Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 37, No. 1, pp.235 -256 , January 2009.

تأثير تغير البيئة الداخلية للفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية بداخله
"دراسة حاله: المباني التعليمية بجامعة أسيوط"

م/ خالد يوسف محمد
معيد بكلية الفنون الجميلة - قسم العمارة – جامعة المنيا
Arch_khaled2005@yahoo.com

د./ طارق جلال حبيب
أستاذ مساعد بكلية العمارة والتخطيط - جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية
t.habib@ksu.edu.sa

ا.د/ عبد المنطلب محمد علي
أستاذ العمارة والتحكم البيئي
عميد كلية العلوم والهندسة - جامعة العلوم والتكنولوجيا - صنعاء - اليمن
a.monteleb@ust.edu.ya

(Received December 17, 2008 Accepted January 13, 2009)

ملخص البحث:

تتأثر الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ بالعديد من العوامل التي يمكن تصنيفها تحت ثلاث مستويات رئيسية هي: المستوي التخطيطي، ومستوي تنسيق الموقع، ومستوي التصميم المعماري. وحيث يضم المستوي التخطيطي تأثير تغير كل من خط العرض، وطبوغرافيا الموقع، والطرق والمباني المحيطة، وتوجيه المبني. أما بالنسبة لمستوي التصميم المعماري فيضم تأثير تغير كل من البيئة الداخلية للفراغ، وعمق الفراغ، ومساحة ونسق النوافذ. ولصعوبة دراسة تأثير تلك العوامل مجتمعة فإن البحث يركز علي دراسة مدي تأثير تغير البيئة الداخلية للفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية بداخله. ولتحقيق ذلك يعتمد البحث علي المنهج الاستنتاجي Deductive Reasoning بالإضافة إلي القياسات الفعلية للإضاءة الطبيعية داخل بعض المباني التعليمية بجامعة أسيوط. وتعتمد الدراسة علي المقارنة بين العديد من الحالات المتشابهة في السمات المعمارية الخارجية والداخلية، واختلاف أما لون الحوائط أو لون الأرضيات أو لون عناصر الأثاث الداخلي - والتي تمثل البيئة الداخلية للفراغ -، وانعكاس ذلك التغير علي مستوي شدة الإستضاءة ومعدل توزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ. ومن خلال مقارنة تلك الحالات بعضها البعض من حيث متوسط شدة الإضاءة داخل الفراغ، ومعدل الانتشار والاختراق للإضاءة الطبيعية خلال فترات العمل الرسمية للفراغ يمكننا وضع مجموعة من النتائج والتوصيات والتي تساهم في طرح بعض المعالجات الضوئية لبعض الفراغات المعمارية والتي تعاني من بعض المشاكل الضوئية، والتي تساهم بشكل مباشر في تفعيل دور الإضاءة الطبيعية داخل فراغات المبني بما ينعكس علي تقليل معدل استهلاك الطاقة الكهربية في المنشآت التعليمية.

IMPACT OF SPACE INNER ENVIRONMENT ON THE BEHAVIOR OF DAYLIGHTING CASE STUDY OF EDUCATIONAL BUILDING, ASSIUT UNIVERSITY

Natural lighting within a space could be affected by many factors. These factors could be grouped under three levels: planning levels, landscape level and architectural design level, as planning level impact of changing both the latitude and topography of the site, roads and building surrounding the site could also be important factors. On the landscape level many factors could be involved as the materials used in the surrounded spaces, green built. On the other hand, as for the level of architectural design, it incorporates the impact of changing both the interval environment of the spaces and the dimensions of the space itself size and pattern of windows could

also be a main factor at the process. Because at the difficulty of studying the impact of those factors together. The paper focus on the impact at internal environment of the space on the behavior of natural light inside the space.

To achieve this task. The paper has depended on the deductive reasoning approach in addition to the actual measurements of natural lighting in some educational building of Assiut University. The study is based on the comparison of many similar eases in the architectural features of the external and internal. The only different was the color, color of wall, floors, or furniture, elements represents the internal environment of intensity and the rate of distribution of natural lighting within the spaces.

By comparing these case each of average intensity of natural lighting and proliferation and penetration of natural lighting during official working hours, we can develop a set of finding and recommendations and contributing to select suitable treatments for certain case suffering from natural lighting problems. The paper also contribute directly to activate the role of natural lighting within building spaces, that would reduce the rate of electrical consumption in educational facilities.

تقديم:

تعتمد ساعات التشغيل للفراغات التعليمية علي الفترة النهارية. الأمر الذي يتطلب توفير قدر من الإضاءة بما يتلاءم مع النشاط القائم بتلك الفراغات. و حيث أثبتت الأبحاث الحديثة أن التعرض للإضاءة الصناعية لمدة طويلة يتسبب في حدوث أضرار صحية للإنسان على المستويين النفسي والجسدي. حيث تعد عملية التعرض للتذبذبات الضوئية لمصابيح الفلورسنت والافتقاد للإضاءة الطبيعية أهم الآثار السلبية الناجمة عن العمل المكتبي. وعلي جانب أخر تكتسب الجهود الرامية إلى تعظيم الاستفادة من الإضاءة الطبيعية بعداً خاصاً باعتبارها أحد ركائز العمارة المتوافقة بيئياً. فقد أثبتت الدراسات أنه يمكن من خلال الإضاءة الطبيعية تحقيق معدل توفير في نفقات استهلاك الطاقة يتراوح ما بين 30% – 70% شرط الاستفادة من أجهزة الإضاءة الصناعية بشكل جيد.

إشكالية الدراسة:

تعد الإضاءة الطبيعية إحدى المقومات المناخية التي تتميز بها مصر، والتي تعد إحدى الركائز الأساسية لكثير من المباني سواء تعليمية أو صحية أو إدارية. الأمر الذي يضع تعظيم استثمار هذا المورد من أهم ركائز البعد البيئي. وقد تناولت العديد من الدراسات الإضاءة الطبيعية داخل المباني، كما أجرت العديد من الدول الأوربية دراسات ضوئية تتناول تأثير تغير البيئة الداخلية، وتم اخذ هذه التجارب وتطبيق نتائجها علي المباني التعليمية في مصر بدون التحقق من ملاءمتها للظروف المناخية الخاصة بمصر . وعليه فإن البحث يتحقق من مدي ملائمة تلك الدراسات مع البيئة المصرية بوجه عام ولمباني جامعة أسيوط بشكل خاص. وعليه فإن للبحث سؤالاً محورياً هو:

ما مدي تأثير الوسط البيئي الداخلي للفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية؟ وهل يمكن تفعيل دور الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ من خلال تغير البيئة الداخلية للفراغ؟

الهدف من الدراسة:

تهدف الدراسة إلي فهم وإدراك مدي تأثير الوسط البيئي الداخلي للفراغ علي مستوي شدة الإستضاءة ومعدل توزيعها داخل فراغات المباني التعليمية، والتي تساهم بدورها في دعم المصمم المعماري لتجنب بعض المشاكل الضوئية في حالة تصميم أو تعديل فراغات متشابهة مع الحالات محل الدراسة الميدانية.

منهجية البحث:

تشكل الأهداف السابقة العناصر الرئيسية للبحث ومن هذا المنطلق فإن الورقة البحثية تعتمد علي المنهج الاستنتاجي بالإضافة إلي القياسات الميدانية لبعض المباني المختارة بجامعة أسيوط. وللوصول إلي الهدف من البحث ينبغي دراسة تلك النقاط:

1- أسباب تفضيل الإضاءة الطبيعية عن الإضاءة الصناعية.
2- العوامل المؤثرة علي تحقيق الراحة البصرية.
3- مركبات الإضاءة الطبيعية.
4- الخلفية النظرية لتأثير تغير الوسط البيئي الداخلي للفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية.
5- منهجية الدراسة الميدانية.
6- تحليل القياسات الضوئية للمباني المختارة.

1- أسباب تفضيل الإضاءة الطبيعية عن الإضاءة الصناعية:

تساهم بعض العوامل في تميز الضوء الطبيعي عن الضوء الصناعي، والتي يمكن حصرها في عاملين أساسيين: الاحتياجات النفسية والوظيفية لمستخدمي الفراغ والتي تمثل التأثير النفسي للضوء الطبيعي، والدواعي الاقتصادية وتنامي الدعوة إلي استخدام الموارد المتجددة للطاقة.

