Employing natural lighting systems technology in raising environmental efficiency in educational buildings

Asst. Prof. Dr. Younis Mahmoud M.Saleem [1] **Saif Aldeen Saad Abdul-Hameed** [1]

Younis1424@yahoo.com arch.saifaldeen987@yahoo.com

University of Technology /Dept. Of Architectural engineering/ Iraq – Baghdad [1-1]

(Received on 13/02/2017 & Accepted on 27/04/2017)

Abstract

Studies were carried out to increase dependence on day lighting to illuminate the buildings because of their psychological and health benefits ,and recent research has shown that exposure to artificial lighting for long periods cause health damage. As a result, many modern and sophisticated systems has emerged to introduce day lighting into the building to integrate with the traditional system (windows). These systems are based on advanced technology and can be available at relatively low cost, especially light tubes that integrated with traditional lighting (windows) to light deep spaces. Hence this research introduces new methodology added by using one of the modern lighting systems (light tubes) in the design process of buildings, and achieve coherence and efficiency in lighting levels inside the deep spaces by combining traditional and modern system, using computer. Hence the research problem consists in the lack of local studies that link traditional systems (Windows) and modern systems, particularly light tubes to light up the deep spaces. The goal of the research, is to integrate traditional systems (Windows) and modern systems, (light tubes), within a unified practical framework to employ light tubes locally in buildings. So this paper first dealt with day lighting technology systems and then chose the (light tubes) for its high efficiency, and distinctive characteristics apart from being inexpensive. Then the study adopted the rate of uniformity concluded from the application practical side to determine lighting levels and the efficiency of the merger between the two systems down to the final conclusions of the framework and the imposition of hypotheses.

Key words: Uniformity in lighting levels , light tubes, Visual comfort, Environmental efficiency, integration between window and lighting pipes.

توظيف تكنولوجيا انظمة الأنابيب الضوئية في رفع الكفاءة البيئية في الأبنية التعليمية

أ.م.د.يونس محمود محمد سليم [1] **سيف الدين سعد عبد الحميد** [1]

Younis1424@yahoo.com arch.saifaldeen987@yahoo.com

الجامعة التكنولوجية / قسم هندسة العمارة / العراق – بغداد [1-1]

(تاريخ الاستلام: 2017/02/13 & تاريخ القبول: 2017/04/27)

المستخلص :

يجري العمل بجدية لتقليل الاعتماد على الاضاءة الصناعية و استغلال الاضاءة الطبيعية لإضاءة المبنى لما لها من فوائد صحية و نفسية . وقد اثبتت الأبحاث الحديثة أن التعرض للإضاءة الصناعية لفترات طويلة يتسبب في أضرار صحية كثيرة. و نتيجة لذلك و للحاجة الى ضوء النهار داخل البناية بشكل يحقق الراحة للمستخدم ظهرت انظمه حديثة و متطورة كثيرة لادخال الاضاءة الطبيعية الى داخل المبنى لتتكامل في عملها مع الأنظمة التقليدية. ومن هنا تبرز المشكلة البحثية المتمثلة في غياب الدراسات المحلية التي تربط بين الانظمة التقليدية (الشبابيك) والانظمة الحديثة ، وخاصة الانابيب الضوئية، لاضاءة الفضاءات العميقة. يتم ذلك من خلال تحقيق التجانس و الكفاءة في مستويات الاضاءة داخل الفضاءات العميقة وتوفير ظروف بيئية ملائمة تسهم بدورها في الشعور بالراحة النفسية. بالتالي التوصل الى هدف البحث وهو التكامل بين توظيف الانظمة الاعتيادية (الشبابيك) والانظمة الحديثة (الانابيب الضوئية) لأنارة الفضاءات الداخلية في الأبنية محليا. لتحقيق هدف البحث اجرى البحث دراسة شملت نماذج افتراضية تم من خلالها اعتماد مستويات تجانس معينة في التطبيق العملي تقود الى تحديد مستويات الاضاءة وكفاءة الدمج بين النظامين في تصميم القاعات الدراسية للأبنية التعليمية. وتوصل البحث الى الاستنتاجات النهائية بتحديد علاقة معيارية بين عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة واقطارها نسبة الى مساحة الشبابيك المستخدمة ولتوجيهات مختلفة ضمن ظروف الواقع المحلي، هذه العلاقة ستكون دليل للمصمم في توفير مستويات إضاءة كفوءة تحقق التجانس المطلوب داخل الفضاء بإستخدام الأنابيب الضوئية عند تصميم الابنية التعليمية.

الكلمات المفتاحية : التجانس في مستويات الاضاءة , الانابيب الضوئية , الراحة البصرية , الكفاءة البيئية , التكامل بين الشبابيك والانابيب الضوئية.

1-المقدمـــــــة :

استخدام الاضاءة الطبيعية كان و ما زال هدف المجتمع عموما والمعماريين خصوصا، اذ يتمثل هذا الهدف بادخال ضوء النهار الى البناية مع تجنب اشعة الشمس المباشرة. وكانت النوافذ الجانبية والسقفية تمثل المصدر الرئيس لاضاءة الفضاءات الداخلية. حيث بينت الدراسات السابقة بان الاضاءة الصناعية تسبب ازدياد نسبة الامراض النفسية والجسدية والكآبة، وتؤخر شفاء المرضى هذا اضافة الى الناحية الاقتصادية نتيجة استخدام كمية كبيرة من الطاقة. ومن هنا تبرز المشكلة البحثية المتمثلة في غياب الدراسات المحلية التي تربط بين الانظمة التقليدية (الشبابيك) والانظمة الحديثة وخاصة الانابيب الضوئية، لاضاءة الفضاءات العميقة. وتشهد الاضاءة الطبيعية اليوم تجدد الاهتمام بادخالها الى المباني خاصة مع اتضاح ميزاتها المتعددة وكطاقة متجددة وصديقة للبيئة. لذا فان هدف البحث هو التكامل بين توظيف الانظمة التقليدية (الشبابيك) والانظمة الحديثة (الانابيب الضوئية)لانارة الفضاءات الداخلية في الأبنية محليا، وتم اختيار الانابيب الضوئية لكفائتها العالية ومواصفاتها المتميزة ولكونها قليلة الكلفة نسبيا فضلا عن امكانية استخدام هذه الانابيب الضوئية في المخططات العميقة.

2-الاضاءة الطبيعية في الابنية التعليمية

ان ضوء النهار المناسب للمبنى يمكن ان يزيد من نشاط و تركيز الطلبة في الفضاءات التعليمية , ويقلل من وقت المرض و يسهم في زيادة الاداء، حيث انه باستخدام تقنيات ضوء النهار في الابنية التعليمية فان هذه التقنيات تسهم في الاحتفاظ بالوان المواد والاثاث الموجود داخل الفضاء التعليمي، والاضاءة الطبيعية ذات تاثير كبير في الابنية التعليمية باعتبارها ابنية ذات اوقات عمل طويلة، وتسهم في زيادة الراحة البصرية اكثر من الاضاءة الصناعية وبالتالي يؤثر ذلك ايجابا على اداء الطلاب . [environmental building news,1999]

3-مصادر الاضاءة الطبيعية

في المناطق ذات السماء الصافية و الغائمة جزئيا هناك ثلاثة مصادر لضوء النهار هي :

1- ضوء الشمس المباشر .

2- ضوء السماء المنتشر .

3-الضوء المنعكس من الارض ، والمصدات الخارجية .

ويكون مجموع الاضاءة الكلية مساويا لحاصل جمع ضوء الشمس المباشر مع ضوء السماء المنتشر مع الضوء المنعكس من الارض والأبنية [Shahin,1990,pp.136] ، الابنية يمكن ان تكون موجهة بطريقة تسهم في الاستفادة من حركة الشمس على مدار اليوم. كقاعدة عامة فان المباني التي لها محاور طويلة نحو الشرق والغرب لديها افضل امكانات لاستقبال ضوء النهار [Muhaisen,2015,pp.1-15].

