقلل بشكل ملحوظ من كمية الكهرباء المولدة.
- الغبار ومخلفات الطيور، والتي تظل جزءاً من الخلايا وتقلل من كمية الطاقة الشمسية الساقطة عليها وبالتالي كمية الكهرباء المنتجة.
- توجيه الخلية للجنوب، والذي هو أفضل توجيه للحصول على أقصى كمية إشعاع شمسي.
- الاختلافات اليومية والفصلية في كمية الطاقة الشمسية التي تستقبلها الخلية.
- الاختلاف في مواصفات وكفاءات الخلايا في حالة توصيل أكثر من نوع مع بعضها البعض، حيث أن الناتج الإجمالي سيحدد بالخلايا الأقل كفاءة.
- زاوية الخلية بالنسبة لموقع الشمس ويوضح الجدول (1-2) زاوية الميل المثلى للخلية للحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة حيث نجد الواجهة الجنوبية والأسقف تلتقط أكبر إشعاع في الشتاء عن الصيف.

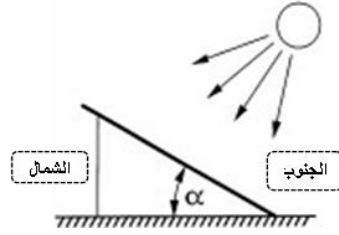
الفترة المناخية	على مدار العام	صيفاً	شتاءً
زاوية الميل المثلى	مساوية لخط العرض	خط العرض. 15-10 ناقص درجة.	خط العرض 15-10 زائد درجة.

جدول (1-2) زوايا الميل بالنسبة لخط العرض صيفاً و شتاءً<sup>2</sup>

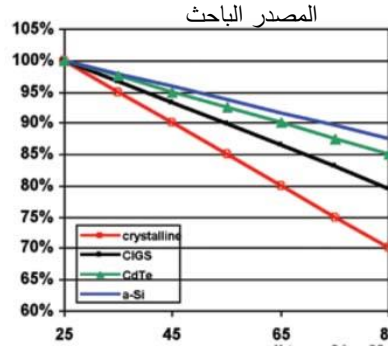
<sup>1</sup> ساعد نادين 2014 ،تصميم نظام طاقة شمسية كهربائية واستخدامه في توليد الطاقة لفندق حمامات الشيخ عيسى،قسم هندسة الطاقة ، كلية الهندسة الميكانيكية ،جامعة حلب.

<sup>2</sup> عبد الهادي، مروة عاطف 2012. نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، مصر .

. درجة الحرارة، حيث يقل إنتاج الخلية كلما ازدادت درجة الحرارة المحيطة كما يوضح الشكل.

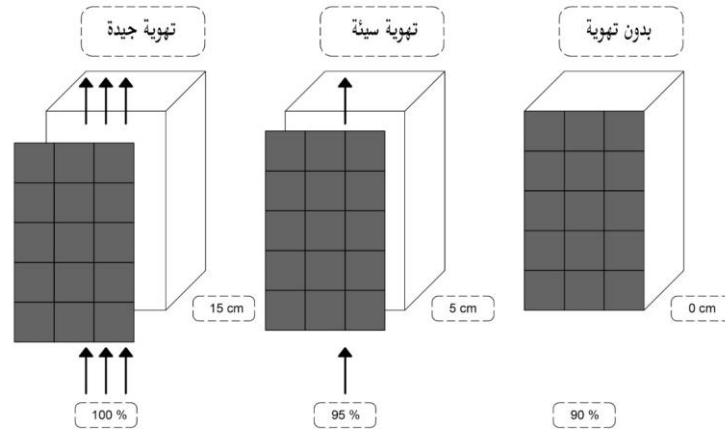


الشكل (1- 8) :الوضع الامثل للخلايا الكهروضوئية وضعها بزاوية ميل في اتجاه الجنوب



الشكل (1- 9): التأثير السلبي لارتفاع درجة الحرارة على أداء الخلايا الكهروضوئية.

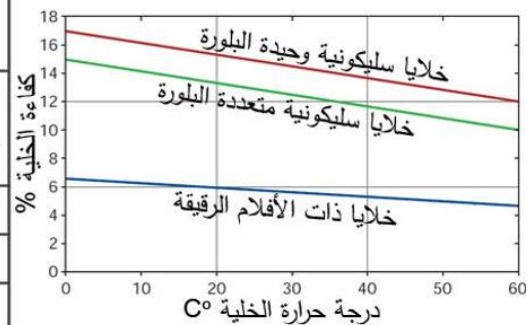
المصدر (23): p9. Handbook for solar photovoltaic (PV) systems.



الشكل (1- 10): التغير في إنتاج الطاقة من الخلايا الكهروضوئية بسبب التهوية الخلفية للوحدات.

المصدر (17): KAZEK, V 2012 . Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades

الخصائص	وحيدة البلورة	متعددة البلورة	أفلام رقيقة
الشكل			
كفاءة الخلية	15-17%	14-15%	8-12%
كفاءة اللوح	13-15%	12-14%	5-7%
مساحة اللوح	7 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>



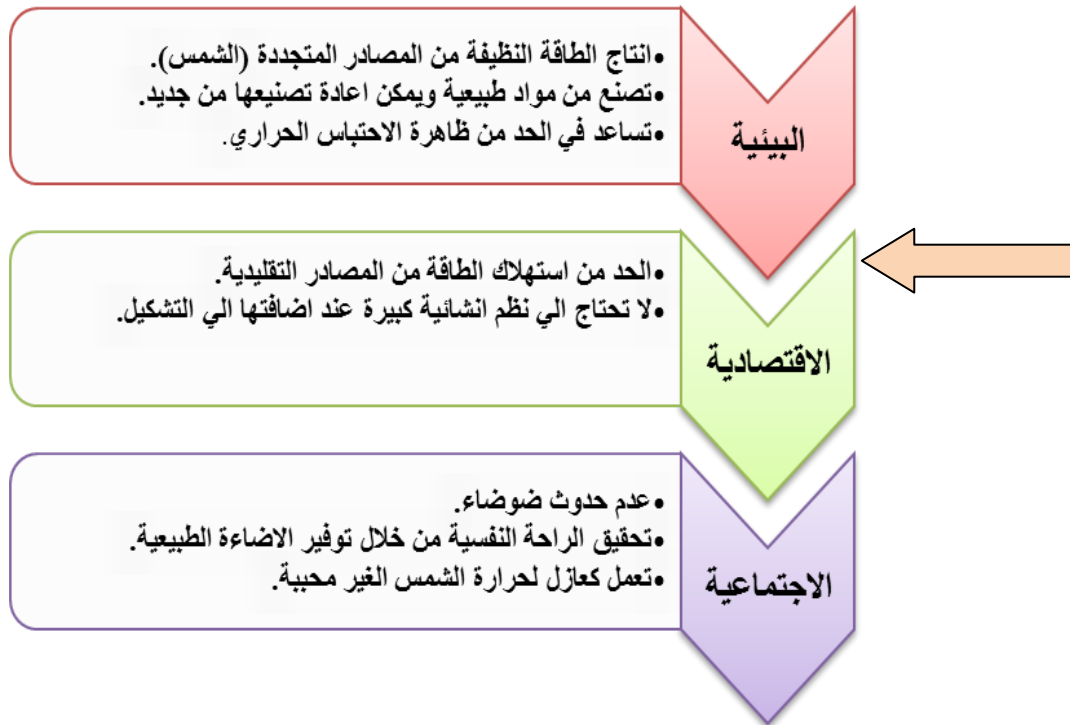
الشكل (1- 11) :تغير كفاءة الخلية حسب درجة الحرارة الخلية، و كفاءة اللوح الكهروضوئي

المصدر (17): KAZEK, V 2012 . Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades



## 1-1-4 مزايا الخلايا الكهروضوئية:

هناك ثلاث مزايا تخص الخلايا الكهروضوئية كما هو موضح بالجدول (1-3)



جدول (1-3) مزايا الخلايا الكهروضوئية<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.

## 1-2- عناصر تصميم الألواح الكهروضوئية:

### 1-2-1 موضع الخلايا الكهروضوئية:

لا تحتاج أراضي إضافية لتركيبها كما أنها لا تحتاج إلى نظم إنشائية كبيرة عند إضافتها إلى التشكيل وتولد الكهرباء بطريقة هادئة دون إزعاج صوتي ولا ينتج عنها أي غازات ضارة خلال فترة التشغيل. كما يتم توليد الطاقة النظيفة من الشمس في المبنى وبالتالي تستبدل الكهرباء التي يكون شراؤها بأسعار تجارية.<sup>1</sup> فهي أنظمة أنيقة معمارياً، متكاملة جيداً وسوف يزيد الطلب عليها في السوق.<sup>2</sup> فموضع الخلايا الكهروضوئية من المهم جداً أن يكون متماسك مع التكوين العام للمبنى كله وليس فقط مع الواجهة أو أي جزء من المبنى حيث يتم تثبيتها عليه كما في الشكل (1-13).



الشكل (1-12): وضع الخلايا الكهروضوئية في سقف مسرح هيفي الكبير، هيفي، مقاطعة انهوي، الصين.

المصدر (48):

[https://www.google.com/search?q=hefei+grand+theater&prmd=imnv&sxsrf=ALekk00rsmt\\_khlI7dq8xxhl\\_kvha7hzw:1603037611142&source=inms&tbm=isch&sa=x&ved=2ahukewjl\\_p26xl7sahuh\\_kqkhsycafiq\\_auoaxoebsqaq&biw=360&bih=647&dpr=3#imgsrc=Lc4Wh1YLS3QnNM](https://www.google.com/search?q=hefei+grand+theater&prmd=imnv&sxsrf=ALekk00rsmt_khlI7dq8xxhl_kvha7hzw:1603037611142&source=inms&tbm=isch&sa=x&ved=2ahukewjl_p26xl7sahuh_kqkhsycafiq_auoaxoebsqaq&biw=360&bih=647&dpr=3#imgsrc=Lc4Wh1YLS3QnNM)

قد لا يكون من السهل دائماً تحقيق ذلك ومن أجل تحقيقه هناك عدة عوامل تؤثر على موقع وشكل ومساحة الخلايا الكهروضوئية وهي :

- الموضع والبعد عن السطح المتاح والمعرض للإشعاع الشمسي (سقف، واجهة) .
- اتجاهات الأسطح المتاحة.
- احتياجات المبنى للطاقة.
- تكنولوجيا الطاقة الشمسية.
- الاحتياجات المعمارية للمبنى.

<sup>1</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.

<sup>2</sup> مغمومة، زينة 2013. الأغلفة الموفرة والمولدة للطاقة في المباني السكنية - المنطقة الوسطى أنموذجاً. رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة البعث، حمص، سوريا .



إن أي جزء من غلاف المبنى المتاح لتحقيق التكامل يؤثر بشكل مباشر على إنتاج الطاقة الكهربائية. في حالة البناء الجديد يمكن توفير سطح معرض للإشعاع الشمسي من خلال التشكيل المعماري للمبنى وفقاً للطاقة المرغوب بها، ولكن في المباني القائمة فإن إنتاج الطاقة يحدد وفقاً للأسطح المتوفرة المعرضة للإشعاع الشمسي. بالإضافة إلى ذلك فإن اختيار تكنولوجيا الطاقة الكهروضوئية يؤثر أيضاً على إنتاج الطاقة ومتطلبات السطح المعرض للإشعاع الشمسي<sup>1</sup>.

إن الخلايا الكهروضوئية البلورية تنتج كهرباء أكثر مما تنتجه الخلايا الغير متبلورة، لذلك للحصول على نفس كمية الطاقة، فإن الخلايا الكهروضوئية غير المتبلورة يجب أن تكون مثبتة على سطح أكبر من الخلايا البلورية. ويجب على المعماري اتباع نهج فعال لقضية الموضع والأبعاد باستخدام الخلايا الكهروضوئية كعناصر متعددة الوظائف (مولدات للطاقة وعناصر للسقف أو الواجهة).

لذلك على المعماري أن يصمم بمثل هذه الطريقة ليستخدم عناصر أقل ما يمكن ويحقق عدة وظائف<sup>2</sup>. واستخدام الخلايا الكهروضوئية في جميع أنحاء السطح قد يكون صعب لأسباب عملية، وأحياناً بعض الأجزاء من السطح قد تحتاج إلى عناصر صغيرة والتي يمكن أن لا تعمل بشكل اقتصادي بسبب موقعها المظلل<sup>2</sup>. فالحل في هذه الحالة يكون باستخدام الخلايا الوهمية وهي عناصر غير فعالة تكون بنفس مظهر الوحدات الكهروضوئية تستخدم لتحقيق التناسق المعماري للمساحات المختلفة والتي ستحتاجها أجزاء معينة من القشرة الخارجية، ولكن الجانب السلبي لهذه العملية إنه في معظم الحالات، مثل هذه التطبيقات تتطلب تطوير منتج مصمم خصيصاً لمشروع واحد فقط وبالتالي فهي مكلفة جداً. وكذلك في حالة الاحتياجات المعمارية المحددة، يمكن تغطية المساحات المتبقية أو إكساءها بعناصر وهمية<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> BASNET, A 2012. Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. Master Thesis, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

<sup>2</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.

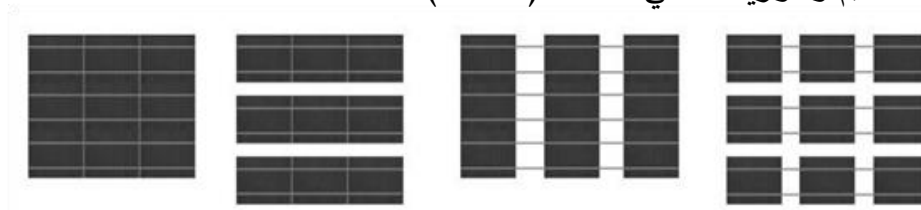
<sup>3</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمادة إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)،

## 1-2-2 المواد ونسيج السطح للخلايا:

ينبغي أن تكون صفات المواد ونسيج السطح للوحدات الكهروضوئية في انسجام مع صفات العناصر الأخرى في غلاف المبنى.<sup>1</sup>

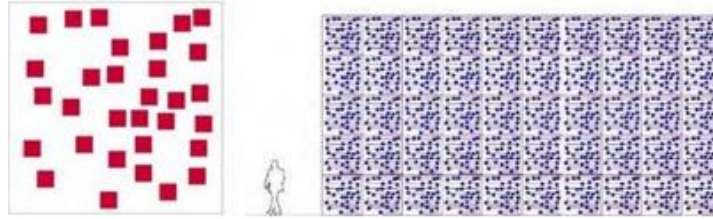
عند تثبيت الوحدات الكهروضوئية الشبه شفافة يمكن أن تكون الخلايا ضمن الوحدة متباعدة بحرية لتحقيق مختلف التصاميم ونمط التوزيع وتكون مناسبة للاستخدام في أسقف الفراغات الداخلية والواجهات الزجاجية والمظلات. وهناك عدة احتمالات لترتيب الخلايا بشكل منتظم ضمن الوحدة الشبه الشفافة للتحكم بنسبة الشفافية للوحدة الزجاجية الشكل (1-14 )

بالإضافة إلى ذلك يمكن ترتيبها بشكل عشوائي الشكل (1-15 )، وبشكل منحني مع الحفاظ على الأسلاك بشكل مستقيم ومتوازي كما في الشكل (1-16).<sup>2</sup>



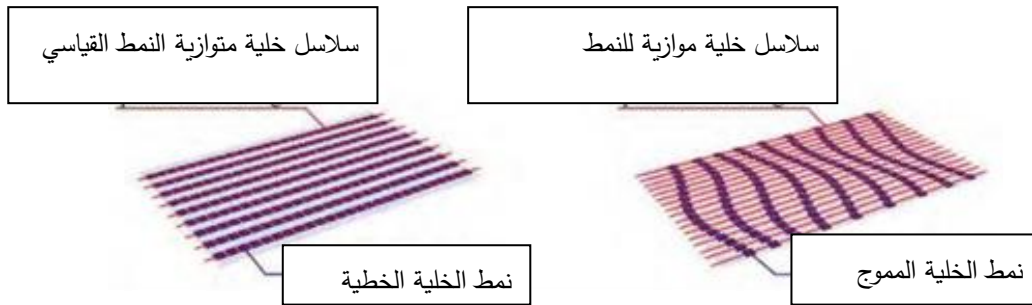
الشكل ( 1- 13 ): اختلاف نسيج السطح باختلاف ترتيب الخلايا ضمن الوحدة الكهروضوئية .

المصدر (16): FARKAS, K (ed) 2013 Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration



الشكل(1-14): ترتيب الخلايا الكهروضوئية بشكل عشوائي ضمن الوحدة.

المصدر(16): FARKAS, K (ed) 2013 Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration



الشكل(1-15): إمكانية ترتيب الخلايا بشكل متموج ضمن الوحدة.

المصدر(16): FARKAS, K (ed) 2013 Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration

<sup>1</sup> BASNET, A 2012. Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. Master Thesis, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

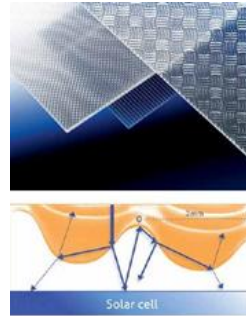
<sup>2</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.

تكون عادة مواد إنهاء الوحدات الكهروضوئية المعتمدة والشبه شفافة لامعة وبراقة. فالزجاج كمادة لامعة شائعة الاستخدام كغطاء للوحدات، تتناقض بشدة مع مواد البناء التقليدية الغير لامعة وذات السطوح الغير مستوية مثل القرميد وبلاط السقف، والانعكاسات على سطحها تجعل الوحدات شديدة الوضوح على مسافة وتسبب أحياناً وهج غير مرغوب به . لتجنب هذا الأمر ستكون الوحدات الكهروضوئية ذات مواد الإنهاء الغير ملساء مناسبة أكثر للتكامل في المباني حيث التعرض لمواد البناء التقليدية مثل القرميد وبلاطات الأسقف وما إلى ذلك. يستخدم عادة زجاج Structured Glass كغطاء زجاجي لإعطاء نهاية غير ملساء للوحدة ولكن يجب أن لا تقل زاوية التركيب عن 10°، واستخدامه يؤدي إلى زيادة الإنتاج بالسنة بمعدل 4%<sup>1</sup>.

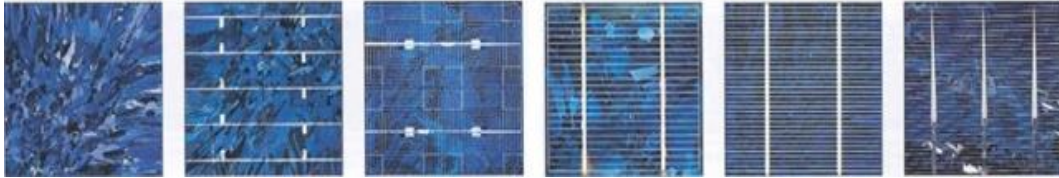
الشكل (1-16): زجاج Structured Glass

المصدر (16): (2013) FARKAS, K (ed)

Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration



يعتمد نسيج الخلايا على تقنيات التصنيع المختلفة، حيث إن الخلايا الأحادية البلورة لها نهاية مصممة بينما الخلايا المتعددة البلورة لها نسيج مثل الرخام حيث تتداخل الألوان مع بعضها. ويتغير نسيج الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورة تبعاً للشركة المصنعة وذلك بسبب النسيج الذي تظهر فيه رقائق السليكون الرمادية عند التصنيع.<sup>2</sup>



الشكل (1-17) خلايا سليكونية متعددة البلورة بنسج سطح مختلفة.

المصدر (16): (2013) FARKAS, K (ed) Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration

<sup>1</sup> CHONG, T, T 2008. Green Handbook-Photovoltaic (PV) systems in buildings. Singapore: Building and Construction Authority.

<sup>2</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.



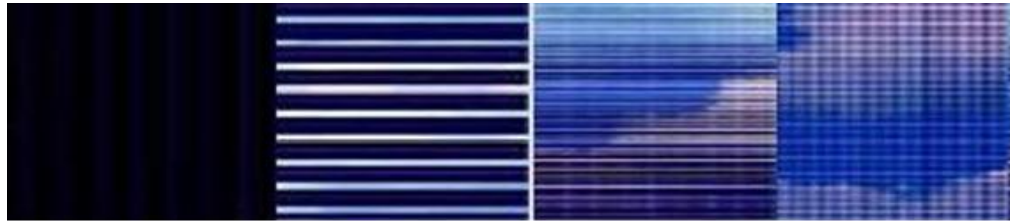
يمكن إنتاج خلايا السيلكون البلورية ذات تثقيب صغير باستخدام الأسلوب الميكانيكي لجعلها شفافة 10% حيث تصبح الخلايا نفسها شبه شفافة كما في الشكل (1-19).<sup>1</sup>

الشكل (1-18) : وحدات كهروضوئية شفافة مع خلايا

سليكونية متعددة البلورة شفافة.

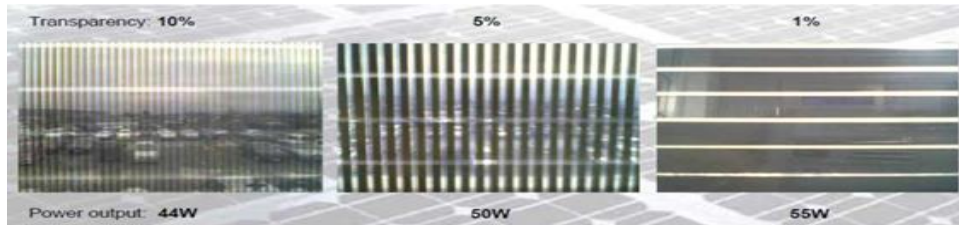
المصدر (17) : Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades . KAZEK, V 2012

بالنسبة لخلايا الأغشية الرقيقة النموذجية المعتمدة تكون بمظهر متجانس مع خطوط دقيقة، ومع ذلك يمكن إنتاج وحدات شبه شفافة بنسج سطح مختلفة (stroke, point stripes) بواسطة التقطيع بالليزر كما في الشكل (1-20).<sup>2</sup>



الشكل (1-19): النسيج المختلف للوحدات الكهروضوئية الزجاجية ذات تقنية الأغشية الرقيقة.

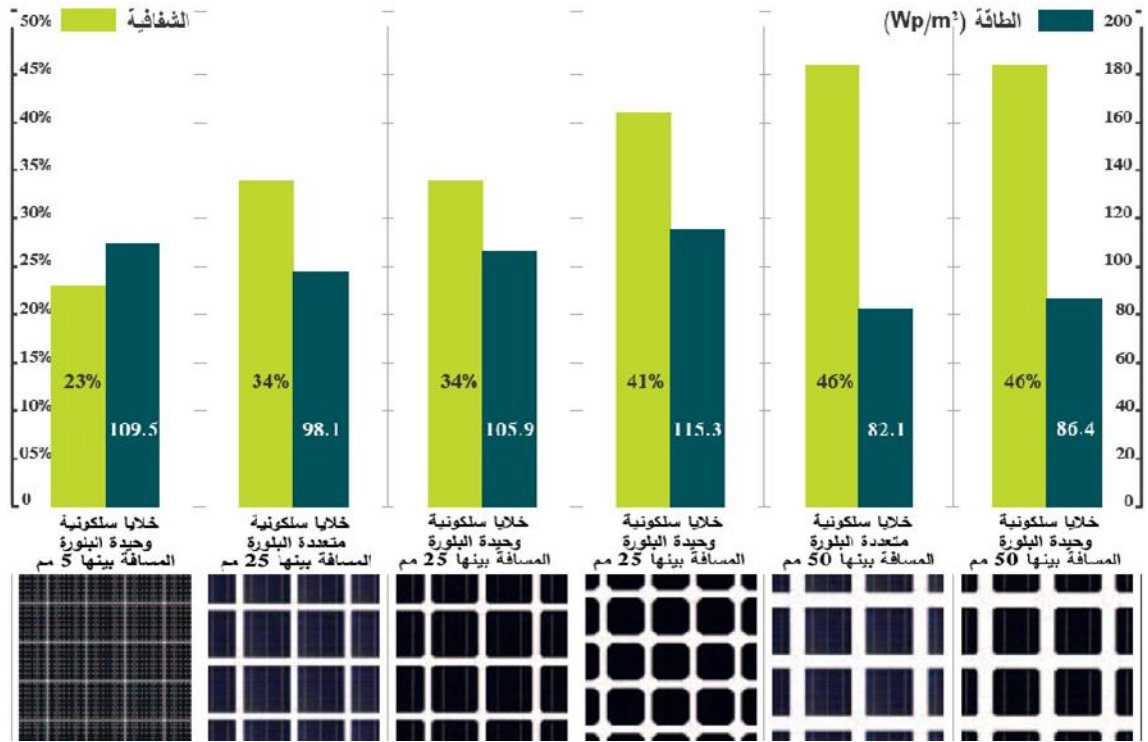
المصدر (27): Solar Energy System in Architecture



الشكل (1-20): تأثير كفاءة الخلايا الكهروضوئية ذات تقنية الأغشية الرقيقة بدرجة الشفافية.

المصدر (9) : مروة عاطف عبد الهادي ، نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية.

<sup>1</sup> KAZEK, V 2012 .Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus .



الشكل (21-1) : أثر المسافة بين الخلايا الكهروضوئية ضمن الوحدة الكهروضوئية على الطاقة المولدة.

المصدر (26) : p26 Sapa Solar Architectural Energy Solutions

يتم تغليف الخلايا في صفائح زجاجية أو ترقيع مضاعف

كما في الشكل (23-1).<sup>1</sup>

كما تظهر خلايا الأغشية الرقيقة المرنة في الغالب

بلون أزرق غامق أو أرجواني ،على ركيزة مرنة

ذات لون أبيض أو أسود ،وتبدو الركيزة مرئية

على جوانب الخلايا بعرض 2-5 سم

الشكل (24-1).

الشكل (22-1): خيارات الوحدات الكهروضوئية الشفافة.

المصدر (16) : FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration.

<sup>1</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture..





الشكل (1-23) وحدة كهروضوئية مرنة، في اليسار خلايا أغشية رقيقة على ركيزة من البلاستيك ، وفي اليمين بنفس شكل ومقياس البلاطات.

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture .

فيما يلي بعض الأمثلة لمباني ذات أسطح كهروضوئية شفافة بنسج مختلفة:



الشكل (1-24): ترتيب الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة بشكل عشوائي ضمن الوحدة كما في مبنى، Hotel-renovation، باريس، فرنسا ،

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture



الشكل (1-25): ترتيب الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة بشكل خطوط أفقية متوازية مع ترك فراغات بينها في مبنى Opera Hous، أوسلو، النرويج.

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture



الشكل (1-26): ترتيب الخلايا السليكونية الأحادية البلورة بشكل عمودية متوازية مع ترك مسافات بينها مبنى، Daito University Itabashi Campus، اليابان.

المصدر (13): CHONG, T, T 2008. Green Handbook-Photovoltaic (PV) systems in buildings

### 1-2-3 لون الخلايا الكهروضوئية:

الخلايا الكهروضوئية الملونة تفتح مجالاً جديداً لإمكانيات التصميم في الهندسة المعمارية بالإضافة إلى قيمة جمالية للمبنى وخصوصاً في الواجهة.<sup>1</sup>



الشكل(1- 27): خلايا السليكون المتعدد البلورة والخضراء اللون لصالح، Paul-Horn ، Tubingen المانيا

المصدر(27): Solar Energy System in Architecture



الشكل(1- 28) : اثر تغير لون الخلايا على الواجهات

المصدر(24) : [iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS\\_15\\_R07\\_Coloured\\_BIPV\\_report.pdf](http://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS_15_R07_Coloured_BIPV_report.pdf)

تختلف الوحدات فيما بينها في الألوان ويكون الاختلاف في اللون بحسب نوع الخلية الكهروضوئية وقد يختلف اللون أيضاً بحسب لون الصفيحة الخلفية التي تحملها حيث يتم الاعتناء بالمظهر السفلي للوحدة الكهروضوئية عندما يتطلب التكامل مع المبنى أن تكون الوحدات مواجهة للفضاءات أو ممرات الحركة الداخلية.

إن ألوان خلايا السليكون البلوري والغير المتبلورة زرقاء اللون، ويمكن خلق ألوان أخرى ولكن ستكون ذات تكلفة أعلى. كما أن الخلايا الكهروضوئية ذات تقنية الأغشية الرقيقة تتألف من السليكون الغير متبلور أو

<sup>1</sup> BASNET, A 2012. Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. Master Thesis, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim,

خلايا CIS السوداء اللون في حين أن خلايا تيلوريد الكادميوم تبدو خضراء اللون. وهناك مجموعة من الألوان يمكن إعطاءها لإنتاج أي نوع للنمط المرغوب به في بناء النسيج. يعتبر اللون الأزرق للخلايا الكهروضوئية الأحادية والمتعددة البلورة هو الأكثر كفاءة. فالخلايا الكهروضوئية الملونة في هذه الأيام تقترب من حيث الكفاءة من الخلايا الزرقاء بسبب التقنية المتطورة في عملية تلوين الخلايا. وضمن التقنية المختارة، ينبغي استكشاف مختلف المنتجات المتاحة بالسوق للعثور على اللون ونسيج السطح الأكثر ملاءمة لتطبيق معين.

توفر الخلايا الكهروضوئية المزيد من الحرية مقارنة بباقي تقنيات الطاقة الشمسية المستخدمة في البناء. ومع ذلك فإنه سيكون نهج ذكي لتحديد المواد من العناصر الأخرى في غلاف البناء بحيث تكون متوافقة مع المواد. وعند استخدام الوحدات الكهروضوئية الشفافة يمكن تغير لون الواجهة بتغير لون الزجاج الخلفي.<sup>1</sup>

### **1-2-4 شكل الوحدات الكهروضوئية:**

إن اختيار التكنولوجيا هي التي تؤثر على الشكل الأساسي للوحدة الكهروضوئية حيث إن وحدات السليكون الأحادي والمتعدد البلورة تأتي بأحجام قياسية، يمكن أن يكون لوحات الأغشية الرقيقة شكل ومقاسات متنوعة.

على الرغم من أن معظم المنتجات في السوق تأتي على شكل وحدات قياسية، لكن هناك حرية كبيرة في استخدام الوحدات الكهروضوئية كعناصر في الأسقف والواجهات.<sup>2</sup> و أغلب الأشكال المتعارف عليها للوحدات الكهروضوئية تكون مستطيل أو مربع، ومن الممكن أن تكون مؤطرة للسهولة في تركيب وتوصيل الوحدات. عادةً ما يكون الإطار من الألمنيوم ويمكن استخدام إطارات من البلاستيك والستاليس ستيل، والوحدات المؤطرة متميزة جداً وهذا أحياناً يضعف القيمة الجمالية، لذلك هناك إطارات سماكتها قليلة وبألوان نفس ألوان الخلايا المستخدمة ضمن الوحدة للحد من إدراك الإطارات وبالتالي تحسين المنظر، أو تكون غير مؤطرة وتسمى صفائح (laminates) وهي الأكثر شيوعاً للاستخدام كعناصر بنائية، لأنها تعطي قيمة جمالية أكثر، ويمكن تجنب أشعة الشمس التي يعكسها الألمنيوم. وهناك أنواع مختلفة لأنظمة تثبيت الوحدات الغير مؤطرة.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture.

<sup>2</sup> Solar Energy System in Architecture, .

<sup>3</sup> KAZEK, V 2012. Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus, .



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



الشكل (1- 29): مجموعة من أشكال القرميد الكهروضوئي.

المصدر (17): KAZEK, V 2012. Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades

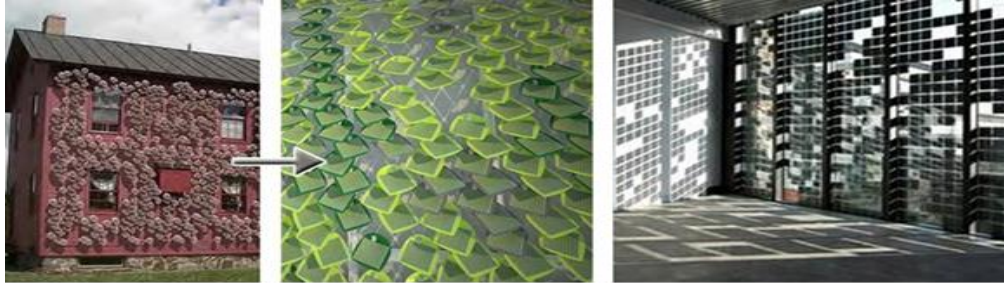


الشكل (1 - 30): وحدة كهروضوئية مستطيلة الشكل ذات تقنية الأغشية الرقيقة تستخدم كبلات للأسقف .

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture.

### **1-2-5 مساحة الوحدات الكهروضوئية:**

وتتراوح مساحة الوحدة الكهروضوئية من (0.2-2) م<sup>2</sup> مع مجموعة كبيرة بين الشركات المصنعة ومن الممكن أيضاً تصميمها بالأبعاد التي يتطلبها المشروع وفقاً لرغبة المصمم المعماري، وفي هذه الحالة ينبغي إنتاج قطع غيار بالإضافة إلى الأصلية لضمان استبدالها في حالة الضرر. كما أدى التطور في الإنتاج إلى خفض مساحة نماذج الوحدات الكهروضوئية بهدف توفير وحدات ملائمة للاستخدام المباشر في الموقع.



الشكل (1- 31) تنفيذ الخلايا الكهروضوئية حسب التصميم

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture.



الشكل (1-32) : بلاطات أسقف كهروضوئية ذات خلايا أحادية البلورة للتثبيت على الأسطح المائلة بزاوية من  $10^{\circ}$  -  $75^{\circ}$ .

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture



الشكل (1-33) : سماكة الوحدة الكهروضوئية.

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture

### 1-2-6 نوع التوصيل:

يجب اختيار نوع التوصيل بعناية عند اختيار المنتج، فالسماكة الضئيلة للوحدات الكهروضوئية تسمح بوضعها على الواجهات المعتمدة والشفافة مشابهة لتركيب مواد الإكساء التقليدية مع التوصيل العادي. ومن الأسهل نسبياً تحقيق شبكة توصيل موديولية مماثلة لمواد الإكساء الأخرى المستخدمة في الواجهة في حالة الوحدات. فمن الممكن أن نحقق تراكيب ذات حجوم متناسبة مع إيقاع الشبكة الموديولية لمواد الإكساء النموذجية مع نفس نوع التوصيل في الأنظمة الكهروضوئية. من أجل تحقيق مظهر توصيل مشابه لمواد الإكساء الأخرى المستخدمة على نفس الواجهة ، لابد من استخدام وحدات تصميم حسب الطلب في معظم الحالات. و الشركات المصنعة للأنظمة الكهروضوئية توفر نوع التوصيل لكل منتج.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FARKAS, K (ed) 2013. Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture..



الشكل (1-34): دمج الخلايا الكهروضوئية الأحادية البلورة بهيئة وحدات ذات شكل مثلث متساوي الأضلاع في مبنى Saint Etienne ,City of Design ، فرنسا .

المصدر (27): Solar Energy System in Architecture

من الأمور التي يجب الانتباه لها هي مسألة إخفاء أسلاك التوصيل. وهناك عدة أساليب للتعامل مع أسلاك التوصيل من قبل المصممين هي:

- إخفاء الأسلاك في المسافات الفاصلة بين الوحدات الكهروضوئية.
- إخفاء الأسلاك في الهيكل الحامل للوحدات الكهروضوئية.
- إظهار الأسلاك بطرق تصميمية مبتكرة.<sup>1</sup>

### **1-2-7 استخدام متعدد الوظائف/ منفرد للخلايا:**

ويجب أن تكون العناصر الكهروضوئية قادرة على أداء مهامها كغلاف مبنى نموذجي مع جميع الوظائف التي يحققها عنصر مبنى تقليدي. حيث إن تعدد الوظائف للخلايا الكهروضوئية يجعل من السهل التعامل مع الجوانب الشكلية للتكامل لأنها توفر ميزة حاسمة للمصمم للتكوين المعماري مع عدد أقل من العناصر حيث أن كل منها يؤدي عدة وظائف.

تم استخدام الخلايا الكهروضوئية ذات تقنية السليكون المتعدد البلورة في الواجهة الجنوبية لمكتبة Fabra Library في إسبانيا كواجهة مزدوجة. حيث إن الخلايا مغلقة بين لوحين من الزجاج ومع مسافة بين الخلايا 14م للسماح للإضاءة الطبيعية للدخول للمبنى. ففي الصيف، الواجهة المزدوجة مع فراغ 15سم يسمح بتخلخل الهواء خلف الوحدات الكهروضوئية لتبريدها مما يزيد من أدائها، ويزيد التخلف الزمني لانتقال الحرارة إلى الفراغ الداخلي، وهذه الفكرة مجرد تطوير لفكرة الجدار المزدوج التقليدية، حيث يعتبر الهواء من أفضل المواد العازلة للحرارة. وفي الشتاء، فإن الهواء الساخن من قبل الوحدات يتم نقله ميكانيكياً لنظام استرداد الحرارة لإرساله لداخل المبنى.

كما ان الأداء الحراري للخلايا الكهروضوئية في المبنى فعال بكفاءة 62%، كما في الشكل (1-36).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواد إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11).

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



الشكل (1-35): الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورة في مبنى مكتبة Fabra Library اسبانيا.

المصدر (17): KAZEK, V 2012 . Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades

---

<sup>1</sup> KAZEK, V 2012 .Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus .

### 1-3 تحسين كفاءة استخدام الطاقة بالمباني :

يعتبر فكر التطوير للمباني القائمة في حد ذاته توجهاً مستداماً ، إذ يسعى إلى تحقيق بعض جوانب الاستدامة

( الاقتصادية- البيئية - الاجتماعية) ويعتبر التطوير المستدام أكثر شمولية لأبعاده الثلاثة، حيث يأخذ في الاعتبار تطبيق مفاهيم التصميم المستدام أثناء مرحلة التخطيط لعملية التطوير. وبالتالي فإنه يعمل على تحسين جودة البيئة الداخلية وتقليل أحمال الطاقة بالمبنى من خلال الاستفادة من الإضاءة والتهوية الطبيعية للمساهمة في تحقيق الراحة الحرارية والبصرية لشاغلي الفراغ، بالإضافة إلى تقليل استهلاك المياه وتقليل التأثير البيئي للمواد وغيرها من جوانب الاستدامة التي تهتم بتوفير بيئة داخلية مناسبة مع تحجيم الآثار السلبية على البيئة الطبيعية.<sup>1</sup>

اقتصادية	بيئية	اجتماعية
زيادة العمر الافتراضي للمبنى	تحسين البيئة الداخلية للمبنى	تحقيق الراحة الحرارية والبصرية لشاغلي المبنى وزيادة الإنتاجية
تقليل الطاقة الاستهلاكية للمبنى	تقليل كمية الانبعاثات الكربونية CO2 الناجمة عن عمليات (الهدم- التصنيع -الإنشاء- التشغيل)	تحسين صحة شاغلي المبنى والقضاء على متلازمة البناء المريض.
زيادة القيمة الاستثمارية للمبنى	الإستفادة من الطاقة الكامنة بالمواد وإعادة تدويرها	
تقليل تكاليف التشغيل	الاقتصاد في الموارد (المياه والمواد والطاقة)	

جدول (1-4) الأهداف الرئيسية لتطوير المباني العامة القائمة<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ebbert Thiemo- Re-face REFURBISHMENT STRATEGIES FOR THE TECHNICAL IMPROVEMENT OF OFFICE FAÇADE,P11.



## **الفصل الثاني: الشكل المعماري في الأبنية العامة وإمكانية التطبيق فيه:**

### **2-المحددات التشكيلية في الواجهات المعمارية:**

تتميز المحددات التشكيلية بطابع خاص في عملية التصميم المعماري للمباني ،إذ إنها تعتمد في المقام الأول على الأحاسيس والمشاعر الخاصة بكل من المعماري في الوقت نفسه ،كما أنها تعتمد على الحالة النفسية المتغيرة للإنسان على مدار اليوم الواحد، فقد يرى شخص ما عملاً معمارياً، ويعجب به ومن ثم يتبدى عليه عدم الإعجاب إذا رآه في حالة نفسية غير التي كان عليها .ورغم صعوبة هذه النقطة في عملية التصميم المعماري ،إلا أن هناك جوانب ترتبط بالمحددات التشكيلية، وتؤثر في الكيفية التي يحققها العمل المعماري ، ومن أهم هذه الجوانب: مفاهيم التشكيل المعماري وعناصر ووسائل التشكيل المعماري.<sup>1</sup>

### **2-1-1 التشكيل المعماري:**

يتعامل الإنسان في حياته مع سلسلة من التشكيلات إما جمالية تحاكي حسه وذوقه، أو نفعية تؤدي له وظيفة معينة، أو تشكيلات تتكامل فيها مفهوم الانتقاع والجمال، فهناك فنون مثل النحت والرسم والتصوير قد يخلوا من تشكيلاتها عنصر الانتقاع، وهناك تشكيلات أخرى كالميكانيكية يسيطر عليها الجانب الانتقاعي بعيداً عن الجماليات، أما في الفنون التطبيقية ومنها العمارة فالتشكيل يرتبط بغرض انتقاعي فهي عبارة عن حيز فراغي تشكيلي يأوي نشاط إنساني معين يهدف تأدية المنفعة. فتشكيل العمارة يعتبر تكوين من عنصريها الأساسيين وهما: الكتلة والفراغ، وما يحمله كلاً منها من صفات وملامح وعناصر أخرى ثانوية في إطار تنظيمي محدد. إن العديد من العمارات السالفة أو الحالية ارتبطت بذهن الإنسان من خلال تشكيلاتها المميزة والفريدة وهي في هذه الحالة تتمتع بشخصية مميزة مستدامة، فبقدر ما يحمل تشكيل المبنى صوراً وأفكاراً جديدة بقدر ما يصبح ذلك دافعاً لذهن الإنسان على استيعاب هذا التشكيل، لذلك كان التشكيل هو التعبير عن هوية المبنى وتقرده وسط الكم الهائل من المباني.<sup>1</sup>



الشكل (2-1) تاج محل، أجرة- الهند- أشهر الأضرحة بالعالم

المصدر (6) : د. رأفت ، علي ، ثلاثية الابداع المعماري- الابداع الفني في العمارة

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ، ثلاثية الابداع المعماري- الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ 1، القاهرة ،دار الشروق، 1997

وهناك ارتباط وثيق بين مفهوم التشكيل والعمارة فلا يمكن الفصل بينهما فالتشكيل ملازم للعمارة في رحلتها من البداية الى النهاية، فعمليات التكوين والتشكيل في الحقيقة تبدأ من اللحظات الأولى التي يشرع المعماري فيها بالتصميم، "فالعمارة تشكيل فني ذو أبعاد ثلاثة"، تتألف من تشكيلات مكونة في الفضاء، وتستعمل الشكل والنسيج والمادة واللون والحجم والضوء كأجزاء داخلية في التنظيم. تتماز بكونها وحدة متماسكة غير مفككة موحدة ومنسجمة ومترابطة، والشكل هو الاسم الذي يطلق على مجموع الأجزاء وعلاقاتها مع بعضها البعض، وبينها وبين الفراغات داخلها أو حولها والتي تحدد كلها طابعاً مميزاً لذلك الشيء أو الجسم.

## **2-1-1-1 الشكل المعماري:**

الشكل المعماري هو مصطلح شامل يشير بشكل أساسي إلى الحدود الخارجية للمبنى أو التكوين ويشير بدرجة أقل إلى التنظيم الداخلي والمبادئ الضابطة للشكل، ويشمل التكوين خواص نسبية وبصرية متنوعة تدعى بالمقياس، كما يشمل اللون والنسيج وموقع التكوين وتوجيهه بالإضافة إلى الكتلة الأصلية.<sup>1</sup> فالشكل المعماري بشكل عام هو التكوين أو الكتلة ثلاثية الأبعاد، التي تتضمن أيضاً مسائل معمارية إضافية بما فيها الماهية الإنشائية والشكل الإنشائي طالما أن هذا الإنشاء يضبط ويوحد التصميم المعماري.

## **2-1-2 عناصر التشكيل المعماري :**

لابد من استعراض المفاهيم التشكيلية الأساسية التي تقاس على أساسها التشكيلات المعمارية من الناحية التركيبية والتنظيمية، حيث لا تخلو هذه التشكيلات من بعض العناصر التي تعتبر هي الوحدات البنائية والتعبيرية وهذه العناصر هي:

النقطة، الخط بأنواعه (المستقيم، المنكسر، المنحني)، السطح (المستوي، المنحني)، الجسم (المنتظم، شبه المنتظم، غير المنتظم) كل هذه العناصر تتميز بما يلي: (خواص هندسية -سمات مميزة- المعاني الإيحائية لها بالنسبة للمشاهد) ويتناول الجدول التالي عناصر التشكيل المعماري وخواصها الهندسية وما تعبر عنه من سمات ومعاني إيحائية.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ، ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ 1، القاهرة، دار الشروق، 1997

<sup>2</sup> حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف، القاهرة، 1984م

مثال تطبيقي	المعاني الايحائية	السمات المميزة	الخواص الهندسية	
 <p>الشكل (2-2) الكعبة نقطة جذب ومركز الكون</p>	توحي بالوحدة والتفرد والاضمحلال أحياناً	تتميز النقطة بالوضوح وسهولة القراءة بسبب خاصية التركيز.	النقطة هي أصغر شيء يمكن تحديده في الفراغ أو في الشكل. تقاطع خطين	النقطة
 <p>الشكل (2-3) استخدام الخطوط في التشكيل مبنى شركة جونسون للمعماري ميس فان دروه</p>	يوحي بالقوة والاستقامة كما يوحي لنا الخط المستقيم رأسياً كان أم أفقياً على الاتزان.	أكثر الخطوط وضوحاً وبتغير طوله تتأكد شدة الدلالة على الاتجاه وبتحديد طوله تتحدد سمته بدقة.	هو أقصر بعد بين نقطتين ويعتبر الخط المستقيم العنصر الأساسي في التشكيل	الخط
 <p>الشكل (2-4) استخدام الخطوط المنحنية مبنى كازا ميللا برشلونة للمعماري انطوني جاودي</p>	يوحي بالحدة في التشكيل ويختلف باختلاف الزاوية وتوحي الزاوية القائمة بالثبات.	أكثر مشقة في قراءته نظراً لصعوبته تتبع التغيرات المفاجئة لاتجاهه كما تزيد مشاققة قراءته كلما زادت حدة الزاوية.	هو توالي مستقيمات متصلة طرفاً بطرف في اتجاهات مختلفة	
 <p>الشكل (2-5) استخدام الاسطح المستوية مبنى مكتبة برودا-فلوريدا</p>	بانحناء الخط يتغير التأثير الناتج عن صلابة الخط المستقيم وحدة الخط المنكسر فتجد ليونة وسلاسة.	سمته الليونة مع الاستمرارية وكذلك الغنى في التشكيل.	وهو عدة انواع حسب طريقة رسمه:(خط منحنى بمركز واحد، خط منحنى بعده مراكز، خط لولبي، خط منحنى حلزوني، خط منحنى بقوانين خاصة)	
 <p>الشكل (2-5) استخدام الاسطح المستوية مبنى مكتبة برودا-فلوريدا</p>	توحي باتزان مؤكد وكذلك ثبات مادي للشكل.	نجد ان الخطوط المكونة للمحيط تحدد سمة السطح(فالسطح المحدد بالمربع يختلف عن السطح المحدد بمثلث وهكذا) .	وتنتج من تحرك خط مستقيم في الفراغ موازياً لنفسه مثل(المثلث ،المربع ،المعين، المستطيل...)	الاسطح



	<p>ترتبط هذه الاسطح عادة بفكرة التغليف</p>	<p>الخطوط المنحنية تجلب دائماً سمة الليونة للأشكال.</p>	<p>مثل الاسطوانة والمخروط والسطح المموج والكروي الذي ينتج من الدوران الكلي لنصف دائرة حول قطرها.</p>	
<p>لشكل (2-6) اوبرا سيدني واستخدام الاسطح المنحنية</p>	<p>ينتج الإحياء بالسكون بسبب رأسية أوجه الأشكال</p>	<p>تكتسب الأجسام المنتظمة سماتها من شكل هيكلها.</p>	<p>وهي الأجسام ذات الهيكل المتماثل في التكوين مثل الهرم والكرة.</p>	
	<p>الشكل المخروطي وكذلك المنشوري حيث الارتفاع أكبر من القاعدة مما يوحي بالصعود والاندفاع للأعلى</p>	<p>تنتم الأجسام غير المنتظمة بسمة الاستطالة والتوجيه.</p>	<p>الأجسام شبه المنتظمة وتشمل الاجسام المنشورة، الاسطوانة ، المخروط...</p>	
<p>الشكل (2-7) الثبات في الهرم والصعود الى الاعلى</p>		<p>الجسم غير المنتظم لا يخضع تكوينها لأي قاعدة.</p>	<p>والأشكال غير المنتظمة</p>	<p>الاجسام</p>
 <p>الشكل (2-8) استخدام الاشكال غير المنتظمة متحف جوجنهايم المعماري فرنك جيري</p>				

جدول (1-2) الخواص الهندسية والسمات المميزة وكذلك المعاني الايجابية لعناصر التشكيل المعماري<sup>1</sup>

<sup>1</sup> حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف، القاهرة، 1984م

## 2-1-3 وسائل التشكيل المعماري :

يمكن القول بأن وسائل التشكيل المعماري هي (الشكل ، الفضاء ، اللون ، القيمة الضوئية، الملمس) والتي تتداخل فيما بينها لتعمل مجتمعة ضمن التشكيل المعماري الكلي.

### 1. الشكل :

الشكل في التشكيل هو صفة تجريدية ندركها في العقل عن طريق الحواس ،وهو ليس الشيء أو الجسم نفسيهما، فالشيء أو الجسم مادة ويمكن إدراكه بالحواس. لا يمكن للشكل والجسم الاستغناء عن بعضهما لآخر، حيث أنهما يكونان وحدة متماسكة ومتكاملة ومتحدة. وكل شيء موجود يكون له شكل وكل شكل لديه مادة تسنده، وجسم يتواجد فيه، والمادة هي الوسيلة إلى (الإحساس)

الشكل : هو الوسيلة إلى (إدراك) الشيء، فإذا وجد في الكون أشياء لا شكل لها فلا يمكن للإنسان

أن يعرفها أو يدركها.<sup>1</sup> ويمكن تعريف الشكل بأنه التكوين النهائي لعناصر المبنى الذي يتحدد بواسطة الخط الخارجي له ،وهذه العناصر تشغل حيز من الفراغ.



الشكل (2-9) التشكيل بشكل غير منتظم للتعبير عن المستقبل

مبنى المستقبل - فرنسا

المصدر (54): <https://www.facebook.com/almaaly.ACG/posts/585078698638472> /



الشكل (2-10) التشكيل بشكل منتظم كتجريد لزهرة اللوتس

معبد اللوتس-دلهي الهند

المصدر (43): <https://raw-magazin.blogspot.com/2016/11/the-lotus-temple-a-blossom-of-inspiring>

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ،ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ1، القاهرة ،دار الشروق،1997

## 2. الفضاء:

يعرف الفضاء تشكيمياً بأنه : كل المساحة داخل الاطار والغلاف و المتضمنة فيه و ما نراه كتجربة مرئية خارجة.<sup>1</sup> و أنه شكل مرئي غير ملموس يعد خاصية للضوء بأبعاد ومقاييس مختلفة ويعتمد كلياً على ما يحيط به ويتعين بعناصر الكتلة . وتصنف الفضاءات اعتماداً على موقعها:

فضاءات خارجية (مفتوحة):تحدد وتحيط بالكتلة التشكيلية الخارجية للمبنى كما يوضح الشكل (2-12)

فضاءات داخلية (مغلقة): يحيط الشكل فيها ببنية معقدة أو بسيطة كما يوضح الشكل (2-13)

فضاءات متوسطة (شبه مفتوحة): كائنة بين الأشكال ممتزجة معها (متداخلة) كما يوضح الشكل (2-14)



الشكل (2-11) التشكيل بفضاءات مفتوحة فندق ريجيونج- كوريا الشمالية ، المصدر(34):

[https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%86%D8%AF%D9%82\\_%D8%B1%D9%8A%D9%88%D8%BA%D9%8A%D9%88%D9%86%D8%BA](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%86%D8%AF%D9%82_%D8%B1%D9%8A%D9%88%D8%BA%D9%8A%D9%88%D9%86%D8%BA)



الشكل (2-12) التشكيل بفضاءات مغلقة استاد بكين-الوطني -الصين ،

المصدر(48):

<https://www.archinform.net/projekte/12579.htm>

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ1، القاهرة ،دار الشروق، 1997



الشكل ( 2-13 ) التشكيل بفضاءات متوسطة في تشكيل مبنى تلفزيون فوجي طوكيو -اليابان, المصدر(35):

[https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%84%D9%81%D8%B2%D9%8A%D9%88%D9%86\\_%D9%81%D9%88%D8%AC%D9%8A](https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%84%D9%81%D8%B2%D9%8A%D9%88%D9%86_%D9%81%D9%88%D8%AC%D9%8A)

### 3. القيمة الضوئية:

فالقيمة الضوئية ما هي إلا الضوء الرئيسي ودرجاته المتفاوتة اعتماداً على شدة الضوء وزاوية الإسقاط على الشكل . ويستغل هذا العنصر التشكيلي لزيادة قوة تعبير الاشكال واستغلاله في التأثيرات البصرية في البروزات، فإن أي بروز في الشكل يؤدي إلى الحصول على قيم ضوئية مختلفة وتلاعب بالظل والضوء.



كما يوضح الشكل ( 2-15 ).<sup>1</sup>

الشكل ( 2-14 ) تأثير الضوء الطبيعي على التشكيلات المعمارية في أعمال المعماري نورمان فوستر

المصدر(69): [virgingalactic.com](http://virgingalactic.com) ؛ NMSA Strategic Business Plan 2013-2018

ويمكن تقسيم مصادر الاضاءة في العمارة الى: (الإضاءة الطبيعية –الإضاءة الصناعية)

–الإضاءة الطبيعية :ومصدرها الشمس، وتتوقف خواصها على حالة الجو ، كما تؤدي حركة الشمس على واجهات المباني والكتل المختلفة دوراً في عملية التشكيل المعماري ،مما يلزم المعماري القيام بدراسة حركة الشمس واختيار المواد والتشكيلات المختلفة بما يناسب ذلك .كما ينعكس تأثير الاضاءة الطبيعية على التصميم الداخلي، ويمكن للمعماري أن يستغل خواص الضوء وشفافية الزجاج الابيض أو الملون في إضفاء حيوية على التصميم الداخلي للفراغات المختلفة.<sup>1</sup> كما في الشكل ( 2-15 )

<sup>1</sup> حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف ،القاهرة ،1984م

-الإضاءة الصناعية : وهي إما إضاءة خارجية خاصة بالطرق ومواقع المباني وواجهات المباني للحصول على تشكيلات وتعبيرات معمارية خاصة في أثناء الليل، أو داخلية للفراغات المختلفة.  
كما في الشكل (2-16)

وبشكل عام فإن الإضاءة الصناعية تنقسم إلى :

- إضاءة مباشرة : باستعمال وحدات إضاءة ظاهرة.
- إضاءة غير مباشرة : وتتم بإخفاء مصدر الضوء.
- مختلطة :مباشرة +غير مباشرة



الشكل ( 2-16 ) الإضاءة الصناعية لبنك هونغ كونج ليلاً

الشكل ( 2-15 ) بنك هونغ كونج في ضوء النهار الطبيعي

المصدر (41) : <https://mimirbook.com/ar/6b18dc27067>

#### 4. اللون :

ينتج عن اللون تأثيرات فسيولوجيا وسيكولوجيا على الإنسان ، وقد استخدمت الألوان في العمارة منذ الحضارة الفرعونية وخاصة في الجدران والأسقف الداخلية.<sup>1</sup> ويعرف اللون صفة من الصفات المنسوبة إلى سطوح الأشكال ، تنتج عن الاستجابة البصرية للأطوال الموجية المختلفة للضوء المنعكس عن تلك السطوح، أو يعتمد على تردد الإشعاع الذي يصل الى حاسة البصر.<sup>2</sup>  
وللون أهمية كبيرة في التشكيل المعماري ، يساعد على تحقيق الوحدة أو التنوع، حيث أن الألوان المتوافقة تساعد على تحقيق روح الوحدة بينما يحدث التنوع عند استخدام الألوان المتناقضة. كما يوضح الشكل (2-17)

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ،ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ1،القاهرة ،دار الشروق،1997



ويمكن أيضاً تميز جزء معين من المبنى بتغيير لونه عن باقي المبنى لجذب عين المشاهد إليه، وغير ذلك الكثير من الحالات التي استخدمها المعمارين للوصول الى تحقيق أفكارهم المختلفة في التشكيل من خلال استخدام الالوان ويوضح الشكل (2-18) .



الشكل (2-17) التشكيل باستخدام التناقض بين الالوان وتميز وسائل الحركة مبنى الشرفة مدريد اسبانيا  
المصدر (68): <http://4.bp.blogspot.com/-GSBXI0tbvpo/T4aQnEDmpjI/AAAAAAAAAB1w/wxGzNjp828w/s1600/Amazing+Buildings+-+014.jpg>



الشكل (2-18) تأثير اللون على التشكيلات المعمارية في اعمال المعماري فرانك لويد رايت  
المصدر (40): [https://la.wikipedia.org/wiki/Francis\\_Lloyd\\_Wright](https://la.wikipedia.org/wiki/Francis_Lloyd_Wright)

## 5.الملمس:

يجب أن يؤكد الملمس على طبيعة الأسطح المعمارية المكونة للمبنى وظيفياً وفنياً. فالملمس هو المظهر الخارجي لسطوح التكوينات والأشكال المختلفة التي نراها، وهناك الكثير من المواد المستخدمة في إكساء وإنهاء الأسطح المعمارية مما تجعل المعماري يقف متحيراً عند اختياره لأي منها، لذا يجب أن يضع المعماري أمامه أهداف معينة يستطيع بتحقيقها الارتقاء بالتشكيل المعماري.<sup>1</sup>  
حيث أن نسيج المادة المستعملة يمكن التحكم به ليصبح جزءاً حيوياً من التصميم النهائي من خلال التعامل مع المادة نفسها بطرائق مختلفة لتضفي على التصميم تأثيرات حسية وروحية مميزة ومتميزة. وهناك مستويات للتشكيل المعماري بالملمس وهي :

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ، القاهرة، دار الشروق، 1997

- التشكيل بمادة واحدة ذات تأثير خشن أو ناعم شفاف أو مصمت كما في الشكل (2-19)
- التشكيل بسطح متغلب في المساحة وآخر متناقض وثالث مساند كما في الشكل (2-20)
- التشكيل بسطح متغلب في المساحة و سطح آخر متناقض في المساحة والملمس كما في الشكل (2-21)

كما يؤثر الملمس على الحالة النفسية للإنسان ويعطي انطباعات مختلفة مثل :  
الملمس الناعم الذي يعطي انطباع بالتأنق والخفة، الملمس الخشن الذي يثير انتباه الانسان ويعطي انطباع الدفء كما يؤكد على معنى القوة .



الشكل (2-20) اكاديمية السادات د.علي رافت التشكيل  
بلمس متغلب من طوب واخر متناقض من الزجاج العاكس  
المصدر(6): د. رأفت ، علي ،ثلاثية الابداع المعماري



الشكل (2-19) التشكيل بمادة واحدة متحف جوجنهايم استخدام  
الخرسانة المعماري "فرانك لويد رايت"  
المصدر(32):<https://almadasupplements.com/view.php?cat=14584>



الشكل (2-21) كنيسة وودفيرست التشكيل بسطح متغلب من الطوب واخر متناقض بياض والثالث مساند من الحجر  
المصدر(38): [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Edgar\\_wood\\_centre](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Edgar_wood_centre)

## 2-2 الواجهات المعمارية:

المبنى كائن حي في بنيته، وكتلة من الأحاسيس والشعور تعكسها واجهاته. إذ يمكننا التعبير عن شيء من خلال إلقاء نظرة أولية عليه. فنقوم بوصفه (شكله، لونه، واستخدامه... إلخ) وكل هذا بشكل أولي وعنوان المبنى وواجهاته فيمكننا قراءة التعبير عن المكونات الداخلية من خلال هذه الواجهات، وتحليل الواجهات المعمارية علينا إدراك المكونات الأساسية للواجهات والتي يطلق عليها اسم الصفات الخارجية للمبنى والمتجسدة في : الجدران والأسقف والفتحات.<sup>1</sup>

إذاً الواجهة المعمارية هي المرآة التي تعكس حالة المبنى وتعبّر عن وظيفته الداخلية بإيحاء معين، وتتعدد هذه الإيحاءات والتعابير بدراسة الواجهات فيمكننا تصنيف هذه الواجهات كما يلي:

1-الواجهات الأكاديمية

2-الواجهات الفنية (الفانتازيا)

3-الواجهات التعبيرية

4-الواجهات الرمزية(ذات الطابع الفلسفي)<sup>1</sup>

**1-الواجهات الأكاديمية:** الواجهة المعبرة عن وظيفة المبنى ،وذلك بأن نقرأ في واجهة البناء أقسامه الداخلية (القسم الخدمي ، الثقافي ، الترفيهي،.....حسب متطلبات المشروع )، وهناك واجهات مباني تحتوي بعض المدلولات بمجرد رؤيتها في المبنى تعرف وظيفة المبنى الداخلية مثل :

العنصر	المدلول الوظيفي للمبنى
مئذنة	جامع
مدخنة	مصنع
بلاكين	سكن
فتحات كبيرة	ترفيهي - تجاري
فتحات صغيرة طولية أو عرضية (الداخل او الخارج)	خدمي

الجدول(2-2) يوضح العنصر في الواجهة المعمارية ومدلوله الوظيفي<sup>1</sup>

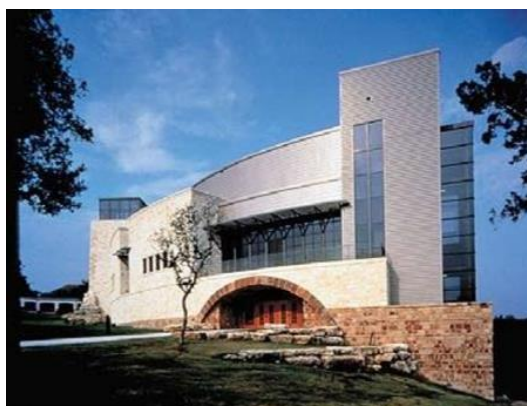
<sup>1</sup> د.ودح،هاني هاشم ، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين، 2005م



ويمكن استقراء البيئة والمناخ لموقع مشروع معين سواء كان هذا الموقع في منطقة (حارة أو باردة): من خلال بعض العناصر في واجهة هذا المبنى التي تتميز بها كل منطقة من المناطق :

المناخ/العنصر	الفتحات	المادة	شكل التسقيف	اللون
حار	صغيرة مثلثية علوية للتقليل من أشعة الشمس	حسب المواد المتوفرة غالباً من طين أو حجر	مستوي أو قباب	الالوان الباردة ابيض ،سماوي
بارد	كبيرة (لاستيعاب اكبر كمية من أشعة الشمس)	حسب المواد المتوفرة غالباً من الخشب	مائل باتجاه واحد أو اثنين	الالوان الحارة أحمر، قرميدي

الجدول (2-3) يبين استقراء البيئة والمناخ في منطقة (حارة أو باردة ) من خلال بعض العناصر في واجهة المبنى<sup>1</sup>



الشكل(2-22): مبنى اداري واجهة اكااديمية

المصدر(7): د.ودح،هاني هاشم ، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية

<sup>1</sup> د.ودح،هاني هاشم ، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين، 2005م

**2-الواجهات الفنية (الفانتازيا):**هي الواجهات التي تستقي تشكيلها من مدارس الفنون الجميلة بأشكالها المختلفة (التقليدي ،التجريدي ،التكعيبي ،الانطباعي ،التعبيري ،السريالي...الخ من المدارس المتنوعة) ولا بد من أن تعكس هذه الواجهات وظيفة المبنى الى خارجه بصورة أو بأخرى ،وتكون الغاية الاساسية لمثل هذه الواجهات لفت أنظار المارة (تعد عنصر جذب للسياح، لاسيما اذا كان المبنى ذا طابع سياحي ثقافي)<sup>1</sup>



الشكل (2-23) متحف المهندس المعماري Frank Gehry ألمانيا

المصدر (45): <https://www.architecturaldigest.com/gallery/best-of-frank-gehry-slideshow>

**3-الواجهات التعبيرية:**وهي الواجهات التي تعكس الوظيفة الداخلية للمبنى بطرق مختلفة(الانشاء ،مواد البناء، الاكساء) ويكون لهذه الطرق الدور الاساسي للتعبير عن مكونات الوظيفة الداخلية للمبنى . فمثلاً مركز جورج بومبيدو في فرنسا ،يوجي للناظر ومن الوهلة الاولى بأنه مبنى ذو وظيفة إنتاجية ،ولكن تمكن مصمماه من التعبير عما يجري ضمن المركز من حركات وظيفية كثيرة تخص المركز الذي يحوي العديد من الوظائف (وهذه الوظائف لم تكن تتعكس على الواجهات عادة ،فغالباً ما تكون واجهات المبنى بسيطة على عكس وظيفته الداخلية ) ووظفا الالوان أيضاً في التعبير عن توزيع الحركة .<sup>1</sup>



الشكل (2-24) مركز بومبيدو الثقافي -فرنسا- باريس

المصدر (42): <https://tounaa.com/listings/centre-georges-pompidou-paris/>

<sup>1</sup> د.ودح،هاني هاشم ، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين، 2005م

#### 4-الواجهات الرمزية (ذات الطابع الفلسفي): فكما للأرقام تعابير ورموز كذلك للأشكال الهندسية وبدءاً من النقطة وحتى الدائرة لها تعابير ورموز ايضاً.<sup>1</sup>

الرمزية	اسم الشكل الهندسي
الخالق	النقطة
الفكر	الخط المستقيم
الروح	المثلث
المادة	المربع
الطبيعة	المخمس
جسم الانسان	المسدس
العالم او ما يعبر عنه	المسبع
القيم الحسية	المثمن
الكون	الدائرة

جدول (2-4) يبين رمزية الاشكال الهندسية<sup>1</sup>

ومما سبق من رموز وتعابير للأشكال الهندسية يمكن استقراء التشكيل المعماري للواجهات التي تحمل طابع الرمزية ويتم التعبير عن الوظيفة الداخلية للمبنى روحانياً وفلسفياً ،فعلى سبيل المثال مكتبة الاسكندرية في مصر، جاء التصميم على شكل قرص ليرمز به الى الشمس ،والنور المنبثق من هذا القرص ما هو الا العلم والمعرفة .



الشكل (2-25) مكتبة الاسكندرية -مصر

المصدر(33):- <https://almoheet.net/%D9%85%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85%D8%A7%D8%AA-%D8%B9%D9%86-%D9%85%D9%83%D8%AA%D8%A8%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%83%D9%86%D8%AF%D8%B1%D9%8A%D8%A9/>

<sup>1</sup> د.ودح،هاني هاشم ، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين، 2005م

## 2- 3 الأبنية العامة :

### مفهوم المبنى العام:

هو مبنى مخصص للأنشطة غير السكنية وتحتوي وظائف عامة يؤدي بها الإنسان حاجاته الضرورية وأعماله وأيضاً حاجاته الترفيهية والتعليمية.<sup>1</sup>



الشكل (27-2) مجلس الوزراء في دمشق



الشكل (26-2) مصرف سوريا المركزي

المصدر: الباحث

يفرض على هذه الأبنية العامة أن تتصف بالهيبة والوقار وحسن اختيار الموقع التي تشاد عليه، وأن تكون من الداخل مهيأة لعمل الموظفين واستيعابهم واستقبال المواطنين الذين يقصدونها لإنجاز معاملات لهم وقضايا تتعلق بهم، وهو ما يأخذنا أيضاً باتجاه أن يكون المبنى مهيئاً لكل ذلك مكانياً ووظيفياً طبقاً لطبيعة هذه الجهة أو تلك التي تقيم به وتشغله، فيكون بالدرجة الأولى مريحاً للموظف يمارس فيه عمله بارتياح. كما يجب أن يكون البناء من الداخل مهيئاً لنوع العمل الذي تمارسه الجهة العامة التي تشغله وهو الذي يساعد على حسن أداء الموظف لعمله في الجو والمحيط والبيئة الداخلية المريحة والمناسبة، ما يحسن أدائه ويرفع مستوى كفاءته الإنتاجية، هذا من جهة الموظف فقط، أما فيما يتعلق بالمواطنين فهذه على درجة كبيرة من الأهمية أيضاً ويقتضي إلى الكثير من الدراية بطبيعة عمل هذه الجهة أو تلك وحجم وأعداد وكثافة المواطنين الذين يقصدونها ويزورونها ، ويراجعونها.

تختلف كل مؤسسة عن الثانية فالمباني التي تتبع لوزارة الثقافة مثلاً تختلف في طبيعة عملها عن المباني التي تتبع للنفوس والأحوال المدنية ، حيث قد يقصد الأولى عدد محدود من الناس ، بينما تكبر الأعداد وتزداد إلى درجة كبيرة في الثانية، والأمثلة على ذلك كثيرة جداً وتخص كل مبنى عام من دون استثناء، وكل هذا يقودنا إلى القول بأهمية أن يتوافق المكان مع احتياجات هذه الجهة أو تلك الوظيفية التي تتيح لها انسيابية الحركة وتوفر المكان المناسب والملائم لراحة المواطن والمراجع طبقاً لآلية عمل المؤسسة الحكومية المعنية فلا يكون هناك ازدحام أو عناء للمواطن في الحركة وفي متابعة ما جاء من أجله، هذا فيما يتعلق بالمكان من الداخل، ولكن أشياء أخرى أيضاً على درجة من الأهمية تستدعي الالتفات إليها والاهتمام بها، وهي موقع البناء فأن يكون في شارع فسيح وفي مكان يسهل الوصول إليه والدلالة عليه ،

<sup>1</sup> الجبان مايا 2015، تقييم جمالية المباني العامة المعاصرة (مباني مدينة دمشق ) رسالة ماجستير ،كلية الهندسة المعمارية ، جامعة دمشق .

وتتوافر فيه الأماكن المناسبة لوسائل النقل العامة والخاصة كمواقف للسيارات مثلاً، وهو أمر على درجة كبيرة من الأهمية.

فالبناء بذاته وطريقة تصميمه الهندسية والمعمارية وشكل واجهاته الخارجية لها دور مهم جداً في إظهار جمالية المبنى أيضاً ، فالمبنى العام وبمعنى آخر المبنى الحكومي يمثل هيبة الدولة ، ويحمل اسمها على مدخله، فالمواطن ذاهب إلى مكان هو جزء من نظام عام له خصوصيته ، وهنا يلعب الشكل الخارجي دوره اذ عليه أن يلعب دوراً في إحساس المواطن بأنه في مكان له خصوصية تتطلب الانضباط والنظام وحسن التصرف وهي جزء من كيان عام له مكانة متميزة، ويتطلب أن يكون معبراً بطبيعة عمل هذه الجهة أو تلك وبأنها وإن كانت تشغلها جهة عامة ، فهي تتمتع أيضاً بخصوصية تفرض احترامها، المظهر قد يكون أعم من الشكل يتطلب أن يخلق لدى المواطن أو المراجع مثل هذا الإحساس بهيبة الجهة التي يقصدها وما تعنيه له من التزامات في طريقة التعامل والتصرف في داخلها إن المبنى العام وخصوصيته يتطلب اهتماماً خاصاً بالوظيفة يبدأ بتقسيماته الداخلية و لا ينتهي عند واجهاته الخارجية وجمال مظهره الخارجي ومن هنا يحتل تصميم وتنفيذ هذه المباني اهتماماً وعناية خاصة ومتفهمة من قبل المهندس المعماري، ومن الجهة التي تطالب إقامة هذا المبنى فتتيح للمهندس والمعمار حرية الحركة في اختيار ما هو أفضل، ناهيك عن أن يكون الموقع والمكان أصلاً قد تم اختياره بعناية وتتوافر له جميع الشروط التي تجعل كل هذه العناصر مع بعضها متكاملة وتؤدي الغرض المنشود. وتنقسم المباني العامة إلى عدة أنواع:



الشكل ( 28-2 ) مكتبة الاسد الوطنية في دمشق.

المصدر:الباحث

- المباني الإدارية التي تضم مباني المكاتب والمباني الحكومية.
- المباني التعليمية كالمدارس و الجامعات.
- المباني الترفيهية من كافيتريات ومطاعم و فنادق ومسارح و دور السينما.
- المباني الصحية كالمشافي والمستوصفات.
- مباني الثقافية والفنية كالمتاحف و المعارض والمراكز الثقافية والمكتبات العامة.
- المباني الدينية من جوامع و كنائس.
- مباني تجارية كالمولات والمحلات التجارية.

فالتطرق الأساسية للوصول للتصميم الجيد للمباني العامة:

- احترام وتعزيز الموقع والبيئة والمجتمع المحلي .
- تناسب تكاليف المبنى مع الامكانيات الاقتصادية .
- خلق مرونة وإمكانية التطوير الدائم للمباني المستدامة والسليمة بيئياً بالنسبة للمجتمع.
- توفير الكفاءة الوظيفية والمساحات القابلة للتكيف والعمل والترفيه.

- أن تكون جذابة وصحية للمستخدمين والعامة.
- استخدام الفضاء والمواد والموارد مع الخيال والكفاءة .
- أن تكون المباني آمنة وسهلة الصيانة.<sup>1</sup>
- ومن المحددات التصميمية التي يجب معرفتها عند تصميم المباني العامة:
- المتعاملون مع المبنى.
- المواد الداخلة والخارجة من المبنى.
- خصائص الموقع.
- طريقة الدخول للمبنى.
- فصل خطوط سير الافراد والمواد.



الشكل (2-29) مبنى كلية الطب على اتوستراد المزة  
وعلى الضفة الاخرى من الاتوستراد مبان سكنية جامعية  
المصدر:الباحث

#### اولا :المتعاملون مع المبنى:

يقسم الاشخاص المتعاملون مع المبنى العام الى قسمين : (المستفيدون والعاملون )  
المستفيدون : كل مبنى له مستفيدون يترددون عليه مرة واحدة ،أو عدة مرات على مدار السنة الواحدة أو عدة سنوات ،كالطلبة المترددين على المدارس والجامعات .

العاملون : كل مبنى عام تقوم على تشغيله أعداد متفاوتة من العاملين.<sup>1</sup>

ثانيا خصائص الموقع : لموقع المبنى خصائص عديدة أهمها:

المناخ :يجب تحديد الظروف المناخية لأي موقع وتحليلها ، وتسجيل النتائج في جداول ورسومات بيانية ومراعاة العوامل المناخية الأساسية .

طبوغرافية الموقع : تعد دراسة تشكيل الأرض من أهم الدراسات التمهيدية لأي مشروع معماري أو تخطيطي وعند عمل هذه الدراسة تؤخذ بعين الاعتبار كل العناصر المكونة للموقع .<sup>1</sup>

#### ثالثا: طريقة الدخول للمبنى :

يجب توفر مداخل للمستفيدين والعاملين والمواد ولكل على حدة. فالمدخل هو مرحلة لانتقال بين الداخل و الخارج للاستقبال والمراقبة والتوجيه وإعطاء الانطباع الاول عن المبنى ،فالمسقط المعماري الصحيح يوجه القادم الى ما يريده دون الحاجة الى قراءة لافتات أو الاستعلامات .

<sup>1</sup> د. رأفت ، علي ،ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ،1،القاهرة ،دار الشروق،1997



#### رابعاً : المبادئ العامة التي تحكم خطوط سير الأفراد والمواد داخل المبنى :

يجب أن يراعي المصمم عموماً في خطوط السير ما يلي :

- فصل خطوط سير كل العاملين والمواد في أي مبنى عام وذلك بعمل مدخل خارجي وخاص لكل منهم ،مع دراسة مفصلة لخطوط السير من فراغ لآخر حتى ينتهي التقابل.
- فصل خطوط سير المستفيدين والعاملين من مداخلهم الخاصة وحتى وصولهم للفراغات المخصصة لتقابلهم.