1-1 التأثير النفسي والوظيفي للإضاءة الطبيعية:

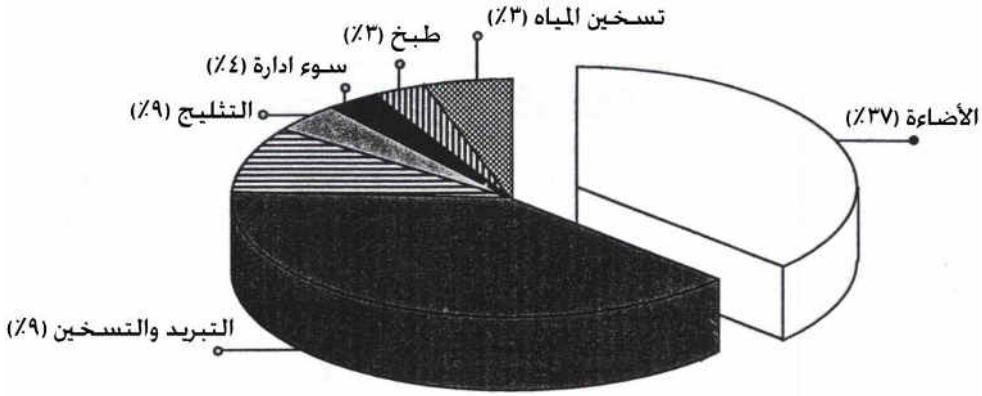
تمثل الإضاءة الطبيعية أحد العوامل التي تؤدى إلي الراحة النفسية لمستخدمي الفراغ، كما تساهم في إضفاء مناخ مناسب لتأدية الوظائف بداخل الفراغ مما ينعكس على القدرة الإنتاجية للمستخدم، وذلك للأسباب التالية:

- تساهم الإضاءة الطبيعية في إدراك الوقت، كما تتيح اتصال الفراغ الداخلي بالبيئة الخارجية من خلال نوافذ الضوء[1].
- يؤدي تغير الإضاءة الطبيعية على مدار اليوم بشكل تدريجي إلي تغير طبيعة الفراغ الداخلي بمعدل يسهل عمليه التكيف معه[2].

- تعتبر الإضاءة الطبيعية – خاصة عند تواجد النوافذ علي الواجهات الشمالية – وسط صحيح لمراجعة الألوان، في حين تتسبب الإضاءة الصناعية باختلاف أنواعها إلي تغير درجات الألوان بحيث يحتاج الإنسان إلي تعريض الأجسام للإضاءة الطبيعية لمعرفة ألوانها الحقيقية[3].
- تعمل الإضاءة الطبيعية علي تحسين البيئة المرئية من حيث القدرة على الرؤية وإدراك الأشياء داخل الفراغ بدقة[4].

2-1 دور الإضاءة الطبيعية في خفض معدلات استهلاك الوقود:

ترجع جذور مشكلة تنامي معدلات استهلاك الوقود إلي بداية الثورة الصناعية، حيث تعامل المستخدم مع التكنولوجيا من خلال مفاهيم الإنتاج بالكم والتنميط والتوحيد القياسي[5]. وفي إثر أزمة الطاقة في منتصف السبعينات اتجهت الدول إلي محاولة تطويع مواردها بما يؤدي إلي المحافظة عليها من خلال ترشيد الاستهلاك، وتقليل معدلات الإنبعاثات الضارة من الحرارة والغازات، والتي تحتاج إلي إيجاد أساليب لتقليلها والتخلص منها، مما انعكس بدوره علي زيادة معدلات استهلاك الطاقة. حيث رصدت العديد من الدراسات تزايد معدلات استهلاك الطاقة الكهربية في الكثير من الدول المتقدمة، وأرجعت هذه الدرسات تزايد معدلات الاستهلاك إلي عاملين رئيسيين تتحدد ملامح العامل الأول في الاعتماد علي مصادر الطاقة غير المتجددة لتوليد الكهرباء (الإضاءة الصناعية)، حيث تستهلك الدول المتقدمة ما يقرب من 37% من الطاقة في الإضاءة[6] كما يظهر في شكل(1)، وعلي سبيل المثال وصل معدل استهلاك الطاقة في الإضاءة ببعض الدول مثل الولايات المتحدة إلي ما يقرب من 20% –25% من الطاقة المتوفرة بالإضافة إلي استهلاك نحو 10% –20% من الطاقة لتبريد الأجهزة المولدة للإضاءة الصناعية. كما تستهلك دولة الأمارات حوالي 44% من الطاقة المتوفرة في الإضاءة الصناعية وتسخين المياه[7].



شكل(1): تنامي حجم استهلاك الطاقة في القطاعات المختلفة في الدول المتقدمة[6]

ويشكل العامل الثاني لتنامي معدل استهلاك الطاقة استخدام الأجهزة المصاحبة لتبريد مصادر الإضاءة الصناعية. حيث تصاحب الحرارة عملية إدخال الضوء مما يساهم في زيادة درجة حرارة الفراغ. وعلي سبيل المثال يحول

المصباح المتوهج حوالي 7% من الطاقة الكهربية إلي ضوء أما 93% من الطاقة الكهربية فتنبعث منه بصورة حرارة. وأما بالنسبة للمبات الفلوريسنت فينبعث منها 22% من الطاقة الكهربية علي هيئة ضوء و78% علي هيئة حرارة. وبالنسبة للإضاءة الطبيعية فيحتوي ضوء قبة السماء علي أقل نسبة من الحرارة وأعلي نسبة من الضوء، علي العكس من ضوء الشمس المباشر فيحتوي علي نسبة عالية من الحرارة وذلك لمصاحبة الطيف الضوئي الإشعاع الشمسي[2].

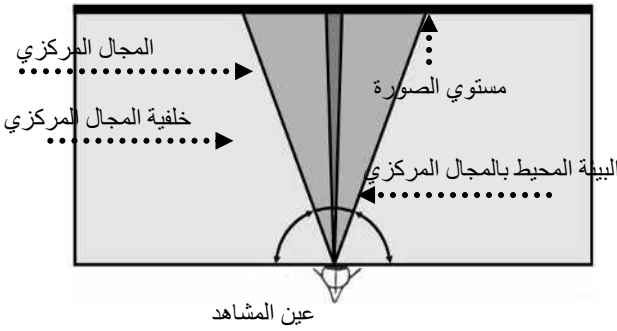
2- العوامل المؤثرة في تحقيق الراحة البصرية:

تؤدي بعض العوامل علي إضفاء الراحة البصرية بالفراغ، مما ينعكس علي مستخدم الفراغ، ولتحقيق المتطلبات التي من شانها إضفاء الراحة البصرية ينبغي دراسة عاملين أساسيين هما:التباين والإبهار.

2-1 التباين:

يعرف المجال البصري بمجال رؤية العين والذي ينقسم إلي ثلاث مناطق رئيسية كما في شكل(2) [8]:

- المجال المركزي: وينحصر في زاوية رؤية مقدارها 2^5 وذلك عند تركيز النظر علي العنصر المرئي.
- خلفية المجال المركزي: وينحصر في زاوية رؤية مقدارها 40^5 وهي المنطقة التالية لمنطقة التركيز.
- البيئة المحيطة بالمجال المركزي: وتصل إلي زوايا رؤية أفقية 180^5، وتمثل الصورة العامة التي تراها العين بدون تركيز.



شكل(2): المجال البصري المركزي، خلفية المجال المركزي، البيئة المحيط بالمجال المركزي

وتتطلب الراحة البصرية توزيع جيد للضوء في مجال الرؤية، حيث يراعى أن تكون درجة إضاءة العنصر المرئي أعلى من إضاءة البيئة المحيطة[9] كما يتضح في الجدول (1) والذي يظهر نسب إستضاءة كلاً من البيئة المحيطة و خلفية المجال المركزي والمجال المركزي.

جدول(1) نسب التباين بين المجال المركزي، خلفية المجال المركزي، البيئة المحيطة[8]

معدل التباين	البيئة المحيطة	خلفية المجال المركزي	المجال المركزي
الحد الأدنى	1	2	5
الحد الأقصى	1	3	10

2-2 الإبهار:

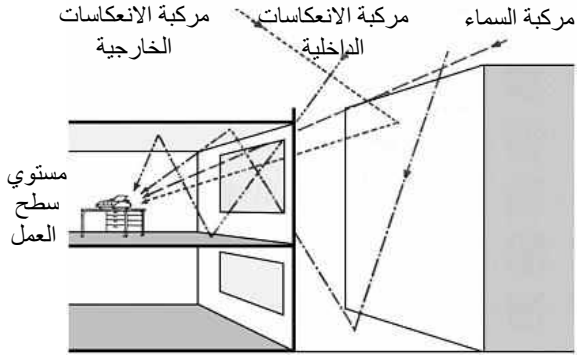
يعرف الإبهار بضوضاء الرؤية ويتمثل في عدم القدرة على الرؤية الجيدة[2]. وينتج الإبهار من خلال إيجاد مصدر ضوئي عالي في مجال الرؤية[4]. ويحدث أيضا في حالة وجود تباين عالي في مجال الرؤية بين العنصر المراد رؤيته والبيئة المحيطة بما يعادل نسبة (1:10) مما ينعكس علي عدم قدرة العين على تمييز العنصر المراد رؤيته[6]. وينقسم الإبهار إلي نوعين الأول إبهار يعوق الرؤية ينتج من عدم حجب الضوء المباشر المخترق نافذة الضوء، ويسبب عدم القدرة على رؤية الأشياء في مجال الرؤية وتؤثر عدة عوامل على مستوى هذا النوع من الإبهار كمساحة النافذة وموقعها، ومستوي سطوع مصدر الضوء، وأيضا البعد بين مصدر الضوء والعين. أما النوع الثاني فهو إبهار يرهق العين وينتج من خلال التعرض لضوء ذو شدة إضاءة عالية بطريقة مفاجئة، ويسبب الإحساس بالاضطراب والضيق وتظل تلك المؤثرات فترة قصيرة وتؤدى إلي تقليل قدرة الشخص على الإبصار[4].