4-تصميم النوافذ في المبنى

يشيد ارتفاع اعتاب الشبابيك عادة بارتفاع اعتاب الابواب، وتؤثر مساحة الشباك على كمية الاضاءة الطبيعية النافذة الى الفضاء، وأن افضل مساحة للشباك لأي فضاء تكون بنسبة مقاربة ل(8% - 10%) من مساحة الفضاء الكلية لتوفير مستويات اضاءة ملائمة دون حصول وهج في المنطقة القريبة من النوافذ [Meterbaei,2008,p18] ، فنجد ان الهدف من تحديد حجم النافذة هو لتحديد تأثير التغير في النسبة المئوية للشباك على مطلب طاقة التدفئة والتبريد ، لذا نجد ان زيادة مساحة الشبابيك يؤدي الى زيادة نفاذ الحرارة داخل المبنى ، وفي المناطق الباردة يتم استخدام الزجاج المزدوج لتقليل القيمة الحرارية الانتقالية للزجاج ، اضافة الى ان المادة المصنوعة منها الشبابيك تؤثر على كمية الاشعاع الشمسي النافذة خلالها. [Fawzi,2010,pp.1-11]

5-الإضاءة الطبيعية للفضاءات العميقة

مستوى الاضاءة الطبيعية في نهاية الفضاء والمقابلة للشباك ينخفض كلما ازداد عمق الفضاء (بثبوت ارتفاع السقف وشكل الشباك) وهذا يعود الى صغر المساحة المرئية من القبة السماوية ، وكلما ازداد ارتفاع الشباك الى الاعلى فان ذلك سيؤدي الى وصول الضوء الى عمق اكبر داخل الفضاء [Natural Lighting Blog, 2013] ، ويعتبر المبنى عميقا عندما يكون مخططه الافقي خارج عمق نطاق الاضاءة الذاتي (الاضاءة الطبيعية لاتصل لعمق الفضاء) [Hansen,2006,p.32]، ويحدد عمق نطاق الاضاءة الذاتي بشكل تقريبي في المناطق ذات السماء الصافية كمدينة بغداد بقدر ضعفي ارتفاع الشباك، حيث ان العمق الذي يلي هذا النطاق يتطلب اضاءة صناعية، لذا نجد ان انظمة الاضاءة الطبيعية ظهرت لتقليل الحاجة الى الاضاءة الصناعية، وقد تم تصميم الانظمة الناقلة للضوء بطريقة تعمل على نشر الاضاءة على سطح العمل

لموازنة مستويات الاضاءة داخل الفضاء وبالتالي تقليل الابهار الذي يحصل من الشبابيك التي تكون بمستوى نظر مستخدمي الفضاء .[Natural Lighting Blog, 2013]

6-تكنولوجيا انظمة الاضاءة الطبيعية

للاضاءة الطبيعية انظمة متعددة تسهم في سد الحاجة الضرورية لاضاءة الفضاءات البعيدة عن فتحات النوافذ والتي تتوفر فيها كميات قليلة من الاضاءة وبالتالي تسهم هذه الانظمة في تقليل استعمال الطاقة. تم تصميم انظمة الاضاءة الطبيعية لاعادة توجيه الضوء الى داخل المبنى، وتعتمد هذه الانظمة في عملها على الانعكاس والانكسار للاضاءة، وهناك انظمة اخرى تقوم بنقل الضوء وتوزيعه داخل المبنى كالأنابيب الضوئية، وبادنى حد من التبديد في الضوء المنتقل ودون انتقال للحرارة، حيث تسعى هذه الانظمة إلى تحسين الراحة البصرية، وتجنب الوهج، والحصول على التظليل الشمسي، وان اختيار نظام الاضاءة وطريقة تصميمه تختلف وفقا لخصائص المناخ، وظروف السماء السائدة وخط العرض للمبنى. [Dubois,2007,p.18]

7-الانابيب الضوئية

هي أنظمة بصرية تستخدم الأنابيب في نقل الضوء عبر فتحات الى عمق المبنى، وهذه الانظمة تنقل الضوء الطبيعي الى داخل الأبنية لاضاءتها، ويتكون الأنبوب الضوئي من ثلاثة عناصر رئيسية هي الجامع الخارجي (Collector) لتجميع ضوء النهار الخارجي، والأنبوب الضوئي الذي يحوي عناصر عاكسة للضوء لايصال اكبر قدر ممكن من الضوء الى داخل الفضاء، والناشر الداخلي الذي ينشر الضوء داخل فضاءات المبنى. يعتمد هذا النظام على مبدأ فيزيائي حيث شعاع الضوء يرتد في السطح بنفس زاوية سقوطه فيتم تجميعه بواسطة الجزء العلوي للانبوب، ثم ينتقل الضوء عبر الأنبوب الناقل للضوء لتتم اعادة توجيهه داخل الفضاء عبر الناشر الضوئي (شكل 1)، ومن مميزات هذا النظام انه بسيط، غير كهربائي، يمكنه جمع وتركيز الضوء في مختلف اوقات النهار، ويقوم بتصفية الضوء من الأشعة تحت الحمراء لمنع اكتساب الحرارة ويعتبر نظام قليل التكلفة نسبيا.[Hansen,2006,p.64]

شكل (1) تركيب الانبوب الضوئي في السقف ومكوناته وطريقة انتقال الاضاءة الى الفضاء الداخلي عبر الانبوب الضوئي.

المصدر : [Moses,2012]

8-التكامل بين الشبابيك وانظمة الانابيب الضوئية

كلما ازداد عمق الفضاء تقل امكانية وصول الضوء الى عمق الفضاء فتبقى المناطق العميقة ذات اضاءة منخفضة دون المستوى المطلوب، لذا فان امكانية النوافذ المحدودة يمكن ان تتمم باستخدام أنظمة الأنابيب الضوئية، وقد اجريت دراسة حالة عن استخدام الأنابيب الضوئية في ابنية المكاتب ذات المخططات كبيرة المساحة في ماليزيا قام بها (هانسن واخرون) تناولت العمل على تطوير وتطبيق نظام الانبوب الضوئي في كوالالمبور في ماليزيا، حيث تم استخدام الأنابيب الضوئية باستخدام اربعة أنابيب ضوئية الى جانب ألواح القطع الليزري LCP (Laser cut Panel) لكل طابق لتحسين الاداء الضوئي، حيث تمت مقارنة النتائج المحسوبة مع القيم المقاسة للارتفاعات الشمسية المختلفة، كما ان نظام الأنبوب الضوئي يعطي اداء جيد لفضاءات المباني ذات المساحات الكبيرة، من خلال اضاءة المناطق المظلمة في المبنى، الا ان هذا المثال تم فيه استخدام الانابيب الضوئية فقط دون شبابيك ويختلف عن الحالة في التطبيق العملي التي تدمج بين الشبابيك الجانبية والانابيب الضوئية للوصول الى مستويات اضاءة متجانسة قدر الامكان داخل الفضاء التعليمي. [Parpairi,2004]

9-تجانس الاضاءة

يعرف تجانس الإضاءة بأنه تساوي قيم الإضاءة اومدى تقارب القيم لمستويات الإضاءة بوحدة اللوكس على سطح معين أو في مكان معين، كما تكون الإضاءة متجانسة باكبر شكل في حالة وجود اضاءة غير مباشرة و تتوزع في كل انحاء المكان بشكل متساو تقريبا وبدون اي اختلاف للإضاءة. [Baroudi, 2012,p.9]

10-عامل التجانس

يمكن تعريف عامل التجانس بانه نسبة الإضاءة الدنيا الى الإضاءة المتوسطة لجميع مستويات الإضاءة الموجودة على سطح العمل داخل الفضاء ، فعندما تكون قيمة عامل التجانس تساوي (0.5) فانها تعتبر قيمة مثالية وقياسية حسب المصادر العالمية[Berhad,2002,p.4]، والنسبة (0.4) جيدة، بينما تعتبر القيمة لتجانس الإضاءة عالية جدا اذا وصلت الى (0.7) مع العلم ان العين لاتلاحظ فرق عندما تكون قيمة التجانس لمستويات الإضاءة تساوي (0.5) جدول (1) . [Chai-Kwong,2006,p.36]

جدول (1) المستويات المختلفة لتجانس الاضاءة داخل الفضاء. اعداد : الباحثان

التسلسل	التجانس	الملاحظات
1	0.5 – 0.4	الحد الامثل للتجانس
2	0.7 – 0.4	حدود التجانس الموصى بها
3	اقل من 0.4	تجانس مقبول بالحد الادنى
4	اعلى من 0.7	تجانس عالي نوعا ما وصعب التحقيق

