Using Atrium as a Strategy for Bringing Daylight to the Central Space of the University Educational Buildings

Dr. Ahmad said Kassab*
Dr. Mohammad Haitham Bsais**
Yara Issa**

(Received 19 / 9 / 2019. Accepted 3 / 11 / 2019)

□ ABSTRACT □

The atrium has been implemented as an architectural feature used in deep, large buildings. It is mainly used to provide an indoor space that encourage people interaction and bring a good level of daylight into the central and adjacent dark spaces. Atrium is a space covered with multi-storey glass and it can be closed from one, two, three or four sides. It has been used by the Romans since ancient times in housing, and became a model for the design of public buildings with a large scale, in order to take the best advantage of the climatic conditions to fetch as much daylight as possible. As it is not usual now to develop a large building without having a form of atrium.

The model of the atrium in the educational buildings has been adopted due to the high quality indoor environment that it provides for the students in terms of physical and psychological comfort. In addition to its aesthetic value, it has been considered as an architectural solution for many environmental problems related to lighting and ventilation faced by architects during the design process. However, the atrium did not get sufficient interest in most of universities buildings. As the bad designed atrium leads to uncomfortable temperature during the day. As well as the glare caused by allowing too much daylight.

The research presents a series of studies and discusses a range of methods and solutions that can improve the design of atrium and its performance for daylight by evaluating the atrium and propose modifications that fit the building structure. This evaluation focuses on two main aspects of the building; atrium geometry and the wall reflectance values.

Keywords: atrium - daylight - central public space - university educational buildings.

* **Associate Professor - Architectural Design Department- Architecture Engineering Faculty- Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Assistant Professor -Architectural Design Department- Architecture Engineering Faculty- Tishreen University. Lattakia, Syria.**
*****Post-graduate Student (Ph.D), Architectural Design Department- Architecture Engineering Faculty- Tishreen University, Lattakia, Syria.**

استخدام الفناء المسقوف كاستراتيجية لإدخال ضوء النهار إلى الفراغ العام الرئيسي في الأبنية التعليمية الجامعية

د. أحمد سعيد قصاب *

د. محمد هيثم بصيص **

يارا نزيه عيسى ***

(تاريخ الإيداع 19 / 9 / 2019. قُبِل للنشر في 3/ 11 / 2019)

□ ملخّص □

يعبر الفناء المسقوف واحدا من الاستراتيجيات المتبعة في المباني ذات المساحات الكبيرة و يستخدم بشكل أساسي لتأمين بيئة داخلية تشجع على التفاعل الاجتماعي و تؤمن الضوء الطبيعي لكافة فراغات المبنى بما فيها الفراغ العام الوسطي و يعرف الفناء المسقوف (atrium) بأنه فراغ مسقوف بالزجاج متعدد الطوابق و قد يكون مغلق من جهة واحدة أو أكثر أو من جميع الجهات، و قد استخدمه الرومان منذ القدم في السكن ثم اعتمد نموذجا لتصميم المباني العامة ذات المقياس الكبير نظرا لكفاءته العالية البيئية، إذ انه من غير المعتاد الآن تطوير مبنى كبير الحجم لا يحتوي على شكل من أشكال فراغ الفناء.

و قد اتبع نموذج الفناء المسقوف في الفراغ العام الرئيسي في المباني التعليمية نظرا لما يوفره هذا الفراغ من بيئة داخلية عالية الجودة للطلاب من حيث الراحة الفيسولوجية و النفسية. حيث أنه بالإضافة إلى قيمته الجمالية، يعتبر أحد الحلول المعمارية لكثير من المشاكل البيئية المتعلقة بالإضاءة و التهوية و التشميس التي يواجهها المصممون المعماريون في عملية التصميم. و لم يلق هذا الفراغ الاهتمام الكافي في أغلب المباني الجامعية حيث يؤدي الفناء المصمم بشكل سيئ إلى درجات حرارة غير مريحة أثناء النهار، بالإضافة إلى الوهج الناتج عن السماح لضوء النهار بالنفاذ بشكل زائد.

يقدم البحث مجموعة من الدراسات التي أجريت على الفناء المسقوف و يتطرق إلى مجموعة من الطرق و الحلول التي ممكن معها تحسين تصميمه و أداءه بالنسبة لضوء النهار من خلال تقييم الفناء واقتراح التعديلات التي تناسب تشكيل المبنى. يركز هذا التقييم على جانبين رئيسيين للمبنى، وهما التشكيل الهندسي للفناء وقيم انعكاس الجدار.

الكلمات المفتاحية: الفناء الداخلي المسقوف– ضوء النهار–الفراغ العام الرئيسي– المباني التعليمية الجامعية.