كما تتعدد تشكيلات الكتل والحلول المعمارية للمباني العامة، حيث يتوقف ذلك عدة عوامل منها :

- 1 -الغرض من المبنى (شركة - مؤسسة حكومية ...إلخ) .
  - 2 -عدد العاملين في المبنى وكذلك عدد مستخدمي المبنى من الجمهور .
  - 3 -موقع المبنى العام بالمخطط العام للمدينة .
  - 4 -مساحة الارض المخصصة للمشروع .
  - 5 -البرنامج الوظيفي للمشروع .
  - 6 -الفكر والرؤية المعمارية للمصمم .
- ومن المعايير المتبعة في دراسة تشكيل واجهات المباني العامة التي يجب اخذها بعين الاعتبار :

- 1- الاشكال والنسب الهندسية الممكنة التشكيل للواجهة
- 2- المجازات المسموحة من دون أي تدعيم اضافي
- 3- مواد الإنشاء الظاهرة وأسلوب معالجتها
- 4- نسبة الشفافية بحسب نوع المبنى العام
- 5- التوافق مع مواد الإكساء الأخرى
- 6- التوافق مع أنظمة الفتحات

#### محددات التشكيل المعماري للمباني العامة :<sup>1</sup>

- 1- تحليل النسب الهندسية المعتمدة في الواجهات واستنتاجها وذلك حسب نوع المبنى العام و التزام المصمم بالتناظر بدءاً من المسقط المتناظر ذي النسبة الديناميكية وصولاً إلى الواجهات ومحورية للعناصر المشكلة للواجهة في بعض المباني العامة الادارية التي تتطلب ذلك .
- 2- دراسة الإيقاع المتبع في الواجهات وهو مجموعة من الخطوط والمستويات والكتل والزخارف والالوان، تتكرر بشكل منتظم . وهناك ثلاث أشكال للمنظومة الايقاعية :

<sup>1</sup> .د. ودح ، هاني هاشم ،دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين-2005

• إيقاعات الخطوط (وتكون بعرض صغير رأسياً أو أفقياً) بهدف كسر الملل وتمييز بعض العناصر التصميمية .

• إيقاعات المستويات أو السطوح : وتتمثل في سطوح عريضة أفقية ، رأسية ، دائرية أو منحنية .

• إيقاع الكتل : وهو عبارة عن مجموعة من الكتل والحجوم ذات الشكل المميز .

• إيقاع النوافذ: وهو حسب نوع المبنى ففي المباني العامة الادارية تتميز النوافذ بطابع التكرار الطولية أو العرضية أما في بعض المباني العامة الأخرى فيمكن أن يتميز بإيقاع نوافذ خاص يميزه عن باقي المباني .

3- دراسة خضوع المبنى لوحدة معمارية فالوصول بالعمل المعماري الى شكل موحد مستمر متكامل مهما بلغ تعقيدته وتركيبه وتكوينه، بحيث يترك انطباع بصري وذهني لدى المتلقي ،يخلو من التفكك أو التشتت وعدم التجانس .ويمكن حل مشكلة الملل بالتنوع المدروس في الكتل البارزة والغائر والالوان والزخارف ..وهناك أربع أشكال للوحدة :

• وحدة الشكل : وفيه يكون الوصول الى الوحدة في الواجهات المعمارية عبر توحيد أشكال العناصر المستخدمة في تصميم الواجهة.

• وحدة الكتل والملمس :الجمع بين الكتل أو الأجزاء الكبيرة في المبنى من حيث الشكل والملمس .

• وحدة المادة : وفيه يكون الجمع بين أجزاء المبنى من خلال وحدة المواد المستخدمة.

• الوحدة باستخدام الألوان: حيث يتم جمع كتل المبنى من خلال وحدة الألوان المستخدمة في واجهاته.

4- تحليل المقياس الظاهر في الواجهات وتأثيره في جمالية الواجهة: فالمقياس هو النسبة والعلاقة بين الحجم الظاهري للمبنى وحجمه الحقيقي ويجب أن يبدو المبنى بما يدل على حجمه الحقيقي ويمكن التأكد من صحة المقياس وتقدير الحجم الحقيقي لمبنى ما ، بمقارنته بشيء ثابت معروف الحجم مثل جسم الانسان وارتفاع درجات السلم والسيارات . فالمبنى العام يتكون من مجموعة من الكتل أو كتلة واحدة فهي تمتد أفقياً وشاقولياً فحسب نوع المبنى تختلف مقياسه وارتفاعاته.

5- دراسة المبنى من حيث الاستقرار والتوازن يتحقق نتيجة تماثل شكل المبنى حول محور رأسي ، أو مع ما حوله من مباني أو دراسة حدائقية . ويقسم الى نوعين أساسيين:

• اتزان متماثل أو متناظر : وهي تقسيم واجهة المبنى الى قسمين متشابهين تماماً حول محور

رأسي يمر بمنتصف الواجهة و من أهم عناصر توازن البناء هو الشعور باستقراره .

• الاتزان غير المتماثل : اتزان المبنى من خلال التكوين الحجمي المستقر أو من خلال الدراسة الكتلة واللونية للسطوح والعناصر .



## **2-4 العلاقة المتبادلة بين المبنى العام والبيئة المحيطة :**

يجب على البناء تلبية احتياجات شاغليه كتوفير الحماية لهم من العوامل الجوية وتأمين الشعور بالراحة وخلق التواصل مع البيئة الطبيعية ، ويتم ذلك من خلال تكامل المبنى مع محيطه وفق قواعد التخطيط والتصميم والتنفيذ. ويتأثر تصميم المبنى بشكل أساسي بنوع النشاط البشري الذي يمارس في المبنى وموقعه الجغرافي ، كمناخ المنطقة والبيئة المحيطة بالإضافة الى مجموعة من العوامل الاخرى. ويتطلب النشاط البشري في المباني العامة تأمين الفراغات الملائمة لهذا النشاط وتحقيق الراحة الحرارية وغيرها من العوامل ، من خلال الالتزام بالقواعد الأساسية للتصميم وبمراعاة المناخ السائد في المنطقة . ويتكون المبنى من عدة أنظمة رئيسية تقسم الى عدة أنظمة فرعية بحسب أهداف الدراسة ،ويمكن تقسيم المبنى الى : الهيكل والغلاف والفراغات الداخلية والخدمات <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> الحسن، وسيم أحمد 2014. أساليب دمج الخلايا والمجمعات الشمسية بالمباني السكنية متوسطة الارتفاع "مدينة حمص - نموذجاً". رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة البعث، حمص، سوريا.

## **الفصل الثالث: تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل المعماري:**

### **1-3 تحقيق الخلايا الكهروضوئية لوسائل التشكيل المعماري :**

إن المشكلة الأساسية عند إضافة الخلايا الكهروضوئية إلى المباني هي الفصل بينها وبين جماليات وعلاقات التشكيل المعماري ، واعتبارها جهاز لتوليد الطاقة يتم إضافته بدون روح تشكيلية لذلك فقد عني البحث بتطبيق الخلايا تبعاً للقواعد التشكيلية وتوضيح مدى إمكانية الخلايا لتحقيق وسائل التشكيل المعماري المختلفة حتى يتم التعامل معها من قبل المماريين كعنصر تشكيلي يحقق التناغم والتناسق مع باقي العناصر التشكيلية للمبنى، بالإضافة إلى الدور الأساسي وهو توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة والذي بتحقيقه يصبح التشكيل المعماري مستدام.<sup>1</sup>

### **1-1-3 تحقيق الشكل والفضاء للخلايا الكهروضوئية:**

تملك الخلايا الكهروضوئية القدرة على تحقيق الاتزان في الشكل المعماري بأشكال سهلة الإدراك والاستيعاب ، حيث يمكن تحقيق التشكيل العضوي مع المبنى بحيث تصبح جزء لا يتجزأ منه ولكن كي يحدث هذا لابد أن يتم التعامل مع الخلايا الكهروضوئية عند إدخالها في التشكيل المعماري كعنصر تشكيلي يمكنها تحقيق الشكل الجمالي بجانب دوره الوظيفي في إنتاج الطاقة الكهربائية .



الشكل ( 1-3 ) تحقيق الشكل والفضاء للخلايا الكهروضوئية بتجميع مزيج من الخلايا من مركز على شكل زهرة على السطح حول الكور الداخلي في مبنى شركة بناء في لندن - المصدر (66):

[http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=384](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=384)

### **1-3-2 تحقيق القيمة الضوئية للخلايا الكهروضوئية:**

منذ تصنيع الخلايا الكهروضوئية كان الاهتمام الأكبر هو كيفية إنتاج الطاقة الكهربائية من الأشعة الشمسية ، وبالتالي كان يقتصر استخدام الخلايا وتأثيرها على المبنى في أثناء النهار عند وجود ضوء الشمس . أما مع التطور المستمر فقد أصبح الاهتمام بتأثير الخلايا على تشكيل المبنى ليلاً ونهاراً . وذلك من خلال استخدام الزجاج الكهروضوئي الشفاف ونصف الشفاف والخلايا الملونة وإضاءتها ليلاً فتؤمن جزء من الإضاءة الطبيعية نوعاً ما .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Xuan Xiaodong, Zheng Xianyou, Facade Design In Building Integrated Photovoltaics, Proceedings of ISES Solar World Congress, Solar Energy and Human Settlement, 2007



الشكل ( 2-3 ) تحقيق القيمة الضوئية الطبيعية والصناعية بشفافية الخلايا الكهروضوئية في واجهة مبنى شركة Solar façade

"Schott Iberica" في اسبانيا- المصدر (63): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=302](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=302)

### 3-1-3 تحقيق الملمس والنسيج للخلايا الكهروضوئية:

يستخدم الملمس والنسيج في التشكيل المعماري للتأكيد على عنصر أو تشكيل مميز بالمبنى ، ويتم من خلال تحقيق علاقات الانسجام والتوافق أو التضاد .وعند التشكيل بالخلايا الكهروضوئية يجب أن يكون ملمس الخلايا منسجم ومتناغم مع باقي عناصر التشكيل المعماري الأخرى للمبنى ،حيث تمتاز وحدات الخلايا عامة بملمس ناعم مصقول وعاكس في بعض الأحيان . كذلك تعطي شكل نسيجي خاص ناتج من ترتيب الخلايا بجوار بعضها البعض داخل الوحدات الكهروضوئية مما يجعلها لافتة للنظر ، وكذلك يسهل التعرف عليها عن باقي عناصر تشكيل المبنى.<sup>1</sup>



الشكل ( 3-3 ) تحقيق الملمس والنسيج للخلايا الكهروضوئية من خلال التضاد والتناغم بين نسيج وملمس الخلايا وتشطيب باقي

مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا

المصدر (52) : [http://www.edinburgharchitecture.co.uk/william\\_rankine\\_building.htm](http://www.edinburgharchitecture.co.uk/william_rankine_building.htm)

<sup>1</sup> Xuan Xiaodong, Zheng Xianyou, Facade Design In Building Integrated Photovoltaics, Proceedings of ISES Solar World Congress, Solar Energy and Human Settlement, 2007

### 3-1-4 تحقيق اللون للخلايا الكهروضوئية:

للون دور هام في إعطاءه دور جمالي عند تشكيل المبنى من حيث اتصاله بالبيئة المحيطة .حيث يغلب اللون الأزرق واللون الرمادي والأسود عند استخدامنا للخلايا الكهروضوئية ، ولكن مع التطور المذهل لاستخدام الخلايا الكهروضوئية في التشكيل المعماري للمباني ، فقد توفر العديد من الالوان .وذلك من خلال الخلايا السليكونية متعددة البلورة والتي يمكن إضافة اللون اليها عند تصنيعها . ونجد تأثيرات متنوعة عند استخدام الألوان المختلفة منها حيث يؤثر تغير اللون على الانعكاس ودرجة الشفافية والتأثير على تشكيل المبنى كله.<sup>1</sup>



الشكل ( 3-4 ) استخدام التشكيل من خلال الوان الخلايا الكهروضوئية المختلفة في مبنى مساكن الطاقة الكهروضوئية في المانيا  
المصدر (59) : [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=209](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=209)

### 3-2 التكامل المعماري بين الخلايا الكهروضوئية والشكل في المباني العامة من الناحية التصميمية :

التكامل المعماري للخلايا الكهروضوئية في المباني العامة هو دمج الخلايا الكهروضوئية في غلاف المبنى بطريقة تضيي فيها طابع جمالي ومعاصر للمبنى بالإضافة إلى استخدامها كعناصر متعددة الوظائف.<sup>2</sup>

يجب أن يكون تطبيق الخلايا الكهروضوئية في المباني جزءاً من نهج شامل ينبغي أن يتبعه المهندسين المعماريين. فاستخدام الأنظمة الكهروضوئية ذات الجودة العالية يمكن أن توفر جزءاً كبيراً من احتياجات الطاقة للمبنى إذا تم تصميم المبنى بالطريقة الصحيحة.

إن دمج الخلايا الكهروضوئية في مبنى جديد من خلال اتباع نهج شامل لا يعني فقط استبدال مواد البناء التقليدية، ولكن أيضاً دمجها بشكل جميل في المبنى هو ما يسمى التكامل المعماري.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Xuan Xiaodong, Zheng Xianyou, Facade Design In Building Integrated Photovoltaics, Proceedings of ISES Solar World Congress, Solar Energy and Human Settlement, 2007

<sup>2</sup> KAZEK, V 2012 .Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus

<sup>3</sup>. Solar Energy System in Architecture





الشكل (3-5): التكامل المعماري للخلايا الكهروضوئية في سقف مبنى BMW Welt، ميونخ، ألمانيا .

المصدر (49) : <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2013/09/03/bmw-welt-in-munich-germany-by-coop-himmelblau>

عادة ما تكون هناك ثلاثة مواقع لدمج هذه الأنظمة في المباني، الأسقف والواجهات ومكونات المبنى مثل مظلات خارجية للمطر وكاسرات لأشعة الشمس.



الشكل (3-6): دمج الخلايا الكهروضوئية بهيئة وحدات شفافة في مظلة المركز التجاري الترفيهي

Madrid-2 La Vaguada، مدريد، إسبانيا.

المصدر (62) : [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=299](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=299)

### **3-2-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الواجهات :**

يظهر تكامل الألواح الكهروضوئية مع الواجهات بشكل أكبر من الأسطح الأخرى ، ويمكننا من خلال توجيه الصحيح للواجهات أن نستثمرها بشكل كبير لتوليد الطاقة الكهربائية ، وتعرض الواجهات في بعض الأحيان للتظليل لفترات أطول مما تتعرض له الأسطح الأخرى لذا فإن تقييم الاستفادة من المنظومات الكهروضوئية للتكامل مع الواجهات يعتمد على مساحة الواجهات في مختلف الاتجاهات وعلى كمية الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه ضمن مناخ الإقليم وتستطيع الوحدات الكهروضوئية أن تحل محل مواد الانتهاء الخارجية المستخدمة في الواجهات وتتكامل معها لذا فمن المواصفات المهمة للوحدات الكهروضوئية المستخدمة في الواجهات هو المظهر العام الذي يجب أن يكون مقبول معمارياً ، كما ينبغي أن تكون الوحدات المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق وذات متانة عالية لحمايتها من التخريب ويفضل أن تكون مصنعة من مواد خفيفة الوزن وهناك العديد من النقاط التي يجب أخذها في الاعتبار عند تركيب الخلايا الكهروضوئية في واجهات المباني مثل الأحمال الإضافية التي تمثلها تلك الخلايا وارتفاع درجة حرارة أجزاء من الخلايا بسبب المواد العازلة المستخدمة. الأمر الذي يتطلب تصميم مجرى للتهوية خلف تلك الخلايا وذلك لتحسين كفاءتها والاستفادة من الحرارة الناتجة في أغراض التدفئة .

وواجهات المباني تتألف من الجدران والأبواب والنوافذ والمظلات ويمكن تركيب الخلايا الكهروضوئية في جميع هذه الأجزاء . ولقد وفرت تقنيات الخلايا الكهروضوئية العديد من الخيارات حيث يمكن استخدام الخلايا المعتمدة في تغليف الجدران ذلك كبديل لمواد الأكساء الخارجية مثل الرخام وأحجار الزينة.

### **3-2-1-1 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الفتحات:**

اهتم المعماريين بالفتحات من الناحية الجمالية التشكيلية والوظيفية بشكل كبير . وقد استخدم الفتحات الكهروضوئية بدل الفتحات العادية فالألواح الشمسية الشفافة هي :

عبارة عن قطعة من الزجاج تسمح للضوء المرئي بالمرور أثناء التقاط الضوء غير المرئي مثل الأشعة القريبة من تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية لتحويلها إلى كهرباء.... فهي ذكية للغاية وقادرة على السماح للأطوال الموجية للطيف الضوئي التي نراها بالمرور عبر الزجاج ، بينما تحبس الأطوال الموجية التي لا يمكننا رؤيتها ، وبالتالي يمكن تحويلها إلى طاقة.

فالألواح الشفافة مملوءة بمواد عضوية قادرة على التقاط الأشعة القريبة من تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية مع السماح للضوء الذي نراه بالمرور .

ومن مميزات الفتحات الكهروضوئية:<sup>1</sup>

- توفر الحماية من حدة أشعة الشمس المباشرة .
- تولد طاقة كهربائية نظيفة.
- تحقيق الشفافية بدرجات مختلفة حسب حاجة المبنى وتحقيق جماليات تشكيلية.
- تخفض من الاكتساب الحراري والأشعة فوق البنفسجية.
- مواد تصنيعها آمنة ويمكن إعادة استخدامها.
- توفر الكثير من التشكيلات المعمارية حيث يتوفر بأبعاد ومقاسات مختلفة.



الشكل ( 3-7 ) استخدام الفتحات الكهروضوئية في مكاتب Tecnalia في San Sebastian ، إسبانيا.

المصدر (31) : State-of-the-art and SWOT analysis of building integrated solar envelope systems

والآن يوجد لدينا ثلاث مجالات لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع الفتحات:<sup>2</sup>

- 1- استبدال الفتحات العادية بفتحات كهروضوئية بشكل كامل فهي تؤدي نفس الوظيفة و الخصائص الفيزيائية نوعاً ما حيث تسمح بنفاذ جزء من الضوء باستخدام أنواع الخلايا الشفافة.



الشكل ( 3-8 ) :السطح الشمسي الشفاف يشكل كامل الفتحات

المصدر(26): Sapa Solar Architectural Energy Solutions.

<sup>1</sup> SOLAR ENERGY SYSTEMS IN ARCHITECTURE

<sup>2</sup> Sapa Solar Architectural Energy Solutions



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

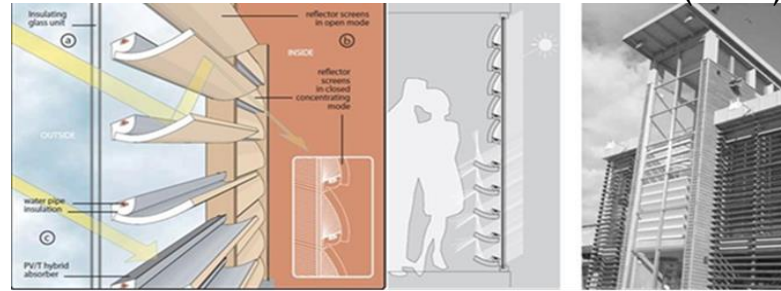
2-تركيب الخلايا الكهروضوئية أمام الفتحات فهي تغطي جزء منها كما تساعد في تشكيل للمبنى بطريقة جمالية ومعاصرة .



الشكل ( 3-9 ) : تركيب السطح الشمسي أمام الفتحات

المصدر (12): BASNET, A 2012. Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings,

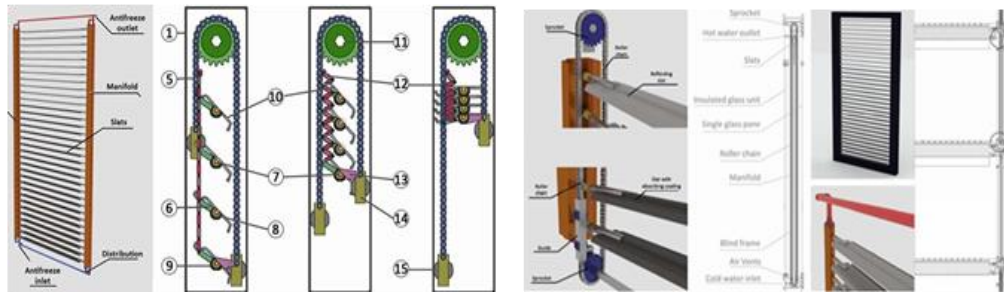
3-تركيب الخلايا الكهروضوئية خلف الفتحات بحيث تغطي كل الفتحة ويوجد فراغ بينهما كما في الشكل (3-11).



الشكل ( 3-10 ) : تركيب السطح الشمسي خلف الفتحات

المصدر (19): Building Integration of Solar Energy – A Multifunction Approach,

وبهذه الثلاث مجالات كان الهدف الأساسي هو تعديل الشكل المعماري وإنتاج الطاقة النظيفة للمبنى وتوفير استهلاك الطاقة.



الشكل ( 3-11 ) : الحركة الميكانيكية للخلايا الكهروضوئية التي تشكل جزءاً من الفتحات

المصدر (28): Solar Thermal Collector in Facades,



### 3-2-1-2 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الجدران

تجمع الجدران الكهروضوئية بين مميزات التشكيلية والجمالية والبيئية والوظيفية ويمكن تلخيص هذه المميزات:

- 1- تتميز بجمال من نوع خاص يعبر عن التطور التقني في العمارة .
- 2- أكثر مقاومة للعوامل الجوية وغير قابلة للصدأ ونفاذ المياه.
- 3- يمكن أن تكون مغلقة أو مفتوحة ليسهل التحكم في الهواء الداخلي .
- 4- لا يتم إضافة أحمال كبيرة الى الهيكل الإنشائي.
- 5- سهولة التركيب والتنفيذ في وقت قصير <sup>1</sup>.

#### مكونات الجدار الكهروضوئي

- إطار للتدعيم: يتكون من شاسية معدنية ويمثل الهيكل الرئيسي للجدار حيث يثبت عليه باقي مكونات الجدار.
- إطار ثانوي: عبارة عن تقسيمات معدنية من الألمنيوم غالباً أفقية كانت أو رأسية حيث يتم تثبيت وحدات الخلايا عليها.
- الخلايا الكهروضوئية: وهي العنصر الشفاف أو النصف شفاف في الجدار والذي يحتل أكبر مساحة منه وهو العنصر المسؤول عن إنتاج الطاقة.
- اكسسوارات تثبيت: عبارة عن مجموعة من مكملات التثبيت مثل الكاوتشوك وتختلف من شركة لأخرى.



الشكل ( 3-12 ) الجدار الكهروضوئي في مبنى مركز lillis وتحقيق الاتصال بالبيئة المحيطة في الولايات المتحدة الأمريكية

المصدر (39) : [https://en.wikipedia.org/wiki/Lillis\\_Business\\_Complex](https://en.wikipedia.org/wiki/Lillis_Business_Complex)

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كموااد إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11).

وهناك ثلاث مجالات أيضاً لتكامل الخلايا مع الجدران :

### 1-يمكن تركيب الخلايا الكهروضوئية أمام الجدار:

يستخدم هذا الأسلوب على نطاق واسع في المباني القائمة. ويتيح إمكانية إيجاد فراغ بين واجهة المبنى والخلايا الكهروضوئية.

ويتميز هذا الأسلوب من التكامل بالحرية الإنشائية، نظراً لعدم ارتباطه المباشر بعناصر الواجهة من جدران وفتحات، فغالباً ما يتم تركيب الخلايا الكهروضوئية على شبكة حاملة ترتبط بالهيكل الإنشائي للمبنى.<sup>1</sup>



الشكل (3-13): تركيب الخلايا الكهروضوئية أمام الجدار

المصدر (26) Sapa Solar Architectural Energy Solutions:



### 2-يمكن تركيب الخلايا الكهروضوئية على الجدار:

كثير من المشاريع تستخدم فيها جدران الواجهة، لتثبيت الخلايا الكهروضوئية التي يمكن أن تثبت بشكل افراي أو يمكن بناء شبكة خاصة بها لتثبيتها على الواجهة.

الشكل ( 3-14 ) : تركيب الخلية الكهروضوئية على الجدار

المصدر (26) : Sapa Solar Architectural Energy Solutions

### 3-يمكن تركيب الخلايا الكهروضوئية كجزء من الجدار:

فهي ممكن أن تكون مواد إكساء صغيرة الحجم تماثل مواد الإكساء التقليدية، كما يمكن أن تتركب وفق الأبعاد القياسية المصممة خصيصاً للتكامل مع المباني، وبذلك تعدّ هذه الأسطح مؤدية لوظيفة متعددة.

فهي توفر الحماية من الطقس للواجهات، وتؤثر في تصميمها وتحميها من الضجيج. فهي تتركب مكان مواد الإكساء كالرخام أو الحجر، وتقلل من تكلفة عناصر الاتصال وحوامل التثبيت بدمجها

<sup>1</sup> Sapa Solar Architectural Energy Solutions

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

بمواد البناء من خلال تثبيتها عليها، كما يمكن تثبيتها على هيكل البناء . فهي طريقة مناسبة للمباني الجديدة ويمكن أن تكون دون تهوية خلفية وبالتالي تحسن من عزل التدفئة للبناء، كونها تخفض من ضياعات انتقال الحرارة.<sup>1</sup>



الشكل ( 3-15 ) : تركيب الخلية الكهروضوئية كجزء من الجدار

المصدر (26) : Sapa Solar Architectural Energy Solutions, p 39

### 3-1-2-3 تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الأسقف

يتميز السقف بتعرضه الدائم لأشعة الشمس وقلة الظلال الساقطة عليه من المباني المجاورة كما أن كفاءتها عالية نتيجة لسهولة التحكم في زاوية ميلها المناسبة لموقع الشمس والزوايا التي تتركب الخلايا الكهروضوئية على الأسقف بالنسبة للأسقف المستوية تتراوح زاوية الميل من (0-15) درجة وبالنسبة للأسقف المائلة تتراوح ما بين (15-75) درجة حسب خط العرض الموجود عليه المبنى .<sup>1</sup>



الشكل ( 3-16 ) : كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على سقف مركز الاطفال "Bhima Sangha" في اسبانيا

المصدر (64) : [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=338](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=338)

<sup>1</sup> Sapa Solar Architectural Energy Solutions

## ● سقف المبنى أفقي

### 1- تركيب السطح الكهروضوئي على السقف الأفقي

تركب الخلايا بشكل أفقي على السقف، فإما أن تركيب على بلاطة السقف بشكل مباشر أو يتم تركيبها على قاعدة مركبة على بلاطة السقف.



الشكل (3-17) : تركيب الأسطح الشمسية على السقف المستوي الأفقي

المصدر (29) : Solar Power in Building Design.

### 2- تركيب السطح الكهروضوئي كجزء من السقف الأفقي

يتم استبدال مواد إكساء تقليدية بالسطح الكهروضوئي ، فهو بذلك يشكل جزءاً من السقف، ويؤدي نفس أداء عناصره من عزل للرطوبة والحرارة، كما يمكن السير على بعض هذه الأسطح.



الشكل (3-18): تركيب الأسطح الشمسية كجزء من السقف المستوي الأفقي

المصدر (27) : Solar Energy Systems in Architecture.

### 3- تركيب السطح الكهروضوئي بدل كامل السقف الأفقي

يمكن استبدال جميع مواد السقف بالخلايا ، ويتم تثبيتها عادةً باستخدام شبكة مصممة خصيصاً لهذه الغاية. وتؤدي وظائف معمارية مختلفة كالإضاءة العلوية مثلاً في الأفنية الرئيسية، أو بهو الدخول، ولتحقيق ذلك يمكن استخدام الألواح المعتمدة، أو النصف شفافة، أو عالية الشفافية.





الشكل (3-19): السطح الشمسي يشكل كامل السقف المستوي الأفقي

المصدر (26): Sapa Solar Architectural Energy Solutions

### • سقف المبنى مائل

تعددت منتجات الأسطح الكهروضوئية التي تتركب على الأسطح المائلة، وخاصةً في المناطق المناخية التي يستوجب تصميم الأسقف أن تكون مائلة، كدول شمال أوروبا، والدول التي لها نفس خط العرض شمال وجنوب خط الاستواء. ويضاف إلى هذه المنتجات ملحقات مكملة تضمن الحماية بشكل جيد من العوامل الجوية، كالأمطار والثلوج من خلال إحكام إغلاق الفراغات بين الخلايا الكهروضوئية. ويتم تثبيت الخلايا الكهروضوئية المعتمدة على مواد الإنهاء التي هي سقف للفضاء الداخلي وبهذا تكون الأساس الذي ستستند عليه الخلايا. وهنا طريقتين للتكامل فالخلايا الكهروضوئية إما أن تثبت مباشرة على ألواح بناءية أو يتم ترك مسافة بين ألواح السقف و الخلايا الكهروضوئية عن طريق مد مقاطع من الألمنيوم أو الحديد بشكل عمودي عليها لتوضع فوقها وتوفر الطريقة الثانية التهوية للخلايا الكهروضوئية من الأسفل، فالخلايا الكهروضوئية أحادية التبلور تؤدي عملها بشكل أكفأ عند توفر التهوية ولذلك يكون من الأفضل فصلها عن السطح لتحسين مستوى أدائها وهذا يزيد من العزل الحراري للسقف.<sup>1</sup>

#### أ- تركيب السطح الكهروضوئي على السقف المائل وأمامه

تركب الخلايا أمام السقف المائل، وخاصةً الذي يتمتع بتوجيه مناسب نحو الشمس، وعادةً تتركب هذه الخلايا بنفس توجيه السقف، وتميل بنفس زاوية الميل إذا كان مناسباً ويمكن تعديل زاوية الميل من خلال ملحقات التثبيت زيادةً أو نقصاناً. وفي حال التثبيت على السقف المائل مباشرة يتم التوفير بملحقات التثبيت، وبالتالي تخفيف التكلفة الإجمالية للسطح الكهروضوئي.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kimura Ken " Solar Architecture For The Happiness of Mankind" Solar Energy, "Ichi, 2000.

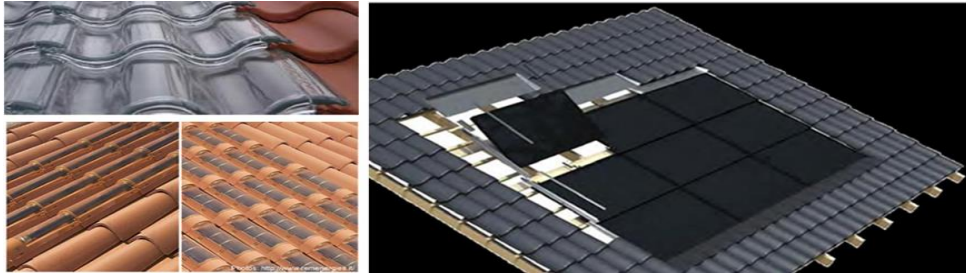


الشكل (3-20): تركيب السطح الشمسي أمام السقف المستوي المائل

المصدر (30): Solar Panel Support Posts.

#### ب- تركيب السطح الكهروضوئي كجزء من السقف المائل

تؤخذ المتطلبات الجمالية بالاعتبار عند تركيب الخلايا كجزء من السقف المائل، فهي ممكن أن تكون مواد إكساء صغيرة الحجم تماثل مواد السطح التقليدية كالقرميد والصفائح المعدنية وغيرها.. وبذلك تعدّ هذه الأسطح مؤدية لوظيفة متعددة. كما يمكن أن تتركب على الهيكل الإنشائي بشكل مباشر.<sup>1</sup>



الشكل (3-21): السطح الشمسي بشكل جزءاً من السقف المستوي المائل ، المصدر (12):

BASNET,A 2012 ,Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings

#### ت- تركيب السطح الكهروضوئي بدل السقف المائل

كما في السقف الأفقي يمكن أن تشكل الخلايا كامل السقف المستوي المائل كما في الشكل (3-23)



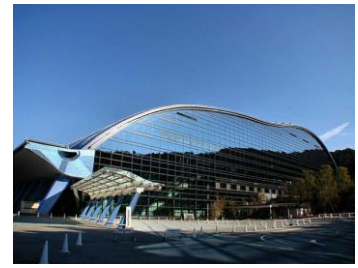
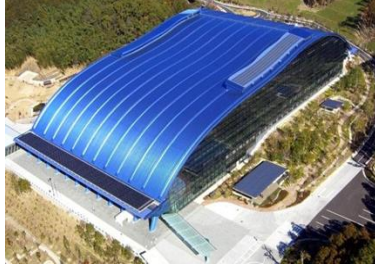
الشكل (3-22):السطح الشمسي يشكل كامل السقف المستوي المائل

المصدر (26): Sapa Solar Architectural Energy Solutions p 33:

<sup>1</sup> Deo Prasad, Mark snow, "Designing with solar power", Images publishing, (2005).

### • سقف المبنى منحنى

ازداد انتشار الأسقف المنحنية مع تطور الخلايا ، وخاصة تكنولوجيا الخلايا ذات الأفلام الرقيقة فهي تتركب على السقف بشكل مباشر، وتأخذ انحنائه ولا حاجة لهياكل للتثبيت. وتثبت القدرة على مرونة الشكل وعدم تقيد المعماري بأشكال ثابتة.<sup>1</sup>



الشكل ( 3-23 ) مرونة التشكيل المعماري باستخدام الاسقف المنحنية الكهروضوئية بمبنى متحف **Kyusyu** الوطني في اليابان  
المصدر(60): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=224](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=224)



الشكل ( 3-24 ) مرونة التشكيل المعماري باستخدام الاسقف المنحنية الكهروضوئية بمبنى The BP solar Showcase في برمنغهام

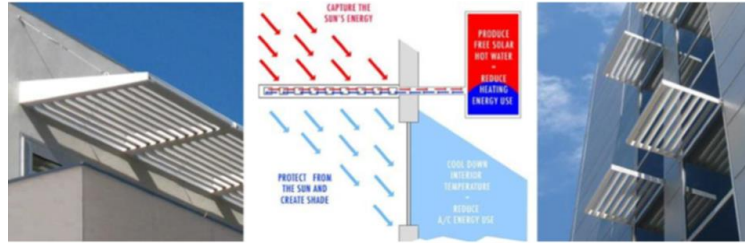
المصدر(25): Photovoltaics in an Architectural Context

<sup>1</sup> Deo Prasad, Mark snow, "Designing with solar power", Images publishing, (2005).



### 3-2-1-4 دمج الخلايا الكهروضوئية بالكاسرات الشمسية

هناك حاجة متزايدة للاهتمام بتصميم كاسرات ونظم تظليل نتيجة لزيادة استخدام فتحات النوافذ الكبيرة في العمارة اليوم وتعتبر الكاسرات الكهروضوئية من أكثر عناصر التشكيل المستدام التي يمكن استخدامها في تظليل الواجهات حيث يمكنها حجب الشمس عن الفتحات و الواجهة وفي نفس الوقت تنتج الكهرباء وتوفر أيضاً تشكيل جمالي للمبنى. كما أن استخدامها وإضافتها الى المبنى لا تؤثر على النظام الانشائي<sup>1</sup>. وتتوفر الكاسرات بعدة تشكيلات معمارية تتوقف على زاوية الميل المستخدمة في استقبال الكاسرة



الكهروضوئية للشمس.

الشكل (3-25) : السطح الشمسي الافقي يشكل كامل الكاسرات الكهروضوئية

المصدر(3): الحسن، وسيم أحمد 2014. أساليب دمج الخلايا والمجمعات الشمسية بالمباني السكنية متوسطة الارتفاع "مدينة حمص - أنموذجاً"

ويتم تثبيت الكاسرات الكهروضوئية بشكل متكامل مع عناصر تشكيل واجهة المبنى .

حيث تعمل الكاسرات الكهروضوئية على النقاط أشعة الشمس لحجبها عن المبنى وتوليد الكهرباء وتخفيض أحمال التبريد غير المرغوب بها.



الشكل(3-26) استخدام الكاسرات الكهروضوئية بزاوية ميل في مركز المعلومات السياحية في المانيا

المصدر(61): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=255](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=255)



الشكل (3-27) استخدام الكاسرات الكهروضوئية بزاوية ميل في مركز ابحاث البيولوجيا في المانيا

المصدر(13): CHONG, T, T 2008. Green Handbook-Photovoltaic (PV) systems in buildings

<sup>1</sup> BASNET ,A 2012 , Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings Master Thesis, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

### 3-3 المستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الكهروضوئية والشكل الخارجي المعماري<sup>1</sup>

#### 3-3-1 إضافة المنظومات الكهروضوئية على مستوى غير مرئي :

يتحقق هذا المستوى عندما يوظف المصمم الألواح الكهروضوئية في المبنى بشكل غير مرئي محاولاً الاستفادة من وظيفتها التقنية فقط والابتعاد قدر الإمكان عن أن يكون التوظيف ذو طابع معماري مميز يعود السبب في ذلك الى رغبة المصمم في عدم تغيير الطابع المعماري الظاهر أصلاً للمبنى وغالباً ما يحدث هذا في الأبنية التي تتميز بملامح معمارية تاريخية.

#### 3-3-2 إضافة على مستوى تصميم المبنى :

تتم إضافة المنظومات الكهروضوئية للمباني المشيدة مسبقاً أو المباني قيد الإنشاء عندما يحصل نقص في الأداء الوظيفي لبعض الفضاءات بسبب تغيرات وظيفية داخل المبنى أو أن يكون هناك حاجة ماسة لتحسين مستويات الراحة داخل فضاءات معينة وفي الوقت نفسه عندما يكون هناك حاجة لزيادة الطاقة الداخلة للمبنى ، وهنا تضاف المنظومات الكهروضوئية كأدوات للتظليل لتبدو كجزء من المبنى في حالة رغبة المصمم التحكم بالإضاءة الطبيعية وتقليل تأثير الأشعة الشمسية المباشرة في المبنى أو أن تتم إضافتها بدل من الزجاج كعناصر تتسم بالشفافية لها القابلية على تزويد المبنى بالطاقة في الوقت نفسه.