11- تأثير كفاءة اداء الأنبوب الضوئي على مستويات الإضاءة داخل الفضاء

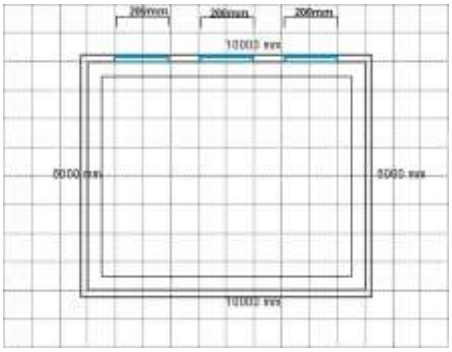
يجمع الأنبوب الضوئي اكبر قدر ممكن من الضوء من خلال الجامع الضوئي المثبت على سطح المبنى، ثم ينقل هذا الضوء الى داخل الفضاء مع اقل خسارة في كمية الضوء، وان بعض الضوء سيتم فقدانه في كل مرة يرتد فيها الضوء داخل الأنبوب الضوئي، حيث نجد ان بعض الأنابيب الضوئية لايحصل فيها ارتدادات للضوء النافذ خلالها الى الفضاء، في حين انابيب اخرى تحوي ارتدادات ضوئية تتراوح بين (5 ، 10 ، 15 ، 20) ارتداد، وهناك انابيب مصنوعة من مواد عاكسة بنسبة 99.7%، اي ان فقدان الضوء عند استخدام هذا الأنبوب يكون فقط بنسبة 0.3% في كل ارتداد، فاذا كان هناك ارتداد واحد فان 99.7% من الضوء المتبقي يستمر في طريقه الى داخل الفضاء، بينما اذا كان عدد الأرتدادات 20 ارتداد فان كمية الإضاءة الناتجة تكون 94%. [Solatube,2015,p.4]

12-التطبيق العملي

تخصص البحث في المباني التعليمية ليجري عليها التطبيق العملي باعتبارها فضاءات عميقة لايكفيها عادة استخدام النوافذ الجانبية لوحدها، كما انها اكثر استفادة من الضوء الطبيعي الذي يسهم في توفير الراحة البصرية خلال فترات الدراسة للطلاب مما لو تم استخدام الضوء الصناعي، لذا تتطلب استخدام تكامل نظم اضاءة طبيعية حديثة(كالانبوب الضوئي) مع الشبابيك الجانبية لغرض تحقيق التجانس في توزيع الإضاءة الداخلية .

13-ابعاد القاعة الدراسية المعتمدة في التطبيق العملي

اعتمد البحث في التطبيق العملي على قاعة دراسية بابعاد (8 م × 10 م) وارتفاع سقف (3) امتار , حيث عمق القاعة (8 م) في حين يتم توزيع الشبابيك على الواجهة الطويلة (10م) بواقع ثلاثة شبابيك متساوية في المساحة (شكل 2 و 3) يوضح ابعاد القاعة مع منظور داخلي.



شكل (2) مخطط يوضح ابعاد القاعة. المصدر : الباحثان

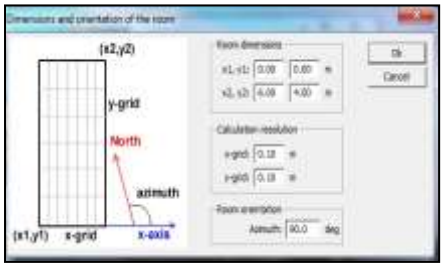
شكل (3) يوضح منظور داخلي للقاعة. المصدر : الباحثان

14-فكرة التطبيق العملي

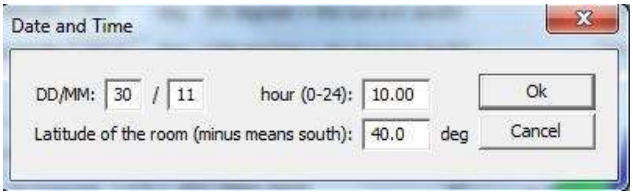
امكانية تحقيق مستويات اضاءة داخلية طبيعية اكثر تجانساً من خلال التكامل بين توظيف الشبابيك الجانبية مع نظام الأنابيب الضوئية لإضاءة الفضاءات العميقة , وتم استخدام برنامجين احدهما متخصص بقياس مستويات الإضاءة الداخلية الناتجة عن الشبابيك الجانبية والاخر متخصص بقياس مستويات الإضاءة الداخلية الناتجة عن الأنابيب الضوئية. ليتم بعدها إستخراج نتائج كل برنامج على حدة ثم الجمع بينهما باستخدام برنامج (Microsoft Excel)، لحساب مستويات الإضاءة الداخلية وتحديد نسبة التجانس الناتجة من قسمة الحد الادنى على المتوسط للاضاءة وضمن أوقات قياس مختلفة.

14-1 برنامج (Holigilm) لقياس مستويات الإضاءة الطبيعية الناتجة عن الأنابيب الضوئية العمودية

في هذا البرنامج يتم تحديد ابعاد واتجاه الفضاء المراد حساب الإضاءة فيه (شكل 4) , ثم تحديد اي ساعة من النهار يراد قياس كمية الإضاءة خلالها و اختيار اليوم والشهر (شكل 5) لتحديد زاوية سمت الأشعة الشمسية ومقدار تأثيرها على الأنبوب الضوئي المستخدم , اضافة الى امكانية تحديد نوع السماء السائدة، كما يوفر البرنامج امكانية وضع عدة انابيب ضوئية في فضاء واحد, فضلا عن امكانية التحكم بموقع وطول وارتفاع كل انبوب ضوئي في الفضاء.



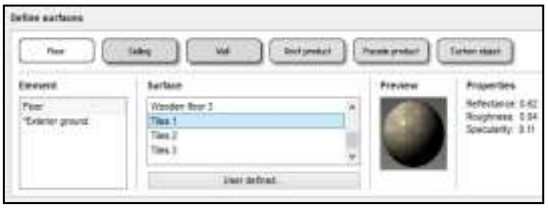
شكل (4) يوضح تحديد ابعاد الفضاء في برنامج قياس الأنابيب الضوئية. المصدر : الباحثان



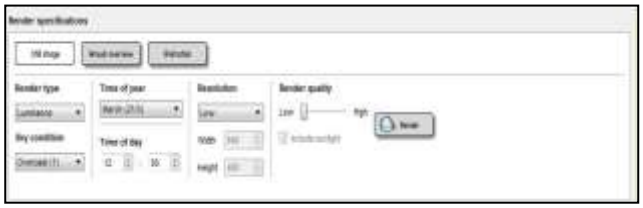
شكل (5) يوضح تحديد التاريخ والوقت في برنامج قياس الأنابيب الضوئية. المصدر : الباحثان

14-2 برنامج (Velux Daylight Visualizer) لقياس مستويات الإضاءة الطبيعية الناتجة من الشبابيك

في هذا البرنامج يمكن رسم فضاء بابعاد معينة مع تحديد ارتفاع السقف وسمكه وسمك الجدار ومادة الانهاء الداخلية أو الخارجية (شكل 6)، وتحديد ابعاد الشبابيك، ويمكن تحديد خطوط الطول والعرض لاي مدينة وتحديد ظروف السماء (صافية أو غائمة) والشهر والساعة لحساب مستويات الإضاءة ب(اللوكس) (شكل 7)، ويمكن الحصول على مستوى الإضاءة في اي نقطة نريدها داخل الفضاء.



شكل (6) يُبين كيفية اختيار مواد الانهاء. المصدر : الباحثان



شكل (7) تحديد الوقت والتاريخ ونوع السماء. المصدر : الباحثان

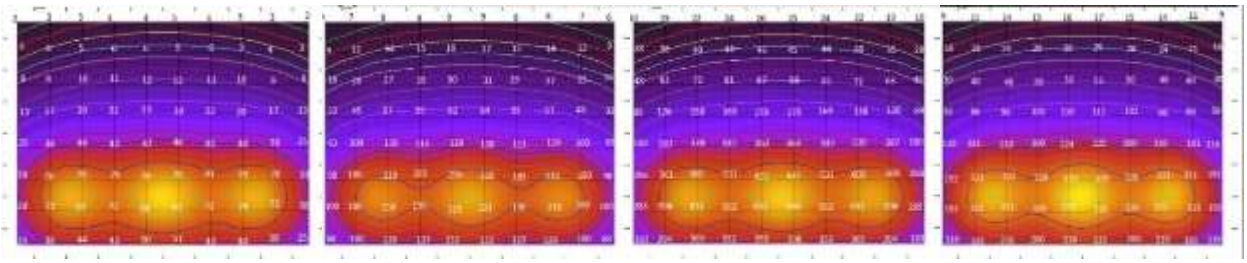
15- أوقات تطبيق القياس

أولا : تم القياس تحت ظروف السماء الصافية وضمن الأشهر الأربعة المتمثلة ب (اذار ، ايار ، تشرين الأول ، كانون الأول) ، تحديدا اليوم الحادي والعشرين بوصفه يوم الانقلاب المناخي ضمن الساعة 9 صباحا لكل شهر .