*أستاذ مساعد – قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية– جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

**مدرس – قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية– جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

***طالبة دكتوراه – قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية– جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مقدمة:

يعد استخدام ضوء النهار كجزء من استراتيجية الإضاءة المتكاملة والتحكم فيها مكونًا رئيسيًا للنهج البيئي المستدام للتصميم المعماري. و يعتبر الفناء المسقوف أحد الحلول التصميمية لإدخال الإضاءة إلى قلب المبنى و فراغات الأبنية العميقة التي لا تنال قدر كافي من الإضاءة بالنوافذ التقليدية، كما يقدم فوائد بيئية أخرى من حيث الحصول على الطاقة الشمسية وتخفيض الفقد الحراري والتهوية الطبيعية. عند دراسة وتصميم أداء ضوء النهار يجب تحليل مكونات الفناء الرئيسية و تشمل التشكيل الهندسي للفناء بالإضافة إلى التدخلات الأخرى التي ترافق عملية التصميم و التي تتعلق بترتيب الواجهة الداخلية للفناء و انعكاس الأسطح والجدران. ستنظر هذه المراجعة في البحوث المتعلقة بضوء النهار في مباني الفناء و التي اعتمدت على عدة طرق حسابية، مادية على شكل مجسمات مصغرة و حديثا برامج محاكاة متطورة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تحقيق استدامة بيئية و اجتماعية و اقتصادية من خلال استغلال و استخدام ضوء النهار عبر الفناء الداخلي في الأبنية التعليمية. و يتم ذلك بتحليل الآليات المثلى لتصميم الفناء الداخلي المسقوف بشكل يدخل ضوء النهار إلى الفراغ الرئيسي للمبنى التعليمي بكفاءة عالية.

طرائق البحث ومواده:

المقارنة بين مجموعة طرق و حلول من خلال مراجعة مجموعة من الدراسات و رصد فعاليتها و كفاءتها بما يتعلق بدراسة ضوء النهار و التوصل إلى الحلول الأمثل التي تدخل ضوء النهار إلى قلب الفناء الرئيسي للمبنى بكفاءة عالية.

النتائج والمناقشة:

يتم استخدام الفناء المسقوف في الأبنية الجامعية نظرا لكفاءته العالية في تحسين البيئة المناخية للوظائف و الفراغات المكونة للمبنى و يعتبر أحد الحلول الأساسية لإدخال ضوء النهار إلى قلب المباني ذات المقياس الكبير. و توجه العديد من المصممون المعماريون العالميون المختصون بتصميم المباني التعليمية و مباني الجامعات إلى خلق فلسفة جديدة في تصميم المباني التعليمية و أكدوا من خلال تصاميمهم على الفراغ الكبير المشترك المفتوح كوسيط تفاعلي تتوزع حوله الفراغات التعليمية حيث يخلق هذا الفراغ بيئة عالية الجودة من حيث الراحة الحرارية و ضوء النهار المناسب و غيرها من العوامل المناخية و البصرية التي تساعد على تحسين الحياة اليومية للمستخدمين. و اعتبروا أن إدخال ضوء النهار إلى قلب المبنى التعليمي هو عنصر أساسي في التصميم بسبب أهميته الكبيرة للمبنى و شاغليه التي لا تقتصر على الجانب البيئي بل توثر على الجانب الاجتماعي و الاقتصادي أيضا.

1- فوائد جلب ضوء النهار إلى داخل المبنى:

تم تسليط الضوء بشكل جيد على الغرض من ضوء النهار في فصل ضوء النهار في شهادة LEED 6. وينص على: "القصد من فصل ضوء النهار هو اتصال شاغلي المباني بالخارج ، وتعزيز إيقاعات الساعة البيولوجية ، وتقليل استخدام الإضاءة الكهربائية عن طريق إدخال ضوء النهار في الفراغ ".[1]

1-1- الجانب البيئي: Environmental Aspect

إن السماح بتقليل الإضاءة الاصطناعية في المبنى هو أحد الجوانب المهمة للتصميم الواعي بيئيًا من خلال إدخال ضوء النهار إليه. تشير وكالة الطاقة الدولية إلى أن الإضاءة الاصطناعية تمثل 20٪ تقريبًا من الاستهلاك العالمي للكهرباء، وهو ما يشبه كمية الكهرباء المولدة عالمياً بواسطة الطاقة النووية بمعدل سنوي [2]. في مقالة عن التداعيات البيئية للإضاءة أشار بارامو Páramo إلى ثلاثة أشكال من الهدر الناتج عن الإضاءة الصناعية ، من حيث النفايات المادية (المصابيح ونظام الإضاءة) ، استهلاك الطاقة (الحرارة والأشعة فوق البنفسجية والإشعاع الكهرومغناطيسي)، وتلوث الضوء[3]. تزيد الحرارة المفرطة التي تنتجها أنظمة الإضاءة الاصطناعية من أحمال التبريد على نظام التبريد الميكانيكي للمبنى. و يمكن أن يؤدي تقليل استخدام الإضاءة الاصطناعية إلى تقليل أحمال تبريد المباني بنسبة تتراوح بين 10–20٪ و بالتالي يخلق إمكانية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يقلل في النهاية من تأثيرات الاحتباس الحراري.