#### 3-3-3 إضافة على مستوى التعبير المعماري:

هو أن توظف الوحدات الكهروضوئية لتضيف طابع معاصر للمبنى . أي أن تستخدم التقنية لتقديم تغييرات للصورة المعمارية للمبنى لكن من دون أن تؤثر أو تهيمن على الوجود البصري للكتل الرئيسية في التصميم. هذا المستوى من التكامل يمكن أن يوظف في مباني مشيدة مسبقاً فقدت طابع التجدد بمرور الوقت وعن طريق إضافة الوحدات الكهروضوئية سيكون ممكناً إظهارها بطابع معاصر من جديد عادة ما تستخدم بمساحات كبيرة لتزيد من القيمة المادية للمبنى .

#### 3-3-4 إضافة على مستوى الصورة المعمارية:

توظف الألواح الكهروضوئية لتكون كجزء رئيسي مهيم على المظهر العام في شكل المبنى ولذلك هي تحدد شخصية العمل المعماري.

#### 3-3-5 إضافة على مستوى الفكرة التصميمية:

في هذا المستوى تكون فكرة التكامل مع المنظومات الكهروضوئية مؤثرة في مجمل الأفكار المعمارية للمصمم لتحقيق كل ما تم ذكره في المستويات السابقة بالإضافة الى تطبيق المفاهيم التصميمية

<sup>1</sup> الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كمواظ إنهاء خارجية في النتاج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد

للمعالجات البيئية . يمثل هذا المستوى من الناحية المعمارية خياراً متاحاً في التصاميم المعمارية يقوم على أساس الاستفادة من إمكانيات التنوع المتاحة في التقنية.

### **الخلاصة:**

إن الخلايا الكهروضوئية المدمجة بالمبنى ( BIPV ) Building Integrated Solar PV يتم استبدال أجزاء من غلاف المبنى فيها وبالتالي تقوم بنفس مهمة ذلك الجزء من الغلاف بالإضافة الى وظيفتها المحددة. فعلى سبيل المثال يمكن أن تحل مكان بلوك الجدران كمادة بناء أو الرخام كمادة إكساء أو زجاج الفتحات كمادة تسمح بالاتصال البصري بين الداخل والخارج. كما تؤدي الخلايا المدمجة مع السقف وظائفه من عزل للمياه وتصريف للمطر والعزل الحراري . فالخلايا المدمجة مع غلاف المبنى تحميه من الكسب الصيفي في أثناء أداء السطح الشمسي لوظيفته عندما يمتص الاشعة الشمسية ويحولها الى طاقة فالخلايا الكهروضوئية على سبيل المثال تمتص من 0.7-0.8% من أشعة الشمس كما توفر عزلاً مائياً وحرارياً لفصل الشتاء بالإضافة الى العزل الصوتي....

وبالتالي فإن إمكانية دمج الخلايا الكهروضوئية في جميع أجزاء غلاف المبنى المعتمدة والشفافة ، والمنحنية والمستوية وتوفر الوحدات المشابهة لمواد الإكساء والحجم الصغير للوحدة يساعد على تحقيق التكامل المعماري للمساحات المختلفة والتي ستحتاجها أجزاء معينة من غلاف المبنى ومن وجهة نظر اقتصادية إذا تمكنا من استبدال الطاقة التقليدية لإنتاج الطاقة الكهربائية بالطاقة الكهروضوئية في المباني العامة فبذلك يمكننا توفير قدر هائل من الطاقة حيث يمكن للخلايا الكهروضوئية المساهمة بنسبة 100% من الطاقة الكهربائية التي يحتاجها المبنى <sup>1</sup>.

فالخلايا الكهروضوئية يمكن أن تشكل جزءاً من الواجهة كمادة إكساء بشكل جمالي ، بالإضافة لتزويد المبنى بالطاقة.

ومن خلال الدراسة النظرية هذه تم التوصل لمسطرة القياس المناسبة :

<sup>1</sup> الحسن، وسيم أحمد 2014، أساليب دمج الخلايا والمجمعات الشمسية بالمباني السكنية متوسطة الارتفاع "مدينة حمص - أنموذجاً". رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة البعث، حمص، سوريا، ص 56.

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لتوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بدل كامل الفتحات			
		أمام الفتحات			
		خلف الفتحات			
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار			
		على الجدار			
		جزء من الجدار			
	الخلايا الكهروضوئية في الأسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
		إضافة إلى الواجهة			
	تكمّل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل	مع الفتحات			
		مع الجدران			
		مع الاسقف			
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل			
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقق روح الوحدة بالألوان المتوافقة			
		يحقق التنوع باستخدام الألوان المتناقضة			
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم			
		بشكل عشوائي			
		بشكل منحنى			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل		
			مربع		
			مقاسات وأشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	إضاءة طبيعية			
		إضاءة صناعية			

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية	
	فتحات طولية او عرضية محددة	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه	
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته	
إمكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث
		قائم
	كمية التغيير	جزئي
		كلي
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة	
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي	
	توفير الطاقة النظيفة كلي	
وضع الألواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى للتكامل مع الشكل	جزئي	
	كلي	

جدول (3-1): المسطرة القياسية الواجب توفرها للتوصل إلى تكامل الخلايا الكهروضوئية مع شكل المبنى العام(الباحث)

## الفصل الرابع :الدارسة التحليلية

### سبب اختيار الأمثلة:

- تم اختيار نماذج من المباني ، قائمة تمت إضافة الخلايا الكهروضوئية إليها، وجديدة صممت خصيصاً لتكون متكاملة معمارياً مع الخلايا الكهروضوئية.
- تم اختيار نماذج الدارسة بحيث تكون الخلايا الكهروضوئية مستخدمة في الواجهات ، لذلك يجب أن تكون هذه الواجهات ذات مظهر جذاب.
- تم اختيار نماذج الدارسة على خطوط عرض متقاربة نوعاً ما لمعرفة مدى تأثير التكامل المعماري على توضع الخلايا بزاوية الميل المثلى وأفضل اتجاه لاستقبال أشعة الشمس والحصول على أكبر قدر من الطاقة وإمكانية تطبيقها على مباني محلية في سوريا كونها قريبة من خط استوائها سواء جنوب أو شمال خط الاستواء .
- تم اختيار الأمثلة من عدة ثقافات واتجاهات معمارية عالمية وعربية.
- تم اختيار ثلاث أنواع من المباني المستخدمة للخلايا الكهروضوئية حسب توضعها في المبنى :  
كلي (فتحات- جدران - أسقف - كاسرات ) شبه كلي (فتحات - جدران - أسقف )  
جزئي ( فتحات - جدران )

## 4-1 المباني المستخدم فيها الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري للمبنى بشكل

كلي (فتحات - جدران - أسقف - كاسرات)

### 4-1-1 مبنى City Hall في الولايات المتحدة الأمريكية:

اسم المشروع: City Hall<sup>1</sup>

الموقع: وسط مدينة Chandler في الولايات المتحدة الأمريكية.

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2010م

خط العرض: 33.5 شمال خط الاستواء.



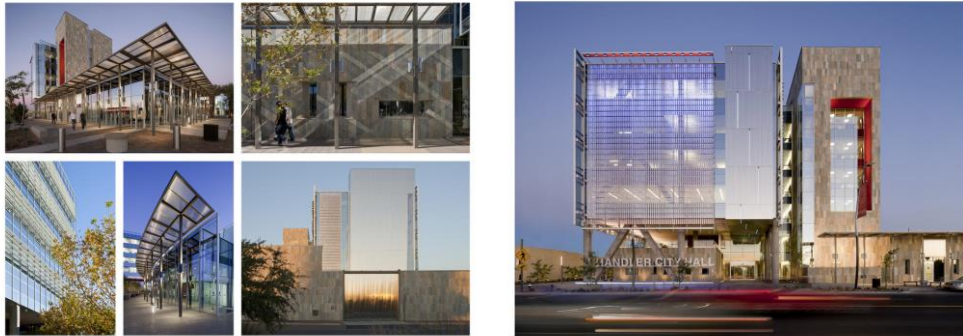
الشكل : ( 4-1 ) مبنى City Hall في الولايات المتحدة الأمريكية

المصدر(44): <http://www.aiatopten.org/node/93>

هو مجمع حكومي يقع في شارع Arizona بطول الجهة الشرقية وشارع واشنطن في الطرف الغربي في وسط مدينة Chandler.

يوفر مبنى البلدية سهولة الوصول إلى خدمات المدينة الأكثر استخداماً ومواقف مجانية للسيارات. يتكون المبنى من برج مكاتب City Hall المكون من ستة طوابق والعديد من المباني المجاورة ، بما في ذلك غرف مجلس المدينة ومعرض ومرآب السيارات العام.

ويوضح المشروع الحد من استخدام الطاقة الإجمالية للمبنى كما تساعد استراتيجية التظليل السلبية على التخلص من مكاسب الحرارة الشمسية . والمبنى حصل على شهادة LEED الذهبية.<sup>1</sup>



الشكل ( 4-2 ) لقطات خارجية للمبنى

المصدر(44): <http://www.aiatopten.org/node/93>

<sup>1</sup> <http://www.aiatopten.org/node/93>



### كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى :

- الخلايا الكهروضوئية التي تم تركيبها على طول الواجهة الجنوبية أعطت نظام تظليل فني يساهم في تقليل استهلاك طاقة المبنى فهو يتألف من 1800 لوحة معدنية مثقبة من الفولاذ المقاوم للصدأ تتدلى من الأعلى بشكل فردي مما يسمح لها بالتأرجح مع الرياح. كما يدخل ضوء النهار إلى المبنى من خلال الثقوب في هذه اللوحة وفي الليل تضيء مصابيح LEED الملونة باللون الأزرق.

- و تم دمج نفس الألواح المثقبة الكهروضوئية في الواجهة الشرقية لكن غير مضاءة.

- و تم دمج 1000 لوحة مثقبة كهروضوئية من الفولاذ المقاوم للصدأ معلقة على قضبان في الواجهة الغربية للمبنى.

- كما تم دمج الخلايا الكهروضوئية فوق هيكل مواقف السيارات بقدرة 232 كيلو وات فتعمل إضاءة LEED المثبتة في المرآب على تقليل استخدام إضاءة المرآب بنسبة 32%.

- كما تم دمج الخلايا الكهروضوئية على الكاسرات في المبنى.

### نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهات مبنى City Hall في أمريكا طبقاً لتحقيق

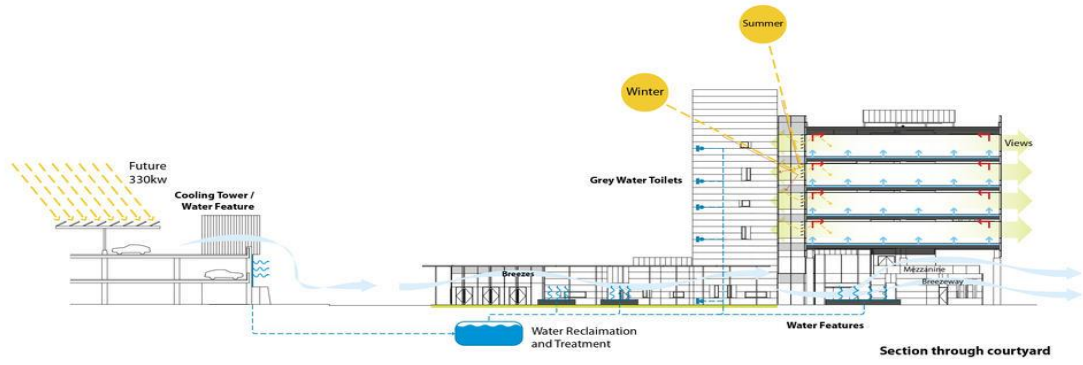
#### وسائل التشكيل المعماري:

• تحقيق الشكل :حيث تحقق ذلك من خلال طريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهات الجنوبية والشرقية والغربية حقق الجانب الجمالي دون أن يؤثر على وظيفة المبنى من حيث الشكل الخارجي.

• تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الشفافة ونصف الشفافة ومن خلال الثقوب الموجودة بين الخلايا التي تسمح بدخول ضوء النهار الطبيعي بالإضافة الى إضاءة مصابيح LEED ليلاً باللون الأزرق.

• تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والشفاف والملبس الأملس إلى جانب باقي مواد الإكساء المستخدمة في المبنى مما يحدث تناغم في التشكيل .

- وبالنتيجة هذه التحسينات التي تم إدخالها على المبنى تسمح بالتهوية الجيدة للمبنى كما أعطت تكامل وجاذبية لغلاف المبنى بالإضافة إلى الاستفادة من أنظمة التدفئة والإضاءة والتكييف وتوليد الكهرباء فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى ككل وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.



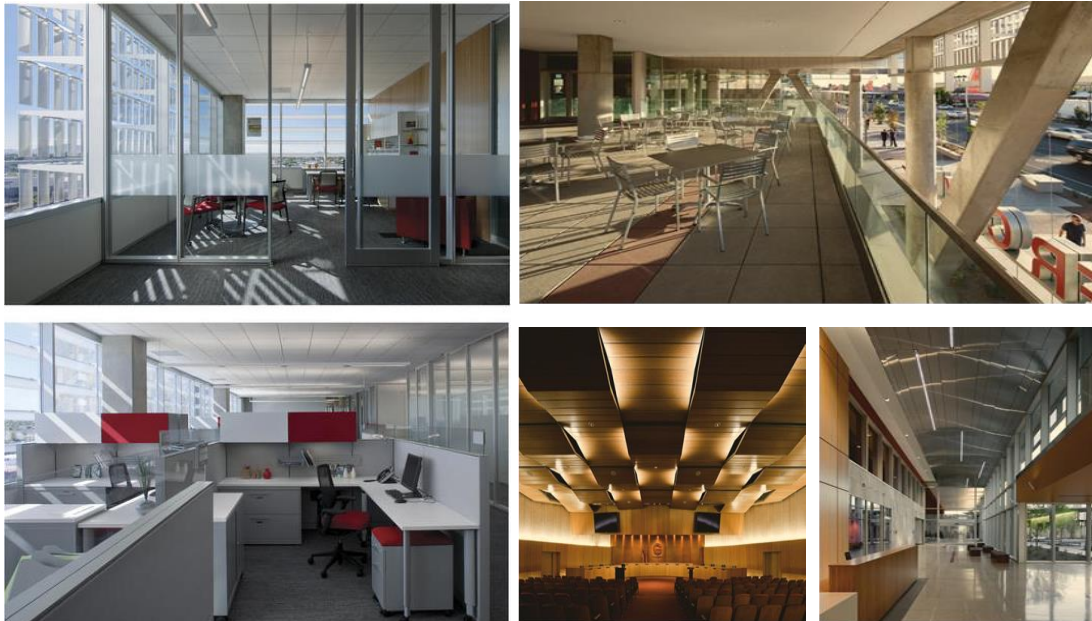
الشكل ( 3-4 ) مقطع يوضح كيفية عمل الخلايا في المبنى

المصدر (44): <http://www.aiatopten.org/node/93>



الشكل ( 4-4 ) بعض الصور التوضيحية لكيفية دخول الشمس الى المبنى وتركيب الخلايا امام الواجهات مع وجود فراغ بين الخلايا والواجهات

المصدر (44): <http://www.aiatopten.org/node/93>



الشكل ( 5-4 ) بعض اللقطات الداخلية للمبنى مع توضيح دخول ضوء النهار الى المبنى

المصدر (44): <http://www.aiatopten.org/node/93>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



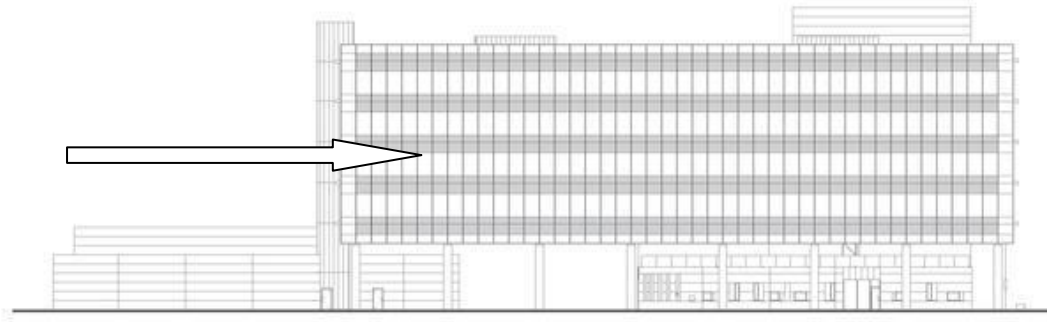
الشكل (4-6) بعض اللقطات للموقع العام واضاءة مصابيح LEED ليلاً باللون الازرق  
المصدر(44): <http://www.aiatopten.org/node/93>



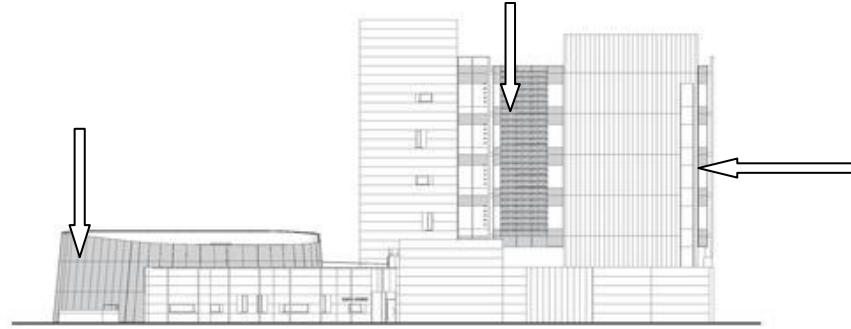
الشكل ( 4-7 ) المساقط الافقية للمبنى

المصدر(44): <http://www.aiatopen.org/node/93>

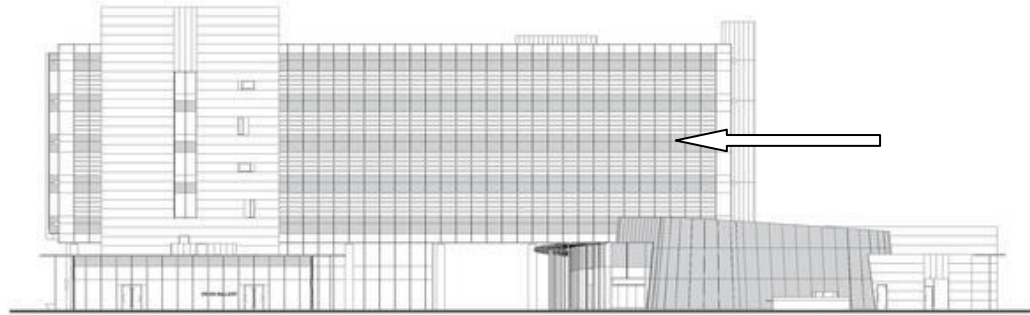
الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجى للأبنية العامة في سورية



North Elevation



East Elevation



South Elevation



West Elevation

الشكل ( 4-8 ) الواجهات الاربعة للمبنى وكيفية توضع الخلايا الكهروضوئية عليهم

المصدر(44): <http://www.aiatopten.org/node/93>



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات		امام الفتحات	خلف الفتحات	✓	
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار	على الجدار	جزء من الجدار		✓	
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية		على السقف	جزء من السقف	✓	
		المائلة		على السقف	جزء من السقف		
		المنحنية		على السقف	جزء من السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة	اضافة الى الواجهة			✓	
	تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل					✓	
						✓	
						✓	
						✓	
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			✓	
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم	بشكل عشوائي	بشكل منحنى		✓	
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	مربع	مقاسات واشكال متنوعة	✓	
						✓	
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية	اضاءة صناعية			✓	
						✓	

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓
	فتحات طولية او عرضية محددة		
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا		
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	
		قائم	✓
	كمية التغيير	جزئي	✓
		كلي	
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		✓
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		
	توفير الطاقة النظيفة كلي		✓
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى للتكامل مع الشكل	جزئي		
	كلي		✓

جدول (4-1): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى City Hall - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أنه عند إضافة الخلايا الى المبنى وتجديده لتحسين أدائه وشكله فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.



#### 4-1-2 مبنى المكتبة الرئيسية في جامعة Leicester في انكلترا:



اسم المشروع: <sup>1</sup> Leicester University Library

الموقع : Leicester, Leicestershire

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده

عام 2007م

خط العرض: 52 شمال خط الاستواء.



الشكل ( 4-9 ) مبنى المكتبة الرئيسية في جامعة Leicester في انكلترا

المصدر (67) : [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=402](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=402)

تنفذ جامعة Leicester برنامجاً استثمارياً طموحاً مدته 30 عام لتمكينها من البقاء في مقدمة مباني التعليم العالي في بريطانيا والعالم.

وتعد هذه أكبر خطة توسع للجامعة منذ 1960 م وكجزء مهم من هذه الخطة الرئيسية قامت

وهي شركة فرعية مملوكة للجامعة (Lals) Leicester Academic Library Services Lid

بتوسيع وتجديد مبنى المكتبة الرئيسية في الجامعة مما يوفر بيئة مكتبية مرنة وجميلة ومتجددة للهواء.

وتحقيقاً لهذه الغاية ، أنتج مشروع Lals مبنى مستدام يتسم بالكفاءة في استخدام الطاقة مع تصنيف

ممتاز محققاً لمعايير LEED العالمية <sup>1</sup>.

كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى :

-تم دمج و تركيب الخلايا الكهروضوئية الشفافة أمام واجهات المبنى مما يعطي تشكيل جديد ومعاصر للمبنى مع توفير الطاقة اللازمة .

-تم دمج الخلايا الكهروضوئية على الكاسرات لتوفير التظليل الداخلي وتقليل التوهج واكتساب الحرارة الداخلية.

<sup>1</sup> [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=402](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=402)

ولتحقيق وظيفة التظليل وإعطاء ضوء منتشر في المساحة القابلة للاستخدام تم استخدام تقنية خلايا الأغشية الرقيقة لتوفير نمط الضوء الأكثر تجانساً.

-ولزيادة كمية الطاقة المولدة من PV تم تركيب الألواح أيضاً على سقف قاعات التخطيط في المكتبة .

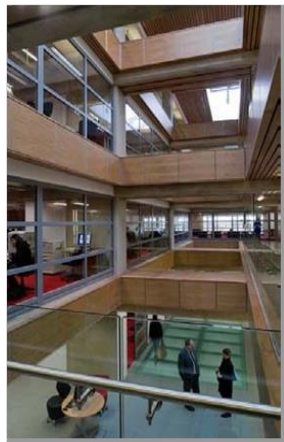
نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهات مبنى مكتبة جامعة Leicester في انكلترا طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل :حيث تحقق ذلك من خلال طريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهات والكاسرات حقق الجانب الجمالي دون أن يؤثر على وظيفة المبنى من حيث الشكل الخارجي.
  - تحقيق القيمة الضوئية : تم استبدال الزجاج العادي برقائق PV شبه الشفافة مع زجاج مزدوج فيؤمن ضوء النهار الطبيعي المناسب لاستخدام المكتبة بشكل مريح .
  - تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الازرق الفاتح والشفاف والملبس الأملس للخلايا المتعددة البلورة والمظهر المتجانس مع خطوط دقيقة للأغشية الرقيقة الى جانب باقي مواد الاكساء المستخدمة في المبنى مما يحدث تناغم في التشكيل .
- فتم الوصول إلى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى كله وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.



الشكل ( 4-10 ) يوضح تركيب الخلايا الكهروضوئية على الكاسرات والاسقف

المصدر (67): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=402](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=402)



الشكل ( 4-11 ) بعض اللقطات الداخلية وتوضيح دخول ضوء النهار الطبيعي الى المبنى .

المصدر (67): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=402](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=402)

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بذل كامل الفتحات			
				امام الفتحات		✓	
				خلف الفتحات			
		الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار		✓	
				على الجدار			
				جزء من الجدار			
		الخلايا الكهروضوئية في الاسقف		المستوية		✓	على السقف
							جزء من السقف
							بذل كامل السقف
				المائلة			على السقف
							جزء من السقف
							بذل كامل السقف
				المنحنية			على السقف
							جزء من السقف
							بذل كامل السقف
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي		الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة			
				اضافة الى الواجهة		✓	
		تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا		مع الفتحات		✓	
				مع الجدران		✓	
				مع الاسقف		✓	
				مع الكاسرات		✓	
				مع المبنى ككل		✓	
		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	
				يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي		ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم		✓	
				بشكل عشوائي			
				بشكل منحني			
		شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		حسب نوع الخلايا		✓	مستطيل
							مربع
						✓	مقاسات واشكال متنوعة
		تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		اضاءة طبيعية		✓	
				اضاءة صناعية			

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية	
	فتحات طولية او عرضية محددة	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه	
	✓	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث
		✓ قائم
	كمية التغيير	جزئي
		✓ كلي
الاعتبارات الاخرى لوضع الخلايا على الشكل	الموقع	✓ توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض
		✓ موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه
		✓ توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة
البيئة		توفير الطاقة النظيفة جزئي
		✓ توفير الطاقة النظيفة كلي
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل		✓ جزئي
		كلي

جدول (4-2): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى مكتبة جامعة Leicester - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أنه عند اضافة الخلايا الى المبنى وتجديده لتحسين أدائه وشكله فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل وتوفير الاضاءة لفرغ المكتبة وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.

#### **4-1-3 مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا:**

اسم المشروع : William Rankine Building, the University of Edinburgh " <sup>1</sup>

الموقع : Edinburgh

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2006م

خط العرض: 55 شمال خط الاستواء.



الشكل ( 4-12 ) مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا

المصدر (65): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)

مبنى William Rankine فيه تم تنفيذ سياسة التصميم المستدام للجامعة وقد تم دمج العديد من ميزات التصميم المستدام بطريقة شاملة لخلق بيئة ممتعة ومريحة كما تم دمج الخلايا الكهروضوئية في التصميم منذ مراحل البناء الأولى .

تم تركيب الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى:

- تم دمج أول نظام كهروضوئي متكامل مع الواجهة الجنوبية بطريقة جذابة أعطت للمبنى التكامل المطلوب مع الواجهة.
- كما تم دمج الألواح الكهروضوئية في السقف حيث تولد الألواح الكهرباء و عندما لا تكون مطلوبة في المبنى يتم تغذية الكهرباء في شبكة العامة.
- تم دمج الخلايا الكهروضوئية على الكاسرات في المبنى ويظل الواجهات من حرارة الشمس غير المحببة كما يعطي فائدة أكبر من ناحية الطاقة المنتجة.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)



## نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهات مبنى جامعة Edinburgh في انكلترا طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل :حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهات حقق الجانب الجمالي وكسر التكرار الموجود على واجهات المبنى كونه مبنى تعليمي دون أن يؤثر على وظيفة المبنى من حيث الشكل الخارجي.
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الشفافة كما تم تطوير نظام تعزيز ضوء النهار حيث تعمل الألواح الزجاجية على كسر الضوء إلى الأسقف مما يقلل من الحاجة إلى الإضاءة الصناعية وخفض تكاليف الطاقة.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والملبس الأملس إلى جانب باقي مواد الإكساء المستخدمة في المبنى مما يحدث تناغم في التشكيل وذلك بترتيب الخلايا الى جانب بعضها البعض ضمن الخلية الواحدة وطريقة توزيعهم على الواجهة حقق التناسق مع المبنى ككل . فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.



الشكل ( 4-13 ) يوضح توضع الخلايا ودمجها في الواجهة والكسرات من المبنى

المصدر(65): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)



الشكل ( 4-14 ) لقطات داخلية للمبنى كيفية دخول ضوء النهار

المصدر (65): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)



الشكل ( 4-15 ) : بعض الصور للواجهات الخارجية للمبنى

المصدر (65): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات			
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار			
			على الجدار	✓	
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف	✓	
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة		✓	
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا	مع الفتحات		✓	
		مع الجدران		✓	
		مع الاسقف		✓	
		مع الكاسرات		✓	
		مع المبنى ككل		✓	
				✓	
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقّق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	
			يحقّق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم		✓	
		بشكل عشوائي			
		بشكل منحني			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
			مربع		
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية		✓	
			اضاءة صناعية		

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة		✓	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا			
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه			
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته			
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	✓	
		قائم		
	كمية التغيير	جزئي		
		كلي		
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		✓	
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي			
	توفير الطاقة النظيفة كلي		✓	
	جزئي		✓	
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لنتكامل مع الشكل	كلي			

جدول (3-4): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى جامعة Edinburgh المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أنه عند إضافة الخلايا الى المبنى منذ مراحل البناء الأولى أعطت شكله انسجام بين الواجهة الكهروضوئية من حيث الملمس ونسيج الخلايا مع باقي مواد تشطيب المبنى مما يعطي إحساس بتكامل عناصر التشكيل المعماري وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.

#### 4-1-4 مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي



الشكل ( 4-16 ) مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي

المصدر (51) : <https://www.dewa.gov.ae/ar-AE/about-us/media-publications/latest-news/2016/11/dewas-new-headquarters-in-al-jadaf>

فهو أعلى وأكبر وأذكى مبنى حكومي في العالم يحقق صفر انبعاثات كربونية.

وتم إنشاؤه على مساحة تزيد على 1.5 مليون قدم مربع، حيث تم تركيب ألواح كهروضوئية على سطح المبنى لتشغل مساحة تزيد عن 16500 متر مربع، لإنتاج أكثر من 3500 كيلووات. ويشمل المبنى أيضاً على ما يزيد عن 2000 متر مربع من الألواح الكهروضوئية المدمجة. ويبلغ إجمالي الطاقة المتجددة التي سينتجها المبنى أكثر من 5400 ميغاوات/ساعة سنوياً. ويبلغ إجمالي الطاقة المتجددة التي سينتجها المبنى أكثر من 6500 ميغاوات/ساعة سنوياً. وتم تدشين المبنى والانتهاه من جميع الانشاءات بنهاية عام 2019". كما تم تصميم المبنى على شكل شارع لأنه مكون جوهري في تراث دولة الامارات، فهو يشير الى تجارة اللؤلؤ ومراكب الصيد الشراعية. وتزيد مساحة المبنى الجديد عن 90 ألف متر مربع. وتم تصميم المبنى ليتسع لأكثر من 5000 موظف بالإضافة إلى متعاملي الهيئة ويشمل المبنى أيضاً على ما يقارب 10000 متر مربع من الألواح الكهروضوئية المدمجة لإنتاج مايزيد عن 1100 كيلو وات /ساعة . ويبلغ اجمالي الطاقة المتجددة التي سينتجها المبنى أكثر من 7000 ميغاوات /ساعة سنوياً وتبلغ كثافة الطاقة 70 كيلو وات ساعة /متر المربع سنوياً<sup>1</sup>.

ويعادل إجمالي الطاقة المستخدمة في المبنى على مدار العام أو يقل عن الطاقة التي ينتجها. وحصل المبنى على شهادة لبيد LEED البلاتينية (الريادة في الطاقة و التصميم البيئي). حيث يعتبر التصنيف البلاتيني الأعلى بين شهادات LEED حيث يقل استهلاك المياه في المبنى بنسبة 50% عن المباني التقليدية، وبلغت المساحة الخضراء قرابة 50% من مساحة المبنى ولتحقيق صفر انبعاثات سيقوم كل

<sup>1</sup> <https://www.dewa.gov.ae/ar-AE/about-us/media-publications/latest-news/2016/11/dewas-new-headquarters-in-al-jadaf>

موظف بإدارة ميزانية استهلاك الطاقة من خلال تطبيق ذكي وسيساعد هذا في تعريف الموظف بمقدار استهلاكه للطاقة لتحسين إدارة ميزانية الطاقة .

كما يمتاز مبنى الشارع باستخدام أحدث وسائل إدارة المباني وبوجود مركز للتحكم، وسيسمح للأنظمة الضرورية بالعمل ، في حين سيبطل عمل غير الضرورية . ويشتمل هذا على أنظمة التكييف والإنارة وغيرها .

ويحاكي تصميم المبنى المنازل التقليدية في دولة الإمارات العربية المتحدة، حيث تطل المساحات المغلقة على الفناء المفتوح. وسيكون الفناء النقطة الرئيسية والمرتكز الأهم للمبنى.

ولتخفيض درجة الحرارة في الفناء المفتوح على الهواء الطلق، تم استخدام الشارع لتوفير مناطق مظلة ، ويمتاز الفناء أيضاً بوجود مساحات مشجرة ونباتات وطيور ضمن بيئة مستدامة.

كما أتاح المبنى استخدام تقنيات انترنت والبيانات الكبيرة والمفتوحة والذكاء الاصطناعي، ووفر روبوتات إلكترونية للتنظيف والحراسة، وتطبيق ذكي يعمل على الأجهزة الذكية ينبه الموظف بموعد الخروج من المنزل للذهاب للعمل بحسب حالة الطريق. ويستخدم التطبيق في حجز موقف للسيارة وحجز غرف الاجتماعات، كذلك يمكن للزائر استخدامه للوصول إلى المبنى وغرف الاجتماعات بكل سهولة ويسر.

نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا لمركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي طبقاً لتحقيق وسائل

#### التشكيل المعماري:

• تحقيق الشكل: حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على المبنى ككل كونه مؤسس من بداية انشاءه على الخلايا فحقق الجانب الجمالي بشكل كبير لتكامله معها من البداية .

• تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة يمكن الاستفادة من الانارة الطبيعية من خلال فتحات محددة في الشارع الذي يقي في الوقت نفسه من حرارة الشمس بالاضافة الى اضاءة مصابيح LEED ليلاً.

• تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق وتدرجاته والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل والوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى ككل كونه من بداية انشاءه مؤسس على الخلايا وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.



الشكل ( 4-17 ) لقطات خارجية في النهار والليل لمركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي

المصدر (51): <https://www.dewa.gov.ae/ar-AE/about-us/media-publications/latest-news/2016/11/dewas-new-headquarters-in-al-jadaf>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بدل كامل الفتحات	✓	
			امام الفتحات		
			خلف الفتحات		
		الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار		
			على الجدار	✓	
			جزء من الجدار		
		الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف	
				جزء من السقف	
				بدل كامل السقف	
			المائلة	على السقف	
				جزء من السقف	
				بدل كامل السقف	✓
			المنحنية	على السقف	
				جزء من السقف	
				بدل كامل السقف	
		الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة		
			اضافة الى الواجهة		
		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	مع الفتحات	✓	
			مع الجدران	✓	
			مع الاسقف	✓	
			مع الكاسرات		
			مع المبنى ككل	✓	
		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓	
			يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
		ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم	✓	
			بشكل عشوائي		
			بشكل منحني	✓	
		شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓
				مربع	
				مقاسات واشكال متنوعة	✓
		تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية	✓	
			اضاءة صناعية	✓	



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة			
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا			
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه			
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته			
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	✓	
		قائم		
	كمية التغيير	جزئي		
		كلي		
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		✓	
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي			
	توفير الطاقة النظيفة كلي		✓	
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لنتكامل مع الشكل	جزئي			
	كلي		✓	

جدول (4-4): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مركز تحكم رقمي لكهرباء و مياه دبي- المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أنه عند تصميم المبنى على أساس الخلايا الكهروضوئية فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل بحرية للمعماري وشكل مميز للمبنى وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل كلي.