ثانيا : تم اختيار الواجهات (الشمالية ، الجنوبية ، الشرقية ، الغربية) لقياس مستويات الإضاءة ومعرفة تأثير شدة الإشعاع الشمسي على مستويات الإضاءة الداخلية ضمن كل برنامج ، ثم دمج نتائج البرنامجين للحصول على افضل مستوى اضاءة وتجانس ضمن الفضاء الداخلي.

16- النتائج المستحصلة من استخدام برنامج قياس كفاءة الأنابيب الضوئية

تم القياس باستخدام عدة انابيب ضوئية وباقطار مختلفة وكذلك شبابيك جانبية بمساحات متباينة, وسيتم في هذه الفقرة استخدام 3انابيب ضوئية بقطر(52سم) وطول(1م) وبارتفاع(2.20م) عن سطح العمل ضمن ظروف السماء الصافية داخل فضاء بارتفاع(3م) حيث تم توزيع الأنابيب بمسافات(2 ، 5 ، 8م)على المحور الطولي ومسافة(2م)على عرض الفضاء. وجرى تحديد مستويات الإضاءة داخل الفضاء لكل متر بوحدة (اللوكس) ثم تحديد نسب التجانس(جدول 2).



أ - 21 اذار – 9 صباحا ب - 21 ايار – 9 صباحا ج - 21 تشرين الأول – 9 صباحا د - 21 كانون الأول – 9 صباحا

شكل(8) اختلاف مستويات الإضاءة باختلاف الأشهر ضمن الساعة 9 صباحا ضمن برنامج (Holigilm).

المصدر : الباحثان

جدول(2) ونسبة التجانس للإضاءة ضمن اشهر القياس باستخدام برنامج الأنابيب الضوئية . المصدر : (الباحثان)

الأشهر	نتائج الأنابيب الضوئية			
	الساعات	الحد الأدنى للإضاءة	متوسط الإضاءة	نسبة التجانس الأدنى\المتوسط
21 اذار	9:00 صباحا	9	153	0.10
21 ايار	9:00 صباحا	10	257	0.04
21 تشرين الأول	9:00 صباحا	6	89	0.10
21 كانون الأول	9:00 صباحا	4	34	0.12

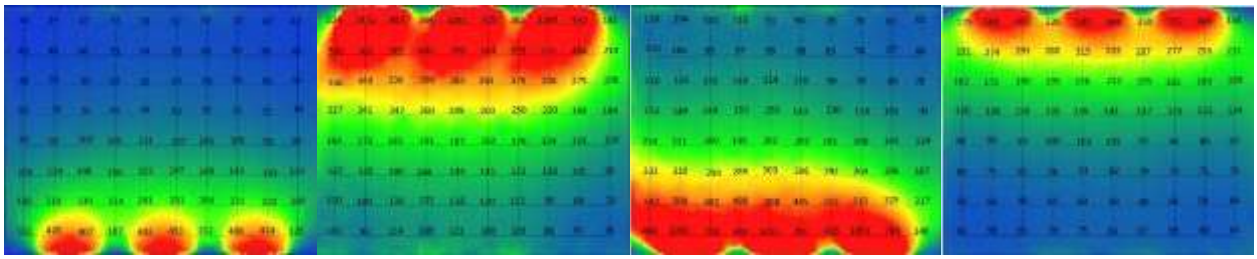
17- النتائج المستحصلة من استخدام برنامج قياس كفاءة الشبابيك

بعد استخدام برنامج قياس كفاءة الشبابيك الجانبية لتحديد مستويات الإضاءة داخل الفضاء تم الحصول على النتائج التالية:

أولا : النتائج الخاصة بشهر اذار

تم قياس مستويات الإضاءة باستخدام اربع حالات اعتمدت على تغيير واجهة التعرض الضوئي للقاعة حيث شملت الواجهات (الشمالية ، الجنوبية ، الشرقية ، الغربية) تحت ظروف السماء الصافية. اعتمد القياس على مخطط قاعة بابعاد (8 ×10م) وارتفاع السقف (3م) , وعدد الشبابيك المستخدمة ضمن كل توجيه كان بواقع ثلاث شبابيك بابعاد (2م العرض ×1.8م الارتفاع) ، ارتفاع الشبابيك عن الارضية (90سم) والمسافة بين شباك واخر (1م) مع استخدام كاسرات شمسية افقية ضمن التوجيه الجنوبي وكاسرات ضوئية عمودية ضمن التوجيهين الشرقي والغربي (شكل 9) وتم الحصول على مستويات الإضاءة الخاصة بكل توجيه وبمسافة (متر واحد) بين نقطة واخرى (شكل 10)، بعدها تم إستخراج الحد الأدنى والمتوسط للإضاءة لقياس نسبة التجانس لكل توجيه جدول (3).

شكل (9) يوضح انواع الكاسرات المستخدمة ضمن التوجيهات الشرقية والغربية والجنوبية في برنامج (Velux). المصدر : الباحثان



أ - واجهة شمالية ب - واجهة جنوبية ج - واجهة شرقية د - واجهة غربية

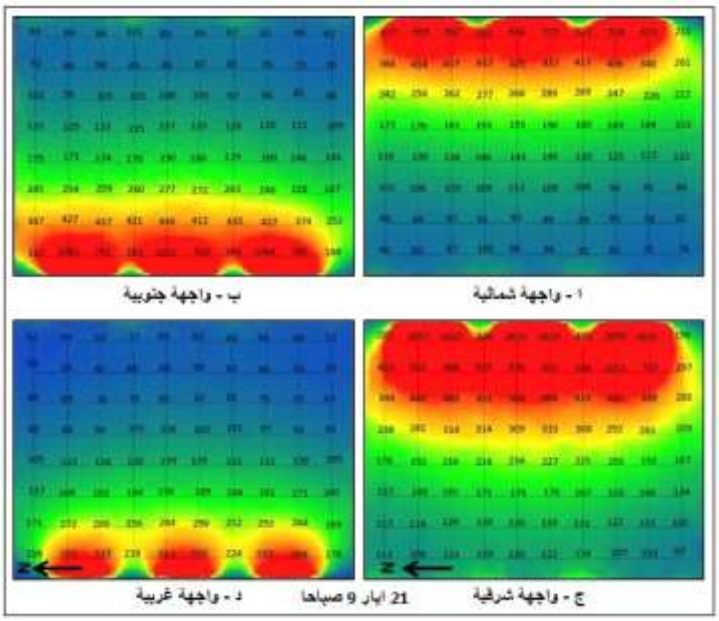
شكل(10) اختلاف مستويات الإضاءة داخل الفضاء باختلاف التوجيه ضمن شهر اذار عند9 صباحا وضمن برنامج (Velux).

جدول (3) نسبة التجانس لكل توجيه فى 9 صباحا من شهر اذار . المصدر : (الباحثان)

نسبة التجانس لكل توجيه ضمن الساعة 9 صباحا من شهر اذار			
التوجيه	الحد الأدنى للإضاءة	متوسط الإضاءة	نسبة التجانس الادنى\المتوسط
الشمالي	56	158	0.35
الجنوبي	61	245	0.25
الشرقي	70	298	0.24
الغربي	36	121	0.30

ثانيا : النتائج الخاصة بشهر ايار

تم تحديد مستويات الإضاءة داخل الفضاء لكل متر لاربع واجهات (شكل 11), وتحديد التجانس (جدول 4).