3- مركبات الإضاءة الطبيعية:

تعتمد الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ علي مستوي شدة الإستضاءة خارجة، حيث يكون مستوي شدة الإستضاءة داخل المبني جزء من مستوي شدة الإستضاءة خارجه. وتتحدد قيمة مستوي شدة الإستضاءة داخل الفراغ يتم تحديدها من خلال مركبات الإضاءة الطبيعية[5]. والتي تتمثل في ثلاث مركبات كما يلي:

- مركبه السماء Sky Component
- مركبه الانعكاسات الداخلية Internal Reflected Component
- مركبه الانعكاسات الخارجية External Reflected Component

وتمثل مركبه السماء مستوي شدة الإستضاءة عند نقطة من خلال رؤية قبة السماء المباشرة، أما مركبه الانعكاسات الداخلية فتوضح مستوي شدة الإستضاءة عند نقطة من خلال انعكاس الضوء من الأسطح الداخلية للفراغ، وتنقسم تلك المركبة إلى جزئيين إحداهما محصلة إنعكاس ضوء مركبة السماء علي الأسطح الداخلية، والأخرى محصله إنعكاس إضاءة الأسطح الخارجية بعد انعكاسها على الأسطح الداخلية للفراغ وتمثل نسبه ضعيفة من مستوى شدة الإستضاءة، وبالنسبة لمركبه الانعكاسات الخارجية فتمثل كمية الإضاءة المنعكسة من خلال الأسطح الخارجية كما في شكل (3) [10].



شكل (3): مركبات الإضاءة الطبيعية[10]

4- الخلفية النظرية لتأثير الوسط المحيط بالمبني علي سلوك الإضاءة الطبيعية:

تؤثر البيئة الداخلية علي سلوك الإضاءة الطبيعية داخل فراغات المبني، حيث تعمل الأسطح الداخلية وعناصر الأثاث الداخلي علي انعكاس الضوء الطبيعي، والذي يعتمد علي لون وطبيعية السطح. ولذلك فإنه يتم دراسة تأثير تغير كل من لون عناصر الأثاث الداخلي، وأيضا لون الأسطح الداخلية للفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية داخل فراغات المبني وذلك بشكل نظري. يتمثل في استعراض ما جاء في الأدبيات والأبحاث العلمية، ثم أجراء القياسات الميدانية للتحقق منه عملياً.

4-1 عناصر الأثاث الداخلي:

تمثل عناصر الفرش إحدى العوامل المؤثرة على مستوي شدة الإستضاءة ومعدل توزيعها ، حيث يؤثر كل من لون وتوزيع عناصر الفرش على كمية الإضاءة المنعكسة داخل الغرف، والتي تمثل إحدى جوانب مركبة الانعكاسات الداخلية [11].

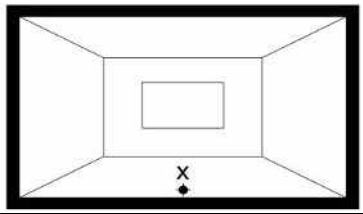
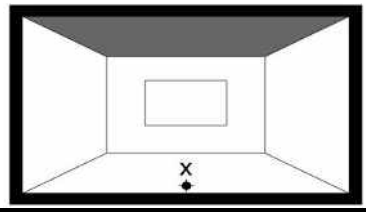
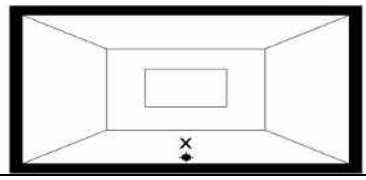
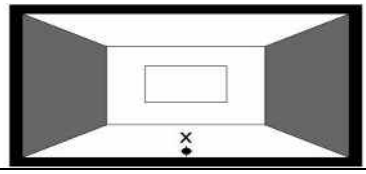
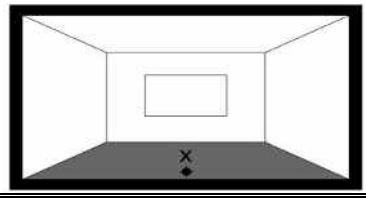
4-2 الأسطح الداخلية للفراغ:

تمثل انعكاسات الأسطح إحدى مصادر الإضاءة الطبيعية غير المباشرة، وكذلك إحدى مصادر تحسين الإضاءة داخل الفراغات. وتتوقف كمية الإضاءة المنعكسة منها على معامل انعكاسات تلك الأسطح. ويوضح الجدول (2) مدي تأثير تغير ألوان الأسطح الداخلية المتمثلة في الأسقف، والحائط المقابل للنافذة، والأسطح المجاورة للنافذة، وأخيرًا أرضيات الفراغ علي توزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات[4].

ومن خلال الدراسة السابقة يتضح أن الأسقف تعد اقوي تأثيرا على توزيع الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ، ويليه الحائط المقابل للنافذة ثم الحوائط المجاورة للنافذة وأخيرًا أرضية الفراغ، وكما أشارت العديد من الدراسات إلي انه لتفعيل دور الأسطح الداخلية للمساهمة في زيادة كمية الإضاءة داخل الفراغات ينبغي تحقيق الآتي[12].

- زيادة المسافة بين السقف وسطح العمل حتى يمكن تجنب وقوع مستوى السقف في مخروط رؤية المستخدم.
- زيادة المسافة بين مصدر الضوء والسقف مما يؤدي إلى توزيع الضوء بشكل متجانس من خلال التوزيع المتساوي للضوء على السقف.
- استخدام أسطح ذات معامل انعكاس عالي.
- استخدام النوافذ السفلية والإضاءة المنعكسة من الأرضية الخارجية كمصدر لإضاءة الفراغات.

جدول (2): تأثير تغير ألوان الأسطح الداخلية علي توزيع الإضاءة الطبيعية

الحالة	الوصف	التحليل
الأولي	تطلي جميع الأسطح باللون الأبيض، ويتم تحديد نقطة قياسية X بنهاية الفراغ. 	نسبة الإضاءة الطبيعية عند النقطة "X" 100% باعتبارها نقطة قياسية ومحل المقارنة.
الثانية	تطلي جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض، ماعدا الأسقف فتطلي باللون الأسود. 	يقل معدل الإضاءة الطبيعية بنسبة 61% عند النقطة القياسية "X".
الثالثة	تطلي جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض، ماعدا الحائط المقابل للنافذة فتطلي باللون الأسود. 	يقل معدل الإضاءة الطبيعية بنسبة 50% عند النقطة القياسية "X".
الرابعة	تطلي جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض، ماعدا الحوائط المجاورة للنافذة فتطلي باللون الأسود. 	يقل معدل الإضاءة الطبيعية بنسبة 38% عند النقطة القياسية "X".
الخامسة	تطلي جميع الأسطح الداخلية باللون الأبيض، ماعدا الأرضيات فتطلي باللون الأسود. 	يقل معدل الإضاءة الطبيعية بنسبة 32% عند النقطة القياسية "X".

5- منهجية الدراسة الميدانية:

تعتمد الدراسة الميدانية علي العديد من المقومات، والتي تشكل في مجملها منهجية الدراسة الميدانية. حيث يتم التعرف علي أسباب اختيار مباني جامعة أسيوط لإجراء القياسات، كما يتم إلقاء الضوء علي توقيت القياس، وكيفية تحليل القياسات والأجهزة المستخدمة. كما يتم استعراض المعدلات العالمية القياسية المنصوص عليها لإضاءة الفراغات التعليمية الجامعية. وذلك بهدف وضع الأسس والقواعد لتحليل نتائج القياسات الميدانية.

5-1 أسباب اختيار مباني جامعة أسيوط للدراسة الميدانية:

تشارك العديد من العوامل في دعم اختيار مباني جامعة أسيوط للدراسة الميدانية والتي يمكن تمثيلها في الآتي:

- تعد مباني جامعة أسيوط ذات نمط متشابه في العديد من الخصائص المعمارية، التي تتمثل في ثبات ارتفاع المباني، واستخدام مديول شبه ثابت، وكذلك توحيد مواد التشطيبات الخارجية والتي تعتمد علي استخدام الطوب الوردي والحجر الصناعي الأبيض. كما تتشابه العديد من المباني في لون وتوزيع الفرش الداخلي وخاصه في الكليات المتناظرة. ويكفل هذا التشابه في البيئات المعمارية الداخلية والخارجية لمباني الجامعة وجود فراغات عديدة متشابه، والذي يؤدي بدوره إلي تنوع حالات الدراسة.
- المعايشة اليومية والتي يترتب عليها سهوله الحصول علي المعلومات، وأيضا يسهل عملية القياس.

5-2 محددات الدراسة الميدانية:

تعتمد الدراسة الميدانية على العديد من المحددات. والتي تتمثل في اختيار نقاط القياس، وتوقيت القياس، وكذا أجهزه القياس. فأما بالنسبة لنقاط القياس فتتحدد من خلال الشبكة الميديولية المقترحة من الباحث والتي تتناسب مع حجم ومساحة الفراغ، ويكون القياس علي ارتفاع يضاهى مستوى سطح العمل، والذي يختلف من فراغ إلى أخر بحسب الوظيفة التعليمية المخصص له. وأما بالنسبة لتوقيت القياس فقد تم إجراء أربعه قياسات على مدار عام كامل، وتم اخذ القياسات من بداية شهر أغسطس عام 2006م حتى شهر أغسطس 2007م كما في الجدول (3). وتم أخذ قراءات اليوم الواحد في خمس توقيتات بداية من الساعة الثامنة صباحاً وحتى الرابعة مساءاً حيث يمثل ذلك فترة العمل الرسمية داخل الفراغات التعليمية. وتم أخذ قراءات اليوم بمعدل مره واحده كل ساعتين. وبذلك أصبح محصلة قراءات الفراغ الواحد ما يعادل عشرون قراءه، وتم أخذ متوسط هذه القياسات لتحليل نتائجها.