1-2- الجانب الاجتماعي: Social Aspect

بإدخال ضوء النهار إلى قلب المبنى يتم تزويد المستخدمين بإحساس بالتوجه والوقت والطقس والعالم خارج المبنى. [5] علاوة على ذلك ، فقد ثبت أن وجود الضوء الطبيعي له تأثير إيجابي على صحة الإنسان والإنتاجية وعلى الساعة البيولوجية لدينا المسؤولة عن تنظيم دورة النوم والاستيقاظ ، و التي يتم التحكم فيها بشكل أساسي عن طريق إنتاج الدماغ للميلاتونين الذي يتم إنتاجه كلما كان الناس في الظلام[6]. فعند عدم التعرض لضوء النهار تتشتت ساعة جسم الإنسان و هذا يؤدي إلى نقص في الذاكرة و التركيز[7]. أظهرت الأبحاث أن الضوء الساطع (> 1500 لوكس) من خلال العيون سيؤدي إلى توقف الغدة الصنوبرية في المخ عن إنتاج الميلاتونين. حيث أن مستويات الميلاتونين العالية تسبب النعاس ، في حين أن المستويات المنخفضة تنتج اليقظة، وبالتالي يلعب الميلاتونين دورًا مهمًا في التحكم في دوراتنا اليومية. و في مراجعة الأدبيات الخاصة بآثار الضوء الطبيعي على شاغلي المباني التي يعرضها كل من إدوارد و تورتشيليني (2002) ,Edwards and Torcellini في أبحاثهم التي أجريت حول الإضاءة في المباني التعليمية. أثبتت أن الإضاءة الطبيعية تساعد في زيادة معدلات التحصيل العلمي وجودة الاختبارات، ومعدلات التعلم الأسرع بنسبة 20 إلى 26 في المائة، و زيادة الحضور و الالتزام بنسبة 1.6 إلى 1.9 في المائة بالإضافة إلى السلوك الأفضل، وتقليل عوامل التعب، وتحسين صحة الطلاب. علاوة على ذلك ، تعمل الإضاءة الطبيعية على التخلص من الضجيج الناتج عن مصادر الإضاءة الكهربائية.[8]

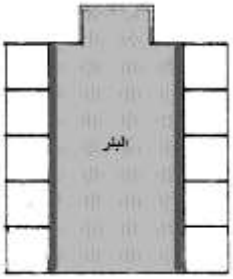
1-3- الجانب الاقتصادي:Economic Aspect

إن إدخال ضوء النهار الطبيعي إلى المبنى يوفر من كمية الكهرباء اللازمة لتشغيل فراغ ذو إنارة مريحة، فاستخدام الإضاءة الاصطناعية بشكل أقل يخفض من الحرارة الناتجة عن نظام الإضاءة مما يؤدي بدوره إلى انخفاض تحميل التبريد على نظام التبريد الميكانيكية. كل هذا يؤدي إلى انخفاض فاتورة الطاقة. يقدر المعهد القومي الأمريكي لعلوم البناء أنه يمكن تخفيض إجمالي تكاليف الطاقة للمبنى بمقدار الثلث من خلال التكامل الأمثل لاستراتيجيات ضوء النهار. [4] لا يتم خفض فاتورة الطاقة فحسب، بل يؤدي إلى استخدام أنظمة إضاءة اصطناعية أصغر و بالتالي تقليل استخدام المواد وانخفاض تكلفة الصيانة أيضًا.

2-أدوات و معايير:

في البداية لا بد من نعرف بمجموعة من المعايير و البرامج تم استخدامها لتقييم أداء الفراغ للوصول إلى الحلول الأمثل في تصميم هذا الفراغ من حيث إدخال ضوء النهار بكفاءة عالية:

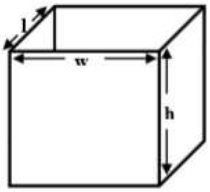
حيث يتكون من عنصريين أساسيين هما بئر الفراغ و الجدران المحيطة به (الشكل 1)



الشكل (1) مقطع يوضح الفناء المسقوف المكون من البئر و الجدران المحيطة [9]

1) مؤشر البئر Well Index WI:

$$WI = \frac{h(w+l)}{2wl}$$



h: الارتفاع– w: العرض– l: الطول

(الشكل2) قيمة مؤشر البئر (DU & Sharples, 2011) [10]

2) نسبة عامل المسقط :نسبة العرض للطول Plan Aspect Ratio (PAR)

3) نسبة الارتفاع للعرض: نسبة عامل المقطع Section Aspect Ratio (SAR)

4) عامل ضوء النهار DF: Daylight Factor يستخدم بشكل كبير لحساب توفر ضوء النهار في مكان معطى من المبنى تحت سماء ملبدة بالغيوم أخذا بعين الاعتبار موقع المبنى– تشكيله الهندسي– و مواد الإكساء متضمنة الزجاج. إلا أنه مقياس ثابت لا يأخذ في الحسبان توجهات المباني والمواسم المختلفة والوقت في اليوم ودخول الطاقة الشمسية المباشرة وظروف السماء المتغيرة وبالتالي فهو غير مناسب بشكل خاص لتقييم أداء المبنى في ظل ظروف السماء غير الملبدة بالغيوم وما يرتبط بها من مشاكل الوهج والحاجة لتطوير مختلفة استراتيجيات للواجهات المختلفة[11].

$$DF = \frac{E\ interior}{E\ exterior} \times 100\ [\%]$$

DF: عامل ضوء النهار في نقطة معطاة (%)

E interior: الإضاءة الداخلية (lux) لنقطة معطاة أو سطح عمل

E exterior: الإضاءة الخارجية (lux) تقاس تحت سماء ملبدة بالغيوم.