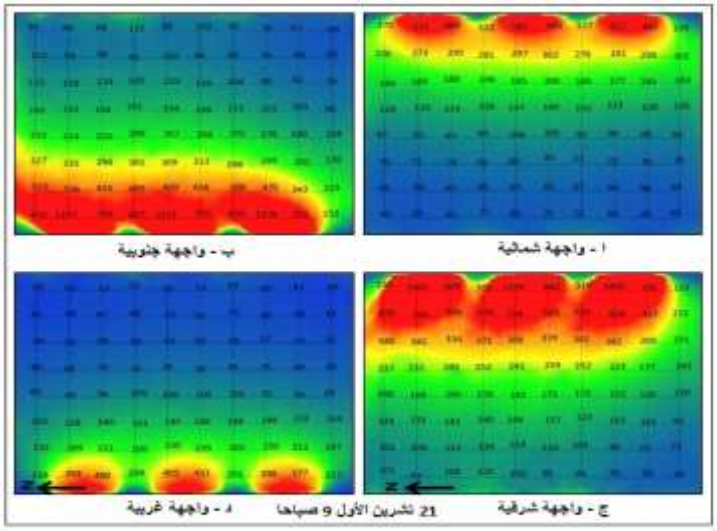
شكل (11) اختلاف مستويات الاضاءة داخل الفضاء باختلاف التوجيه ضمن شهر ايار عند 9

جدول (4) نسبة التجانس لكل توجيه في 9 صباحا من شهر ايار. المصدر : (الباحثان)

نسبة التجانس لكل توجيه ضمن الساعة 9 صباحا من شهر ايار			
التوجيه	الحد الادنى للإضاءة	متوسط الإضاءة	نسبة التجانس الأدنى\المتوسط
الشمالي	75	226	0.33
الجنوبي	62	227	0.27
الشرقي	97	398	0.24
الغربي	52	152	0.34

ثالثا : النتائج الخاصة بشهر تشرين الأول الساعة 9 صباحا

النتائج تشمل الواجهات الشمالية والجنوبية والشرقية والغربية , إذ تم الحصول على مستويات الإضاءة داخل الفضاء لكل متر بوحدة (اللوكس) (شكل 12) , وحساب الحد الأدنى و متوسط الإضاءة باستخدام برنامج (اكسيل) لمعرفة نسبة التجانس ضمن كل توجيه تحديدا الساعة 9 صباحا (جدول 5).



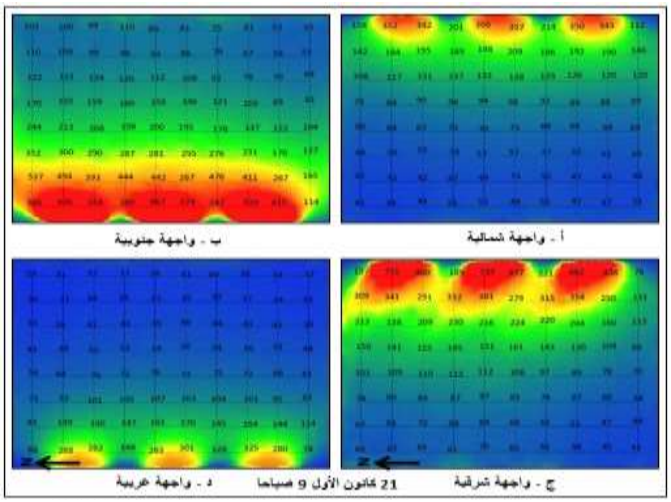
شكل (12) اختلاف مستويات الاضاءة داخل الفضاء باختلاف التوجيه ضمن شهر تشرين الاول في برنامج(Velux). المصدر : (الباحثان)

جدول (5) نسبة التجانس لكل توجيه في 9 صباحا من شهر تشرين الاول. المصدر : (الباحثان)

نسبة التجانس لكل توجيه ضمن الساعة 9 صباحا من شهر تشرين الأول			
التوجيه	الحد الأدنى للإضاءة	متوسط الإضاءة	نسبة التجانس الادنى\المتوسط
الشمالي	58	156	0.37
الجنوبي	59	246	0.24
الشرقي	66	286	0.23
الغربي	41	117	0.35

رابعا : النتائج الخاصة بشهر كانون الأول الساعة 9 صباحا

النتائج تشمل الواجهات الشمالية والجنوبية والشرقية والغربية , إذ تم الحصول على مستويات الإضاءة داخل الفضاء لكل متر بوحدة (اللوكس) (شكل 13) , وحساب الحد الأدنى و متوسط الإضاءة باستخدام برنامج (اكسل) لمعرفة نسبة التجانس ضمن كل توجيه تحديدا الساعة 9 صباحا(جدول 6).



شكل (13) اختلاف مستويات الاضاءة داخل الفضاء باختلاف التوجيه ضمن شهر

جدول (6) نسبة التجانس لكل توجيه في 9 صباحا من شهر كانون الاول. المصدر : (الباحثان)

نسبة التجانس لكل توجيه ضمن الساعة 9 صباحا من شهر كانون الأول			
التوجيه	الحد الادنى للاضاءة	متوسط الإضاءة	نسبة التجانس الادنى\المتوسط
الشمالي	39	108	0.36
الجنوبي	53	244	0.22
الشرقي	43	164	0.26
الغربي	29	84	0.34

18- النتائج المستحصلة من دمج نتائج النظامين (الشبابيك الجانبية والأنابيب الضوئية)

بعد دمج النتائج الخاصة بالشبابيك والأنابيب الضوئية , تم تحديد مستويات الاضاءة و نسبة التجانس للتوجيهات الأربع ولأربعة اشهر (جدول 7).

جدول(7) نسب تجانس الإضاءة لكل توجيه ضمن اربعة اشهر القياس بعد الدمج. المصدر : (الباحثان)

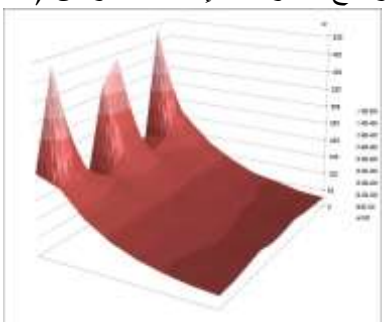
الاشهر	التوجيه	نتائج الانابيب الضوئية			
		الساعات	الحد الادنى للاضاءة	متوسط الاضاءة	نسبة التجانس الادنى\المتوسط
21 اذار	الشمالي	9:00 صباحا	163	311	0.52
	الجنوبي	9:00 صباحا	157	399	0.40
	الشرقي	9:00 صباحا	150	451	0.33
	الغربي	9:00 صباحا	130	274	0.47
21 ايار	الشمالي	9:00 صباحا	225	483	0.50
	الجنوبي	9:00 صباحا	194	484	0.40
	الشرقي	9:00 صباحا	206	655	0.31
	الغربي	9:00 صباحا	166	409	0.41
21 تشرين الاول	الشمالي	9:00 صباحا	116	312	0.37
	الجنوبي	9:00 صباحا	127	336	0.40
	الشرقي	9:00 صباحا	134	376	0.36
	الغربي	9:00 صباحا	112	207	0.54
21 كانون الاول	الشمالي	9:00 صباحا	67	142	0.47
	الجنوبي	9:00 صباحا	80	277	0.30
	الشرقي	9:00 صباحا	68	198	0.34
	الغربي	9:00 صباحا	54	118	0.50

18-1 نتائج القياسات السنوية للواجهة الشمالية

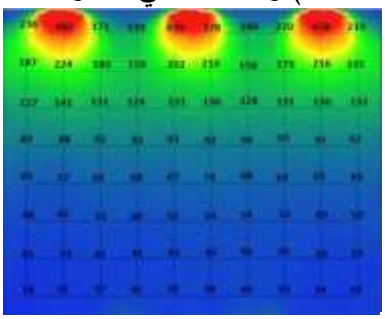
تم إستخراج النتائج باستخدام الشبابيك ضمن ساعات مختلفة ، ثم الأنابيب باعداد واقطار مختلفة، ثم الدمج بين النتائج.

أولا : نتائج القياس السنوي الخاص بالواجهة الشمالية باستخدام 3شبابيك بابعاد (1.2×1.8م)

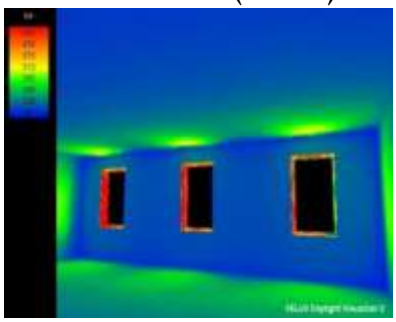
باستخدام برناج (Velux) تم تحديد مستويات الإضاءة داخل مخطط القاعة (شكل 14-أ) مع اعطاء منظور داخلي للقاعة يوضح مستويات الإضاءة باللوكس (شكل 14-ب) ومخطط ثلاثي لمستويات الاضاءة (مخطط1).