جدول (3) تاريخ القياسات الحقلية للقراءة الأولي والثانية والثالثة والرابعة.

المبني	تاريخ قياس القراءة الأولي	تاريخ قياس القراءة الثانية	تاريخ قياس القراءة الثالثة	تاريخ قياس القراءة الرابعة
كلية الطب البيطري	2006/9/3	2006/12/7	2007/2/27	2007/8/1
كلية الزراعة	2006/9/18	2006/12/24	2007/2/19	2007/6/12

أما بالنسبة للأجهزة المستخدمة للدارسة الميدانية فيتم استخدام جهاز قياس شده الإضاءة Light Meter. والجهاز عبارة عن خلية ضوئية من السلينيوم. تتألف هذه الخلية من سطح معالج عند تعرضه للضوء يتولد عنه تيار

كهرومغناطيسي، وبإمراره علي جهاز كهربي يقوم بقياس شدة التيار ويترجمها إلي وحدات قياس ضوئية اللوكس أو شمعة/قدم^2. وتم توحيد وحده القياس وهي اللوكس Lux. كما يوضح الجدول (4) نوعية ودقة الجهاز المستخدم.

جدول (4) نوعية ومدي دقة الجهاز المستخدم في قياس شدة الإستضاءة.

نوعية الجهاز		دقة الجهاز
	جهاز شدة الإستضاءة Digital Light Meter	± (4% من القياس+2)

3-5 كيفية تحليل نتائج القياسات الميدانية:

تعتمد الدراسة الميدانية علي المقارنة بين الفراغات ذات التشابه في الخصائص المعمارية الخارجية والداخلية وذات اختلاف في عامل واحد، وبذلك يتم فهم مدي تأثير ذلك العامل علي سلوك الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ. وتم إجراء ما يعادل عشرون قراءة في جميع الفراغات محل الدراسة الميدانية، ولتحليل نتائج القياسات تم اخذ متوسط قيم هذه القياسات. حيث يتم إجراء ثلاث تحليلات في كل فراغ هما كالآتي:

- تحليل متوسط قيم شدة الإستضاءة علي مدار اليوم.
- تحليل معدل الانتشار للضوء الطبيعي داخل الفراغ.
- تحليل معدل الاختراق للضوء الطبيعي داخل الفراغ.

فأما بالنسبة لمتوسط قيم شدة الإستضاءة داخل الفراغ فيتم ذلك من خلال أخذ متوسطات قيم شدة الإستضاءة من الساعة الثامنة صباحاً حتى الساعة الرابعة مساءاً عند النقطة P – والتي تمثل نقطة في منتصف الفراغ –. ويتم التعبير عن ذلك من خلال منحني يمثل محور X التوقيت (بالساعة)، ويمثل محور Y مستوي شدة الإستضاءة مقاسه باللوكس Lux.

أما بالنسبة لمعدل الانتشار للضوء الطبيعي والذي يعرف بمعدل توزيع الإضاءة الطبيعية في المسقط الأفقي (كنتور الإضاءة الطبيعية). فيتم ذلك من خلال أخذ متوسطات قيم شدة الإستضاءة الطبيعية عند نقاط القياس، ويتم رسم كنتور الإضاءة بالإستعانة ببرنامج Surfer 7[*]. ويلي رسم كنتور الإضاءة الطبيعية حساب مساحة المناطق ذات المستوي المناسب لتأدية النشاط داخل الفراغ، كما يتم حساب مساحة المناطق التي تتسم بإنخفاض مستوي شدة الإستضاءة.

أما بالنسبة إلي معدل اختراق الإضاءة الطبيعية والذي يعرف بمعدل توزيع الإضاءة الطبيعية في القطاع الراسي. فيتم أخذ قطاع عمودي علي النافذة وأخذ متوسطات شدة الإستضاءة علي هذا القطاع، وتمثيلها في صوره منحني يمثل محور X عمق الفراغ مقاسه بالمتر، ويمثل محور Y مستوي شدة الإضاءة الطبيعية مقاسه باللوكس Lux.

---

[*]- برنامج surfer7 من إنتاج Golden software, Inc عام 1999، وهو عبارة عن برنامج مساحي لرسم الكنتور، ويعتمد علي وجود ثلاث قيم القيمة الأولي والثانية تمثل الإحداثي X و Y للنقطة في الفراغ، والقيمة الثالثة تمثل مستوي شدة الإستضاءة عند تلك النقطة

ولتحليل القياسات كان ينبغي معرفة الحد الادني لإضاءة الفراغات التعليمية الجامعية والتي سوف يتم مقارنة النتائج بها. والتي يمكن توضيحها في الجدول (3). والذي يظهر الحد الأدني لمستوي شدة الإستضاءة الملائم لوظيفة كل فراغ.

جدول (3) الحد الأدني لمستوي شدة الإستضاءة المسموح به داخل الفراغات التعليمية:

الفراغ	الحد الادني لمستوي شدة الإستضاءة مقاسه باللوكس [4]،[6]،[12]	ملاحظات
قاعة رسم حر	1000	تحدث ظاهرة الإبهار في حالة زيادة شدة الإضاءة عن 25000 لوكس، وزيادة التباين بين العنصر المضاء والخلفية عن النسبة (1:10).[11]
قاعات استذكار	1000	
قاعة محاضرات للشرح	1000	
فصل دراسي	500	
مختبر علمي	500	
قاعة محاضرات للاستماع	500	
معارض	100	

6- تحليل القياسات الضوئية للمباني المختارة:

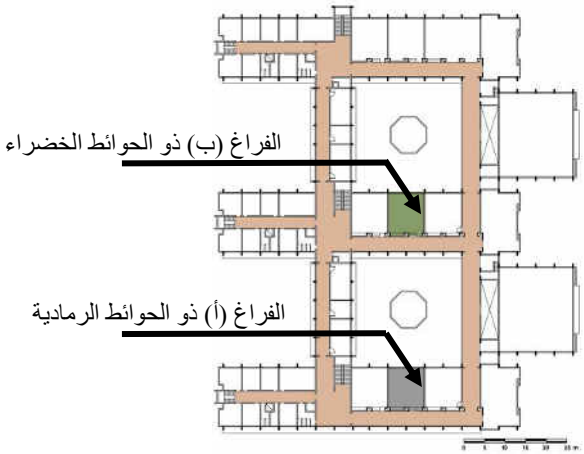
يتغير مستوى شدة الإستضاءة داخل الفراغ مع تغير لون الأسطح الداخلية للفراغ، والتي تشكل البيئة الداخلية للفراغ. وحيث يعتبر الإضاءة المنعكسة من تلك الأسطح مركبة الانعكاسات الداخلية، والتي تعتبر إحدى مركبات الإضاءة الطبيعية. لذلك يتم دراسة تأثير تغير كل من لون حوائط الفراغ، ولون أرضية الفراغ، وكذا لون الفرش الموجود بالفراغ على مستوى ومعدل توزيع الإستضاءة داخل الفراغ.

6-1 تأثير تغير لون الحوائط:

تعرض الدراسة التالية أثر تغير لون الحوائط على مستوى شدة الإستضاءة ومعدل توزيعها داخل الفراغ. وتم اختيار فراغين (أ)، (ب) بكلية الزراعة يقع كل منهما في الطابق الرابع وذو توجيه شمالي كما في شكل (4). ويتشابه كل الفراغين في السمات الخارجية والداخلية. حيث يطل كل منهما على الفناء الداخلي للمبنى ويواجهه كل من الفراغين مبنى مؤلف من خمسة طوابق. أما بالنسبة للبيئة الداخلية، والتي تتمثل في لون الأسطح الداخلية فهما متشابهان في كل من لون أرضية الفراغ والتي تتكون من بلاط موزايكو أبيض، كما يطلي لون سقف الفراغين باللون الأبيض، ويكمن الاختلاف في لون حوائط كل من الفراغين حيث يطلى النصف السفلى من الحوائط الداخلية لإحدى الفراغين باللون الرمادي الفاتح، ويطلى النصف العلوي للحوائط باللون الأبيض. أما بالنسبة للفراغ الثاني فيطلى النصف السفلى من الحوائط الداخلية باللون الأخضر الغامق، وأما بالنسبة للنصف العلوي فيطلى باللون الأبيض. وتعتبر حوائط الفراغ ذو اللون الرمادي ذات معامل انعكاس أعلي من الفراغ ذو الحوائط باللون الأخضر الغامق كما يتضح في جدول (4).