## المسطرة القياسية للفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل كلي

ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		مبنى city Hall	مكتبة جامعة Leicester	جامعة Edinburgh	مركز تحكم رقمي دبي
الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بدل كامل الفتحات					✓
		امام الفتحات		✓	✓	✓	
		خلف الفتحات					
الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار		✓	✓	✓	✓
		على الجدار					
		جزء من الجدار					
الخلايا الكهروضوئية في الاسقف		المستوية	على السقف				
			جزء من السقف	✓	✓	✓	
			بدل كامل السقف				
		المائلة	على السقف				
			جزء من السقف				
			بدل كامل السقف			✓	
		المنحنية	على السقف				
			جزء من السقف				
			بدل كامل السقف				
الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة				✓	
		اضافة الى الواجهة		✓	✓		
الشكل الكهروضوئية مع تكامل الخلايا		مع الفتحات		✓	✓	✓	✓
		مع الجدران		✓	✓	✓	✓
		مع الاسقف		✓	✓	✓	✓
		مع الكاسرات		✓	✓	✓	
		مع المبنى ككل		✓	✓	✓	✓
				✓	✓	✓	✓
تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة					
		يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة					
ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم		✓	✓	✓	✓
		بشكل عشوائي					
		بشكل منحني					

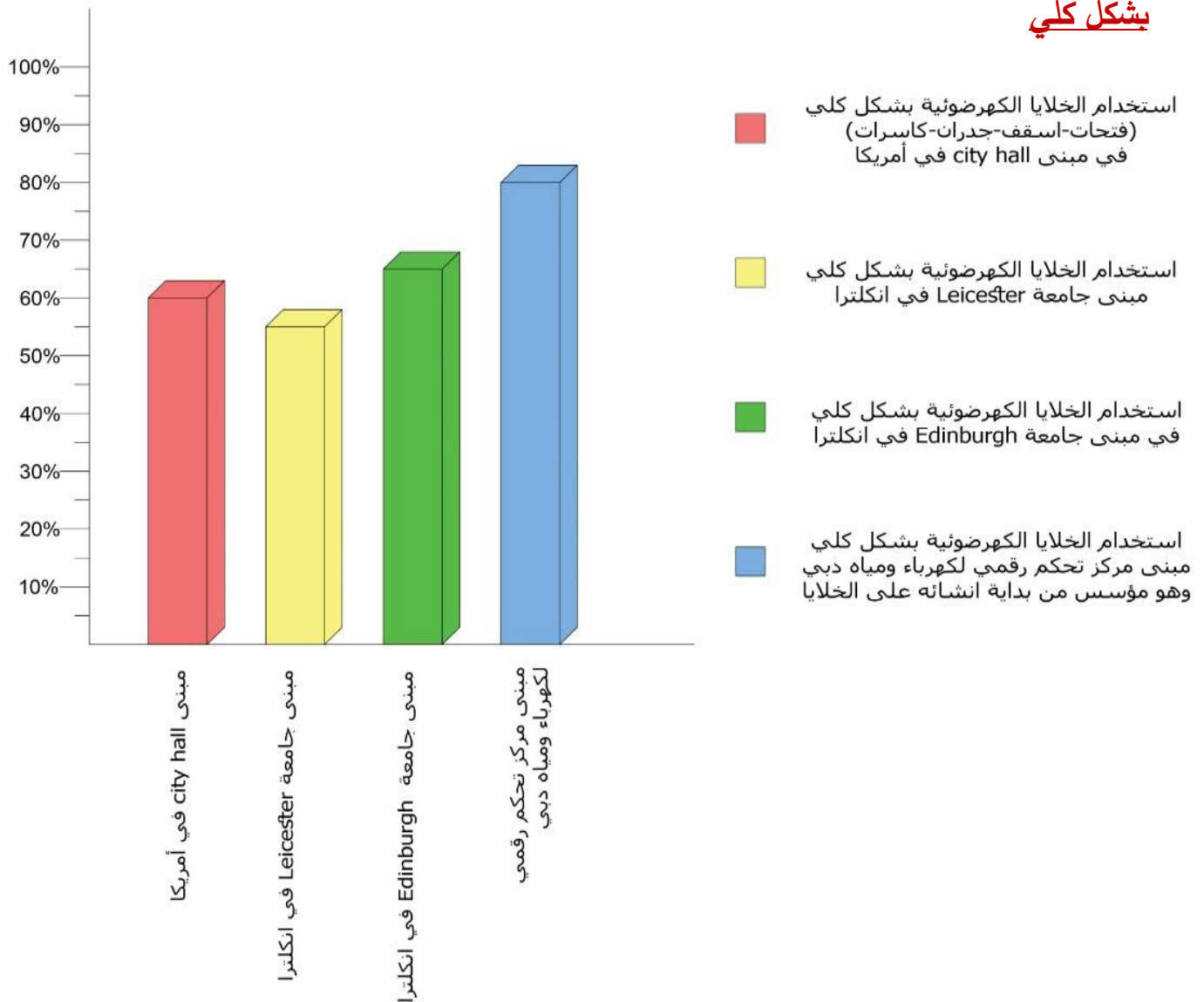
الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	✓	✓
			مربع	✓		
			مقاسات وأشكال متنوعة			✓
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية		اضاءة طبيعية	✓	✓	✓
			اضاءة صناعية		✓	
	التراهات المعمارية للمباني العامة حسب شكل المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى		طابع التكرار للعناصر المعمارية	✓	✓	✓
			فتحات طولية او عرضية محددة			
			وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال والالوان متعددة للخلايا			
			وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون ان تلغي طابعه			
			وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		✓	
	امكانية التغييرات بشكل الواجهة من اجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث		✓	✓
			قائم	✓	✓	
			جزئي	✓	✓	
			كلي			
الشكل الاعتبارات الاخرى لوضع الخلايا على الموقع	الموقع		توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض	✓	✓	✓
			موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه	✓	✓	✓
			توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة	✓	✓	✓
	البيئة		توفير الطاقة النظيفة جزئي			
			توفير الطاقة النظيفة كلي	✓	✓	✓
	وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل		جزئي		✓	✓
			كلي	✓		

جدول (4-5): المسطرة القياسية للفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل كلي - المصدر: عمل الباحث

## الفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى

### بشكل كلي



الشكل (4-18): النسب المئوية للفئة الاولى من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل كلي حسب أنظمة التقييم العالمية

المصدر: عمل الباحث

## 4-2 المباني المستخدمة فيها الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى بشكل

شبه كلي (فتحات - جدران - أسقف)

### 4-2-1 مبنى "The Edge" في هولندا

اسم المشروع: The Edge<sup>1</sup>

الموقع: حي زويداس التجاري في أمستردام - هولندا

المبنى (قائم/جديد): جديد تم انشاءه عام 2015 م

خط العرض: 52 شمال خط الاستواء .



الشكل ( 4-19 ) مبنى The Edge في هولندا

المصدر (50): <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam>

يعد مبنى "The Edge" أكثر المباني استدامة في العالم، وفقاً لوكالة التصنيف البريطانية BREEAM، والتي منحتها أعلى درجة للاستدامة : 98.4%.

هو مبنى إداري تبلغ مساحته 40000 متر مربع يحتوي على 15 طابق، حيث تم تصميمه من قبل الشركة المالية العالمية والمستأجر الرئيسي (Deloitte) يهدف المشروع الى اتجاهين:

- أولاً توحيد موظفي شركة Deloitte في بناية واحدة والتي كانت منتشرة في السابق حول مباني متعددة في جميع أنحاء المدينة.

- ثانياً إنشاء "مبنى ذكي" لغرض أن يكون حافزاً لانتقال شركة Deloitte إلى العصر الرقمي.

في هذا المبنى الموظفون ليس لهم مكاتب معينة وبالتالي يسمح لهم بالعمل في أي مكان في المبنى على مستويات مختلفة مثلاً: توجد أكشاك عمل وغرف ومكاتب جلوس ومكاتب دائمة ومكاتب شرفة، إلى جانب العديد من الأماكن للعمل المليئة بأشعة الشمس.

<sup>1</sup> <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam>

عن طريق تطبيق الجوال يحق للموظفين تحديد مقدار الأضاءة والتدفئة، وكذلك يسمح لهم بتحديد موقع زملائهم والعثور على أماكن لوقوف السيارات. ويختار الموظفون موقع العمل وفق التطبيق والتصميم الداخلي للمبنى يوضح المهام المختلفة على مدار اليوم.<sup>1</sup> ساعدت وكالة BREEAM لتطوير مبنى للمكاتب ليس فقط لتوفير طاقة نظيفة ولكن أيضاً توفير طاقة إيجابية في المبنى حيث يستخدم مبنى The Edge كهرباء أقل بنسبة 70% من المباني المكتبية المماثلة.

#### كيفية تركيب الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى :

-يشمل السقف والواجهة الجنوبية على أكبر عدد من الألواح الكهروضوئية في أي مبنى أوروبي آخر، كما يتم قياس الإشغال والحركة ومستويات الإضاءة والرطوبة ودرجة الحرارة بشكل مستمر باستخدام التكنولوجيا الذكية. و توفر الألواح الكهروضوئية ما يكفي من الطاقة الكهربائية لتشغيل جميع الهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة.

-يعتمد اتجاه المبنى على مسار الشمس، حيث يملأ الفضاء الخاص بضوء النهار عن طريق الواجهة الشمالية بينما تحمي الألواح الشمسية الموجودة على الواجهة الجنوبية مساحات العمل من أشعة الشمس. كل واجهة مفصلة بشكل فريد وفقاً لتوجيهها وغرضها:

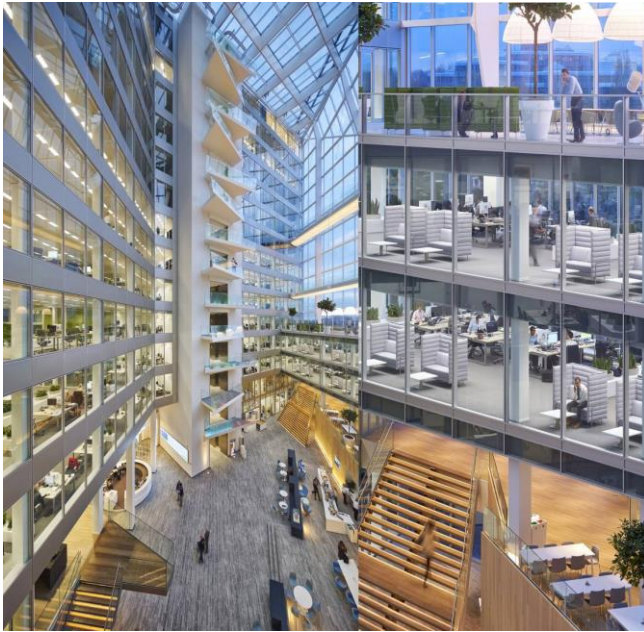
- تتميز الجدران المواجهة للجنوب والشرق والغرب بفتحات أصغر لتوفير الكتلة الحرارية والتظليل ونافاذة قابلة للفتح من أجل التهوية.
- تم تصميم فتحات التهوية ووضع الألواح في الواجهات الجنوبية وفقاً لزاوية الشمس وتوفر تظليلاً إضافياً للمساحات المكتبية، مما يقلل من كسب الحرارة الشمسية غير المحببة .
- الواجهات الشمالية تكون شفافة وتستخدم الزجاج السميكة من أجل تقليل ضوضاء الطريق الرئيسي المواجهة له. وتتميز بالشفافية تماماً، مما يتيح إطلاقات على السد.

#### نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا لمبنى The Edge في هولندا على طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل :حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على واجهة المبنى الجنوبية بتكوين مميز لتجديد واجهاته كونه مبنى اداري فحقق الجانب الجمالي دون أن يؤثر على وظيفة المبنى.
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة يمكن الاستفادة من الانارة الطبيعية وفي الوقت نفسه الحماية من حرارة الشمس .
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الرمادي والشفاف والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل.

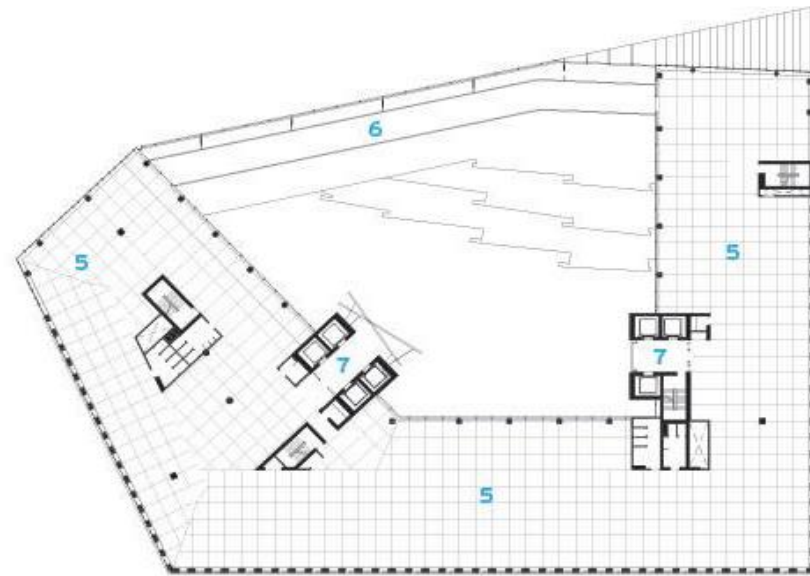
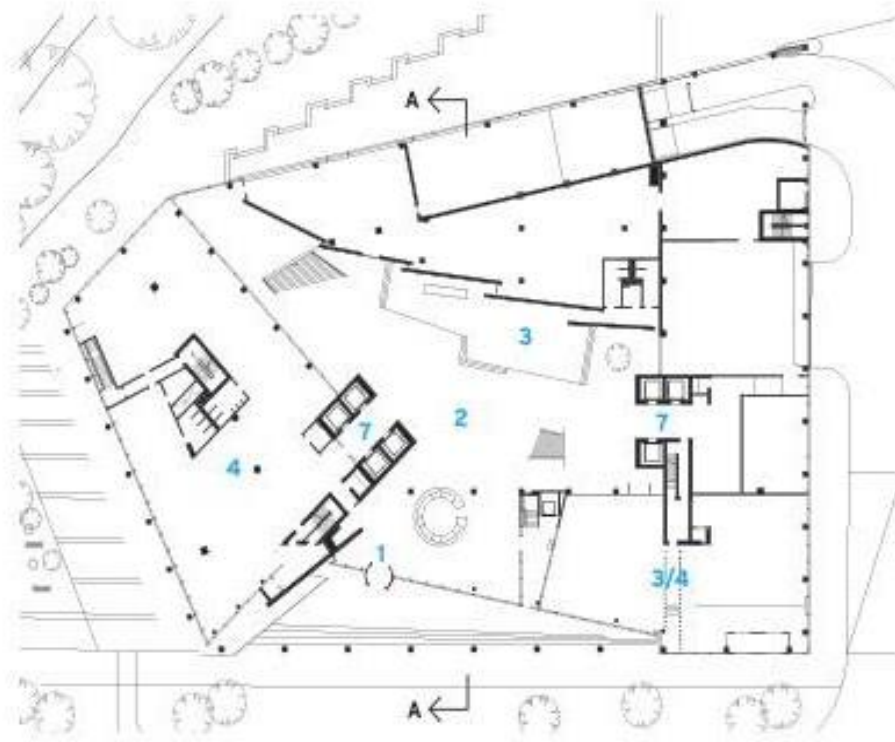


والنتيجة الحقيقية لمبنى The Edge ليست فقط تقليل استخدام المياه والطاقة للمبنى، ولكن أيضاً كونه مثال عالي الجودة للتكنولوجيا الجديدة، وطرق جديدة للتصميم وإمكانية تحقيق بيئة عمل حيوية وتعاونية بنجاح مع تحقيق أعلى مستويات الاستدامة وإعطاء المبنى شكل مميز من جميع النواحي. والوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى ككل وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



الشكل ( 4-20 ) بعض اللقطات الداخلية للمبنى وتوضيح دخول ضوء النهار الطبيعي وكيفية تصميم فراغات المبنى بطريقة جديدة ومتطورة

المصدر (50): <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam>



SIXTH FLOOR PLAN

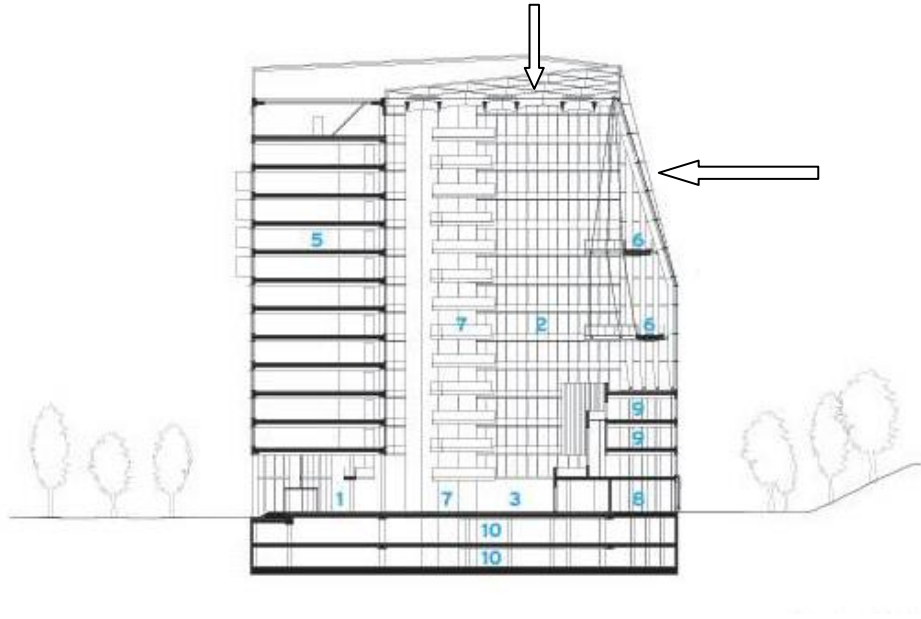
مدخل
1 البهو
2 كافيه
3 منطقة المؤتمرات
4 مكاتب
5 الميزانين

مصعد
7 عرض
8 مقابلات
9 مواقف السيارات
10

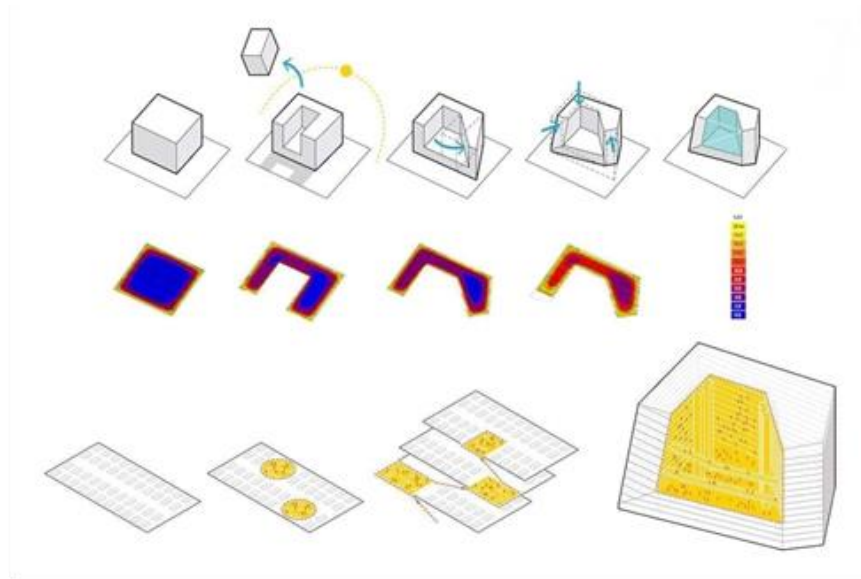
الشكل ( 4-21 ) المساقط الافقية للمبنى - المصدر (50):

/ <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



الشكل ( 4-22 ) مقطع AA للمبنى يوضح كيفية توضع الخلايا الكهروضوئية على الواجهة والسقف  
المصدر(50): [/https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam](https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam)



الشكل (4-23) فكرة توضيحية للمبنى-المصدر(50) :

[/https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam](https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam)





الشكل (4-24) لقطة ليلية للمبنى توضح توزيع الخلايا على الواجهات والسقف

المصدر (50): [/https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam](https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam)

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بذل كامل الفتحات		
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار		
			على الجدار	✓	
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف	✓	
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة		
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل		مع الفتحات	✓	
			مع الجدران	✓	
			مع الاسقف	✓	
			مع الكاسرات		
			مع المبنى ككل	✓	
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓	
			يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم	✓	
			بشكل عشوائي		
			بشكل منحني		
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		مستطيل	✓	
			مربع		
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		اضاءة طبيعية	✓	
			اضاءة صناعية		

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة		✓	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا			
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه			
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته			
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث		
		قائم	✓	
	كمية التغيير	جزئي	✓	
		كلي		
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة			
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓	
	توفير الطاقة النظيفة كلي			
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓	
	كلي			

جدول (4-6): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى "The Edge" - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أنه الخلايا الكهروضوئية عند اضافتها الى المبنى فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



## 4-2-2 مبنى Cedar Rapids Public Library في الولايات المتحدة الأمريكية

اسم المشروع: Cedar Rapids Public Library<sup>1</sup>

الموقع: United States of America

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2013م

خط العرض: 41,90 شمال خط الاستواء.



الشكل (4-25) مبنى Cedar Rapids Public Library في أمريكا

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)

تم تصميم المكتبة التي تبلغ مساحتها 95000 قدم مربع لتكون وجهة نابضة بالحياة ومتعددة الأغراض ومساحة للناس للاختلاط والتعاون. كان الدافع وراء تصميم المكتبة الجديدة هو الرغبة في تبني الانفتاح والشفافية وتعزيز المشاركة العامة في الفراغ وداخله.

من الخارج ، يتم عرض نشاط المكتبة بشكل بارز من خلال مساحات زجاجية ممتدة من الأرض حتى السقف وتربط بصرياً بين المستفيدين والمشاة.<sup>1</sup>

حصلت المكتبة الجديدة على شهادة LEED Platinum حيث يعتبر التصنيف البلاتيني الأعلى بين شهادات LEED. و ستتجاوز المكتبة الجديدة معايير Iowa Energy Code بنسبة 55% .

كيفية تركيب الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى :

- تم وضع الألواح الكهروضوئية على الواجهات (الفتحات والجدران والسقف) بطريقة جمالية .  
- فتم استخدام نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء في المكتبة الجديدة بتبادل الحرارة الأرضية الذي سيقبل بشكل كبير من استهلاك الطاقة الكلي وتكلفة تشغيل المكتبة.

على سبيل المثال ، بلغ متوسط استهلاك الطاقة في مبنى مكتبة عام 1985 حوالي 100 كيلو بايت لكل قدم مربع. تم تصميم المكتبة الجديدة بحيث تستهلك فقط 37 كيلو بايت لكل قدم مربع ، على الرغم من أنها أكبر بنسبة 10% تقريباً.

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)

- تم تصميم الغلاف الخارجي للمكتبة الجديدة لتقليل "الكمية الحرارية" كما تم تصميم الجدران الخارجية كتجميعات لمياه المطر تسمح لتجفيف الجدران المتهواة "بالتنفس" .
- يوجد في الطابق الثالث السطح الأخضر الذي تبلغ مساحته 20000 قدم مربع والذي كان جزءاً رئيسياً من استراتيجية إدارة مياه الأمطار ووجود الألواح الكهروضوئية LEED Platinum أصبح مكاناً مفضلاً في المكتبة.

### نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهات مبنى Cedar Rapids Public Library في الولايات المتحدة الأمريكية طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل : حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على واجهات المبنى فحقق الجانب الجمالي وأعطى حيوية للمبنى وعبرت عن المكتبة بجو مريح دون أن يؤثر على وظيفته.
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة حيث تشمل النوافذ الخارجية أقل من 30 % من السطح الخارجي للمبنى ولها فواصل العزل الحراري للقضاء على درجات الحرارة العالية ، كما أن الزجاج ذو أداء عالي و عازل مزدوج مما يزيد من قيمة العزل ويقلل من اكتساب الحرارة الشمسية. ومع حلول الظلام ، تتوهج الواجهة المحيطة بالقاعة مع 60 لوحة كهروضوئية. يتم الاستفادة من هذا الضوء في الداخل مع درج هائل يتميز بألواح مضيئة تستجيب عندما يمشي المستخدمون صعوداً وهبوطاً على الدرج.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والشفاف والملبس الاملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل. فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للمبنى وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



الشكل : ( 4-26 ) الواجهة الرئيسية للمبنى

المصدر (37) : [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)

## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



الشكل ( 4-27 ) لقطات داخلية لاضاءة الالواح الكهروضوئية للدرج عند صعود المستخدمين عليه

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)



الشكل ( 4-28 ) لقطات داخلية للمبنى تبين دخول ضوء النهار الطبيعي للمبنى مما يحقق مكان مريح للمطالعة في المكتبة

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)



الشكل ( 4-29 ) لقطات ليلية للمبنى توضح كيفية الاضاءة الليلية للالواح الكهروضوئية على الواجهات الخارجية لانتارة الفراغ الخارجي

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)



الشكل ( 4-30 ) مسقط الطابق الاول

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)





الشكل : ( 4-31 ) مسقط الطابق الثاني

المصدر (37): [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات			
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار			
			على الجدار	✓	
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف	✓	
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا	مع الفتحات		✓	
		مع الجدران		✓	
		مع الاسقف		✓	
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل		✓	
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقّق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	
		يحقّق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم		✓	
		بشكل عشوائي			
		بشكل منحني			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
			مربع		
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية		✓	
			اضاءة صناعية	✓	



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية	
	فتحات طولية او عرضية محددة	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه	
	✓	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث
		✓ قائم
	كمية التغيير	جزئي
		✓ كلي
الموقع	✓	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض
	✓	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه
		توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة
البيئة	✓	توفير الطاقة النظيفة جزئي
		توفير الطاقة النظيفة كلي
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	✓	جزئي
		كلي

جدول (4-7): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Cedar Rapids Public Library – المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية عند اضافتها الى المبنى اعطت روح حيوية للواجهات بإضائتها وشفافيتها فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.

## 4-2-3 مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö في

### السويد

اسم المشروع: The Museum of Science & Technology in Malmö<sup>1</sup>

الموقع: Sweden، Malmö

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2006م

خط العرض: 55 شمال خط الاستواء.



الشكل ( 4-32 ) مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö -المصدر (58) :

[http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=173](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=173)

يقع المبنى في Malmö أقصى جنوب السويد و يوجد متحف Malmö للفنون داخل قلعة Malmö والذي يحتوي على أكثر من 40000 عمل فني معاصر .يستضيف المتحف العديد من المجموعات الهامة والتاريخية من القرن السادس عشر حتى الآن ، تستخدم إحدى المجموعات الدائمة الرئيسية للوحات والمنحوتات لإظهار التطور التاريخي للسويد منذ عصر النهضة .

يتكون المبنى من إطار خرساني مسبق الصنع مع جدران خارجية مملوءة بكتل من الخرسانة الخلوية تصطف الأعمدة الخرسانية الحاملة في منطقة المعرض التي تدعم السقف بمجموعة من الحزم الشبكية الفولاذية<sup>1</sup>.

هذا هو مشروع آخر من مشاريع الطاقة الكهروضوئية في Malmö Stadsfastigheter والذي بدأ نتيجة لبرنامج الدعم السويدي للخلايا الكهروضوئية في المباني العامة.

- حيث تم تركيب 335 متراً مربعاً من الخلايا الكهروضوئية على السطح ، و 180 متراً مربعاً على الواجهة. إجمالي الطاقة الكهروضوئية 68.9 كيلوواط. حاز المبنى على جائزة أفضل محطة للطاقة الشمسية من قبل برنامج الكهرباء الشمسية السويدي لعام 2006 ، لتكاملها المعماري في المبنى.

<sup>1</sup> [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=173](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=173)

## نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهات مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö في السويد طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل : حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على واجهات المبنى فحقق الجانب الجمالي على الجزء الذي انوضعت عليه الخلايا ليس مع المبنى ككل ودون أن يؤثر على وظيفة المبنى.
- تحقيق القيمة الضوئية : تم استخدام الزجاج العادي والخلايا نصف الشفافة للفتحات فحققت الخلايا الضوء الطبيعي الداخل الى المتحف بنسبة معينة.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الرمادي والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع الجزء الذي انوضعت عليه الخلايا ليس مع المبنى ككل وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



الشكل ( 4-33 ) كيفية وضع الألواح الكهروضوئية على سقف المتحف مائلة باتجاه اشعة الشمس-المصدر(58) :

[http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=173](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=173)

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بذل كامل الفتحات			
				امام الفتحات		✓	
				خلف الفتحات			
		الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار			
				على الجدار			
				جزء من الجدار		✓	
		الخلايا الكهروضوئية في الاسقف		المستوية	على السقف		
					جزء من السقف	✓	
					بذل كامل السقف		
				المائلة	على السقف		
					جزء من السقف		
					بذل كامل السقف		
				المنحنية	على السقف		
					جزء من السقف		
					بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي		الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة			
				اضافة الى الواجهة			
		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		مع الفتحات			
				مع الجدران		✓	
				مع الاسقف		✓	
				مع الكاسرات			
				مع المبنى ككل			
				يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	
		ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
				بشكل منتظم		✓	
				بشكل عشوائي			
		شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		بشكل منحنى			
				حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
					مربع		
					مقاسات واشكال متنوعة		
		تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		اضاءة طبيعية		✓	
				اضاءة صناعية			

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		
	فتحات طولية او عرضية محددة		
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	✓	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	
		قائم	✓
	كمية التغيير	جزئي	✓
		كلي	
الاعتبارات الأخرى لوضع الخلايا على الشكل	الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض	
		موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه	
		توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة	
البيئة		توفير الطاقة النظيفة جزئي	
		توفير الطاقة النظيفة كلي	
وضع الألواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل		جزئي	
		كلي	

جدول (4-8): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا مع مبنى The Museum of Science & Technology in Malmö - المصدر:

الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية عند اضافتها الى المبنى تتكامل فقط مع الجزء الموضوع عليه وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



## 4-2-4 مبنى منظمة الصحة العالمية في عمان



الشكل ( 4-34 ) مبنى منظمة الصحة العالمية في عمان

المصدر (53): <http://www.emro.who.int/ar/ceha/ceha-news/news.html>

اسم المشروع: منظمة الصحة العالمية<sup>1</sup>

الموقع: عمان، الأردن

المبنى قائم /جديد: قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2010م

خط العرض: 23.5 شمال خط الاستواء.



يقع مبنى المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية في العاصمة الأردنية عمان، بمنطقة تجارية على شارع

الاستقلال ويستخدم البنية التحتية القائمة لتيسير الوصول الى وسائل النقل الخاصة والعامة القريبة .

ويعتبر أول مبنى على مستوى مباني الأمم المتحدة في الإقليم، يحصل على الشهادة الذهبية لنظام الريادة في

الطاقة والتصميم البيئي LEED للتصميم والإنشاء لغلاف المبنى الخارجي ، وذلك بعد حصوله على 42

نقطة أهله للحصول على هذه الشهادة .

وتبلغ مساحة المبنى حوالي 4000 متر مربع وهو مكون من أربعة طوابق ، واعتمد في تصميم وتشيد

المبنى استراتيجيات وحلول خضراء من شأنها التخفيض من إجمالي الاستهلاك في مياه الشرب بواقع 60%

والطاقة بنسبة 22.5% والتقليل من انبعاثات غاز ثنائي اكسيد الكربون بنسبة 8%<sup>1</sup>.

زادت الكلفة الكلية لإنشاء هذا المبنى الأخضر بنحو 4 % فقط في سبيل إدخال المواصفات الرفيعة بالصحة

والصدقية للبيئة ، والتي يتوقع استردادها كاملة من خلال وفورات الطاقة وحدها في فترة لا تتجاوز 5 إلى 6

سنوات ويقدر أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المبنى ستخفيض بواقع 75 طناً في السنة<sup>1</sup>.



الشكل ( 4-35 ) كيفية توضع الألواح الكهروضوئية على السقف والكاسرات

المصدر (53): <http://www.emro.who.int/ar/ceha/ceha-news/news.html>

<sup>1</sup> <http://www.emro.who.int/ar/ceha/ceha-news/news.html>



### كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى :

- استخدام الخلايا الكهروضوئية على الجدران والفتحات والسقف للمبنى.
- عزل الجدران والسقف بكفاءة عالية ، واستخدام أنظمة ميكانيكية للتقليل إلى الحد الأدنى من استخدام الطاقة وهي تقنيات خاصة تزيد من التحكم بالتهوية والحرارة والضوء . كما تحقق الحد من التلوث الضوئي من خلال التحكم الكامل بقطع التيار عن تركيبات الاضاءة الخارجية .
- تركيب إضاءة داخلية تتطفئ تلقائياً خلال فترات الليل لتقليل الضوء المنبعث من النوافذ الى البيئة الخارجية . بالإضافة إلى استخدام التدفق المتغير لوسيط التبريد في نظام التدفئة والتكييف مع مراوح داخلية ذات كفاءة عالية واستخدام عجلة استرداد الحرارة ، وأجهزة استشعار الأشغال ، وتركيب تجهيزات إضاءة ذات فعالية عالية مربوطة بكاشفات الحركة .
- استخدام نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية لتوفير المياه الساخنة ، واستخدام ألواح كهروضوئية للإضاءة الخارجية.<sup>1</sup>

### الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على مبنى منظمة الصحة العالمية في عمان طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل :حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على واجهات المبنى فحقق الجانب الجمالي نوعاً ما على الجزء الذي انوضعت عليه الخلايا ليس مع المبنى ككل دون أن يؤثر على وظيفة المبنى.
- تحقيق القيمة الضوئية : تم توفير راحة بصرية من خلال تصميم داخلي باعتماد النماذج المعمارية المفتوحة بحيث يسمح لضوء النهار الطبيعي بالدخول والانتشار في المبنى. واستخدام زجاج عالي الأداء الضوئي، وذو معامل منخفض لاكتساب الطاقة الشمسية الحرارية.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتناسب مع مواد الاكساء لباقي المبنى مما حقق التناسق مع الجزء الذي انوضعت عليه الخلايا ليس مع المبنى ككل.

<sup>1</sup> <http://www.emro.who.int/ar/ceha/ceha-news/news.html>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بدل كامل الفتحات		
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار		
			على الجدار		
			جزء من الجدار	✓	
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف	✓	
			بدل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة		
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل		مع الفتحات	✓	
			مع الجدران		
			مع الاسقف		
			مع الكاسرات		
			مع المبنى ككل		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓	
			يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم	✓	
			بشكل عشوائي		
			بشكل منحني		
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		مستطيل	✓	
			مربع		
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		اضاءة طبيعية	✓	
			اضاءة صناعية		

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة		✓	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا			
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه			
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته			
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث		
		قائم	✓	
	كمية التغيير	جزئي	✓	
		كلي		
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		✓	
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓	
	توفير الطاقة النظيفة كلي			
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓	
	كلي			

جدول (4-9): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع منظمة الصحة العالمية في عمان - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى أن الخلايا الكهروضوئية عند اضافتها الى المبنى فيتم التكامل مع الجزء الموضوعه عليه فقط فهي تكاملت مع الفتحات من حيث الشكل لكن مع الجدران والسقف لم تتكامل بطريقة جمالية وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.

**المسطرة القياسية للفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل شبه كلي**

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي							
ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا		مبنى The Edge	Cedar Rapids public Library	The مبنى Museum in Malmö	منظمة الصحة في عمان	
الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بدل كامل الفتحات					✓	
	امام الفتحات		✓	✓	✓		
	خلف الفتحات						
الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار		✓	✓		✓	
	على الجدار						
	جزء من الجدار				✓		
الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف					
		جزء من السقف	✓	✓	✓		
		بدل كامل السقف					
	المائلة	على السقف					
		جزء من السقف					
		بدل كامل السقف				✓	
	المنحدية	على السقف					
		جزء من السقف					
		بدل كامل السقف					
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة					
		اضافة الى الواجهة					
	تكامّل مع الشكل الخلايا الكهروضوئية	مع الفتحات		✓	✓		✓
مع الجدران		✓	✓	✓			
مع الاسقف		✓	✓	✓			
مع الكاسرات							
مع المبنى ككل		✓	✓	✓			
تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	✓	✓	✓	
	يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة						
ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم		✓	✓	✓	✓	
	بشكل عشوائي						
	بشكل منحنى						

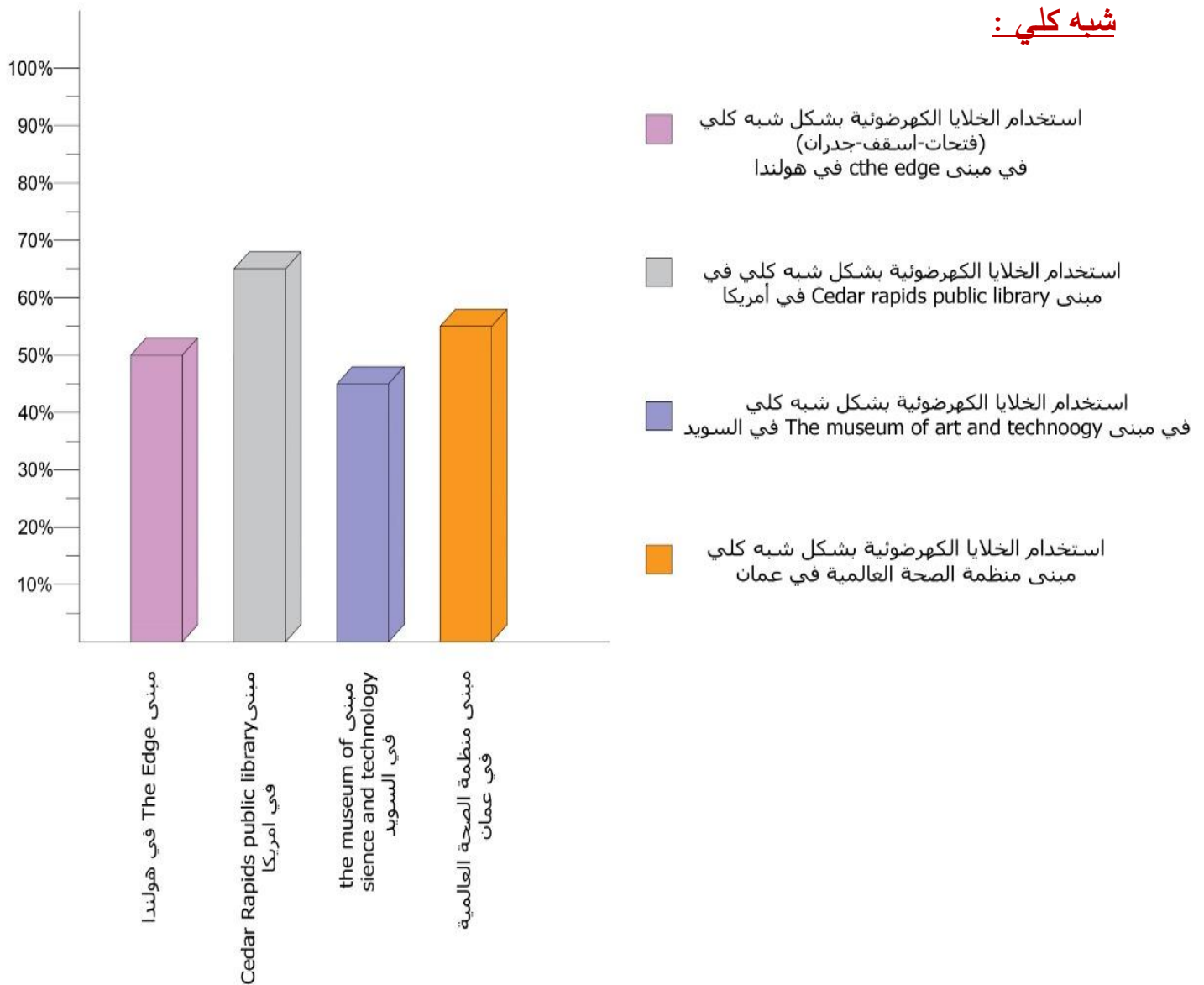
الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

✓	✓	✓	✓	مستطيل	حسب نوع الخلايا	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		
			✓	مربع				
	✓			مقاسات واشكال متنوعة				
✓	✓	✓	✓	اضاءة طبيعية		تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية		
		✓		اضاءة صناعية				
✓				طابع التكرار للعناصر المعمارية		الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى		
✓				فتحات طولية او عرضية محددة				
	✓			وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات باشكال والالوان متعددة للخلايا				
				وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون ان تلغي طابعه				
		✓		وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته				
				حديث	حسب نوع	امكانية التغييرات بشكل الواجهة من اجل تحقيق القيمة الجمالية		
✓	✓	✓	✓	قائم	المبنى			
✓	✓	✓	✓	جزئي	كمية التغيير			
				كلي				
✓	✓	✓	✓	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		الموقع		الاعتبارات الاخرى لوضع الخلايا على الشكل
✓	✓	✓	✓	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه				
✓	✓			توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة				
✓	✓	✓	✓	توفير الطاقة النظيفة جزئي		البيئة		
				توفير الطاقة النظيفة كلي				
✓	✓	✓	✓	جزئي		وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل		
				كلي				

جدول (4-10): المسطرة القياسية للفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل شبه كلي - المصدر: عمل الباحث

## الفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى بشكل

شبه كلي :



الشكل (4-36) النسب المئوية للفئة الثانية من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل شبه كلي حسب أنظمة التقييم العالمية

المصدر: عمل الباحث



## 3-4 المباني المستخدمة للخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى بشكل جزئي (فتحات - جدران )

### 1-3-4 مبنى مجمع Xicui الترفيهي في الصين :

اسم المشروع : GreenPix – Zero Energy Media Wall

الموقع: بكين - الصين

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2008م.