مخطط (1) مخطط ثلاثي الأبعاد لمستويات الإضاءة الناتجة من الشبابيك ضمن التوجيه الشمالي. المصدر : الباحثان



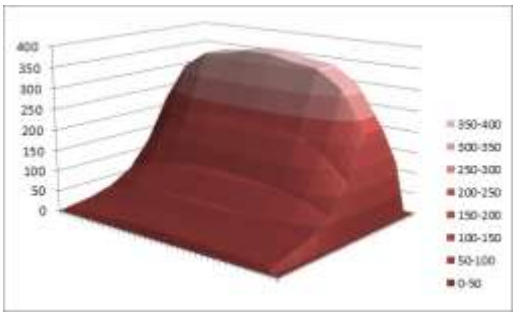
شكل (14-أ) يوضح مستويات الإضاءة السنوية حسب برنامج كفاءة الشبابيك ضمن التوجيه الشمالي. المصدر : الباحثان



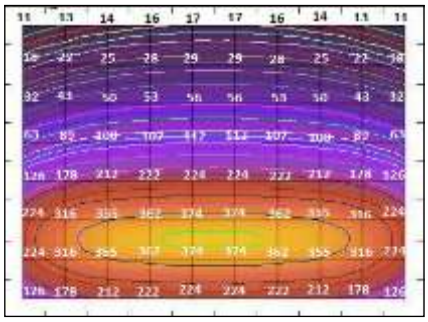
شكل (14-ب) يوضح منظور داخلي للقاعة يوضح الحد الأعلى والأدنى لمستويات الإضاءة السنوية للواجهة الشمالية. المصدر : الباحثان

ثانيا : نتائج الأنابيب الضوئية المستخدمة مع الواجهة الشمالية

بعد استخدام برنامج (Holigilm) تم الحصول على نتائج خاصة بكل شهر تحديدا الساعة 9 صباحا ، وهذا البرنامج يعطي مستويات الإضاءة لكل متر داخل القاعة المستخدمة (شكل 15) , حيث تم استخدام 4 انابيب ضوئية بقطر 36سم، اضافة الى عمل مخطط ثلاثي الأبعاد يبين شكل مستويات الإضاءة داخل الفضاء اعتماد على مواصفات الأنبوب الضوئي(مخطط 2).



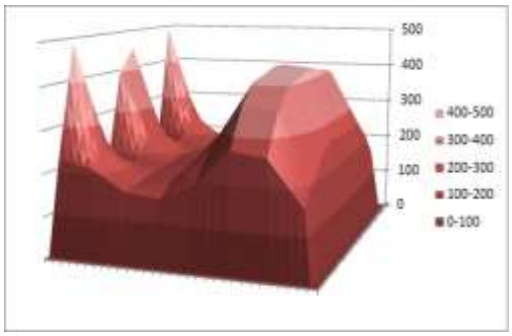
مخطط (2) يوضح مخطط ثلاثي الابعاد لمستويات الإضاءة الناتجة من استخدام 4انابيب ضوئية بقطر 36سم. المصدر : الباحثان



شكل (15) يُبين مستويات الإضاءة الداخلية ل4انابيب قي برنامج (Holigilm) لكل متر ضمن التوجيه الشمالي. المصدر : الباحثان

ثالثا : نتائج الدمج بين الأنابيب الضوئية والشبابيك الجانبية للواجهة الشمالية

بعد إستخراج مستويات الإضاءة الناتجة من الشبابيك الجانبية باستخدام 3 شبابيك بنفس القياس (1.2 ×1.8م) ضمن الواجهة الشمالية باستخدام برنامج قياس كفاءة الشبابيك ، وتحديد عدد الأنابيب واقطارها الملائمة لعدد الشبابيك المستخدمة في القاعة ، تم الدمج بين نتائج البرنامجين (الشبابيك الجانبية والأنابيب الضوئية) باستخدام برنامج (اكسيل) لاعطاء مخطط ثلاثي الأبعاد بمستويات الإضاءة المدمجة (مخطط 3) . ونلاحظ ان توزيع مستويات الاضاءة بعد الدمج افضل من استعمال الانابيب لوحدها او الشبابيك لوحدها في الشكلين.



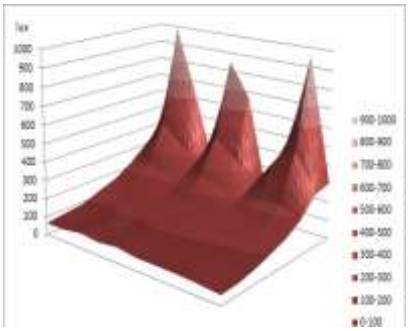
مخطط (3) يوضح مخطط ثلاثي الأبعاد لمستويات الإضاءة السنوية الناتجة عن الدمج بين الأنابيب الضوئية والشبابيك الجانبية للواجهة الشمالية. المصدر : الباحثان

18-2 نتائج الواجهة الجنوبية

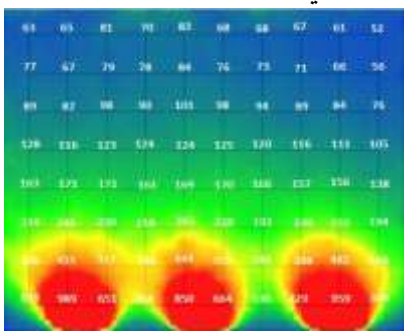
تم إستخراج نتائج الواجهة الجنوبية باستخدام الشبابيك ، ثم الأنابيب لوحدها ، ثم الدمج بين النتائج.

أولا : نتائج القياس السنوي الخاصة بالواجهة الجنوبية باستخدام 3شبابيك بابعاد (1.4×1.8م)

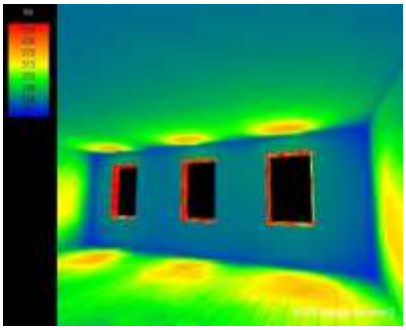
باستخدام برنامج (Velux) تم تحديد مستويات الإضاءة (شكل 16-أ) واعطاء منظور داخلي للقاعة يوضح مستويات الإضاءة (شكل 16-ب)، اضافة الى مخطط ثلاثي الأبعاد يبين مستويات الإضاءة للواجهة الجنوبية (مخطط 4).



مخطط (4) مخطط ثلاثي الأبعاد لمستويات الإضاءة السنوية الناتجة من الشبابيك ضمن التوجيه الجنوبي. المصدر : الباحثان



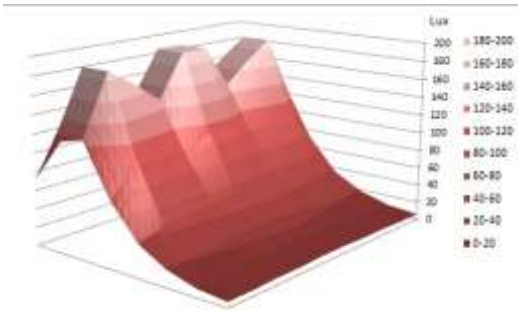
كل (16-أ) يبين مستويات الإضاءة السنوياً حسب برنامج كفاءة الشبابيك ضمن التوجيه الجنوبي. المصدر : الباحثان



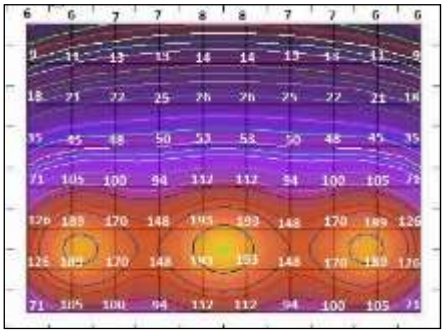
شكل (16-ب) منظور داخلي للقاعة يوضح الحد الاعلى والادنى لمستويات الإضاءة السنوية للواجهة الجنوبية.المصدر : الباحثان

ثانيا : نتائج الأنابيب الضوئية المستخدمة مع الواجهة الجنوبية

بعد استخدام برنامج (Holigilm) تم الحصول على مستويات اضاءة لكل متر داخل القاعة المستخدمة (شكل 17) , باستخدام 3 انابيب ضوئية بقطر 36سم، ووضع مخطط ثلاثي الأبعاد لمستويات الإضاءة داخل الفضاء (مخطط 5).