جدول(4) الخصائص الداخلية للفراغين (أ، ب) محل الدراسة الميدانية:

اسم الفراغ	لون الأرضية	لون الحوائط	لون الأسقف	لون الفرش	ملاحظات
أ	بلاط موزايكو أبيض	تطلي باللون الرمادي الفاتح.	تطلي باللون الأبيض.	مطلي باللون الأبيض	الفراغين مختلفين في لون الحوائط.
ب	بلاط موزايكو أبيض	تطلي باللون الأخضر الغامق.	تطلي باللون الأبيض.	مطلي باللون الأبيض	



المسقط الأفقي للدور الأول بكلية الزراعة موضح عليه الفراغين محل الدراسة الميدانية

لقطة فوتوغرافية للفراغ (أ) ذو الحوائط الرمادي

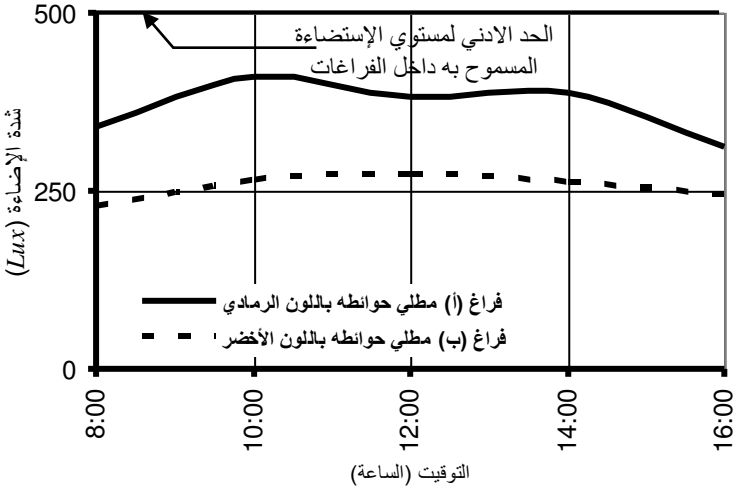
لقطة فوتوغرافية للفراغ (ب) ذو الحوائط الأخضر

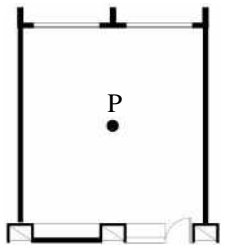
شكل (4): المسقط الأفقي ولقطات فوتوغرافية للفراغين (أ، ب) محل الدراسة الميدانية

- **تحليل نتائج القياسات:**

يوضح الشكل (5) متوسط قيم شدة الإستضاءة على مدار اليوم الواحد مقاسه عند النقطة P. حيث يظهر زيادة متوسط شدة الإستضاءة داخل الفراغ ذو الحوائط الرمادية اللون عن الفراغ المطلي حوائطه باللون الأخضر بمعدل 36% عند الساعة الثامنة

صباحاً، ويقل هذا المعدل حتى يصل عند الساعة الرابعة مساءاً إلى ما يعادل 29%. كما يلاحظ من الشكل عدم تحقيق كل الفراغين إلي الحد الادني لإستضاءة الفراغات التعليمية وهو 500 لوكس باعتبار أن الفراغات تستخدم كمعامل وذلك علي مدار اليوم.

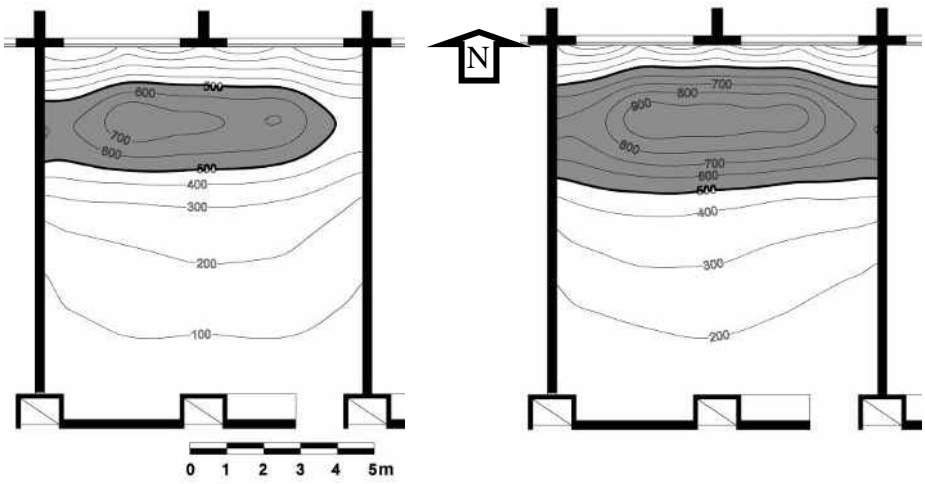




المسـقط الأفقـي للفـراغين موضـح عليـة مكـان القيـاس حيـث P هـي مكـان نقطـة القياس

شكل (5): متوسط شدة الإستضاءة داخل الفراغين (أ، ب) محل القياسات الميدانية

كما يوضح الشكل (6) معدل الانتشار للضوء الطبيعي والذي يتمثل بخطوط الكنتور، والتي تظهر مستوي شدة الإستضاءة في المناطق المختلفة بالفراغ. ومن خلال تحليل معدل الانتشار في حالة الفراغ ذو الحوائط الخضراء في ضوء المعدلات العالمية القياسية نجد أن المساحة التي يتلاءم معدل الإستضاءة بها مع المعدلات العالمية تعادل18.10% من مساحة الفراغ الكلي، أما المنطقة ذات المستوي المنخفض فتبلغ 81.90% من مساحة الفراغ الكلي. أما بالنسبة للفراغ ذو الحوائط الرمادية فتبلغ مساحة المنطقة التي تسمح بتأدية النشاط 32%، أما المنطقة ذات المستوي المنخفض فتبلغ 68%. ويتضح من ذلك أن متوسط شدة الإستضاءة داخل الفراغ ذو الحوائط الرمادية اعلي من متوسط شدة الإستضاءة داخل الفراغ ذو الحوائط الخضراء.

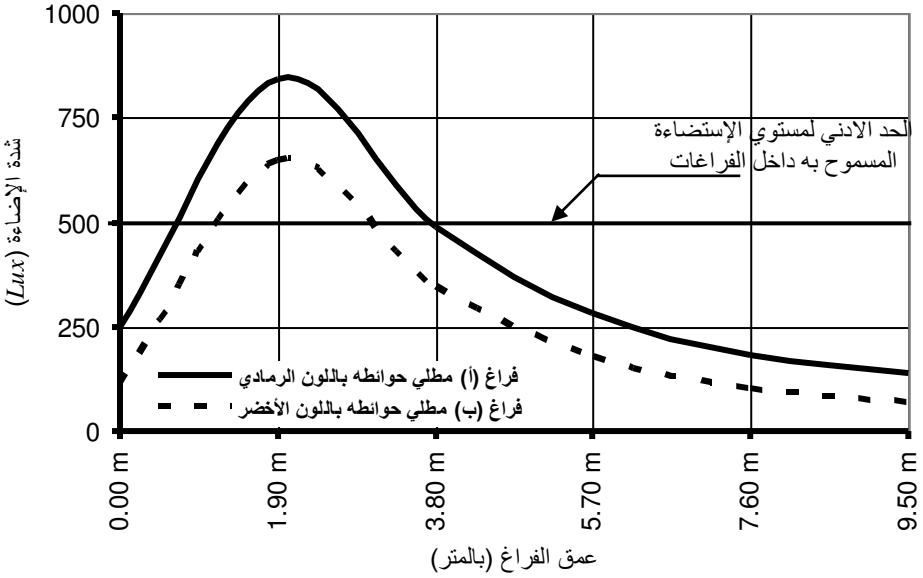


كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (أ) ذو الحوائط الرمادية

كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (ب) ذو الحوائط الخضراء

شكل (6): معدل انتشار الإضاءة الطبيعية داخل كلا الفراغين (أ، ب)

أما بالنسبة لمعدل الاختراق فيأخذ المنحنيين نفس الشكل كما يتضح في الشكل (7)، حيث يزداد مستوى الإستضاءة في حالة الفراغ ذو الحوائط الرمادية عن الفراغ ذو الحوائط الخضراء بمعدل Lux133 وذلك عند النقاط المجاورة للنافذة، أما عند قمة المنحنى فتبلغ الزيادة Lux 199، ويقل هذا المعدل ليصل إلى Lux 73 بنهاية الفراغ.