خط العرض: 39.90 شمال خط الاستواء.



الشكل ( 4-37 ) مبنى مجمع Xicui الترفيهي في الصين

المصدر(46) : <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>

يقع مجمع Xicui الترفيهي في الجزء الغربي من بكين بالقرب من بعض المنشآت الرياضية لدورة الألعاب الأولمبية التي ستقام في 2008م. لذلك تم العمل في عام 2006 على استبدال الواجهة الشرقية القديمة ذات الإكساء المعدني بجدار ستائري أبعاده 60\*30 م مصنوع من الوحدات الكهروضوئية الشفافة مع التناثبات الباعثة للضوء (LEED).<sup>1</sup>



الشكل ( 4-38 ) : تكامل الخلايا الكهروضوئية في واجهة مجمع Xicui الترفيهي ونمط الإضاءة ليلاً، بكين، الصين.

المصدر(46) : <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>

<sup>1</sup> KAZEK, V 2012 .Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus, pp.3-6-9-15-16-31-32-33-34-61-70-77.



الشكل (4-39) بعض الصور للواجهات الخارجية للمجمع الترفيهي xicui

المصدر (46): <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>

حيث تم تركيب حوالي 2300 من المصابيح الملونة ( RGB ) خلف الوحدات الزجاجية الشفافة التي تعمل بطاقة الخلايا الكهروضوئية متعددة البلورة ويعتبر هذا أكبر جدار LEED في العالم في هذا الوقت ويدعى GreenPix - Zero Energy Media Wall خلال النهار الطاقة التي تنتجها الخلايا الكهروضوئية لا يتم استخدامها ويتم تصديرها إلى شبكة الكهرباء العامة. وأثناء الليل يتم استخدام الطاقة لتشغيل مصابيح LEED خلف الوحدات وإضاءة الواجهة و جميع الوحدات ومصابيح LEED مثبتة على الهيكل المعدني.<sup>1</sup>

#### كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي للمبنى:

- إن الوحدات الكهروضوئية موازية لجدار المبنى الخلفي، و نصف الوحدات لها ميل 5 درجة إلى اليسار أو اليمين خارج الجدار الستائري لزيادة إنتاج الطاقة.
- تم دمج الخلايا الكهروضوئية في الواجهة الشرقية كجدار ستائري أبعاده 60\*33 حيث إن تجويف الهواء بين جدار المبنى والجدار الستائري المضاف يساعد في تهوية الخلايا مما يؤدي الى زيادة الكفاءة.

<sup>1</sup> <http://www.greenpix.org>

- إن الوحدات الزجاجية شبه شفافة بدون إطار ذات بعد 1\*1 م صممت خصيصاً لتناسب مع شبكة تكوين الجدار الستائري . حيث يوجد ثلاث وحدات زجاجية مختلفة مصممة (قليلة ومتوسطة وعالية) وفقاً لكثافة وعدد الخلايا الموجودة ضمن الوحدة.<sup>1</sup>

- كما أن الأضواء ذات الألوان المتعددة خلف الوحدات تعطي نسيج سطح رائع وجذاب للجدار الكهروضوئي ليلاً.

- بما أن الخلايا الكهروضوئية مغلقة بين لوحين من الزجاج الصفائحي، ومع عدم وجود إطار للوحدات الكهروضوئية فإن التوصيل مشابه للزجاج العادي على الجدار الستائري حيث تم استخدام نظام الزجاج العنكبوتي spider glazing system للتثبيت.

نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهة مبنى مجمع Xicui الترفيهي في الصين طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

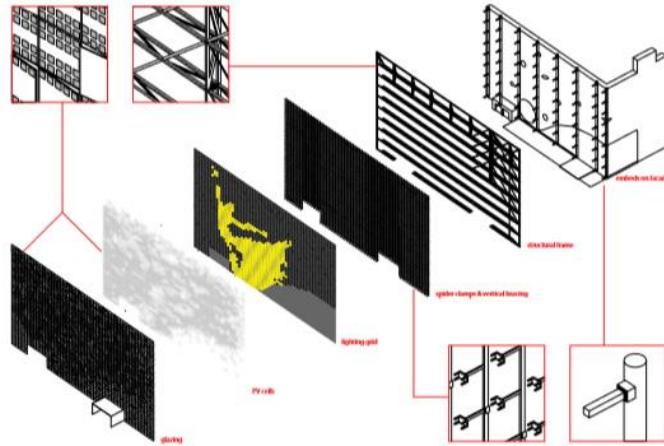
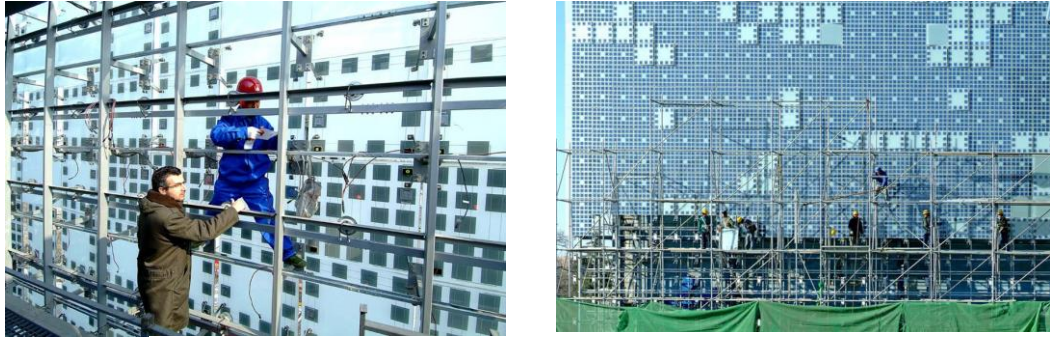
● تحقيق الشكل : حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على واجهة المبنى بتبديل جدار بالكامل بالألواح فحقق الجانب الجمالي دون أن يؤثر على وظيفة المبنى.

● تحقيق القيمة الضوئية : إن نمط الكثافة المختلف ضمن الوحدات يزيد من أدائية المبنى مما يسمح للإضاءة الطبيعية بالدخول عندما يتطلب برنامج التصميم الداخلي ذلك، مع الحد من اكتساب الحرارة وتحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة للجدار. و دمج الخلايا وإضاءتها في الليل يعطيها نسيج جذاب للغلاف وإضاءة الاعلانات على الجدار ليلاً يميزه.

● تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع واجهة المبنى التي تم استبدالها بالخلايا .

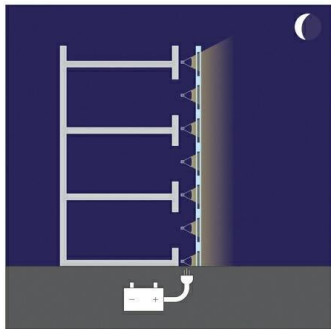
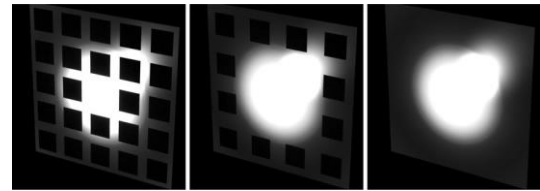
<sup>1</sup> <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>

## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

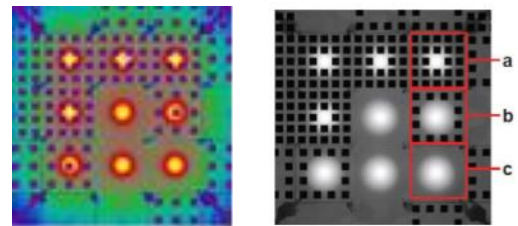


الشكل ( 40-4 ) كيفية تركيب الخلايا الكهروضوئية امام الواجهة الشرقية للمبنى

المصدر (46): <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>



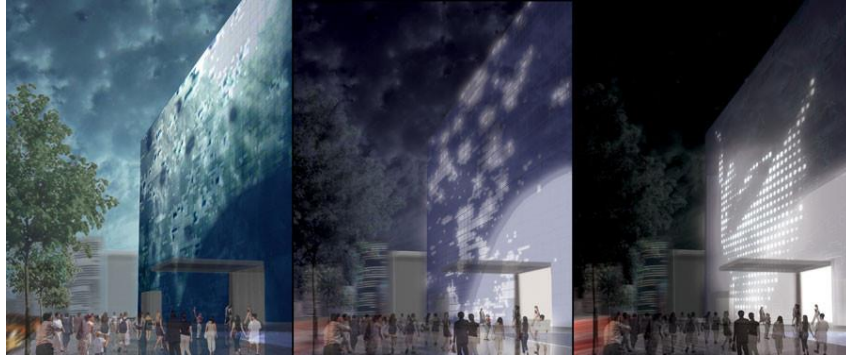
الشكل (42-4) مقطع يوضح الية عمل الخلايا في المجمع



الشكل ( 41-4 ) نمط توزيع الخلايا ضمن الوحدة

المصدر (46): <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>





الشكل ( 4-43 ) يوضح كيفية اضاءة الخلايا ليلاً واطاءة الاعلانات على الجدار

المصدر (46) : <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات			
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار		✓	
			على الجدار		
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا	مع الفتحات		✓	
		مع الجدران		✓	
		مع الاسقف			
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل			
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقّق روح الوحدة بالالوان المتوافقة			
			يحقّق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة	✓	
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم		✓	
		بشكل عشوائي			
		بشكل منحني			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل		
			مربع	✓	
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية		✓	
			اضاءة صناعية	✓	



الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية	
	فتحات طولية او عرضية محددة	
	✓	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا
		وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه
		وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث
		✓ قائم
	كمية التغيير	✓ جزئي
		كلي
الموقع	✓	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض
	✓	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه
		توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة
البيئة	✓	توفير الطاقة النظيفة جزئي
		توفير الطاقة النظيفة كلي
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لنتكامل مع الشكل	✓	جزئي
		كلي

جدول (4-11): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Xicui الترفيهي - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية استخدمت على جزء من المبنى وتكاملت مع الجزء الذي وضعت عليه واعطت نسيج مختلف يميز المبنى بالواجهة الكهروضوئية المضيئة وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.

## 4-3-2 مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا:

اسم المشروع<sup>1</sup> BP SOLAR SKIN

الموقع : Trondheim, Norway

المبنى (قائم/جديد): قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2000م  
خط العرض: 63 شمال خط الاستواء.



الشكل ( 4-4 ) :الخلايا الكهروضوئية المدمجة في الواجهة الزجاجية

الخارجية في مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا

المصدر(57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)

تم تجديد المبنى بدمج وحدات زجاجية شبه شفافة متضمنة خلايا كهروضوئية بدون إطار ذات شكل مستطيل صممت خصيصاً لتتناسب مع شبكة تكوين الواجهة الجديدة. حيث إن مساحة كل وحدتين كهروضوئية تغطي مساحة وحدة زجاجية واحدة في مبنى المكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا، وتبلغ مساحة الواجهة الزجاجية 455 م<sup>2</sup>، ومساحة الوحدات الكهروضوئية ضمن الواجهة 192م<sup>2</sup> وتعمل في الحفاظ على الحرارة عن طريق الحد من فقدان الحرارة وتسخين هواء التهوية وبالإضافة إلى إنتاج الكهرباء.<sup>1</sup>

حيث تم دمج الخلايا الكهروضوئية في الواجهة الجنوبية موازية لجدار المبنى الخلفي على مسافة صافية تبلغ 100 متر مربع تكون مدمجة بين لوحين من الزجاج وتولد 55 كيلو وات وهذا يعني أن 15 % من الإشعاع الشمسي يتم تحويله الى كهرباء .

ويتم تركيب الخلايا أمام الجزء غير الشفاف من الجدار الحالي ويتم وضع الزجاج الشفاف أمام النوافذ الموجودة .

كما تبدو الخلايا الكهروضوئية ضمن الوحدات الزجاجية كنقاط مربعة صغيرة في ترتيب منتظم أفقي وعمودي مع ترك فواصل بينها مولدة بذلك نقش pattern للوحدة الزجاجية.

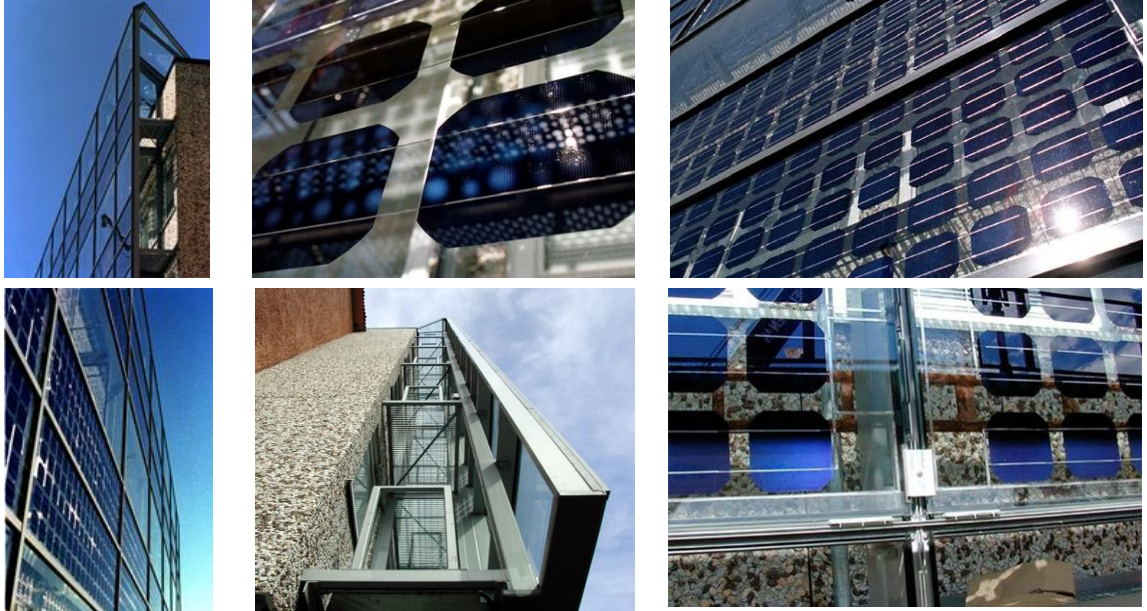
وتكون الخلايا مركبة على مسافة معينة 80 سم من الواجهة الرئيسية ويوفر التجويف الخلفي موقعاً محمياً للتظليل الشمسي ومكان للصيانة والتنظيف. و يساعد في تهوية الخلايا مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة.

<sup>1</sup> [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)

وتساهم هذه الخلايا في تقليل الطلب على التدفئة بطريقتين يوفر الجدار الزجاجي الجديد عزلاً حرارياً إضافياً من خلال التجويف الجديد على الجانب الخارجي للواجهة و سيزيد الإشعاع الشمسي الممتص في التجويف درجة حرارة الهواء هناك وبالتالي تقلل من انتقال الحرارة من خلال التحكم الدقيق في فتحات التجويف ويمكن تهوية التجويف عن طريق فتحات تعمل بمحرك في الأعلى والأسفل ويتم التحكم بها بواسطة أجهزة الاستشعار لدرجة الحرارة وبالتالي تقلل الطلب على التدفئة بنسبة 7-8 % . كما ستوفر الخلايا والتجويف حماية للمبنى من الضوضاء . وقد تنتج الخلايا الكهروضوئية 7200 كيلو وات في الساعة سنوياً وهو ما يعادل 75 % وستقلل هذه الطاقة المتجددة من انبعاثات ثاني اكسيد الكربون وكان الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو إظهار واجهة جذابة في التكامل المعماري للخلايا الكهروضوئية.

### نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهة مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل: حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية للمبنى فحقق الجانب الجمالي مع إمكانية فتح الخلايا بأجهزة استشعار حسب درجة الحرارة .
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة وشبه الشفافة مما يسمح لضوء النهار الطبيعي بالدخول للمبنى.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والملبس الاملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل.

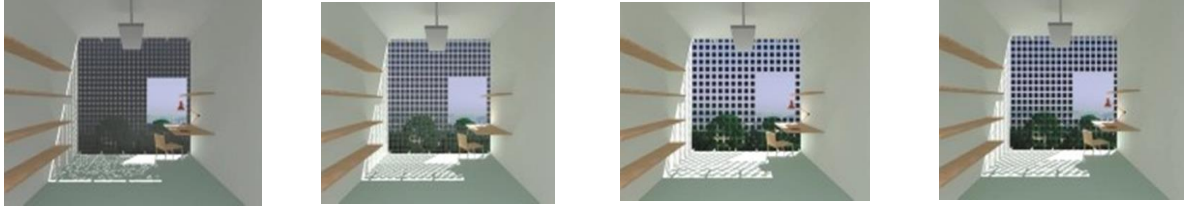


الشكل ( 4-45 ) بعض الصور التوضيحية لتركيب الخلايا على واجهة مبنى المكاتب في الجامعة النرويجية

المصدر (57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)

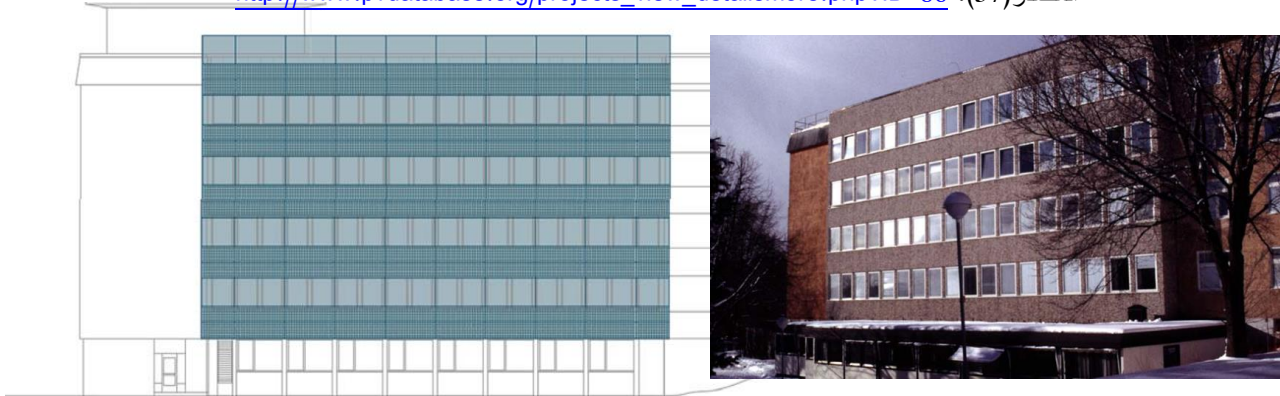


## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية



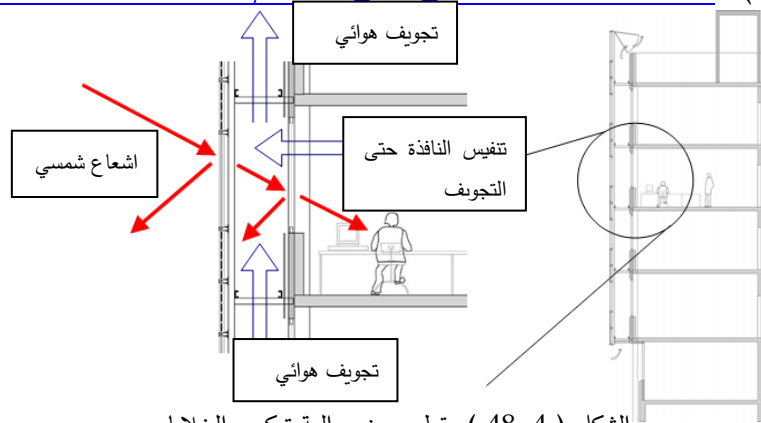
الشكل ( 46-4 ) بعض الصور التوضيحية لتركيب الخلايا من الداخل وكيفية دخول ضوء النهار

المصدر (57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)



الشكل ( 47-4 ) يوضح الواجهة قبل تركيب الخلايا وبعدها

المصدر (57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)



الشكل ( 48-4 ) مقطع يوضح الية تركيب الخلايا

المصدر (57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)



الشكل ( 49-4 ) يوضح كيفية توضع الخلايا امام الواجهة وامكانية فتحها للتهوية

المصدر (57): [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بدل كامل الفتحات		
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار	✓	
			على الجدار		
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة		
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا		مع الفتحات	✓	
			مع الجدران	✓	
			مع الاسقف		
			مع الكاسرات		
			مع المبنى ككل		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓	
			يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم	✓	
			بشكل عشوائي		
			بشكل منحني		
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		حسب نوع الخلايا	✓	
			مستطيل		
			مربع		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		مقاسات واشكال متنوعة		
			اضاءة طبيعية	✓	
			اضاءة صناعية		

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓
	فتحات طولية او عرضية محددة		✓
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا		
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	
		قائم	✓
	كمية التغيير	جزئي	✓
		كلي	
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓
	توفير الطاقة النظيفة كلي		
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓
	كلي		

جدول (4-12): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى الجامعة النرويجية- المصدر: الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية استخدمت على جزء من المبنى فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للجزء الذي توضع عليه بالمبنى وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.



#### 4-3-3 مبنى Arts Centre في الولايات المتحدة الأمريكية:

اسم المشروع: Arts Centre<sup>1</sup>

الموقع: مدينة Greensburg

المبنى قائم/ جديد: قائم تم الانتهاء من تجديده عام 2008م

خط العرض: 40 شمال خط الاستواء



الشكل ( 4-50 ) مبنى Arts Centre في الولايات المتحدة الأمريكية

المصدر (47) : <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>

يعتبر مبنى Arts Centre 5.4.7 هو أول مبنى في مدينة Greensburg في ولاية كانساس يحصل على شهادة LEED Platinum يعد أعلى مستوى من تصنيف نظام المباني الخضراء للريادة في الطاقة والتصميم البيئي ويشتمل مركز Arts Centre على غرف استراحة "خضراء" لحفظ المياه وألواح كهروضوئية وثلاثة توربينات رياح Kestrel . ينتج مركز الفنون طاقة كافية لتلبية معظم احتياجات المبنى من خلال التصميم الذكي.<sup>1</sup>

#### كيفية تركيب الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى :

- المبنى مفتوح للمدينة وللشمس الجنوبية مع حماية الفن من أشعة الشمس فوق البنفسجية ليس فقط للحفاظ على الفن من التلف ولكن أيضاً لتوفير بيئة مشاهدة مريحة وذلك من خلال وضع الألواح الكهروضوئية على الواجهات الخارجية كافة .
- تم تغليف الأبواب الزجاجية المنزلقة بطبقة من الألواح الكهروضوئية لحماية محتويات المبنى من أشعة الشمس الضارة وإيجاد طريقة مرنة وسهلة التشغيل ويمكن التحكم فيها يدوياً لفتح وإغلاق الجدار الجنوبي .
- تعمل الأنظمة الكهروضوئية المدمجة على إنشاء مبنى موفر للطاقة .

<sup>1</sup> <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>

## نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهة مبنى Arts Centre في الولايات المتحدة الأمريكية طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل: حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهات المبنى كافة فحقق الجانب الجمالي وال جذاب دون أن يؤثر على وظيفة المبنى كمبنى فني .
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة مما يسمح لضوء النهار الطبيعي بالدخول للمبنى.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الازرق الفاتح والشفاف والملبس الاملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل.



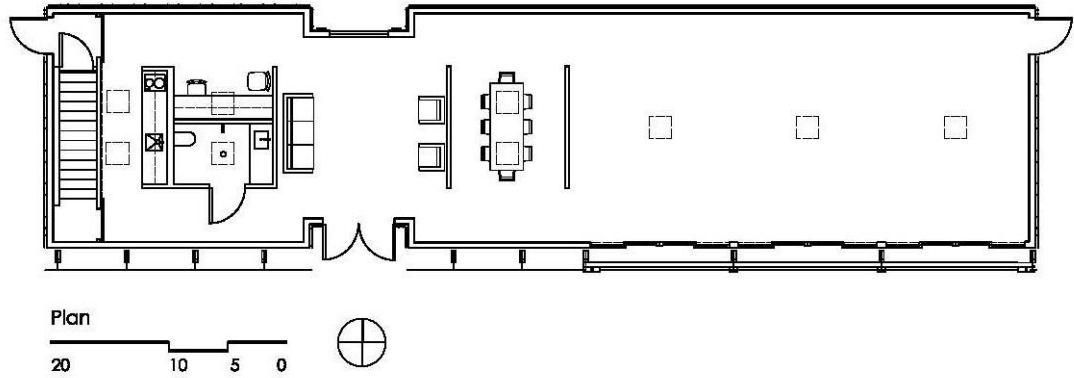
الشكل ( 4-51 ) : بعض اللقطات الداخلية للمبنى توضح دخول ضوء النهار الطبيعي مع الانتباه الى كيفية حماية الفن من اشعة الشمس

المصدر (47) <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>



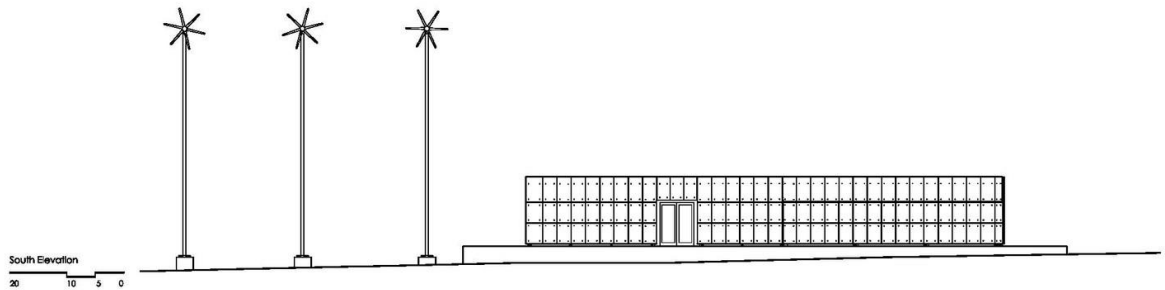
الشكل ( 4-52 ) : بعض اللقطات الخارجية للمبنى وتوضح كيفية توضع الألواح الكهروضوئية امام الواجهات والانتباه الى إمكانية فتحها وإغلاقها

المصدر (47) <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>



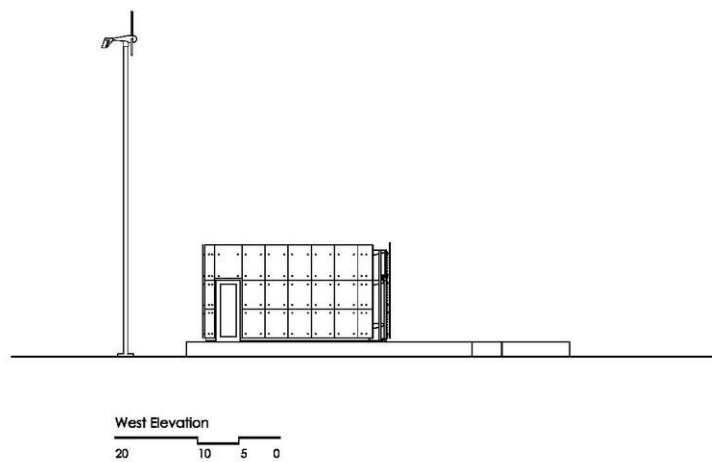
الشكل ( 4-53 ) : مسقط الافقي للمبنى

المصدر (47): <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>



الشكل ( 4-54 ) : الواجهة الرئيسية للمبنى

المصدر (47): <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>



الشكل ( 4-55 ) : الواجهة الجانبية للمبنى

المصدر (47): <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات		بدل كامل الفتحات		
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران		امام الجدار	✓	
			على الجدار		
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بدل كامل السقف		
	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية		جزء من الواجهة		
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الشكل الكهروضوئية مع الخلايا		مع الفتحات	✓	
			مع الجدران	✓	
			مع الاسقف		
			مع الكاسرات		
			مع المبنى ككل		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓	
			يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		بشكل منتظم	✓	
			بشكل عشوائي		
			بشكل منحني		
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى		حسب نوع الخلايا	✓	
			مستطيل		
			مربع		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى		مقاسات واشكال متنوعة		
			اضاءة طبيعية	✓	
			اضاءة صناعية		

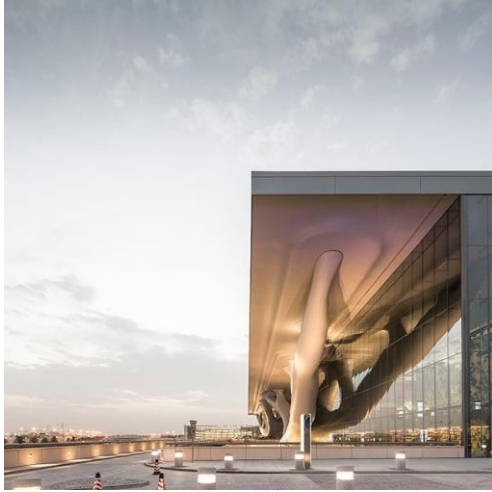
الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		
	فتحات طولية او عرضية محددة		
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	✓	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	
		قائم	✓
	كمية التغيير	جزئي	✓
		كلي	
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓
	توفير الطاقة النظيفة كلي		
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓
	كلي		

جدول (4-13): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى Arts Centre - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية استخدمت على جزء من المبنى فتم الوصول الى التكامل المعماري مع الشكل الخارجي للجزء الذي توضع عليه بالمبنى وحقق شفافية بنسبة معينة للمبنى الفني دون أن يتأذى الفن والمعروضات داخله وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.

#### 4-3-4 مركز قطر الوطني للمؤتمرات:



اسم المشروع : مركز قطر الوطني للمؤتمرات<sup>1</sup>

الموقع : الدوحة ، قطر .

المبنى قائم /جديد: قائم تم الانتهاء من تشييده عام 2011م

خط عرض : 25 شمال خط الاستواء .

الشكل ( 4-56 ) : مركز قطر الوطني للمؤتمرات

المصدر(68): <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA>

وهو المركز الأكبر عالمياً والأجمل عربياً و يقع ضمن حرم المدينة التعليمية الممتد على مساحة تبلغ 4200 متر مربع والذي يحتضن العديد من المنشآت بدءاً من أفرع الجامعات العالمية مثل ( كلية طب

Weill Cornell ,And Texas A&M University , And Georgetown University

إلى جانب المراكز المحلية مثل مركز السدرة للطب والبحوث وواحة العلوم والتكنولوجيا في قطر) .

وقد تم تصميم هذا المركز ليلبي الاحتياجات الفعلية لتطوير قطاع المؤتمرات والمعارض، حيث تبلغ مساحته الإجمالية نحو 200 ألف متر مربع، بالإضافة إلى مبنى خاص لمواقف السيارات يتسع لأكثر من 3000 سيارة .

و المركز افتتح في 4 كانون الثاني 2011 في مدينة قطر التعليمية، صممه مجموعة Yamasaki المعمارية، وبلغت تكلفته 720 مليون دولار، وهو يتسع لـ 27 ألف شخص، ويحتوي المبنى الرئيسي على العديد من قاعات الاجتماعات، والمسارح مختلفة الأحجام والاستخدامات، كما يضم مراكز لعقد المؤتمرات بقاعة كبيرة تتسع

لـ 4 آلاف شخص، ومسرحاً يتسع لـ 2500 شخص<sup>1</sup>.

ولا يقف الحديث عن مركز قطر الوطني للمؤتمرات عند حد تميز التصميم وروعته فحسب، ولكنه يمتد إلى الحديث عن أول مبنى في منطقة الشرق الأوسط حصل على التصنيف الذهبي لمقياس الريادة في الطاقة والتصميم البيئي (LEED) ، وهو تصنيف عالمي يعطيه المجلس الأمريكي للمباني الخضراء؛ للدلالة على مدى ملائمة هذا المبنى للبيئة.

<sup>1</sup> <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA>



وقد استغرق المعماري الياباني (ARATA ISUZAKI) ، نحو 5 سنوات لتنفيذ المشروع بمراحله المختلفة، ويحتوي المركز على ما يقارب 3500 متر مربع من ألواح الطاقة الكهروضوئية التي توفر 12.5% من الطاقة الكهربائية المطلوبة لتشغيله، إضافة إلى العديد من الأنظمة التي تساعد على توفير استخدام الطاقة والمياه وبهذا المركز تدخل قطر عالم الطاقة النظيفة.

أوضح أنه من خلال تصميم المبنى اعتمدنا على ما يسمى بـ energy modeling ، الذي من خلاله توفر درجة الحرارة المناسبة، ودرجة الإضاءة المناسبة، لمراعاة راحة المستخدم، مشيراً إلى أن "قاعات العرض تعتمد على نظم إضاءة متكاملة للوصول إلى أعلى مستويات البيئة المستدامة."

### نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على واجهة مركز قطر الوطني للمؤتمرات طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- تحقيق الشكل: حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهات المبنى كافة فحقق الجانب الجمالي والجذاب دون أن يؤثر على وظيفة المبنى كمبنى مؤتمرات.
- تحقيق القيمة الضوئية : باستخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة مما يسمح لضوء النهار الطبيعي بالدخول للمبنى.
- تحقيق اللون والملبس والنسيج : من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق والشفاف والملبس الأملس للخلايا مما يحدث تناغم في التشكيل وتحقيق التناسق مع المبنى ككل.
- مضيفاً أن المبنى يقلل من استهلاك الطاقة بنسبة 35% مقارنة بغيره من المباني.



الشكل (4-57): واجهة خارجية للمبنى

المصدر (68): <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA>



الشكل (4-58): بعض اللقطات الليلية للمبنى وتوضيح اضاءة الخلايا ليلاً

المصدر (68) : <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA>



الشكل (4-59) : بعض اللقطات الداخلية للمبنى وتوضيح دخول ضوء النهار الطبيعي

المصدر (68) : <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA>

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات	✓		
		امام الفتحات			
		خلف الفتحات			
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار	✓		
		على الجدار			
		جزء من الجدار			
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
		اضافة الى الواجهة			
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	مع الفتحات	✓		
		مع الجدران	✓		
		مع الاسقف			
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل	✓		
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة	✓		
		يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
		بشكل منتظم	✓		
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	بشكل عشوائي			
		بشكل منحنى			
		حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية	مربع		
			مقاسات وأشكال متنوعة		
				✓	
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة صناعية			

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		
	فتحات طولية او عرضية محددة		
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا	✓	
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	✓
		قائم	
	كمية التغيير	جزئي	
		كلي	
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓
	توفير الطاقة النظيفة كلي		
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓
	كلي		

جدول (4-14): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مركز قطر الوطني للمؤتمرات - المصدر: عمل الباحث

نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية المعتمدة للمبنى ان الخلايا الكهروضوئية وضعت من بداية تأسيس المبنى وتكاملت معه بطريقة جمالية وتوفير الطاقة النظيفة للمبنى بشكل جزئي.