قارن راينهارت Reinhart المقاييس الثابتة مع مجموعة من مقاييس أداء ضوء النهار الديناميكية المتغيرة مثل "استقلالية ضوء النهار Daylight Autonomy: DA" و غيرها باستخدام برنامج تحليل ضوء النهار"Daysim"، للحصول على خيارات تصميم متنوعة. تضمنت الاختلافات تغييرات في الأشكال الهندسية الزجاجية ، وأجهزة التظليل والظروف المناخية. أوضحت الدراسة أن استخدام المقاييس الثابتة يمكن أن يكون مضللاً نظرًا لأنها لا تأخذ في

الاعتبار العديد من الاختلافات التي تم إجراؤها وأن مقاييس ضوء النهار الديناميكي أكثر فائدة لأخذ القرار في العملية التصميمة حتى لو تطلب ذلك المزيد من الوقت و التكلفة. [11]

5) استقلالية ضوء النهار DA Daylight Autonomy

هي النسبة المئوية لساعات النهار السنوية حيث نقطة معينة في الفراغ أعلى من مستوى إضاءة محدد. وهي طريقة محاكاة تقوم بتقييم كمية ضوء النهار المرتبط بأي ساعة معينة والموقع الجغرافي وحالة السماء على أساس سنوي. كان استقلالية ضوء النهار أول سلسلة من مقاييس ضوء النهار السنوية ، والتي يشار إليها الآن باسم مقاييس ضوء النهار الديناميكي dynamic daylight metrics. يتم تقديمه كنسبة مئوية كل ساعة في اليوم. و يستخدم كمؤشر لوجود ضوء نهار كاف في الفراغ دون الحاجة لإضاءة اصطناعية.

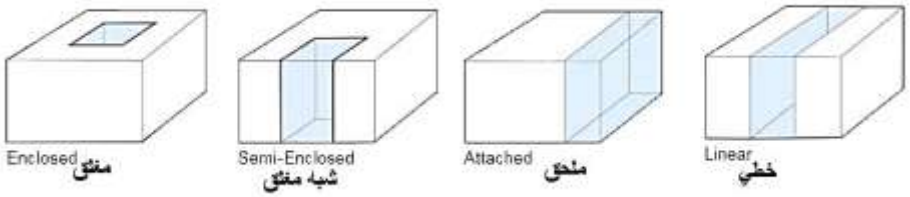
6) Grasshopper: محرر خوارزميات عام يسمح للمستخدم بإجراء النمذجة البارامترية مباشرة داخل أداة التصميم الثلاثية الأبعاد Rhino.[12]

7) Diva–for–Rhino: نمذجة متطورة لضوء النهار تم تطويرها من قبل كلية الدراسات العليا للتصميم من جامعة هارفرد.

3- العناصر التصميمية للفناء المسقوف:

إن تحليل و دراسة جميع العناصر التصميمية المؤثرة يشكل الأساس في رفع أو خفض أداء هذا الفراغ و هي تتعلق ب:

3-1-توضع و توجيه الفراغ:



(الشكل3) توضع الفراغ[13]

يعتمد موقع وتوجيه الفناء المسقوف على الحاجة إلى تدفئة أو تبريد المساحات الداخلية داخل كتلة المبنى . بالنسبة لجميع خطوط العرض الجغرافية، يدخل ضوء الشمس من الأعلى وبالتالي فإن الإضاءة العليا هي الأنسب. على الرغم من خطر ارتفاع درجة الحرارة في أشهر الصيف، يتم تنفيذ أجهزة الحماية من الشمس (الستائر و المظلات) وتكون أكثر فعالية عند وضعها على سطح أفقي. و في المناطق ذات المناخ البارد من المناسب استخدام التزجيج المحيطي في الجنوب (نحو خط الاستواء) من أجل الاستفادة من زوايا الشمس المنخفضة.

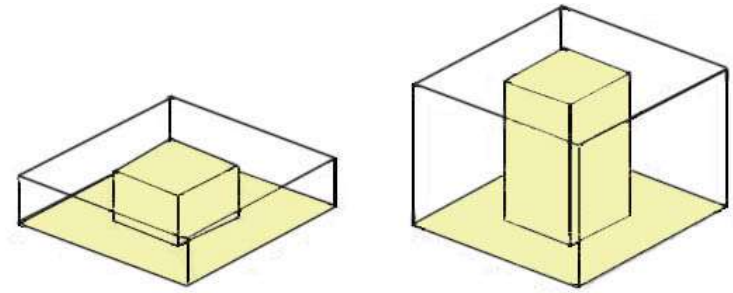
3-2-نسب و تشكيل الفراغ:

يعد شكل الفناء من أكثر الجوانب تأثيرًا في كمية ونوعية ضوء النهار في المساحات المجاورة لها، حيث إنه يحدد إلى حد كبير كيفية توزيع الضوء في المساحات المحيطة به. و تم اختبار عدة طرق للوصول إلى الشكل الأمثل لإدخال و توزيع ضوء النهار باستخدام عوامل و برامج محاكاة مختصة بتصميم ضوء النهار في المبنى.