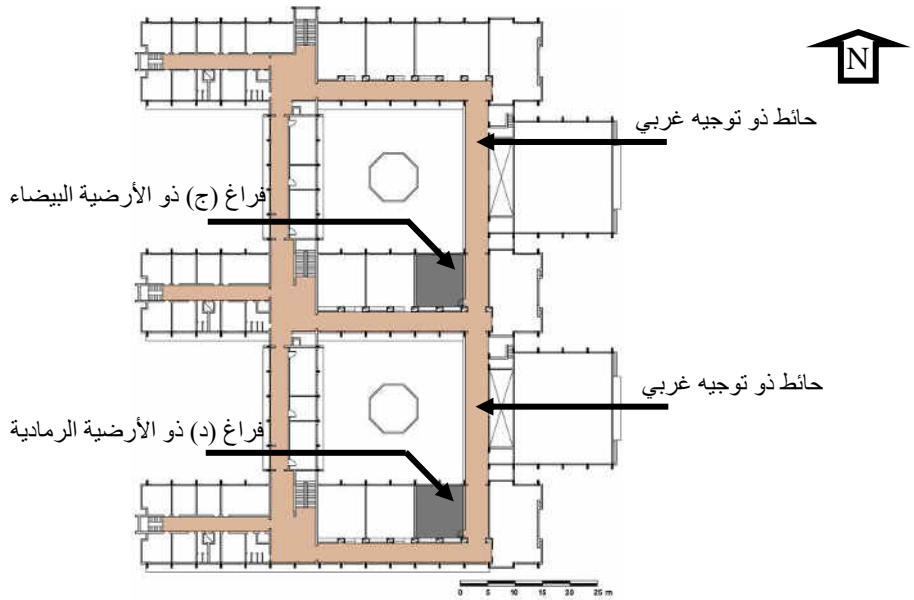
شكل (7): معدل اختراق الإضاءة الطبيعية في الفراغين (أ، ب) محل الدراسة الميدانية

6-2 تأثير تغير لون الأرضية:

تتناول الدراسة التالية أثر تغير لون أرضية الفراغ على مستوى شدة الإستضاءة ومعدل توزيعها داخل الفراغ. حيث تم اختيار فراغين (أ)، (ب) بكلية الزراعة يقع كل منهما في الطابق الأول، كما يعتبر توجيه كلاً الفراغين باتجاه الشمال. ويتشابه كلاهما في البيئة الخارجية حيث يطل كل منهما على الفناء الداخلي للكلية كما في الشكل (8)، ويواجه كل من الفراغين مبنى بارتفاع خمسة طوابق كما يجاور كل من الفراغين مبنى يتألف من ثلاث طابقين. أما بالنسبة للبيئة الداخلية فهما متشابهان من حيث اتساع ونسق النوافذ، كما تتشابه لون الأسطح الداخلية للفراغ، حيث يطلي النصف العلوي من الحوائط باللون الأبيض أما النصف السفلي فيطلي باللون الرمادي الفاتح، كما يطلي سقف كلا الفراغين باللون الأبيض، وكذلك يتماثل الفراغين في كل من لون وتوزيع عناصر الفرش الداخلي والتي تظهر باللون الأبيض، ويكمن الاختلاف في لون أرضية الفراغين حيث تتكون أرضية أحدى الفراغين من البلاط الموزيكو الأبيض، وأما الفراغ الأخر فهو عبارة عن فينيل ذو اللون الرمادي الداكن كما يتضح في جدول (5).

جدول(5) الخصائص الداخلية للفراغين (ج)، (د) محل الدراسة:

اسم الفراغ	لون الأرضية	لون الحوائط	لون الأسقف	لون الفرش	ملاحظات
ج	بلاط موزايكو أبيض	تطلي باللون الرمادي الفاتح.	تطلي باللون الأبيض.	يظهر باللون الأحمر	الفراغين مختلفين في لون الأرضية.
د	فينيل ذو اللون الرمادي الداكن	تطلي باللون الرمادي الفاتح.	تطلي باللون الأبيض.	يظهر باللون الأحمر	



المسقط الأفقي للدور الأول بكلية الزراعة موضح عليه الفراغين محل الدراسة الميدانية

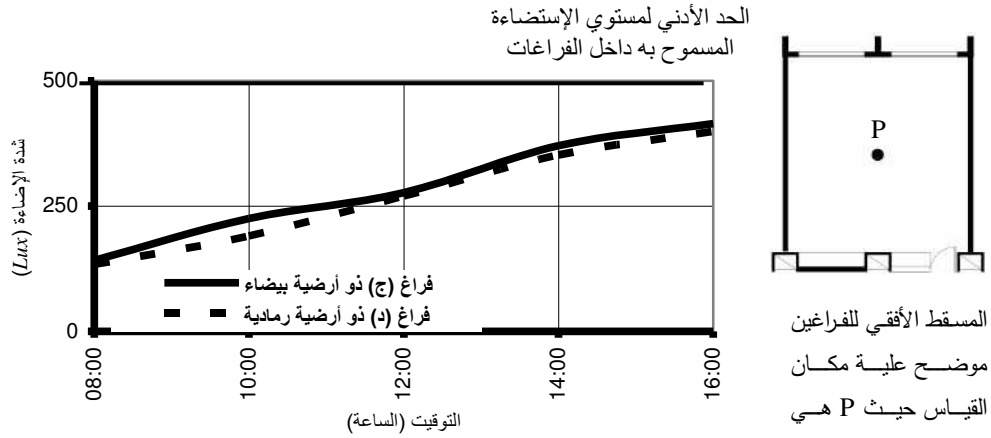
لقطة فوتوغرافية للفراغ (ج) ذو الأرضية البيضاء

لقطة فوتوغرافية للفراغ (د) ذو الأرضية الرمادية

شكل (8): المسقط الأفقي ولقطات فوتوغرافية للفراغين (ج)، (د)

- **تحليل نتائج القياسات:**

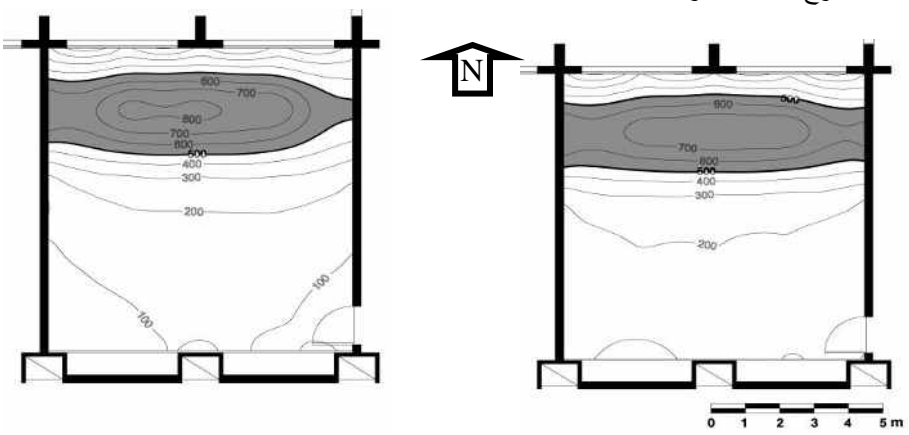
يستعرض الشكل (9) متوسط قيم شدة الإستضاءة على مدار اليوم مقاسه عند النقطة P. وبتحليل الشكل نلاحظ زيادة مستوى شدة الإستضاءة علي مدار اليوم في كلا الفراغين علي الرغم من توجيه الفراغين في اتجاه الشمال، ويرجع ذلك لوجود حائط ذو توجيه غربي مجاور للفراغين تسقط علية أشعة الشمس مما يؤدي إلى انعكاس ضوء الشمس المباشر إلى داخل الفراغ. والذي يؤدي بدوره لزيادة مركبة الانعكاسات الخارجية طوال اليوم. كما توضح المقارنة بين مستوى شدة الإستضاءة في كلا الحالتين إلى زيادة مستوى شدة الإستضاءة بشكل طفيف في الفراغ الذي تتألف أرضية من البلاط الموزايكو الأبيض عن الفراغ ذو الأرضية الرمادية بما يعادل 2%. كما يلاحظ من الشكل عدم تحقيق كلاً الفراغين الحد الادني لإستضاءة الفراغات التعليمية وذلك علي مدار اليوم.



شكل (9): متوسط شدة الإضاءة علي مدار اليوم بالفراغين (ج، د)

كما يوضح الشكل (10) معدل الانتشار لكلتا الحالتين محل الدراسة الميدانية. حيث يتضح من خلال تحليل معدل الانتشار للفراغين محل الدراسة في ضوء المعدلات العالمية القياسية. نجد أن المنطقة التي تسمح بتأدية النشاط داخل الفراغ ذو الأرضية البيضاء ما يعادل 23.5% من مساحة الفراغ الكلي، أما المنطقة ذات المستوي الأدنى من الحد المسموح به فتبلغ 76.5%. أما بالنسبة للفراغ ذو الأرضية الرمادية فتبلغ مساحة المنطقة المتطابقة مع المعدلات

العالمية القياسية 22.3% من مساحة الفراغ الكلي، أما المنطقة ذات مستوي شدة إستضاءة منخفض فتبلغ 77.7%. ونلاحظ من الشكل تشابه معدل الانتشار لكلتا الفراغين، ويدل ذلك علي عدم تأثير لون أرضية الفراغ علي سلوك الإضاءة داخل الفراغ بشكل مباشر.