## المسطرة القياسية للفئة الثالثة من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل جزئي

مركز قطر الوطني للمؤتمرات		مبنى Arts Centre	مكاتب الجامعة النرويجية	مبنى مجمع Xicui	توضع الخلايا		ربط الخلايا مع الشكل	الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي
✓					بدل كامل الفتحات		الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	
	✓	✓	✓		امام الفتحات			
					خلف الفتحات			
✓	✓	✓	✓		امام الجدار		الخلايا الكهروضوئية في الجدران	
					على الجدار			
					جزء من الجدار			
					المستوية	على السقف	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	
						جزء من السقف		
						بدل كامل السقف		
					المائلة	على السقف		
						جزء من السقف		
						بدل كامل السقف		
					المنحنية	على السقف		
						جزء من السقف		
						بدل كامل السقف		
					جزء من الواجهة		الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	
					اضافة الى الواجهة			
✓	✓	✓	✓		مع الفتحات		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	
✓	✓	✓	✓		مع الجدران			
					مع الاسقف			
					مع الكاسرات			
✓					مع المبنى ككل			
✓	✓	✓			يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	
			✓		يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
✓	✓	✓	✓	✓	بشكل منتظم	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة		
					بشكل عشوائي			
					بشكل منحني			

الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل	

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجى للأبنية العامة فى سورية

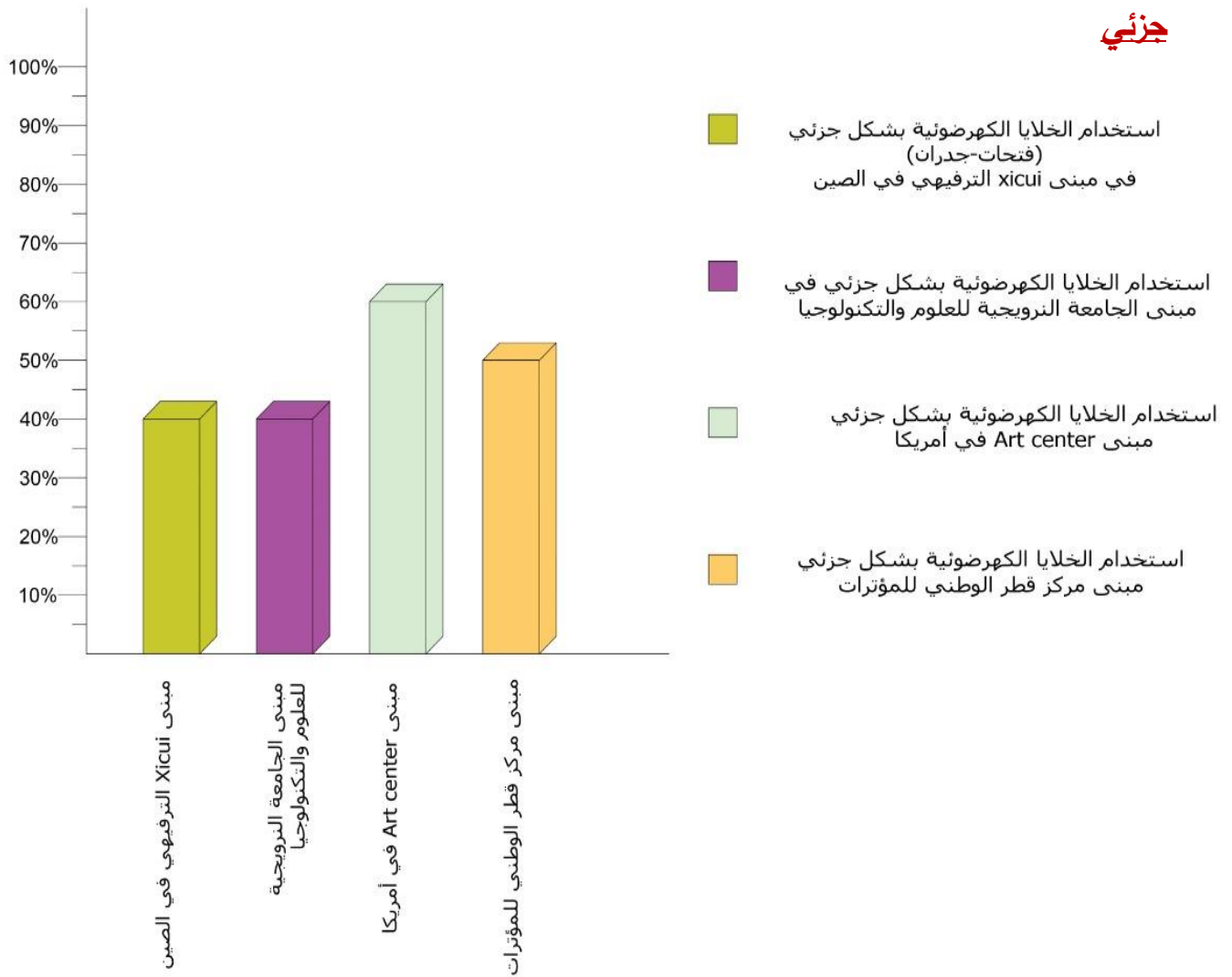
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل		✓	✓	✓
			مربع	✓			
			مقاسات وأشكال متنوعة				
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية	إضاءة طبيعية	✓	✓	✓	✓	
		إضاءة صناعية	✓				
	الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية			✓		
		فتحات طولية او عرضية محددة			✓		
		وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال والالوان متعددة للخلايا	✓	✓			
		وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون ان تلغي طابعه					
		وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته					
	امكانية التغييرات بشكل الواجهة من اجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث				✓
			قائم	✓	✓		✓
		كمية التغيير	جزئي	✓	✓		✓
			كلي				
	الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض	✓	✓	✓	✓	
		موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه	✓	✓	✓	✓	
		توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة					
	البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي	✓	✓	✓	✓	
		توفير الطاقة النظيفة كلي					
	وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي	✓	✓	✓	✓	
كلي							

جدول (4-15): المسطرة القياسية للفئة الثالثة من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل جزئي - المصدر: عمل الباحث



## الفئة الثالثة من نماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى بشكل جزئي

جزئي



الشكل (4-60) النسب المئوية للفئة الثالثة من النماذج التحليلية المستخدم فيها الخلايا بشكل جزئي حسب أنظمة التقييم العالمية

المصدر: عمل الباحث

## المسطرة القياسية لنماذج الدراسة التحليلية كافة

مركز قطر الوطني للمؤتمرات	✓					✓		
مبنى Arts Centre		✓		✓				
مكاتب في الجامعة النرويجية		✓		✓				
مبنى مجمع Xicui		✓		✓				
منظمة الصحة العالمية في عمان		✓			✓			
The Museum in Malmö		✓					✓	
Cedar Rapids Public Library		✓		✓				✓
مبنى The Edge		✓			✓			
مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي	✓				✓			
جامعة Edinburgh		✓				✓		
مكتبة رئيسية لجامعة Leicester		✓		✓				
مبنى City Hall		✓		✓				
اسم المبنى	بدا كامل الفتحات	امام الفتحات	خلف الفتحات	امام الجدار	على الجدار	جزء من الجدار	على السقف	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف
							المستوية	
							الخلايا	
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي								









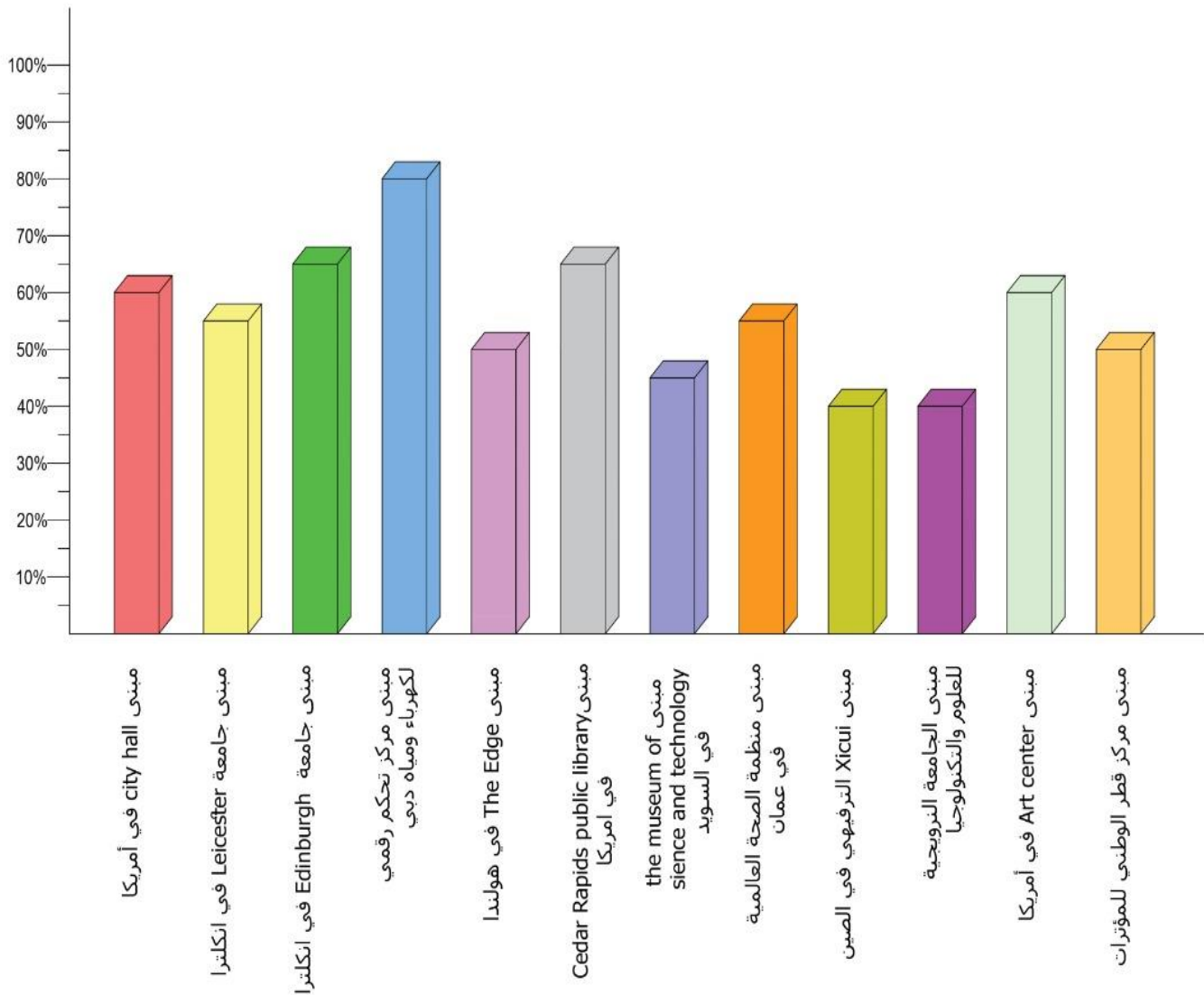




[illegible]

جدول (4-16): المسطرة القياسية لنماذج الدراسة التحليلية كافة - المصدر: عمل الباحث

## نماذج الدراسة التحليلية كافة:



مخطط بياني يبين تقييم المباني التي تم تحليلها عالميا وعربيا كلي وشبه كلي وحزئي

الشكل (4-61) النسب المئوية لنماذج الدراسة التحليلية كافة حسب أنظمة التقييم العالمية

المصدر: عمل الباحث

## نتائج الدراسة التحليلية : من خلال دراسة الأمثلة العالمية والعربية السابقة تبين أن:

- انسجام الخلايا الكهروضوئية من حيث الملمس والنسيج مع باقي مواد تشطيب المبنى مما يعطي إحساس بتكامل عناصر التشكيل المعماري مع المبنى العام ككل كما في مبنى جامعة **Edinburgh** في انكلترا .
- وضع الخلايا الكهروضوئية في المبنى العالمي مجمع **xicui** الترفيهي في الصين تبين أن تبديل جداره بالكامل بالخلايا الكهروضوئية المضيئة في الليل بألوان زاهية متعددة ومختلفة وإمكانية وضع الإعلانات عليها أعطت واجهة المبنى نسيج رائع وجذاب ولافت للنظر .
- وضع الخلايا الكهروضوئية على الشكل الخارجي أعطى شكل جذاب للمبنى العام و خلق بيئة عمل مريحة وحيوية ووفر طاقة إيجابية لشاغلي المبنى كما في مبنى **The Edge** في هولندا و مبنى مركز قطر الوطني للمؤتمرات.
- وضع الخلايا الكهروضوئية على واجهات المباني أعطت نظام تظليل فني وفر الطاقة كما أعطت مظهر جذاب للشكل الخارجي للمبنى كما في مبنى **City Hall** في الولايات المتحدة الأمريكية .
- وضع الخلايا الشفافة وشبه الشفافة على واجهات المباني وفرت ضوء النهار الطبيعي بنسب متفاوتة حسب نوع المبنى وأعطت واجهات شفافة جذابة ومرنة كلوحة فنية متكاملة كما أن اضاءة الواجهات ليلاً باضاءة صناعية من قبل الخلايا أعطت نسيج مميز للمباني كما في مبنى مكتبة جامعة **Leicester** في انكلترا ومبنى **Cedar Rapids Public Library** في الولايات المتحدة الأمريكية.
- وضع الخلايا الكهروضوئية على مسافة معينة 80 سم من الواجهة الرئيسية وفر التجويف الخلفي موقعاً محمياً للتظليل الشمسي ومكان للصيانة والتنظيف وأيضاً ساعد في تهوية الخلايا وزيادة كفاءتها كما في مبنى مكاتب في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا.
- زاوية ميل الخلايا الكهروضوئية المثلى كانت حسب خط العرض الموجود عليه المبنى في الأمثلة التحليلية العالمية والعربية السابقة .
- وضع الخلايا على الشكل الخارجي في الأمثلة التحليلية التي استخدمت الخلايا بشكل كلي أعطت انسجام أكبر مع الواجهات كافة وحصلت على تقييم معايير جيدة حسب أنظمة التقييم العالمية .
- وضع الخلايا في الأمثلة التحليلية التي استخدمت الخلايا عليها بشكل جزئي تكاملت فقط مع الجزء الموضوع عليه من الواجهة ليس مع المبنى ككل من حيث التشكيل وحصلت على تقييم أقل حسب أنظمة التقييم العالمية.

- وضع الخلايا على الشكل الخارجي لكل المباني العالمية والعربية التي حللت سابقاً زاد من العزل الحراري وحجب أشعة الشمس غير المحببة و أمن العزل الصوتي أيضاً خاصة في الأبنية العامة الموجودة بمنطقة مزدحمة وعلى شوارع رئيسية .
- وضع الخلايا الكهروضوئية من بداية تصميم وإنشاء المبنى يعطي حرية للمعماري بكيفية توضع الخلايا وأشكال وأنواع الخلايا وألوانها المتنوعة بطريقة جمالية تجعل المبنى متميز كما في مبنى مركز تحكم رقمي لكهرباء ومياه دبي .

## ومن خلال الدراسة النظرية والدراسة التحليلية تم التوصل للاعتبارات الواجب توفرها في المباني العامة للتكامل بين الخلايا الكهروضوئية والشكل المعماري:

### أولاً: اعتبارات الموقع :

1- حسب موقع البناء بالنسبة للظل :

\* فالظلال التي تلقيها المباني المرتفعة تعمل على تقليل كفاءة الخلايا الكهروضوئية ولذلك يمكن أن تكون الطوابق العليا فقط مغطاة بالخلايا الكهروضوئية.

\* أما المباني التي تزيد المساحات بينها وبين المباني المجاورة يمكن استغلالها بأكملها بالخلايا الكهروضوئية.

2- توجيه الخلايا بزواوية ميل مناسبة على السقف والواجهات واتجاهها نحو الشمس فاختيار زاوية ميل اللوح \*يعتمد على خط العرض الذي تتواجد فيه .

\* يعتمد على الفصول الاربعة ففي فصل الربيع والخريف تكون زاوية ميلان اللوح مساوية لدرجة العرض أما في الصيف تقل عن درجة العرض ب 15 وفي الشتاء تزيد عن درجة العرض بمقدار 15.

### ثانياً: الاعتبارات البيئية :

1- المناخ : دراسة المناخ الواقع فيه المبنى العام فبالنسبة لسوريا كمية الاشعاع الشمسي السنوي يبلغ بين 1900-2100 لكل متر مربع من مساحة القطر البالغة 185180 كيلو متر مربع وساعات التشميس فيها بين 7-8 ساعات في اليوم بدرجة حرارة مناسبة 25 درجة مئوية للواجهات الجنوبية أي تتميز سوريا بإشعاع شمسي قوي يمكن الاستفادة منه .

2-العزل الحراري: فتركيب الخلايا الكهروضوئية أمام الواجهات مع وجود فراغ بينهما يخلص المبنى من الاحتباس الحراري والغازات الدفيئة ويؤمن تهوية محيط المبنى تهوية كافية ويزيد من أدائية الخلايا فتصبح أكثر كفاءة فتساعد في التدفئة في الشتاء وتحجب أشعة الشمس غير المحببة في الصيف كما تحقق العزل الصوتي أيضاً.

3-إنتاج الطاقة النظيفة بشكل جزئي أو كلي بطريقة هادئة وغير مزعجة دون ضجيج ولا تنتج أي غازات ضارة خلال فترة التشغيل .



### ثالثاً: الاعتبارات التصميمية :

بالنسبة لتوضع الخلايا مع شكل المبنى الخارجي :

#### 1-استخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة: Transparent Photovoltaic TPV

\* بدل كامل الفتحات يؤمن ضوء النهار الطبيعي بنسبة كبيرة

\* أمام الفتحات يساعد في تشكيل المبنى بطريقة جمالية

فيحسن مظهره في حال كان المبنى قائم.

\*خلف الفتحات تغطي كامل الفتحة ويوجد فراغ بينهما.

2-استخدام الأنواع شبه الشفافة على المظلات في الأبنية العامة سواء مظلات مواقف السيارات أو مظلات الدخول للمبنى.

#### 3-استخدام الخلايا الكهروضوئية المعتمدة أو شبه الشفافة على الجدران

\* أمام الجدار يعطي حرية انشائية لعدم ارتباطه بشكل مباشر بعناصر

الواجهة فتثبتت الخلايا على شبكة معدنية أمام الواجهات .

\* كجزء من الجدار عند توفرها كمواد إكساء صغيرة الحجم وتركب وفق أبعاد

قياسية مصممة خصيصاً للتكامل مع شكل المبنى.

#### 4-استخدام الخلايا (المعتمدة -الشفافة -شبه الشفافة) على الأسقف سواء بالسقف الأفقي أو المائل

\* كجزء من السقف تستبدل الخلايا بمواد الإكساء التقليدية.

\* بدل كامل السقف استبدال السقف بالكامل بالخلايا الكهروضوئية .

أما السقف المنحني فتتركب الخلايا وخاصة (الأغشية الرقيقة) عليه بشكل مباشر على سقف المبنى وتأخذ

انحناءه وخاصة في الأبنية قيد الإنشاء الترفيهية ومباني العرض والمتاحف ذات الأشكال العضوية.

#### 5-استخدام الخلايا الكهروضوئية مع الكاسرات فتتركب عليها بشكل مباشر إما أن تكون جزء من الواجهة

مدمجة معها أو إضافة الى الواجهة حسب نوع المبنى التي تتركب عليه ، إن كان قائم أو حديث.

#### رابعاً: الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل :

- 1- تأثير لون الخلايا على الشكل المعماري: \* يحقق روح الوحدة بالألوان المتوافقة للخلايا .  
\* يحقق التنوع باستخدام الألوان المتناقضة للخلايا .
- 2- نسيج السطح للخلايا ومدى انسجامه مع غلاف المبنى :  
\* ترتيب الخلايا ضمن الوحدة : - بشكل منتظم  
- بشكل عشوائي  
- بشكل منحنى  
\* مواد إنهاء الوحدات المتكاملة مع مواد الإكساء التقليدية للمبنى :  
حسب نوع الخلايا: - المتعددة البلورة: نسيج مثل الرخام تتداخل  
الألوان مع بعضها البعض وهي الأنسب .  
- الأغشية الرقيقة ذات مظهر متجانس مع  
خطوط دقيقة.
- 3- شكل الوحدات الكهروضوئية المتناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى:  
- حسب نوع الخلايا : \* الخلايا الأحادية والمتعددة البلورة - مستطيل  
- مربع  
\* الأغشية الرقيقة - مقاسات وأشكال متنوعة
- 4- تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى :  
- إضاءة طبيعية \* دخول الضوء النهار الطبيعي لفراغات المبنى الداخلية حسب نوع الفراغات :  
• غرف إدارية فنستخدم النوع الشفاف  
• صالات عرض كبيرة فنستخدم النوع شبه الشفاف  
- إضاءة صناعية إنارة واجهات المباني في الليل بتشكيلات معمارية مميزة ومختلفة.
- 5- الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكلها:  
\* الواجهات الأكاديمية : مباني إدارية وتعليمية: - طابع التكرار بالواجهات للعناصر المعمارية .  
- فتحات طولية أو عرضية محددة .  
- النسب والتناسب حسب طول الواجهة بالنسبة لعرضها:  
\* إذا كان عرض الواجهة أكبر من طولها فيجب وضع الخلايا شاقولياً.  
\* إذا كان طولها أكبر من عرضها فيجب وضع الخلايا أفقياً.

فهذا النوع من المباني يقيد المعماري بواجهات محددة فيجب وضع الخلايا عليها بطريقة تتناسب معها وتكسر طابع التكرار بما يتناسب مع المنطقة الواقعة فيها المبنى دون أن تؤثر على وظيفة المبنى .  
\*الواجهات الفنية : مباني ترفيهية وسياحية ومباني العرض والمتاحف: - أشكال فنية وعضوية مختلفة للمباني.

- فتحات كبيرة

فهذا النوع من المباني يعطي حرية للمعماري بوضع الخلايا على الشكل بألوان وأشكال متعددة لتعبر عن الفن بالواجهات وتعطيه شكل مميز.

\*الواجهات التعبيرية : مباني مراكز ثقافية ومسارح : أشكال معبرة عن وظيفة المبنى فيجب وضع الخلايا لتعبر عن الوظيفة دون أن تلغي طابع المبنى.

\*الواجهات الرمزية : مكتبات عامة : فيها شكل من الأشكال على المبنى يرمز لشيء معين لوظيفة المبنى فيجب وضع الخلايا بطريقة ترمز لرمز معين خاص بالمبنى حسب وظيفته بطريقة جمالية وتحقق الشفافية المطلوبة للمبنى .

6-إمكانية تغييرات بشكل الواجهات من أجل تحقيق القيمة الجمالية :

-حسب نوع المبنى :

\* حديث

\* قائم

-كمية التغيير : \* جزئي

\* كلي

خامساً: الاعتبارات الانشائية :

-تركيب الخلايا على مبنى قائم لا يحتاج إلى نظم إنشائية كبيرة عند إضافتها إلى التشكيل الخارجي فهي توضع بإضافة شبكة معدنية بسيطة أمام الواجهات ويتم تثبيت الحوامل ببراغ فولاذية واللحام حول البراغي لتثبيتها جيداً كما يتم تثبيت الألواح على الحوامل والتأكد من عدم ملاستها للسطح وابتعادها مسافة عن الواجهة فهي تعطي الحرية لعدم ارتباطها بعناصر الواجهة بشكل مباشر.

#### سادساً: الاعتبارات الميكانيكية والكهربائية :

-دراسة حاجة كل مبنى للحمل الكهربائي لمعرفة عدد الألواح المناسبة لتحديد الطاقة المطلوبة للمبنى من الخلايا الكهروضوئية وكيفية توزيعها على الواجهات .

من خلال حساب عدد الألواح المطلوبة = الطاقة الكلية المطلوبة للأجهزة بالمبنى / الطاقة الفعلية المطلوبة

وبسبب وجود ضياعات في الألواح كل 100 W يعطي فعلياً 85 W

كل 335 W يعطي X

**X=285 W**

على سبيل المثال 3 Panels = W 285/ W1000

#### سابعاً: الاعتبارات الاقتصادية :

-استخدام الخلايا برغم ارتفاع سعرها النسبي مقارنة بالأساليب الأخرى لتوفير الطاقة إلا أنها على المدى البعيد تعد أوفر اقتصادياً.

#### ثامناً : الاعتبارات الخاصة بالصيانة:

-تركيب الخلايا مع وجود الفراغ بينها وبين المبنى يفيد في أعمال التنظيف في حال تعرضت الخلايا للغبار والأوساخ من البيئة المحيطة لان الاوساخ تقلل من كفاءتها وأيضاً يفيد في أعمال الصيانة في حال حصل بعض الأعطال للخلايا.

## الفصل الخامس : الدراسة التطبيقية

### مقدمة:

من خلال الفصول النظرية السابقة تم التعرف على الخلايا الكهروضوئية من كافة جوانبها وإضافة الى التعرف على الشكل المعماري ووسائله و أهم المبادئ و المعايير الأساسية في تصميم المباني العامة. كيفية تكامل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل المعماري من الناحية التصميمية والمستويات الشكلية للتكامل بين المنظومات الكهروضوئية والشكل الخارجي المعماري.

و ذلك بتسليط الضوء على تجارب مهمة حققها معماريون عالميون استطاعوا من خلالها التوصل الى ما يسمى بمباني عالمية وعربية عامة محققة لمعايير العالمية كمييار LEED الشهير. من هنا فإن الدراسة التطبيقية في هذا البحث تعتمد على المبادئ العالمية التي تم شرحها و دراستها سابقاً ، بشكل يتلائم مع مناخنا وأشعة الشمس وخط العرض و يعكس بيئتنا في سوريا.

فالبداية كانت دراسة الوضع الراهن لكل مبنى ومعرفة السيئات الموجودة فيه ثم اقتراح بعض الاقتراحات التي تساعد على الارتقاء بهذا المبنى وتحويله الى مبنى محقق أنظمة التقييم العالمية قدر الامكان ومحقق للقيمة الجمالية في الشكل الخارجي للمباني العامة وخاصة الإدارية بنفس الوقت، و ذلك سوف يتم توضيحه من خلال الأمثلة التالية:

-وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق

-مبنى مديرية السياحة بجلب

## 5-1 وزارة الأشغال العامة والإسكان في دمشق

### 1-التعريف بالمبنى:

يقع المبنى في مدينة دمشق ، في شارع سعدالله الجابري على خط عرض 33 درجة ، جددت عام 2016م نتيجة لدمج وزارتي الأشغال العامة و الإسكان والتنمية العمرانية . تشرف الوزارة على نقابة المهندسين ووضع التصاميم والدراسات والتدقيق والإشراف على المشاريع الإنشائية و تنفيذ المشاريع الإنشائية للجهات العامة الأخرى التي تكلف بها من قبل المجلس الأعلى للتخطيط بما يضمن تأمين جبهات عمل كافية لتنفيذ خطط الشركات والمؤسسات الإنشائية بموجب عقود أشغال مع هذه الشركات و إصدار دفاتر الشروط الفنية العامة والخاصة للمشاريع الإنشائية على اختلاف أنواعها و المشاركة مع الجهات العامة المختصة في تحديث أنظمة العقود ودفاتر الشروط العامة و إعداد وتأهيل المراقبين الفنيين وتطوير مناهج التدريس والتدريب في معاهد المراقبين الفنيين ومراكز التدريب المهني و المهام التي يكلفها بها مجلس الوزراء في مجال البناء والإنشاء والأشغال العامة.



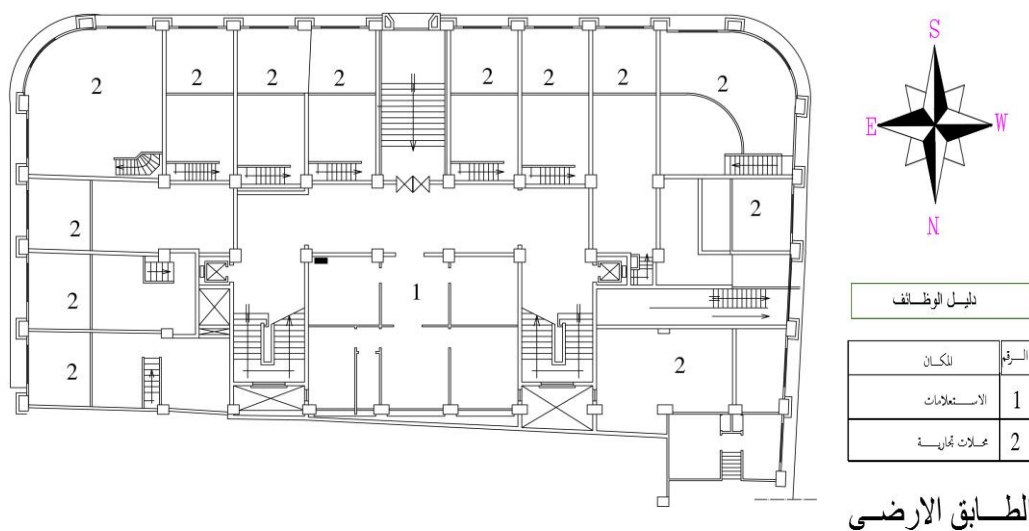
الشكل (5-1) : صور الوضع راهن لمبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق

المصدر :الباحث

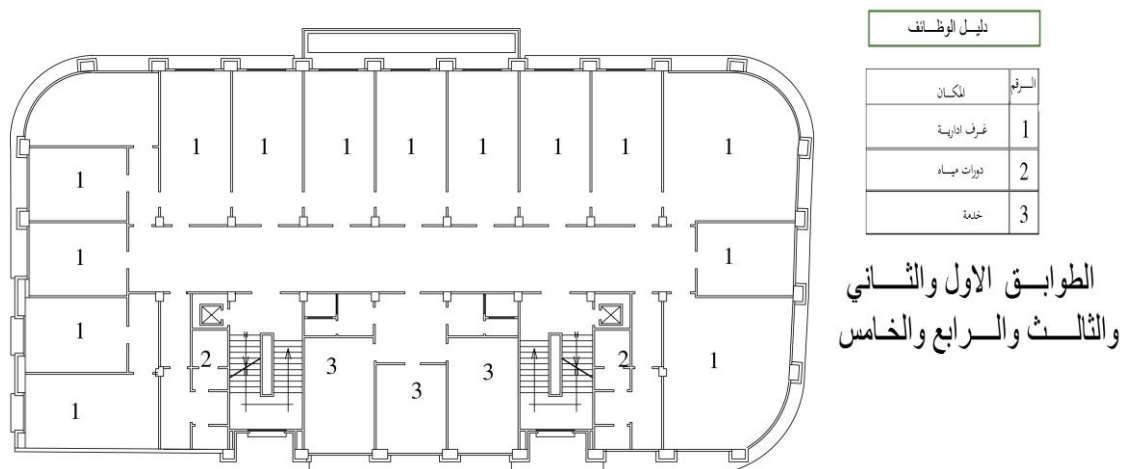


## 2-دراسة الوضع الراهن

فتمت دراسة المساحة الطابقية للمبنى وهي 780 م<sup>2</sup> ومساحة المبنى بالكامل الذي يتكون من ستة طوابق وهي 3900 م<sup>2</sup> موزعة على طابق أرضي يوجد فيه محلات تجارية والطوابق الخمس الأخرى هي غرف إدارية كما تم حساب حاجة المبنى بالكامل للطاقة 112700 واط من الكهرباء.



الشكل (2-5): مسقط الطابق الأرضي لمبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان في دمشق

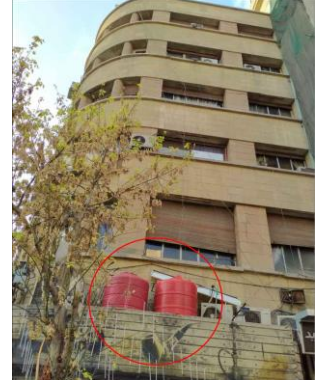


الشكل (3-5): مسقط الطوابق الأولى والثانية والثالثة والرابعة والخامس لمبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان في دمشق

المصدر : الباحث

بالنسبة للواجهات كما هو موضح بالصور للواجهات الثلاث الجنوبية والشرقية والغربية للمبنى في الوضع الراهن

كون الواجهة الشمالية مغلقة بكتلة... فالواجهة الجنوبية هي الأكبر ( والنسبة في الواجهة عرضها أكبر من طولها) وتقع على الشارع الرئيسي العريض المليء بالضوضاء وهي أقل تعرض للظلال كون المبنى موجود بمنطقة مكتظة بالمباني العالية بوسط دمشق أما الواجهات الشرقية والغربية هي أصغر (والنسبة في الواجهة طولها أكبر من عرضها) وتقع على شارع أقل عرضاً وتتعرض للظلال .  
فالواجهات لا يوجد تشكيل فيها فهي جامدة غير معبرة عن وظيفة المبنى كوزارة والواجهات فيها طابع التكرار بنمط الفتحات العرضية المحددة كون المبنى إداري وقائم .



الشكل (4-5): السيئات الموجودة على واجهات مبنى وزارة الاشغال العامة والاسكان في دمشق

المصدر : الباحث

#### بعد التحليل تبين أنه:

بالنسبة للطاقة : \* لا يوجد طاقة نظيفة في المبنى وتأخذ الوزارة كهرباء من الشبكة الكهربائية العامة للدولة .

بالنسبة للشكل : \* المبنى لا يوجد فيه كاسرات على الواجهات لحجب أشعة الشمس فيتم ذلك من خلال الأبجورات نظراً لشدة الإشعاع الشمسي في سوريا وخاصة على الواجهة الجنوبية بساعات تشميس تصل ل 7 ساعات في اليوم.

\* المبنى يتعرض للضوضاء كونه على شارع رئيسي .

\* وضع المكيفات على فتحات الواجهات يسيء للواجهة من الناحية الجمالية .

\* التشكيل المعماري للواجهة غير معبر عن وظيفتها فهي جامدة .

\* نمط التكرار بالفتحات يعطيها طابع واجهة أكاديمية بحتة .

### تبين أن المبنى بحاجة الى :

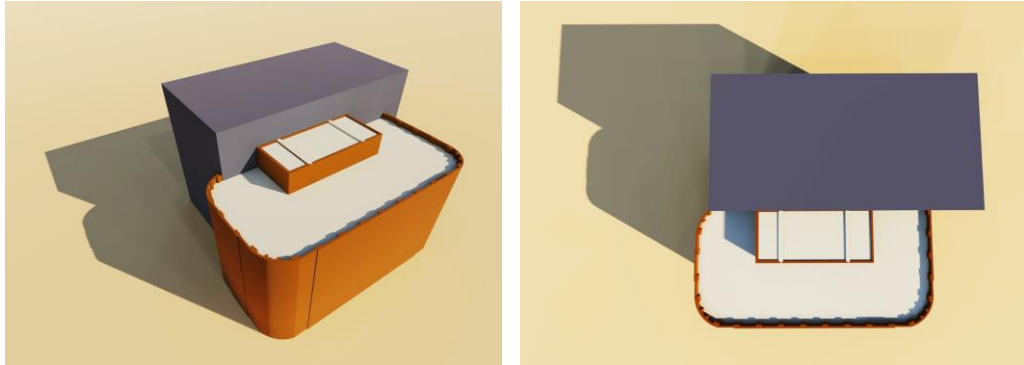
- توفير طاقة نظيفة لتؤمن حاجة المبنى من الطاقة وتحسن من شكل المبنى من الخارج بتشكيلات معمارية جذابة وذلك بوضع الخلايا الكهروضوئية عليه مع الانتباه أن المبنى يقع في منطقة مكتظة بالمباني الحديثة بوسط دمشق فيجب أن يلاءم الأبنية المجاورة له من حيث التطور بالواجهات وكسر التكرار الموجود دون أن نلغي طابع المبنى كلياً.

### 3-المقترحات لتحسين أداء المبنى وشكله:

تم دراسة الظلال على المبنى وتحديد الأماكن المناسبة غير المعرضة للظلال على غلاف المبنى الخارجي لتكوين الألواح الكهروضوئية كما هو موضح بالصور .  
\*الواجهة الشمالية مغلقة بكتلة .

\*الواجهتين الشرقية والغربية تتعرضان لساعات تشميس قليلة خلال النهار وتظل عليهما الأبنية المجاورة كون المبنى يقع في منطقة مكتظة .

\*الواجهة الجنوبية هي الأفضل من حيث التعرض لأشعة الشمس القوية في سوريا لساعات طويلة مع الأخذ بعين الاعتبار أن الواجهة الجنوبية تقع على شارع رئيسي ولا تظل عليها الأبنية المجاورة .



الشكل : ( 5-5 ) دراسة الظلال للكتلة والسقف على مبنى وزارة الاشغال العامة في دمشق

المصدر : الباحث

كما تم دراسة كمية الاستهلاك للمبنى لتصميم نظام كهروضوئي متناسب مع الاستطاعة التي يحتاجها المبنى وهو نظام **ongrid** أي يتم الربط المباشر مع اللوحة الاسمية للمبنى. ويعتمد هذا النظام المصمم على الألواح الكهروضوئية **PV** بشكل شبه رئيسي وفي الأيام الغائمة التي ينخفض فيها مردود النظام بشكل ملحوظ يتم الاعتماد على شبكة الكهرباء العامة.

فتبين عدد الألواح اللازمة للمبنى وهي 300 لوح كهروضوئي على اعتبار أن استطاعة اللوح الواحد 335 واط ومساحته 2 م<sup>2</sup> فكل 600 متر مربع تحتاج 300 لوح كهروضوئي شاقولي ومائل على اعتبار أن اللوح الشاقولي يعطي 60% من القيمة التي يعطيها اللوح المائل بزاوية 30.

فاذا تم وضع الألواح اللازمة بالكامل على واجهات الوزارة سوف يتشوه الشكل الخارجي للمبنى  
فتم اقتراح وضع جزء من الخلايا اللازمة أمام الواجهة الجنوبية بشكل شاقولي :  
\* الخلايا المعتمدة على الجدران تظل الواجهة وتعزلها وتعطيها روح الوحدة باستخدام الخلايا ذات اللون الواحد.

\* الخلايا الشفافة على الفتحات بتشكيل كلوحة فنية متكاملة.  
أي تم وضع 124 لوح كهروضوئي شاقولي بطريقة جمالية تجدد من شكل المبنى وتلاءمها مع التطور نوعاً ما.

فالطاقة التي يتم الحصول عليها من قبل الخلايا هي 25 % من الطاقة التي يحتاجها المبنى.  
فنفترض أن الاستهلاك السنوي هو بعد الأخذ بعين الاعتبار عدد ساعات الدوام الرسمي 8 ساعات و عدد أيام الدوام 22 يوم بالشهر ، وحساب الاستهلاك اليومي تقديراً 12000  
 $12 \times 8 \times 22 = 25,344,000$  كيلو واط ساعي ، وبفرض أن سعر الكيلو الواط الساعي الخدمي  
20 ليرة سورية، فيكلفو سنوياً  $20 \times 25,344,000 = 506,880,000$  ليرة سورية  
وعلى فرض أن الألواح ساهمت بنسبة 25% فسيكون قيمة التوفير  $126,720,000$  ليرة سورية



الشكل : ( 5-6) تركيب الألواح الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية لمبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان

المصدر : عمل الباحث





الشكل : ( 5-7) لقطات خارجية مقترحة لتركيب الألواح الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية مبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان  
المصدر : عمل الباحث

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

ربط الخلايا مع الشكل		توضع الخلايا		محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لتوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات			
		امام الفتحات		✓	
		خلف الفتحات			
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار		✓	
		على الجدار			
		جزء من الجدار			
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
		اضافة الى الواجهة			
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	مع الفتحات		✓	
		مع الجدران		✓	
		مع الاسقف			
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل		✓	
		يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة		✓	
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة			
		بشكل منتظم		✓	
		بشكل عشوائي			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
			مربع		
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية		✓	
		اضاءة صناعية			



## الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية	✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة	✓	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا		
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه		
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته		
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث	
	كمية التغيير	قائم	✓
		جزئي	✓
		كلي	
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض	✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه	✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي	✓	
	توفير الطاقة النظيفة كلي		
وضع الألواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي	✓	
	كلي		

جدول (5-1): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان- المصدر: عمل الباحث

## نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على الواجهة الجنوبية لمبنى وزارة الأشغال العامة والإسكان

### في دمشق طبقاً لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:

- **تحقيق الشكل :** حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية المعتمدة والشفافة على جدران و فتحات الواجهة الجنوبية حيث الاستفادة الأكبر منها طوال النهار بالنسبة لأشعة الشمس التي تصل ل7 ساعات في اليوم فالخلايا تعزل الواجهة من أشعة الشمس غير المحببة في الصيف وتفيد في التدفئة في الشتاء. وكذلك تكسر نمط التكرار الموجود في الفتحات دون أن تلغي طابع المبنى جذرياً ودون أن يؤثر على وظيفة المبنى العام الإداري فحقق الجانب الجمالي والجذاب.
- **تحقيق القيمة الضوئية :** عند تركيب الألواح أمام الفتحات أعطت ضوء النهار الطبيعي بنسبة 100% كون المبنى إداري والغرف الإدارية صغيرة الحجم فالإضاءة كافية بالنسبة له.
- **تحقيق اللون والملبس والنسيج :** من خلال استخدام الخلايا ذات اللون الأزرق لتعطي روح الوحدة بالمبنى والملبس الأملس للخلايا المتعددة البلورة مثل الرخام مما يحدث تناغم في التشكيل وتتناسب الخلايا مع مواد الإكساء المستخدمة بمبنى الوزارة ذات اللون البيج وتدرجاته وتحقيق التناغم مع المبنى ككل.