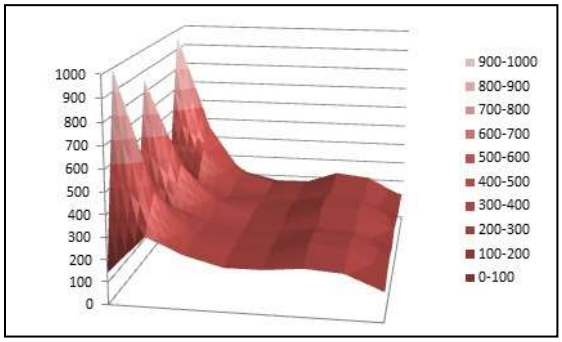
مخطط (5) مخطط ثلاثي الابعاد لمستويات الإضاءة الناتجة من استخدام 3 انابيب ضوئية بقطر 36سم. المصدر : الباحثان



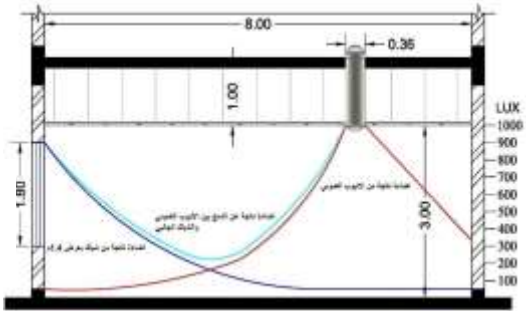
شكل (17) مستويات الإضاءة الداخلية ل3انابيب قي برنامج (Holigilm) لكل متر ضمن التوجيه الشمالي. المصدر : الباحثان

ثالثا : نتائج الدمج بين الأنابيب الضوئية والشبابيك الجانبية للواجهة الجنوبية

بعد الدمج بين نتائج البرنامجين (الشبابيك الجانبية والأنابيب الضوئية) تم اعطاء مخطط ثلاثي الأبعاد بمستويات الإضاءة المدمجة (مخطط 6). ونلاحظ ان توزيع مستويات الاضاءة بعد الدمج افضل من استعمال الانابيب لوحدها او الشبابيك لوحدها في الشكلين السابقين.



مخطط (6) يوضح مخطط ثلاثي الابعاد لمستويات الإضاءة السنوية الناتجة عن الدمج بين الأنابيب الضوئية والشبابيك الجانبية للواجهة الجنوبية.
المصدر : الباحثان



مقطع(1) لمستويات الاضاءة الناتجة من الدمج بين انبوب ضوئي بقطر(36سم) مع شباك جانبي بابعاد(1.8*1.2م) ضمن التوجيه الجنوبي. المصدر : الباحثان

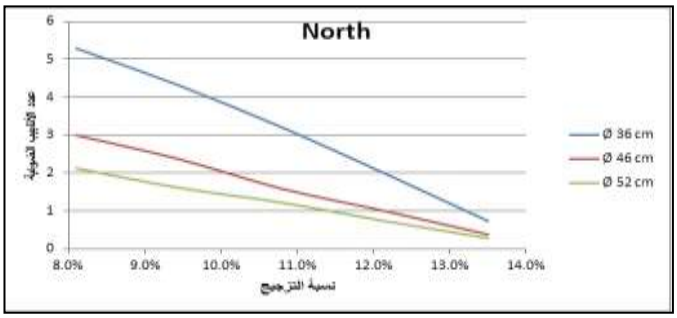
19 – علاقة عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة بمساحة الشبابيك

أولا : الواجهة الشمالية

تم تحديد عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة واقطارها كما موضح في جدول (8) اعتمادا على مساحة الشبابيك ضمن التوجيهات المختلفة ، حيث تم قياس خمس حالات تتضمن اختلاف في ابعاد الشبابيك ، في حين ارتفاع الشباك ثابت (1.8م) ، والحالات الخمس لمساحة الشبابيك هي (2 × 1.8م) ؛ (1.8 × 1.8م) ؛ (1.6 × 1.8م) ؛ (1.4 × 1.8م) و(1.2 × 1.8م), وصولا الى تحديد علاقة تحقق فضاء معماري ذو مستويات اضاءة متجانسة قدر الإمكان ووضع معايير تصميمية يمكن أن يتبعها المصمم اعتمادا على مساحة الشبابيك, حيث تم وضع معيار للاضاءة يجري عليه القياس (لايقل عن 150لوكس ولايزيد عن 250 لوكس) ونجد التناسب عكسي بين مساحة الشبابيك وعدد الأنابيب الضوئية المستخدمة.

جدول (8) يوضح علاقة مساحة الشبابيك بعدد الأنابيب الضوئية المستخدمة للواجهة الشمالية. المصدر: الباحث

عدد الانابيب الضوئية المستخدمة			مساحة الشبابيك الجانبية نسبة لمساحة الفضاء
Ø 52 cm	Ø 46 cm	Ø 36 cm	
0.29	0.38	0.74	13.5%
0.74	1.00	1.99	12.2%
1.22	1.59	3.21	10.8%
1.61	2.37	4.31	9.5%
2.13	3.00	5.29	8.1%



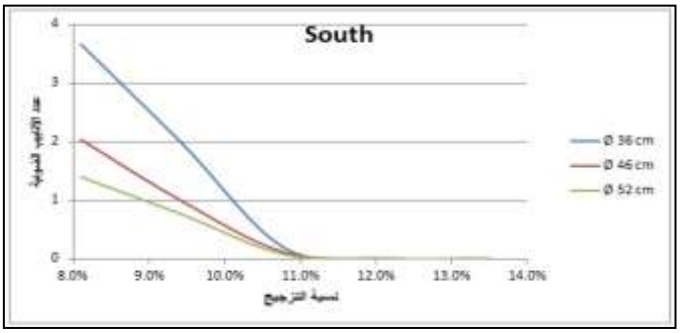
مخطط (7) علاقة مساحة الشبابيك بعدد الأنابيب الضوئية واقطارها التي يمكن للمصمم اعتمادها عند تصميم قاعة دراسية ذات واجهة شمالية. المصدر: الباحثان

ثانيا : الواجهة الجنوبية

تم تحديد عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة لخمس حالات اعتمادا على مساحة الشبابيك نسبة الى مساحة الفضاء الكلية جدول (9) . ثم وضع مخطط يوضح العلاقة بين مساحة الشبابيك وعدد الانابيب الضوئية مخطط (19–2).

جدول (9) يوضح علاقة نسبة التزجيج بعدد الأنابيب الضوئية المستخدمة للواجهة الجنوبية . المصدر: الباحثان

عدد الانابيب الضوئية المستخدمة			مساحة الشبابيك الجانبية نسبة لمساحة الفضاء
Ø 52 cm	Ø 46 cm	Ø 36 cm	
0.00	0.00	0.00	13.5%
0.00	0.00	0.00	12.2%
0.07	0.11	0.18	10.8%
0.75	0.97	1.95	9.5%
1.40	2.03	3.66	8.1%



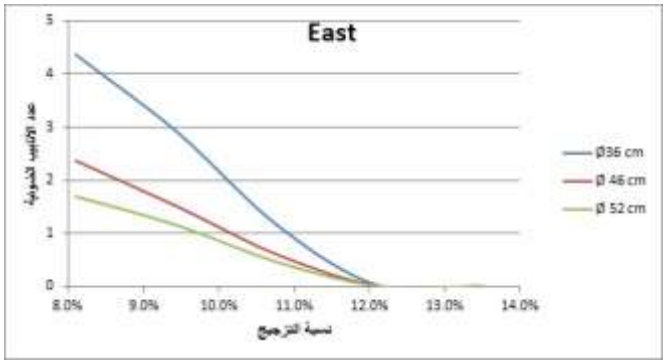
مخطط (8) علاقة مساحة الشبابيك بعدد الأنابيب الضوئية واقطارها التي يمكن للمصمم اعتمادها عند تصميم قاعة دراسية ذات واجهة جنوبية. المصدر: الباحثان

ثالثا : الواجهة الشرقية

تم تحديد عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة لخمس حالات اعتمادا على مساحة الشبابيك نسبة الى مساحة الفضاء الكلية جدول (10) . ثم وضع مخطط يوضح العلاقة بين مساحة الشبابيك وعدد الانابيب الضوئية مخطط (19-3).