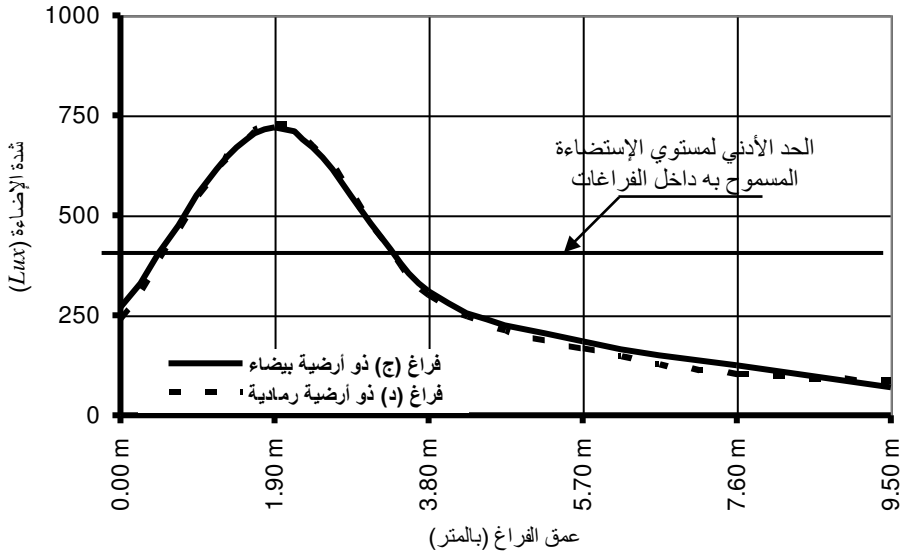
كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (ج) ذو الأرضية البيضاء كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (د) ذو الأرضية الرمادية

شكل (10): معدل انتشار الإضاءة الطبيعية بالفراغين (ج)، (د) محل الدراسة الميدانية

أما بالنسبة لمعدل اختراق الإضاءة الطبيعية في كلتا الفراغين فهما متطابقين. حيث يأخذ المنحنى نفس الشكل في كلا الحالتين كما يظهر في الشكل (11). حيث يبلغ متوسط شدة الإستضاءة عند النقط المجاورة للنافذة 270Lux ، وتزداد هذه القيمة حتى تصل إلي قمة المنحني والتي يبلغ عندها متوسط شدة الإستضاءة 725 Lux، وتأخذ هذه القيمة في الانخفاض حتى تصل إلي 85 Lux وذلك بنهاية الفراغ.

3-6 تأثير تغير لون عناصر الفرش الداخلي:

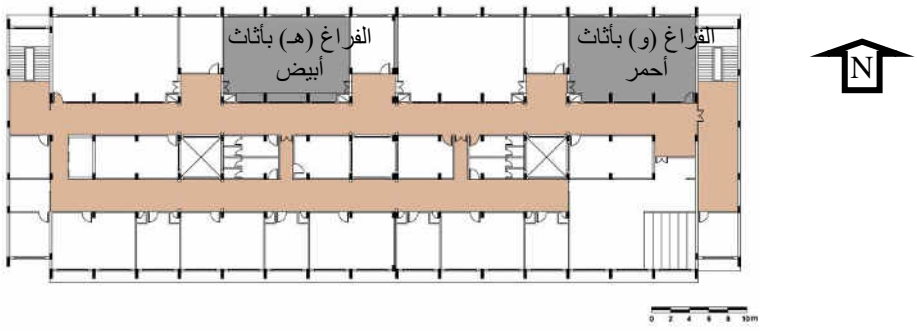
تمثل عناصر الفرش إحدى العوامل المؤثرة على مستوي شدة الإستضاءة ومعدل توزيعها ، حيث يؤثر كل من لون وتوزيع عناصر الفرش على كمية الإضاءة المنعكسة داخل الغرف، والتي تمثل إحدى جوانب مركبة الانعكاسات الداخلية. ولدراسة تلك الحالة تم اختيار فراغين (هـ)، (و) بكلية الطب البيطري، حيث يقع كل منهما بالطابق الثالث من المبنى الأوسط كما في الشكل (12). ويتشابه كلتا الفراغين في العديد من السمات كالتوجيه حيث يعتبر توجيه كلا الفراغين باتجاه الشمال. كما يتشابه الفراغين من حيث البيئة الخارجية حيث يطل كل منهما على طريق يليه منطقة خضراء. كما تتشابه البيئة المعمارية الداخلية لكلا الفراغين، والتي تتمثل في لون الأسطح الداخلية للفراغ حيث يطل النصف العلوي لحوائط كلا الفراغين باللون الأبيض، أما النصف السفلى فيطلى باللون البيج. وبالنسبة للسقف فيظهر باللون الأبيض، وأما بالنسبة للأرضية الفراغين فهي عبارة عن بلاط موزايكو أبيض. كما تتشابه مسطح ونسق النوافذ في كلا الفراغين. ويمكن الاختلاف في لون عناصر الفرش الداخلي للفراغين. فتظهر عناصر الفرش في إحدى تلك الفراغات باللون الأبيض، أما الفراغ الآخر فيظهر باللون الأحمر. وتتم المقارنة في تلك الحالة للوقوف على مدى تأثر الإضاءة داخل الفراغ بهذا التغير كما يتضح في جدول (6).



شكل (11): معدل الاختراق للإضاءة الطبيعية بالفراغين (ج)، (د)

جدول(6) الخصائص البيئة الداخلية للفراغين (هـ، و) محل الدراسة الميدانية:

اسم الفراغ	لون الأرضية	لون الحوائط	لون الأسقف	لون الفرش	ملاحظات
هـ	بلاط موزايكو أبيض	تطلي باللون الرمادي الفاتح.	تطلي باللون الأبيض.	ذو لون ابيض	الفراغين مختلفين في لون الأرضية.
و	بلاط موزايكو أبيض	تطلي باللون الرمادي الفاتح.	تطلي باللون الأبيض.	ذو لون احمر	



المسقط الأفقي للدور الثالث بكلية الطب البيطري موضح عليه الفراغين محل الدراسة الميدانية

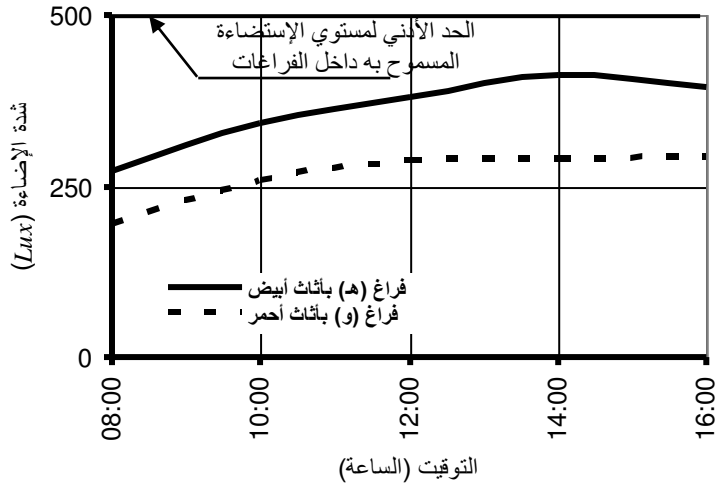
لقطة فوتوغرافية في الفراغ (هـ) ذو أثاث أبيض

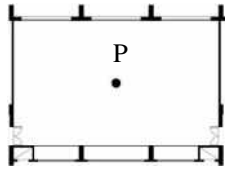
لقطة فوتوغرافية في الفراغ (و) ذو أثاث أحمر

شكل (12): المسقط الأفقي ولقطات فوتوغرافية للفراغين محل الدراسة الميدانية

- **تحليل نتائج القياسات:**

يوضح الشكل (13) متوسط قيم شدة الإستضاءة على مدار اليوم الواحد مقاسه عند النقطة P. حيث يظهر زيادة مستوى شدة الإستضاءة في الفراغ ذو الأثاث الأبيض بمعدل 28% عن الفراغ ذو الأثاث الأحمر وذلك بداية من الساعة الثامنة صباحاً وحتى الساعة الثانية عشر ظهراً, ويزداد هذا المعدل ليصل إلى 30% بداية من الساعة الثانية مساءاً وحتى الرابعة مساءاً. يلاحظ من الشكل أيضا عدم تحقيق كلاً الفراغين إلي الحد الادني لإستضاءة الفراغات التعليمية وذلك علي مدار اليوم.