إحدى الطرق الأكثر شيوعًا لتقييم شكل الفناء هي قياس عامل ضوء النهارDF في الفناء و الذي كلما زاد ازدادت مستويات الإضاءة في الفناء. و قد تم استخدام مؤشر البئر (WI) كمقياس لمعرفة ال DFفي الفناء. يمكن التعبير عن مؤشر البئر WIمن خلال عاملين: نسبة عامل المسقط (PAR)، والتي تتعلق بنسبة العرض إلى الطول، ونسبة عامل

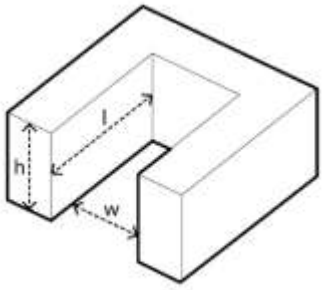
المقطع (SAR) ، والتي تراعي نسبة الارتفاع إلى العرض. كلما كان مؤشر البئر (WI) أكبر أي أن الفناء مرتفع و ضيق و بالتالي إضاءة طبيعية أقل، و عندما يكون ال WIقليل أي أن الفناء مسطح و عريض و بالتالي إضاءة طبيعية أكثر في الفناء و الفراغات المحيطة.

وجد ليو Liu et al. (1991) أن مستويات الإضاءة يمكن زيادتها إلى حد ما في الأفنية المستطيلة و ذات PAR منخفضة، في حين تميل الأفنية ذات الجوانب الأربعة والمستديرة إلى توزيع الضوء بشكل أكثر توازناً. وأشار في تحقيقه إلى أن تصميم الفناء الخطي (linear) يجب أن يدرس بعناية نظرًا لوجود أسطح مكشوفة أكثر عرضة لاستقبال الضوء. أما الأفنية العميقة ستنتج انخفاضًا في مستويات الضوء الطبيعي، خاصة في الطوابق السفلية ، حيث يجب مراعاة اعتبارات أخرى مهمة، ألا وهي انعكاس الجدار ونسبة النافذة إلى الجدار.(الشكل 4) [14]



(الشكل4) الفناء السطحي ذو ال WI الأقل هو أكثر إضاءة من العميق (المرتفع) ذو الWI الأكبر بنفس المخطط مع اختلاف الارتفاع[14]

وفقا لبيكر .Baker et al (1993) يمكن التعبير عن العلاقة بين إمداد ضوء النهار في الغرف التي تحيط بالفناء وشكل الفناء بقيمة واحدة، والتي هي نتاج المعادلات التالية [15]:



$$PAR = \frac{w}{l} \quad (2)$$

$$SAR = \frac{h}{w} \quad (3)$$

$$WI = \frac{Height\ (Width + Length)}{2 \times Width \times Length} \quad (4)$$

$$WI = \frac{1}{2}\frac{H}{W}\left(1 + \frac{W}{L}\right) = 0.5\,SAR(1 + PAR) \quad (5)$$

(الشكل 5) مؤشر بئر الفناء Well index

المصدر: https://issuu.com/neuarchitecture/docs/office_building_issuu/108 (بتاريخ: 2019/07/12)

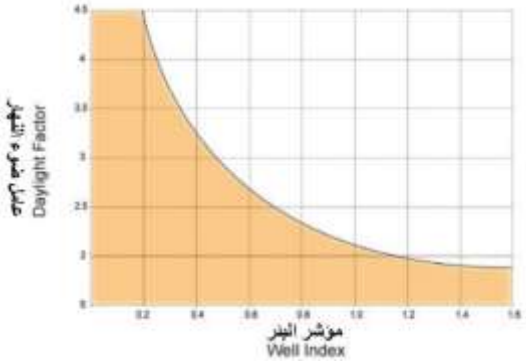
أشار شاربلز و لاش Sharples and Lash إلى أنه من خلال الجمع بين القياسات الثلاثة المضمنة في خصائص PAR و SAR من خلال WI ، من الممكن تقدير نوع الشكل الذي يوجد به الفناء المعطى. تميل الأفنية العميقة إلى الحصول على قيم WI أعلى ، بينما تميل الأفنية التي لها قيم SAR منخفضة إلى أن تكون أقل سطحية. كما أن الفناء بقيمة PAR أقرب إلى الواحد يدل أن الشكل مربع و بالتالي أداء أفضل لضوء النهار في حين كلما ال PAR أقرب للصفر أي أن الفناء خطي و بالتالي أقل مستوى إضاءة. يشكل WI أيضًا علاقة مهمة بين سطوح الفناء حيث يعبر عن العلاقة بين مناطق إدخال الضوء ومناطق استقباله.[16]