جدول (10) يوضح علاقة نسبة التزجيج بعدد الأنابيب الضوئية المستخدمة للواجهة الشرقية. المصدر: الباحثان

عدد الانابيب الضوئية المستخدمة			مساحة الشبابيك الجانبية نسبة لمساحة الفضاء
Ø 52 cm	Ø 46 cm	Ø36 cm	
0.00	0.00	0.00	13.5%
0.00	0.00	0.00	12.2%
0.45	0.59	1.13	10.8%
1.15	1.51	2.90	9.5%
1.70	2.37	4.37	8.1%



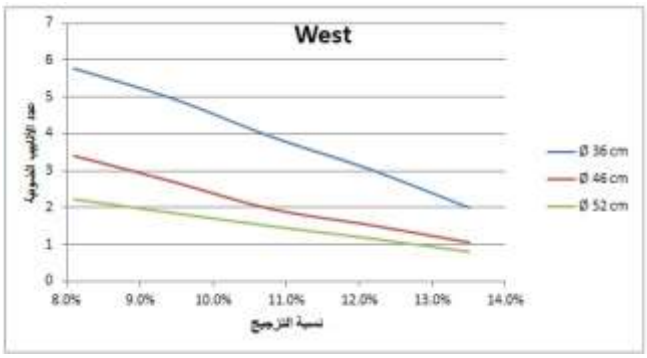
مخطط (9) علاقة مساحة الشبابيك بعدد الأنابيب الضوئية واقطارها التي يمكن للمصمم اعتمادها عند تصميم قاعة دراسية ذات واجهة شرقية. المصدر: الباحثان

رابعا : الواجهة الغربية

تم تحديد عدد الأنابيب الضوئية المستخدمة لخمس حالات اعتمادا على مساحة الشبابيك نسبة الى مساحة الفضاء الكلية جدول (11) . ثم وضع مخطط يوضح العلاقة بين مساحة الشبابيك وعدد الانابيب الضوئية مخطط (19-4).

جدول (11) يوضح علاقة نسبة التزجيج بعدد الأنابيب الضوئية المستخدمة للواجهة الغربية. المصدر: الباحثان

عدد الانابيب الضوئية المستخدمة			مساحة الشبابيك الجانبية نسبة لمساحة الفضاء
Ø 52 cm	Ø 46 cm	Ø 36 cm	
0.81	1.06	2.00	13.5%
1.17	1.53	3.04	12.2%
1.50	1.96	3.92	10.8%
1.86	2.71	4.96	9.5%
2.23	3.41	5.78	8.1%



مخطط (10) علاقة مساحة الشبابيك بعدد الأنابيب الضوئية واقطارها التي يمكن للمصمم اعتمادها عند تصميم قاعة دراسية ذات واجهة غربية. المصدر: الباحثان

تحليل النتائج

1-بعد دمج نتائج الشبابيك والأنابيب الضوئية خلال شهر اذار وبالتوجيهات الأربعة خلال الساعة 9 صباحا تبين ان أدنى حد للإضاءة كان ضمن الواجهة الغربية (130 لوكس في حين أقل نسبة تجانس كانت للواجهة الشرقية (0.33) وافضل نسبة تجانس كان للواجهة الشمالية (0.52) .

2-خلال شهر آيار كان أدنى حد للإضاءة ضمن الواجهة الغربية (166 لوكس) في حين أقل نسبة تجانس كانت للواجهة الشرقية (0.31) وافضل نسبة تجانس كان للواجهة الشمالية (0.50) .

3-خلال شهر تشرين الأول كان أدنى حد للإضاءة ضمن الواجهة الغربية (112 لوكس) في حين أقل نسبة تجانس كانت للواجهة الشرقية (0.36) وافضل نسبة تجانس كان للواجهة الغربية (0.54) .

4- خلال شهر كانون الأول كان أدنى حد للإضاءة ضمن الواجهة الغربية (54 لوكس) في حين أقل نسبة تجانس كانت للواجهة الجنوبية (0.30) وافضل نسبة تجانس كان للواجهة الغربية (0.50) .

5- اذا كانت الواجهة شمالية فإنّ أقل مستوى للإضاءة داخل الفضاء يكون في شهر كانون الأول بحدود (67 لوكس) , يليه شهر تشرين الأول (116 لوكس) , ثم شهر اذار (163 لوكس) وأخيراً شهر آيار (225 لوكس) عند ال9 صباحا.

6- اذا كانت الواجهة جنوبية فإنّ أقل مستوى للإضاءة داخل الفضاء يكون في شهر كانون الأول بحدود (80 لوكس) , يليه شهر تشرين الأول (127 لوكس) , ثم شهر اذار (157 لوكس) وأخيراً شهر آيار (194 لوكس) عند ال9 صباحا.

7- اذا كانت الواجهة شرقية فإنّ أقل مستوى للإضاءة داخل الفضاء يكون في شهر كانون الأول بحدود (68 لوكس) , يليه شهر تشرين الأول (134 لوكس) , ثم شهر اذار (150 لوكس) وأخيراً شهر آيار (206 لوكس) عند ال9 صباحا.

8- اذا كانت الواجهة غربية فإنّ أقل مستوى للإضاءة داخل الفضاء يكون في شهر كانون الأول بحدود (54 لوكس) , يليه شهر تشرين الأول (112 لوكس) , ثم شهر اذار (130 لوكس) وأخيراً شهر آيار (166 لوكس) عند ال9 صباحا.

الاستنتاجات :

1- عند استخدام مخططات ذات فضاءات عميقة لاتصل الاضاءة الطبيعية فيها الى اجزاءها البعيدة , يفضل استخدام انظمة إضاءة حديثة لتوفير مستويات إضاءة جيدة ويفضل استخدام الأنابيب الضوئية لكفاءتها العالية.

2- تعتمد الاضاءة الجيدة على ثلاث عوامل هي كمية الإضاءة ونوعية الإضاءة وتوزيعها لتحسين الرؤية وتقليل الوهج .

3- مستوى تجانس الإضاءة يكون بنسب تتراوح بين (0.4 – 0.7).

4-تعمل الأنابيب الضوئية ضمن السماء الصافية ممّا يسمح للقبة الضوئية للانبوب باستقبال كميات كبيرة من الإضاءة .

5-من خلال الدمج بين النظامين نجد ان كمية الإضاءة الداخلة للفضاء من النافذة تكون ذات مستويات عالية جدا تؤدي للوهج، ولتجنب ذلك يتم تقليل ابعاد الشبابيك وزيادة عدد الأنابيب في المناطق البعيدة عن الشبابيك لتوفير تجانس جيد .

References

Baroudi, Izzat, 2012. "Useful brief in Interior Lighting Design"(almukhtasir almufid fi tasmim alanarat alddakhilia)[Arabic], First Edition, IP: 44. pp. 1-11.

Berhad , Sirim , "Lighting of indoor work places" , Malaysian Standard , ISO : 8995 , IDT , 2002 , p.4 .

Chai-kwong , Mak , "The public Lighting Design Manual" , 2nd edition , Garden Road , Central , Hong Kong , 2006 , p.36 .

Dubois, Catherine & Demers, Claude, "The Influence of Daylighting on Occupants ; Comfort and Diversity of Luminous in Architecture",, University of Laval, CANADA, conference Proceedings of the American Solar Energy Society (ASES), SOLAR 2007, 7-12 July, Cleveland, Ohio , p.18 .

Environmental Building News "Daylighting: Energy and Productivity Benefits", Vol. 8, No. 9, Sept 1999.

Fawzi, Yousef Wajih, 2010. (The Effect of Natural Lighting on the Form of Buildings) (tathir al'iida'at altabieiat eali shakal almabani)[Arabic], Center for Planning and Architectural Studies. Research. Http://www.cpas-egypt.com/AR/WagihFawzi_en.html. Hansen, Veronica Garcia, " Innovative Daylighting Systems for Deep-Plan Commercial Buildings" Ph.D. thesis submitted to Queensland University of Technology,2006,p.32,64 .

Meterbaei, Monzer E-& Abu El-Kair, Reem. "Openings "Lecture No.4, 23-11-2008. Pp .(19-21).

Moses, Nalina, "Daylighting Systems. Before Nightfall: Advanced Daylighting Technologies ". The American Institute of Architects (AIA) Magazine. Vol. 19. September 28, 2012

Muhaisen, Ahmed S & Dabbor Hazem R, 'Studying the Impact of Orientation, Size, and Glass Material of Windows on Heating and Cooling Energy Demand of the Gaza Strip Buildings" , Architecture Department, Faculty of Engineering, Islamic University. Journal of Architecture and Planning, Vol. 27 (1), Riyadh (2015/1436H.). 2015. pp. 1-15.

Natural Lighting Blog, PO Box 506, 2013. Ministry of Construction and Housing, General Authority for Buildings, Ministry of Planning, Central Organization for Standardization and Quality Control, First Edition, Iraq, Baghdad,

Parpairi, K., 'Daylight perception', in: Steemers, K. and Steane, M. A. (ed.), Environmental Diversity in Architecture, p. 179-193, Spon Press, London, 2004.

Solatube , "Specifying daylight for commercial projects" , Olney office park , Olney , England , 2015 , p.4 .

Shahin, Bahgat Rashad, 1990. (Architecture and climate in dry hot areas)(aleamarat w almunakh fi almanatiq alharat aljafa)[Arabic]. Continuing Education Course 7.