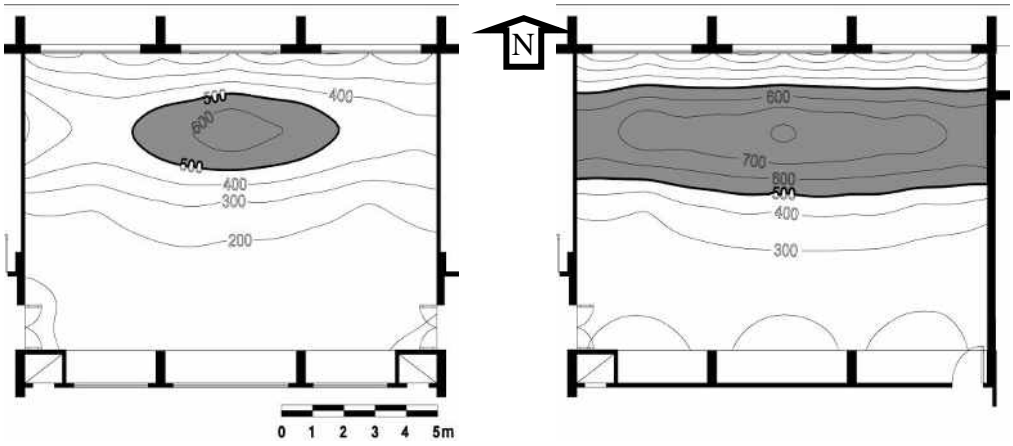




المسقط الأفقي للفراغين موضح علية مكان القياس حيث P هي مكان نقطة القياس

شكل (13): متوسط شدة الإستضاءة للفراغين (هـ)، (و) محل القياسات

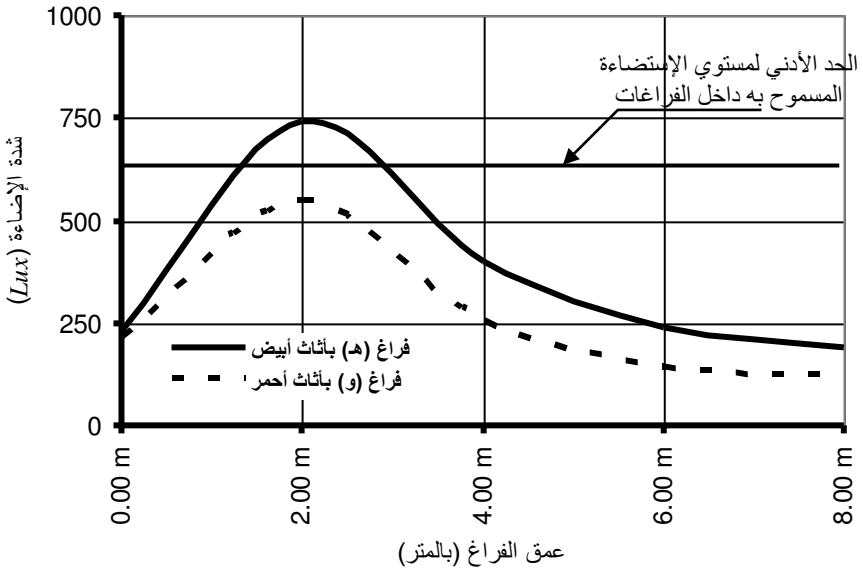
كما يوضح الشكل (14) معدل الانتشار للإضاءة الطبيعية في كلا الفراغين. حيث يتضح أن المنطقة التي تصلح لتأدية النشاط داخل الفراغ ذو الأثاث الأبيض 24.20% من مساحة الفراغ الكلي، أما المنطقة ذات المستوي المنخفض من حيث الإضاءة الطبيعية فتمثل 66.80% من مساحة الفراغ الكلي. أما في حالة الفراغ ذو الأثاث الأحمر فتبلغ مساحة المنطقة التي تسمح بتأدية النشاط بها 11.50%، أما المنطقة ذات المستوي المنخفض فتبلغ 88.5% من مساحة الفراغ الكلي.



كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (هـ) ذو الفرش أبيض كنتور الإضاءة الطبيعية في حالة الفراغ (و) ذو الفرش الأحمر

شكل(14): معدل انتشار الإضاءة الطبيعية بالفراغين محل القياسات

أما بالنسبة لمعدل الاختراق فيأخذ في كلا الفراغين نفس الشكل كما في شكل (15). حيث يتطابق مستوى شدة الإستضاءة في حالة الفراغ ذو الأثاث الأبيض مع الفراغ ذو الأثاث احمر وذلك عن بداية المنحنى، وعند قمة المنحني يزداد الفارق بين مستوي شدة الإستضاءة في حالة الفراغ ذو الفرش الأبيض عن الفراغ ذو الفرش الأحمر بما يعادل 200 Lux، ثم يقل هذا الفارق تدريجيا لتصل في نهاية الفراغ إلي ما يعادل 76 Lux.



شكل(15): معدل اختراق الإضاءة الطبيعية بالفراغين (هـ)، (و) محل القياسات

7- النتائج:

استخلاصاً من الدراسة النظرية والدراسات الميدانية أمكن الوصول إلي النقاط التالية:

- يؤدي تفعيل دور الإضاءة الطبيعية إلي تحقيق الراحة البصرية لمستخدم الفراغ وخفض معدلات استهلاك الطاقة.
- يؤدي إطلال الفراغ علي فناء داخلي إلي تقليل مستوي شدة الإستضاءة داخل الفراغ وعدم وصول متوسط مستوي شدة الإستضاءة إلي الحد الادني المطلوب داخل الفراغ.
- يؤدي طلاء الحوائط الداخلي للفراغ بالألوان الفاتحة إلي زيادة مستوي شدة الإستضاءة. وذلك لزيادة معامل انعكاس الأسطح الداخلية، والتي تؤثر بشكل مباشر على مركبة الانعكاسات الداخلية مما يؤدى إلى زيادة مستوى الإستضاءة بداخل الفراغ.
- لا يؤثر تغير لون الأسطح الداخلية علي معدل الاختراق للإضاءة الطبيعية داخل الفراغ.
- يؤثر لون أرضية الفراغ بمعدل طفيف علي مستوي شدة الإستضاءة، ويرجع ذلك لوجود عناصر الفرش والتي تحجب نسبة عالية من الضوء المنعكس من أرضية الفراغ، مما يضعف من تأثير لون أرضية الفراغ على مستوى شدة الإستضاءة.
- يزداد متوسط شدة الإستضاءة في الفراغات التي تتمتع بعناصر فرش ذات الألوان فاتحة عن الفراغات التي تحتوى على عناصر فرش ذات الألوان الداكنة. ويرجع ذلك لزيادة معامل انعكاس تلك الأسطح والذي يؤثر بشكل مباشر على مركبة الانعكاسات الداخلية وبالتالي يؤثر على مستوى شدة الإستضاءة.
- يوضح معدل الاختراق للإضاءة الطبيعية بجميع حالات القياس أن ارتفاع مستوي جلسة النافذة عن مستوي سطح العمل يؤدي إلي تقليل مستوي شدة الإستضاءة بالمنطقة المجاورة إلي النافذة.

8- التوصيات:

ومن خلال النتائج التي توصل اليها البحث يمكن الوصول إلي مجموعة من التوصيات، وذلك للوصول إلي مباني تعليمية يمكن أن تتوافق والمعدلات العالمية للإضاءة. ويمكن إيجاز تلك التوصيات في النقاط التالية:

- بالفراغات التي تعاني من قلة مستوي شدة الإستضاءة يتم طلاء الحوائط بألوان فاتحة، كما يتم استخدام عناصر أثاث ذات الألوان الفاتحة لزيادة مركبة الانعكاسات الداخلية.
- يفضل أن يكون ارتفاع جلسة النافذة عن سطح الأرض هو نفسه ارتفاع مستوي سطح العمل.
- عدم استخدام للأفنية العميقة في إضاءة الفراغات التعليمية.
- وضع استراتيجية لتطوير الفراغات التعليمية بحيث تكون علي رأسها الاهتمام بإضاءة الفراغات التعليمية لرفع الكفاءة الوظيفية للفراغات وذلك من خلال:
  - تقييم الفراغ ضوئياً والوصول إلي الفترة التي يتناسب فيها مستوي شدة الإستضاءة مع المعدلات العالمية القياسية، وتكون تلك الفترة هي الفترة التي يقوم بها الفراغ بالمهمة التعليمية.
  - تقسيم الفراغ إلي مستويات ضوئية وإعادة النظر في وضع عناصر الفرش الداخلي بحيث يتناسب مع وظيفة الفراغ ومعدل توزيع الإضاءة داخل الفراغ.

9- المراجع:

[1]- National fenestration Rating Council:" The facts about windows& day lighting", January, 2005, www.nfrc.org.

[2]- Norbert Lechner:" Heating, cooling, lighting design methods for architects", A Wiley-interscienc publication, Canada, 1991,P. (312, 282).

[3]- داليا عبد الغني سالم:" الإضاءة الطبيعية كعنصر هام في تصميم المراكز التجارية"، رسالة دكتوراه، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة عين شمس،1996، ص.(106، 118- 120).

[4]- Claude L. Robbins:" day lighting design and analysis", Van Nostrand Reinhold, First edition, United States Of America, 1986, P. (3, 754- 760).

[5]- جهاز تخطيط الطاقة:" دليل الطاقة والعمارة "، القاهرة، 1998، ص18.

[6]- Gregg D. Ander, AIA:" day lighting performance and design", Van Nostrand Reinhold, First edition, United States Of America, 1995 , P. (2, 163 -168).

[7]- David J Cater, Faisal M Al- shareef:" A strategy for day lighting arid regions", 4th.international conference on architecture & Urbanization, Department of architecture, Faculty of engineering, Assiut university, March, 2000, P. 5-1.

[8]- شفق العوضي الوكيل، محمد عبد الله سراج:" المناخ وعمارة المناطق الحارة "، الطبعة الأولي، القاهرة، 1985، ص. 139.

[9]- داليا عبد الغني سالم:"دراسة الإضاءة الطبيعية داخل مباني الاتريوم علي مستوي البيئة المحلية للوصول للأداء الأمثل باستخدام الحاسب الآلي "، رسالة دكتوراه، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة،2000، ص. 93.

[10]- Henry J. Cowan, Peter R. Smith:" Environmental system ", Van Nostrand Reinhold Company Inc., United State Of American, 1983, P144.

[11]- ريهام الدسوقي حامد:" الإضاءة الطبيعية ودورها في رفع كفاءة أداء قاعات الإطلاع بالمكتبات دراسة تحليلية باستخدام برنامج Lumen Micro "، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة،2003، ص.(338، 81- 83، 165).

[12]- Derek Phillips:" Lighting in architectural design", McGraw-Hill, united states of America, 1964 , P. 94.

[13]- بهجت رشاد شاهين، فهمي بشير:" المبني الجامعي ومواءمته لأهداف التعليم العالي"، مكتب الاستشارات الهندسية، جامعة بغداد، ص 215.