وفقا لكالكاني و بارونتشيني Calcagni & Paroncini زيادة ارتفاع مؤشر البئر سيؤدي إلى نقصان بدرجة ضوء النهار، في حين إبقاء الارتفاع ثابت و زيادة طول الفناء أو التقليل من مؤشر البئر سيعوض عامل ضوء النهار في الأسفل حيث سيزيد المساحة التي يدخل إليها ضوء النهار. باستخدام جهاز heliodon (الشكل6)و الذي يستخدم لضبط الزاوية بين سطح مستوي وحزمة من الضوء لتتناسب مع الزاوية بين مستوى أفقي في خط عرض محدد والشعاع الشمسي عن طريق وضع مبنى نموذجي على سطح heliodon المسطح وإجراء تعديلات على زاوية الضوء / السطح، يمكن للمحقق أن يرى كيف سيبدو المبنى في الحزمة الشمسية ثلاثية الأبعاد في تواريخ وأوقات مختلفة من اليوم. نتيجة الدراسة أظهرت أن درجة عامل ضوء النهارDF نقصت بازدياد ارتفاع الفناء، في حين تزداد قيمة ال DF عندما يزيد الطول في الوقت الذي يبقى الارتفاع ثابت.[17]

(الشكل 6) الهيلدونHelidon

المصدر: https://www.philau.edu/TheStudio/Old%20studio%20page/Resource%20Center.htm

(بتاريخ: 2019/07/12)



(الشكل 7)علاقة طردية بين WIمؤشر البئرvs عامل ضوء النهارDF

المصدر: https://issuu.com/neuarchitecture/docs/office_building_issuu/109 (بتاريخ: 2019/07/12)

أجرى إرليندسون Erlendsson محاكاة لضوء النهار باستخدام مقياس ديناميكي و هو استقلالية ضوء النهار DAعوضا عن عامل ضوء النهار DF الثابت وتقيم ال DA كمية ضوء النهار في أي ساعة أو موقع جغرافي أو ظروف السماء (صافية– ملبد بالغيوم– متحدة– متوسطة) بمعدل سنوي. و تمت هذه المحاكاة لضوء النهار باستخدام

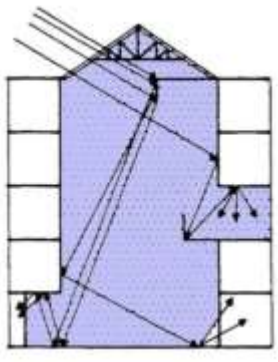
تطبيق ال Honeybee في برنامج ال Grasshopper الملحق ببرنامج Rhino للرسم الثلاثي الأبعاد، حيث درس كيفية تأثير الشكل الأساسي للفراغ (إن كان: مربع ، مثلث أو دائري) على توزيع ضوء النهار و تحديد أي أشكال الفراغ المسقوف هي الأكثر مساعدة في تحقيق استقلالية ضوء النهار الأكثر اتساقا في الفراغات المجاورة لهذا الفراغ. وتمت مقارنة ثلاثة أشكال هندسية أساسية؛ المربع والدائري والمثلث بالاتجاهين للأعلى و الأسفل. و توصل إلى أن الفناء الدائري هو الذي يميل إلى توزيع ضوء النهار بالطريقة الأكثر إنصافًا على الرغم من صعوبة بنائه وصعوبة توزيع الفراغات بداخله. كما درس انحدار الفناء بإمالة جدرانه بشكلين Vو A للأعلى و الأسفل بزاوية بين 10-20 درجة و استنتج أنه في الفناء ذو الشكل V تتحقق أقل استقلالية لضوء النهار في أرضية المبنى و بالتالي أقل إدخال للضوء، في حين أنه في الشكل A يزيد استقلالية الضوء في الأرضية أو الطوابق السفلية و بالتالي تتحقق إضاءة اكبر.[18]

بشكل عام ، أظهرت النتائج أن تحويل الفناء المسقوف من مغلق إلى شبه مغلق يمكن أن يضاعف كمية ضوء النهار في الغرف المجاورة. كما أن الأبحاث ، مثل تلك التي أجراها ساراتسيس Saratsis et al، أشارت إلى أن البناء على ارتفاعات مختلفة هو أكثر فائدة من إنشاء فناء محاط بجدران بنفس الارتفاع [19] . كما أكد فريرا Ferreira أن الفناء شبه المغلق ذي التكوينات الهندسية المختلفة أسفر عن ظروف ضوء النهار الأفضل في الغرف المجاورة.[20]

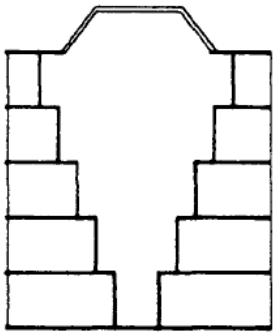
3-3-التدخلات المساعدة لتحقيق الأهداف المرجوة من ضوء النهار:

3-3-1-ترتيب واجهة الفناء:

اهتمت أغلب الدراسات بأداء الأشكال الهندسية الشائعة لبئر الفراغ كالمربع و المستطيل دون حدود أو عوائق داخلية في حين أن الكثير من تصاميم هذه الفراغات تحوي حواجز تتمثل بانزياحات للداخل أو نتوءات نحو الفناء على شكل شرفات بارزة في بعض مستويات المبنى. و يمكن تقسيم شكل مقطع بئر الفناء إلى: مقطع متدرج stepped section و مقطع مع شرفات و سطوح إسقاط balconies & projection surfaces



(الشكل8) المقطع المتدرج أو المتباعد



(الشكل9)مقطع الفناء ذوالشرفات و الفجوات

المصدر: (Iyer,1990: 46)

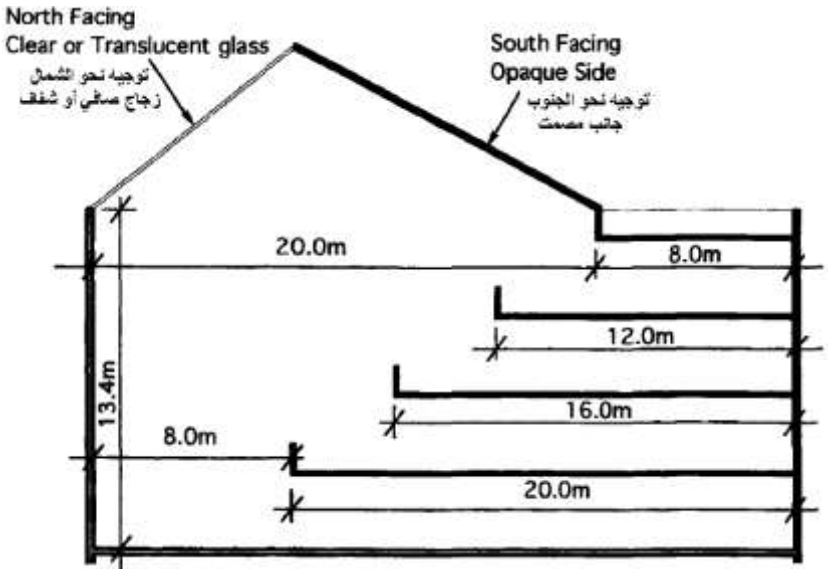
تميل معظم الأفنية إلى أن تكون ذات جوانب مستقيمة أو شبه مستقيمة. ومع ذلك، يمكن تحسين ضوء النهار و الحصول على إشراف و علاقة مع الخارج أفضل بإحداث تباعد في جدران بئر الفناء. بالنسبة إلى المناخ المشمس و السطوح التي تستقبل أشعة الشمس المباشرة، يمكن تظليل كل طابق من الفناء من خلال وجود طابق آخر واحد فوقها يعلوه قليلاً. إلا أن ذلك قد يقلل مستويات ضوء النهار في الطوابق السفلية بشكل ملحوظ.

كما ركز كلا من بيندار و أيار Bednar(1986)وIyer(1990) على فعالية المقطع المتدرج(الشكل 8)من حيث توزيع ضوء النهار في الأفنية، حيث جدران الفناء تتباعد و تتدرج من الأرض إلى الطوابق العليا بشكل حرف V. إلا

إن التدرج يقلل من مساحة أرضية الفناء و يجعل الفراغات المجاورة في الطوابق السفلية أعمق مما أدى إلى انخفاض توفر ضوء النهار فيها. و اعتبر أيار Iyer التدرج بشكل حرف A مفيد إذا تم التحكم بأشعة الشمس المباشرة. [21] [9].

كما وجد كل من نيل و شاربلز Neal and Sharples أن بئر الفناء المتدرج هو طريقة لتحسين مستويات الإضاءة في قاعدة الفناء حيث قاما بدراسة عامل ضوء النهار (DF) في قلب الفناء و في ثلاث نقاط في الفراغات المجاورة لفناء متدرج مع قيمة SAR 1, 2,4 و بزوايا تدرج 0, 10, 20, 30. و استنتجا أنه لفناء عريض نسبيا (SAR 1) بالمقارنة مع فناء بزوايا مستقيمة. هناك زيادة في درجة ضوء النهار بدرجة 40% بزاوية تدرج 10 درجة و تزداد إلى 80% بدرجة تدرج أو تباعد 30درجة. أما بالنسبة لفناء ضيق(SAR4) تزداد ال DF في أرضية الفناء بشكل كبير و تتراوح بين 300% لدرجة تباعد 10 و تصل إلى أكثر من 1000% لدرجة تباعد 30 درجة. فاقتراح الفناء المتدرج أو المتباعد لتحسين درجة إضاءة الفراغات المجاورة يظهر أن كفاءة الفناء ذو مؤشر البئر (WI=1) مع درجة تباعد للسطوح المغلفة (Splay degree=60) كانت ضعف كفاءة الفناء المستقيم دون تدرج للسطوح المغلفة. في حين أنه في الفناء المتدرج يقدم كفاءة في توزيع ضوء النهار، و يجب أن يصمم بطريقة تحقق التدرج للأمام أو الخلف من الأرضية إلى الطوابق العليا، قد يختلف حسب ظروف السماء فيما إذا كانت صافية (clear sky) أو ملبدة بالغيوم (overcast sky) . علاوة على ذلك ، فإن التدرج سيؤثر حتما على تخطيط و تشكيل فراغ الفناء و الفراغات المجاورة و استخداماتهما، وبالتالي على الأداء الاقتصادي والبيئي للمبنى. [22]