## 2-5 مبنى مديرية السياحة بحلب

### 1- التعريف بالمبنى:

يقع المبنى في مدينة حلب، على خط العرض 37,93 درجة ، المبنى تابع للقطاع العام ويعدّ مبنى حكومي خدمي حيث تتبع مديرية السياحة بحلب لوزارة الإدارة المحلية وتقوم بتقديم خدمات مختلفة كإعطاء أذونات للمنشات السياحية وأذونات للحفلات والبرامج الفنية كما يتم الكشف على المطاعم والكافتریات كل فترة من قبل مديرية السياحة كما أن وظيفتها تتعلق بكل الندوات السياحية وكل ما له علاقة بالأماكن السياحية .

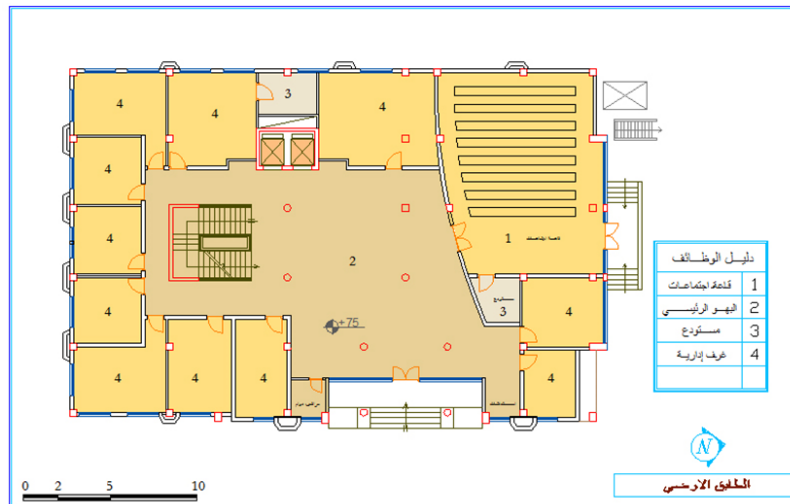


الشكل (5-8) منظور الوضع الراهن لمبنى مديرية السياحة بحلب

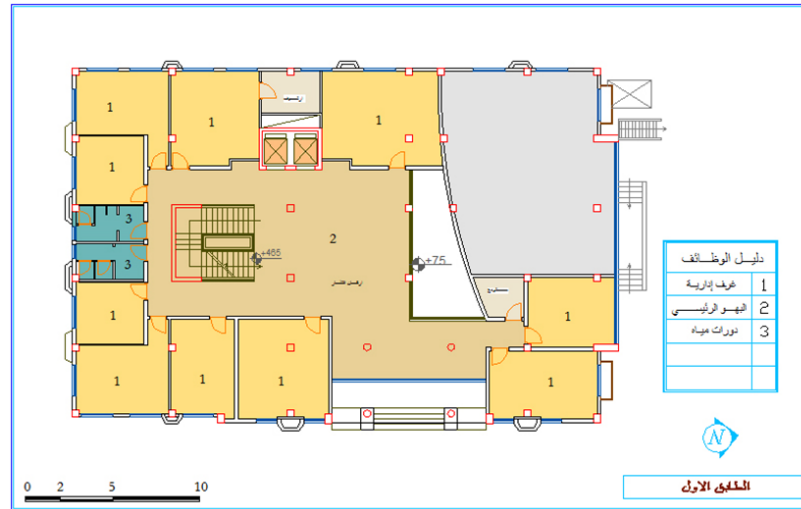
المصدر: الباحث

### 2-دراسة الوضع الراهن :

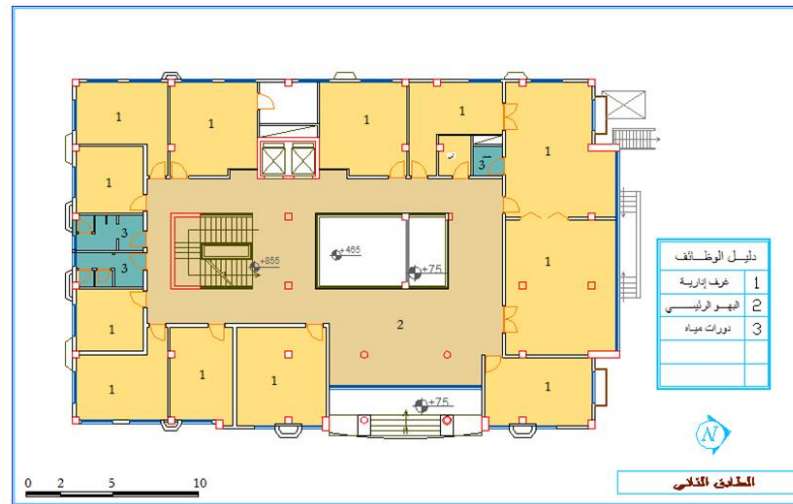
تمت دراسة المبنى فالمساحة الطابقية للمبنى هي 600 م<sup>2</sup> و تتوزع الغرف الإدارية للمبنى على ميزانين متغير الأبعاد بتغير الطوابق ويسقف زجاجي لإنارة الممرات والدرج. يتراجع المبنى في الطابق الأخير فيكشف السقف الزجاجي المائل باتجاه الشمال، ليؤمن بذلك إنارة للممرات والدرج الرئيسي. والطابق الأخير مساحته 270 م<sup>2</sup> فمساحة المبنى بالكامل هي 18025 م<sup>2</sup> كما تم حساب حاجة المبنى للطاقة 72000 واط من الكهرباء.



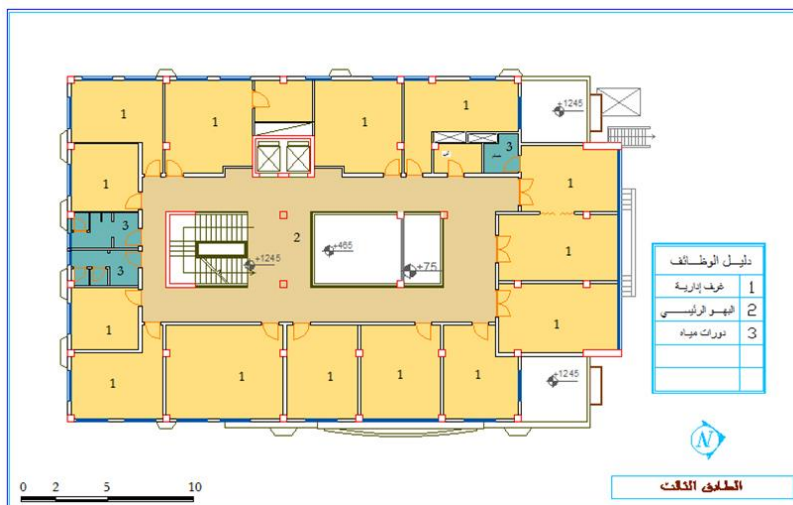
الشكل (5-9) مسقط الطابق الأرضي لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث



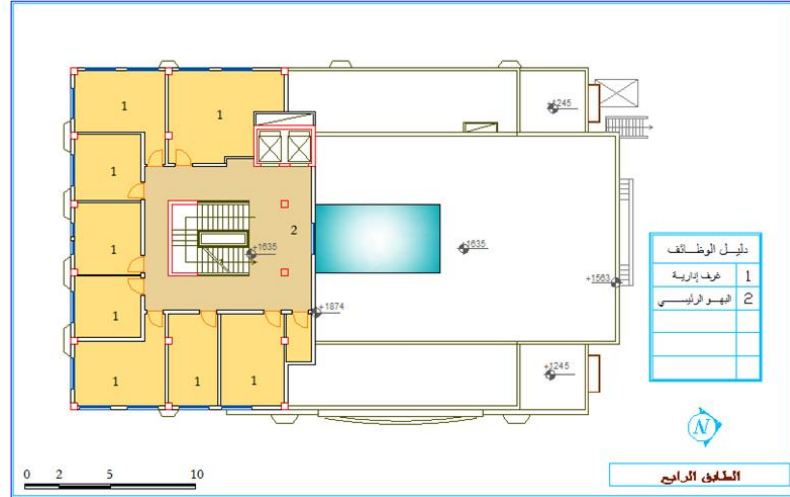
الشكل (5-10) مسقط الطابق الأول لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث



الشكل (5-11) مسقط الطابق الثاني لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث

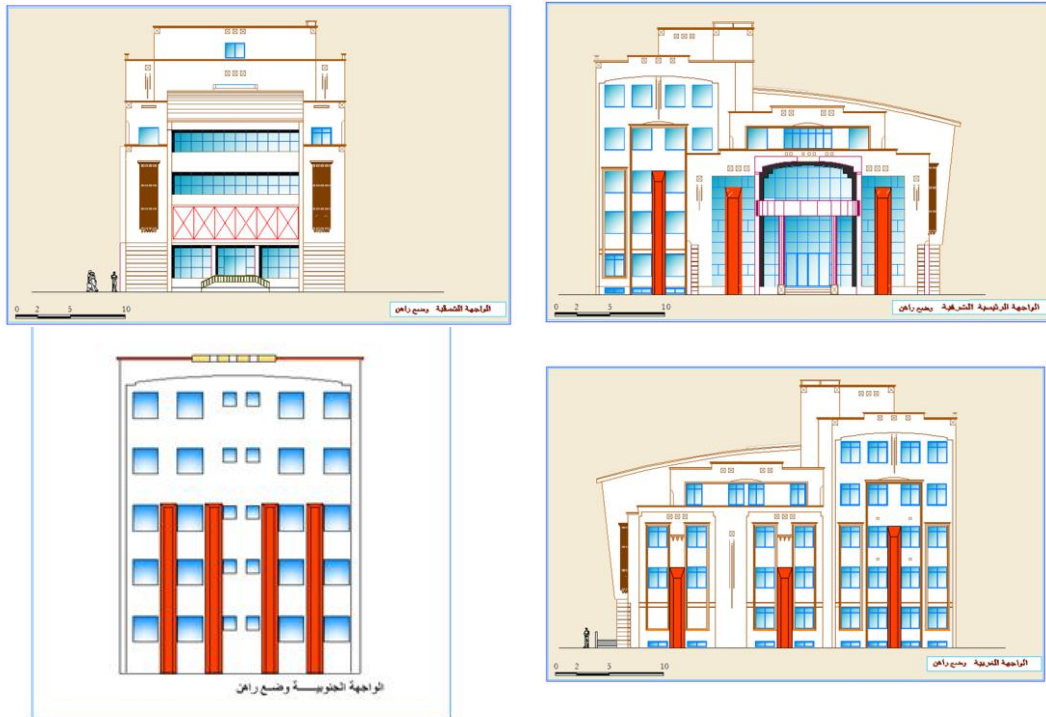


الشكل (5-12) مسقط الطابق الثالث لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث



الشكل (5-13) مسقط الطابق الرابع لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث

بالنسبة للواجهات كما هو موضح بالصور لواجهات المبنى في الوضع الراهن أن المبنى معبر عن وظيفته كمبنى إداري ويوجد لوحات فنية على الواجهة الشمالية مما يميز المبنى. والمبنى مفتوح من الأربع جهات ولا يوجد مباني مرتفعة تشكل ظلال عليه. وسقف الميزانين شفاف ويحقق دخول الإضاءة والشمس الى المبنى ويحقق الانارة للممرات والأدراج الداخلية وتراجع الطابق الرابع عن الثالث يؤمن دخول الإضاءة بشفافيته لكن متجه نحو الشمال فهو غير معزول. ودخول الإضاءة الطبيعية للمبنى عن طريق الفتحات على الواجهات والحصول على الشمس من خلالها فهي كافية لكنها غير معزولة بزجاج مضاعف ويوجد تكرار واضح في الواجهة الجنوبية بالفتحات العرضية ونسبتها: طولها أكبر من عرضها.



الشكل (5-14) واجهات الوضع الراهن لمبنى مديرية السياحة بحلب - المصدر: الباحث

بعد التحليل تبين أنه :

بالنسبة للطاقة : \* لا يوجد طاقة نظيفة في المبنى وتأخذ المديرية كهرباء من الشبكة الكهربائية العامة للدولة  
\* المبنى غير معزول من الخارج ويتعرض لأشعة شمس دائمة وخاصة الواجهة الجنوبية.  
بالنسبة للشكل : \* الواجهة الجنوبية عرضها أقل من طولها بالنسبة لباقي الواجهات وفيها طابع التكرار للفتحات

\* سقف الطابق الثالث مائل باتجاه الشمال لا يمكن الاستفادة منه .

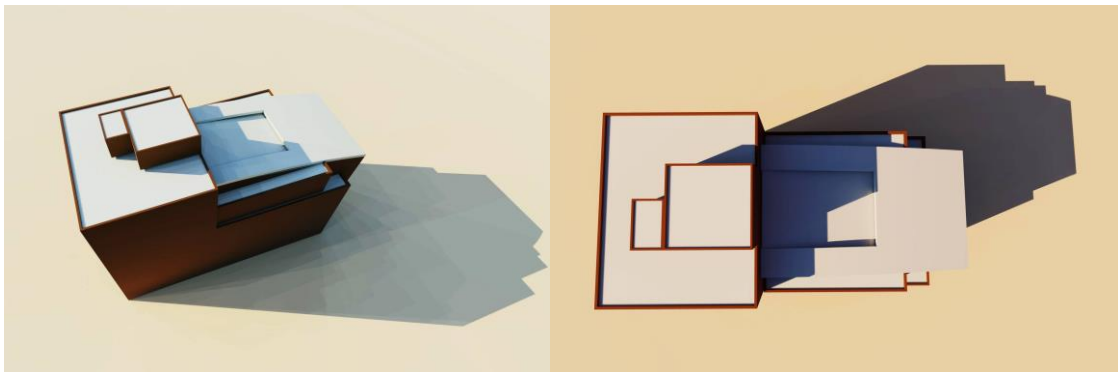
\* تراجع الطابق الرابع عن الثالث يشكل ظل على سقف الميزانين ومساحته قليلة.

تبين أن المبنى بحاجة الى :

-توفير طاقة نظيفة لتؤمن حاجة المبنى من الطاقة و بوضع بعض الخلايا الكهروضوئية تحسن من شكل الواجهة الجنوبية وتكسر التكرار فيها وتحميها من أشعة الشمس ووضع الألواح بطريقة جميلة متطورة تتناسب المبنى وتحافظ على طابعه وتتناسب مع مواد اكساءه.

### 3-المقترحات لتحسين أداء المبنى وشكله:

تم إجراء دراسة أولية ودراسة الظلال على المبنى وتحديد الأماكن المناسبة غير المعرضة للظلال على غلاف المبنى الخارجي لترتيب الألواح الكهروضوئية كما هو موضح بالصور .  
\*الطابق الرابع يظل على سقف الطابق الثالث فلا يمكن استغلاله.  
\*الواجهة الشمالية لا يمكن الترتيب عليها لعدم تعرضها للشمس في سوريا .  
\*الواجهتين الشرقية والغربية تتعرضان لساعات تشميس قليلة خلال النهار .  
\*الواجهة الجنوبية هي الأفضل من حيث التعرض لأشعة الشمس القوية في سوريا لساعات طويلة مع الأخذ بعين الاعتبار لا يوجد أبنية مرتفعة بجوار مبنى مديرية السياحة تظل عليها .



الشكل : ( 5-15 ) دراسة الظلال للكتلة والسقف على مبنى مديرية السياحة بحلب

المصدر : عمل الباحث



وتم دراسة كمية الاستهلاك للمبنى لتصميم نظام كهروضوئي متناسب مع هذه الاستطاعة وهو نظام ongrid أي يتم الربط المباشر مع اللوحة الاسمية للمبنى. ويعتمد هذا النظام المصمم على الألواح الكهروضوئية pv بشكل شبه رئيسي وفي الايام الغائمة التي ينخفض فيها مردود النظام بشكل ملحوظ يتم الاعتماد على شبكة الكهرباء العامة. فتم حساب عدد الألواح اللازمة للمبنى وهي 252 لوح كهروضوئي .

فاذا تم وضع الألواح اللازمة للمبنى بالكامل سوف يتشوه الشكل الخارجي للمبنى لذلك :

تم اقتراح استغلال سقف الطابق الرابع لتركيب 57 لوح كهروضوئي عليه مائلة بزاوية 30 درجة باتجاه الجنوب. وعلى الجدران وضع الخلايا الكهروضوئية المعتمدة أمام الواجهة الجنوبية بشكل شاقولي 68 لوح. وعلى الفتحات وضع الخلايا الكهروضوئية الشفافة الملونة امام فتحات الواجهة الجنوبية بشكل شاقولي 20 لوح. وعلى اعتبار ان استطاعة اللوح الواحد 335 واط ومساحته 2 م<sup>2</sup> فبالنتيجة كل 504 متر مربع تحتاج 252 لوح كهروضوئي. وتم استخدام 150 لوح كهروضوئي فالطاقة التي يتم الحصول عليها من قبل الخلايا هي 43% من الطاقة التي يحتاجها المبنى.

فنفترض أن الاستهلاك السنوي هو بعد الأخذ بعين الاعتبار عدد ساعات الدوام الرسمي 8 ساعات و عدد ايام الدوام 22 يوم بالشهر ، وحساب الاستهلاك اليومي تقديراً 7000

$12 * 8 * 22 = 2200$  كيلو واط ساعي ، وبفرض أن سعر الكيلو الواط الساعي الخدمي 20

ليرة سورية، فيكلفو سنوياً  $20 * 14784000 = 295,680,000$  ليرة سورية

وعلى فرض أن الألواح ساهمت بنسبة 43% فسيكون قيمة التوفير  $127,142,400$  ليرة سورية.



الشكل ( 5-16 ) الواجهة الجنوبية المقترحة لمبنى مديرية السياحة بحلب

المصدر : عمل الباحث





الشكل ( 5-17 ) لقطات منظورية مقترحة لمبنى مديرية السياحة بحلب  
المصدر : عمل الباحث

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي		ربط الخلايا مع الشكل	توضع الخلايا	محقق	غير محقق
الاعتبارات التصميمية لوضع الخلايا على الشكل الخارجي	الخلايا الكهروضوئية في الفتحات	بذل كامل الفتحات			
			امام الفتحات	✓	
			خلف الفتحات		
	الخلايا الكهروضوئية في الجدران	امام الجدار		✓	
			على الجدار		
			جزء من الجدار		
	الخلايا الكهروضوئية في الاسقف	المستوية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
		المائلة	على السقف		
			جزء من السقف	✓	
			بذل كامل السقف		
		المنحنية	على السقف		
			جزء من السقف		
			بذل كامل السقف		
الاعتبارات الشكلية لتأثير وضع الخلايا على الشكل الخارجي	الكاسرات في الخلايا الكهروضوئية	جزء من الواجهة			
			اضافة الى الواجهة		
	تكمّل الخلايا الكهروضوئية مع الشكل	مع الفتحات		✓	
		مع الجدران		✓	
		مع الاسقف		✓	
		مع الكاسرات			
		مع المبنى ككل		✓	
	تأثير لون الخلايا الكهروضوئية على الشكل المعماري	يحقق روح الوحدة بالالوان المتوافقة			
		يحقق التنوع باستخدام الالوان المتناقضة		✓	
	ترتيب الخلايا ضمن الوحدة	بشكل منتظم		✓	
		بشكل عشوائي			
		بشكل منحني			
	شكل الوحدات الكهروضوئية متناسبة مع الشكل الخارجي للمبنى	حسب نوع الخلايا	مستطيل	✓	
			مربع	✓	
			مقاسات واشكال متنوعة		
	تأمين الخلايا الكهروضوئية للقيمة الضوئية للمبنى	اضاءة طبيعية		✓	
		اضاءة صناعية			

الخلايا الكهروضوئية و تطبيقها على الشكل الخارجي للأبنية العامة في سورية

الواجهات المعمارية للمباني العامة حسب نوع المبنى وكيفية تموضع الخلايا على شكل المبنى	طابع التكرار للعناصر المعمارية		✓	
	فتحات طولية او عرضية محددة		✓	
	وضع الخلايا بحرية لتعبر عن الفن بالواجهات بأشكال وألوان متعددة للخلايا			
	وضع الخلايا تعبر عن وظيفته دون أن تلغي طابعه			
	وضع الخلايا ترمز لرمز معين بالمبنى حسب وظيفته			
امكانية التغييرات بشكل الواجهة من أجل تحقيق القيمة الجمالية	حسب نوع المبنى	حديث		
		قائم	✓	
	كمية التغيير	جزئي	✓	
		كلي		
الموقع	توضع الخلايا بالنسبة لخط العرض		✓	
	موقع المبنى وتوضعه بالنسبة للظلال الساقطة عليه		✓	
	توجيه الخلايا بزاوية الميل المناسبة		✓	
البيئة	توفير الطاقة النظيفة جزئي		✓	
	توفير الطاقة النظيفة كلي			
وضع الالواح الكهروضوئية اللازمة للمبنى لتتكامل مع الشكل	جزئي		✓	
	كلي			

جدول (5-2): المسطرة القياسية لتكامل الخلايا الكهروضوئية مع مبنى مديرية السياحة بحلب- المصدر: عمل الباحث

**نتيجة الدراسة التحليلية لاستخدام الخلايا على مبنى مديرية السياحة في حلب طبقا لتحقيق وسائل التشكيل المعماري:**

- **تحقيق الشكل:** حيث تحقق ذلك بطريقة توزيع الخلايا الكهروضوئية على الواجهة الجنوبية والسقف بطريقة متكاملة وحديثة وكسر من التكرار الموجود بالفتحات العرضية فحقق الجانب الجمالي والجذاب نوعاً ما دون أن يؤثر على وظيفة المبنى الإداري.
- **تحقيق القيمة الضوئية :** تم استخدام الخلايا الكهروضوئية الشفافة ذات الألوان المتنوعة لتعطي نسيج مختلف للمبنى وتؤمن الضوء الطبيعي بنفس الوقت .
- **تحقيق اللون والملبس والنسيج :** من خلال استخدام الخلايا باللون الأزرق على الجدران والسقف والألوان المتنوعة على الفتحات والملبس الأملس للخلايا متعددة البلورة مثل الرخام مما يحدث تناغم في التشكيل وتوافق مع مواد اكساء واجهات مديرية السياحة الموجودة في سوريا وتحقيق التناسق مع المبنى ككل.

## النتائج العامة :

- استخدام الخلايا في المباني العامة يولد الطاقة النظيفة غير مؤثرة على البيئة وبلا ضجيج كما يوفر عزلاً حرارياً وتخلص المبنى من الاحتباس الحراري وتؤمن أغراض التدفئة في الشتاء بالإضافة إلى العزل الصوتي.
- دمج الخلايا الكهروضوئية في غلاف المبنى العام القائم تؤثر على الشكل العام للمبنى من حيث اللون و الملمس وتعتبر عن الحداثة و الرقي والتطور وتكسر من نمط التكرار في واجهات المباني العامة كما يزيد من القيمة الجمالية للمبنى العام .
- دمج الخلايا الكهروضوئية في غلاف المبنى من بداية التصميم في الأبنية العامة قيد الإنشاء يؤدي إلى إنتاج الطاقة كما يزيد من القيمة الجمالية للمبنى العام ويعطي حرية أكبر لتوجيه الخلايا على عكس المباني القائمة التي تقيد المعماري بشكلها وتوجهها عند إضافة الخلايا عليها .
- دمج الخلايا على الشكل الخارجي للمبنى العام القائم في سوريا يحقق التناغم مع مواد الإكساء المتوفرة في سوريا.
- دراسة حاجة كل مبنى عام قائم في سوريا للحمل الكهربائي لمعرفة عدد الألواح المناسبة له و حسب مدة الاستخدام للمبنى وكيفية توزيعها على الواجهات بشكل جمالي كي لا تؤثر على وظيفته ولا تلغي طابعه المعماري كلياً .
- استخدام الخلايا الكهروضوئية الملونة تقترب من حيث الكفاءة من الخلايا الزرقاء بسبب التقنية المطورة في عملية تلوين الخلايا فهي تجدد من شكل المبنى العام القائم وتعطيه شكل مميز عن باقي المباني العامة.
- وضع الخلايا الكهروضوئية بدل الجدران في الأبنية العامة قيد الإنشاء في سوريا يخفف من مواد الإكساء التقليدية المستخدمة وبالتالي يوفر اقتصادياً ويتكامل مع شكل المبنى بطريقة جمالية..
- كل 100 متر مربع من واجهات المبنى تحتاج 36 لوح كهروضوئي مائل أما إذا تم وضع الألواح شاقولياً على الواجهات فهي تحتاج 43 لوح كهروضوئي شاقولي لذلك يفضل اعتماد تثبيت الألواح الكهروضوئية المائلة على الغلاف الخارجي للأبنية العامة في سوريا لأن عددها أقل وتوفر اقتصادياً.
- وضع الخلايا بهيئة بلاط قرميد كهروضوئية بألوان مختلفة يساعد في ترميم الاسقف المائلة للأبنية العامة القائمة في سوريا ، حيث تكون أكثر إرضاءً من الناحية الجمالية وتجدد من شكل المباني القائمة نوعاً ما.

- وضع الخلايا الكهروضوئية على المبنى العام المستخدم فيه الكاسرات الشاقولية والأفقية نتيجة الإشعاع الشمسي القوي لتحجب أشعة الشمس غير المحببة في مناخ بلدنا يمكن الاستفادة منها بشكل جمالي و جذاب على الواجهات بالإضافة الى إنتاج الطاقة اللازمة للمبنى.
- استغلال وضع الخلايا الكهروضوئية في المباني العامة القائمة في سوريا يحد من استخدام الأراضي لإنشاء مزارع للطاقة الشمسية و الهوائية ويوفر اقتصادياً .
- اختيار المصمم للطريقة التي يرغب بتوظيف المنظومات الكهروضوئية بها، ستعتمد بالدرجة الأساس على مواصفات الخلايا الكهروضوئية، من خلال التنوع في الشكل والهيئة والحجم واللون وما يضيفه من تأثير بصري على شكل المبنى لتتكامل معه إذا كان قائم ويتم إضافة الخلايا عليه.
- استخدام الخلايا هو استثمار بعيد المدى فكفاءة الخلايا الكهروضوئية هي 25 سنة لإنتاج الطاقة اللازمة فالخلايا تفقد 10% من قيمتها أول عشر سنوات وتفقد 20% من قيمتها ثاني عشر سنوات فيمكن الاستفادة منها طول هذه الفترة والتوفير بنسبة معينة من حاجة المباني العامة من الكهرباء في سوريا .

## التوصيات:

- حث شركة الكهرباء على تفعيل نظام شراء الكهرباء الفائضة من المباني العامة في سوريا .
- التوجيه لمراكز أبحاث الطاقة لمحاولة الاستفادة من التجارب العالمية لاستخدام الخلايا في تشكيل المباني العامة حتى نبدأ مما انتهى عنده الآخرون لسرعة الاستفادة والتطبيق محلياً في سوريا.
- التوجيه للنقابات المختصة وخصوصاً نقابة المهندسين في سوريا لعمل دورات تدريبية و مؤتمرات وندوات وورش عمل لتوعية المهندسين لعمل التصميمات اللازمة لدعم الخلايا الكهروضوئية وتشجيعها لتكون جزء من شكل المبنى الخارجي .
- التنسيق بين المعماري والاختصاصات الهندسية الأخرى لتطبيق الشروط اللازمة لاستغلال الطاقة الكهروضوئية وتحديد موقع الخلايا على المساقط والواجهات للمبنى من مراحل التصميم الأولى واعتبار الخلايا الكهروضوئية المدمجة بغلاف المبنى مادة إكساء تظهر في الواجهات وتعطى رقم ضمن الإضارة التنفيذية.
- التوجيه من خلال العمليات التعليمية على مستوى الدراسة المعمارية وذلك من خلال التعريف بأنظمة الخلايا الكهروضوئية، فيجب توجيه ذهن الطلاب إلى محاولات تطبيق هذه الأنظمة مع إيجاد الحلول المعمارية التي تتكامل شكلاً ومضموناً مع فكر أنظمة الخلايا الكهروضوئية، ومراعاة الاعتبارات البيئية والتصميمية والتخطيطية لاستخدام هذه الخلايا مع التصميم المتوائم معها.



## المراجع العربية:

1. الجاردي، إحسان علي 2010. أثر استخدام تقنية المنظومات الشمسية كموايد إنهاء خارجية في النتائج المعماري، مجلة الهندسة والتكنولوجيا. المجلد 28 العدد (11)،.
2. الجبان مايا 2015، تقييم جمالية المباني العامة المعاصرة (مباني مدينة دمشق) رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة دمشق.
3. الحسن، وسيم أحمد 2014. أساليب دمج الخلايا والمجمعات الشمسية بالمباني السكنية متوسطة الارتفاع "مدينة حمص - أنموذجاً". رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة البعث، حمص، سوريا.
4. حمودة، يحيى "التشكيل المعماري"، دار المعارف، القاهرة، 1984م
5. داليا سمير مخائيل، تأثير التطور التكنولوجي على التشكيل المعماري، رسالة ماجستير، كلية الهندسة-جامعة القاهرة، مارس 2005م
6. د. رأفت، علي، ثلاثية الابداع المعماري-الابداع الفني في العمارة -البيئة والفراغ1، القاهرة، دار الشروق، 1997-
7. د. ودح، هاني هاشم، دراسة تحليلية لواجهات المباني المعمارية -بحث منشور بمجلة جامعة تشرين- 2005
8. ساعد نادين 2014، تصميم نظام طاقة شمسية كهربائية واستخدامه في توليد الطاقة لفندق حمامات الشيخ عيسى، قسم هندسة الطاقة، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب.
9. عبد الهادي، مروة عاطف 2012. نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، مصر،.
10. م. القطان، احمد عبد المنعم حامد، التكامل المعماري بين التشكيل القائم والمستجد-رسالة ماجستير في العمارة -كلية الهندسة المعمارية -جامعة الزهر -2006
11. مغمومة، زينة 2013. الأغلفة الموفرة والمولدة للطاقة في المباني السكنية - المنطقة الوسطى أنموذجاً. رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة البعث، حمص، سوريا.

## المراجع الأجنبية:

- 12.BASNET, A 2012. Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into buildings. Master Thesis, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim,.
- 13.CHONG, T, T 2008. Green Handbook-Photovoltaic (PV) systems in buildings. Singapore: Building and Construction Authority,P.28.
- 14.Ebbert Thimo- Re-face REFURBISHMENT STRATEGIES FOR
- 15.THE TECHNICAL IMPROVEMENT OF OFFICE FAÇADE,P11.

16. FARKAS, K (ed) 2013. **Designing Photovoltaic Systems for Architecture Integration**, Report T.41.A.3/2: IEA SHC Task 41 Solar Energy and Architecture. pp.9-17-19-20-21-45-49-55-63.
17. KAZEK, V 2012. **Evaluation of Integrated Photovoltaic Systems on Facades**. Master Thesis, Institute of Graduate Studies and Research, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus
18. Xuan Xiaodong, Zheng Xianyou, Facade Design In Building Integrated Photovoltaics, Proceedings of ISES Solar World Congress, Solar Energy and Human Settlement, 2007

#### المجلات الأجنبية:

19. Building Integration of Solar Energy - A Multifunction Approach, p 94,115,116.
20. Deo Prasad, Mark snow, "Designing with solar power", Images publishing, (2005).
21. Ebbert Thimo- Re-face REFURBISHMENT STRATEGIES FOR THE TECHNICAL IMPROVEMENT OF OFFICE FAÇADE, P11.
22. eliosolar Thermal Shade Structures
23. Handbook for solar photovoltaic(pv) systems
24. [iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS\\_15\\_R07\\_Coloured\\_BIPV\\_report.pdf](http://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS_15_R07_Coloured_BIPV_report.pdf)
25. Photovoltaics in an Architectural Context, p 24,396
26. Sapa Solar Architectural Energy Solutions
27. Solar Energy Systems in Architecture, p 24,111
28. Solar Thermal Collector in Facades, p 73.
29. Solar Power in Building Design, p 109,332.
30. Solar Panel Support Posts, p 2
31. State-of-the-art and SWOT analysis of building integrated solar envelope systems

#### المواقع الإلكترونية :

- 32 .. <https://almadasupplements.com/view.php?cat=14584>
- 33.. <https://almoheet.net/%D9%85%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85%D8%A7%D8%AA-%D8%B9%D9%86-%D9%85%D9%83%D8%AA%D8%A8%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%83%D9%86%D8%AF%D8%B1%D9%8A%D8%A9>
- 34.. [https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%86%D8%AF%D9%82\\_%D8%B1%D9%8A%D9%88%D8%BA%D9%8A%D9%88%D9%86%D8%BA](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%86%D8%AF%D9%82_%D8%B1%D9%8A%D9%88%D8%BA%D9%8A%D9%88%D9%86%D8%BA)
- 35.. [https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%84%D9%81%D8%B2%D9%8A%D9%88%D9%86\\_%D9%81%D9%88%D8%AC%D9%8A](https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%84%D9%81%D8%B2%D9%8A%D9%88%D9%86_%D9%81%D9%88%D8%AC%D9%8A)
36. <https://blog.ucsusa.org/steve-clemmer/renewable-energy-to-surpass-coal-and-nuclear-by-2030-eia-annual-energy-outlook-2016>
37. :. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar\\_Rapids\\_Public\\_Library](https://en.wikipedia.org/wiki/Cedar_Rapids_Public_Library)
- 38.. [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Edgar\\_wood\\_centre](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Edgar_wood_centre)
- 39.. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lillis\\_Business\\_Complex](https://en.wikipedia.org/wiki/Lillis_Business_Complex)

- .40. [https://la.wikipedia.org/wiki/Franciscus\\_Lloyd\\_Wright](https://la.wikipedia.org/wiki/Franciscus_Lloyd_Wright)
- 41.. <https://mimirbook.com/ar/6b18dc27067>
- 42.. <https://tounaa.com/listings/centre-georges-pompidou-paris/>
- .43. <https://raw-magazin.blogspot.com/2016/11/the-lotus-temple-a-blossom-of-inspiring>
- .44. <http://www.aiatopten.org/node/93>
- .45. <https://www.architecturaldigest.com/gallery/best-of-frank-gehry-slideshow>
46. <https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall>
47. <https://www.archdaily.com/111344/the-sustainable-prototype-studio-804>
- 48.. <https://www.archinform.net/projekte/12579.htm>
49. <https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2013/09/03/bmw-welt-in-munich-germany-by-coop-himmelblau/>
- 50.. <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam>
51. <https://www.dewa.gov.ae/ar-AE/about-us/media-publications/latest-news/2016/11/dewas-new-headquarters-in-al-jadaf>
52. [http://www.edinburgharchitecture.co.uk/william\\_rankine\\_building.htm](http://www.edinburgharchitecture.co.uk/william_rankine_building.htm)
- 53.. <http://www.emro.who.int/ar/ceha/ceha-news/news.html>
54. <https://www.facebook.com/almaaly.ACG/posts/585078698638472/>
- 55.. [https://www.google.com/search?q=hefei+grand+theater&prmd=imnv&sxsrf=ALeKk00rsmt\\_khl17dq8xxhl\\_kvax7hzw:1603037611142&source=inms&tbm=isch&sa=x&ved=2ahukewjl\\_p26xl7sahuh\\_kqkhsycafiq\\_auoaxoecbsqaq&biw=360&bih=647&pr=3#imgsrc=Lc4Wh1YLS3QnNM](https://www.google.com/search?q=hefei+grand+theater&prmd=imnv&sxsrf=ALeKk00rsmt_khl17dq8xxhl_kvax7hzw:1603037611142&source=inms&tbm=isch&sa=x&ved=2ahukewjl_p26xl7sahuh_kqkhsycafiq_auoaxoecbsqaq&biw=360&bih=647&pr=3#imgsrc=Lc4Wh1YLS3QnNM)
- 56.. <http://www.greenpix.org>
- 57.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=86](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=86)
- 58.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=173](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=173)
- 59.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=209](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=209)
60. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=224](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=224)
61. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=255](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=255)
62. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=299](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=299)
- 63.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=302](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=302)
- 64.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=338](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=338)
- 65.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=366](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=366)
- 66.. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=384](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=384)
67. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=402](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=402)
68. <https://www.qf-arc.org/visitor-information-ar-QA/About-QNCC-ar-QA:>
69. <http://4.bp.blogspot.com/-GSBXI0tbvpo/T4aQnEDmpjI/AAAAAAAAAB1w>
- 70.. NMSA Strategic Business Plan 2013-2018 'virgingalactic.com
- 71.. [wxGzNjp828w/s1600/Amazing+Buildings+-+014.jpg](http://wxGzNjp828w/s1600/Amazing+Buildings+-+014.jpg)

**Syrian Arab Republic**

**ALBaath University**

**Faculty of Architecture**

**Architectural design department**

**Graduate Studies**



# **Photoelectric Cells and Their Applications to the Exterior of Public Buildings in Syria**

**Thesis Prepared for a Master's Degree in the Department of**

**Architectural Design**

**Faculty of Architecture**

**Prepared by:**

**Eng. Yara Samir Farah**

**Supervised by:**

**Prof.Dr. Moataz Abbara**

**Faculty of Architecture – Al-Baath University**

**2021–1442**