كما تبين أن الاستراتيجيات مثل إضافة الشرفات الداخلية أو وضع فجوات في واجهة جدران الفناء تؤثر على تحسين جودة هندسة الفناء، و قد تعمل هذه الفجوات كمجمع للضوء للمستويات الأخفض في الفناء و الفراغات المجاورة لها. إلا أن اسفل الفراغات تعمل كمناطق ظل. و قام الردادي Alraddadi (2004) بفحص النتائج المترتبة على عامل ضوء النهار على نموذج مبنى في الرياض يحوي فناء مع شرفات، و قد وجد أن لهذا الفناء بالإضافة إلى قيمته المعمارية و جماليته فعالية كبيرة في تحسين أداء ضوء النهار خاصة في الطوابق العلوية. و يتألف المبنى الذي تمت دراسته من أربعة طوابق حيث بنيت الشرفات التي تتداخل على ارتفاع أربعة أمتار فوق بعضها البعض على الجدار الجنوبي، و تم توجيه السقف الجملوني شمال جنوب و وضعت الفتحة السماوية على الجهة الشمالية و تمت دراستها بحالتين عند استخدام زجاج شفاف ومرة أخرى باستخدام زجاج شفاف بنسبة 50% (الشكل 10). وجد الباحث أن الشرفات المتدرجة عملت كمظلات ضخمة للضوء تعكس الضوء عميقا نحو الفراغات المجاورة، كما أنها تحسن نوعية الضوء بتوحيده و تقليل الوهج. و بالرغم من التقليل من حجم الفناء بنسبة 30% بسبب الشرفات، لم يلحظ الباحث أي فقد بمستوى ضوء النهار بالمقارنة مع الفناء التقليدي. كما وجد عند مقارنة استخدام الزجاج الشفاف مع نصف الشفاف في الفتحة السماوية للسقف، أن أداء ضوء النهار في الطوابق العلوية بزجاج ذو شفافية 50% أفضل بكثير من الزجاج ذو الشفافية التامة أما الطوابق السفلية تعتمد بشكل أكبر على العناصر الداخلية العاكسة. إلا أن تباين مستوى الضوء بين الطوابق العلوية و السفلية أعلى بكثير من نظيره ذو الشفافية التامة، مما يعني أن توحيد مستويات الإضاءة أفضل في الفناء ذو الفتحة السماوية الشمالية المغطاة بالزجاج ذو الشفافية التامة[23].



(الشكل 10) نموذج الفناء المتدرج المقترح من قبل الردادي: المصدر: (Alraddadi, 2004)

كما قام كلا من كيم و تاي كيم Kim and Tai Kim بفحص أداء الفراغ المفتوح من حيث عامل ضوء النهار، مؤشر البئر well index، وعمق الشرفة في فناء مغلق من الجهات الأربعة و يحوي شرفات داخلية وأبرزا أن مؤشر البئر وعمق الشرفة هي العوامل الأكثر أهمية في أداء ضوء النهار في فراغ الفناء ذو الشرفات الداخلية (الشكل 11). و قاما بمقارنة النتائج مع فناء تقليدي منتظم دون شرفات. تبين أن المواقع التي لا تغطيها شرفة يمكن أن تحقق مستوى إضاءة مناسب بغض النظر عن مؤشر البئر في الفناء التقليدي وعمق الشرفة على الرغم من أن مؤشرات البئر قد تكون منخفضة نسبيًا. من ناحية أخرى، يصل توهين الضوء في موقع تحت أرضية الشرفة إلى 70–90 ٪ خاصة عندما يكون مؤشر البئر أعلى من 1.0 و بالتالي تكون أرضية الشرفة أعمق من 3m. وفقا لذلك، في حال كانت قيمة مؤشر البئر للفناء مرتفعة و يحوي شرفات داخلية يجب أن يصمم بعناية لتوفير مستوى و توزيع إضاءة مناسبة. أما في حالة الشرفات العميقة في الفناء العميق، فنحن بحاجة لنظام إضاءة اصطناعية تكميلي مكثف يتم تثبيته بعناية مع الإشارة إلى مقدار توهين الضوء بسبب الشرفة و التشكيل الهندسي للفناء. و على الرغم من أن هذه الدراسة تتناول فقط الفناء المربع ذو الجوانب الأربعة، يوصى أيضا باستخدام الفناء الخطي أو المحاط من ثلاثة جهات (شبه مغلق) عند الحاجة للشرفات الداخلية العميقة لتأمين مستوى و توزيع ضوء كاف في الفناء.

(الشكل 11) مؤشر البئر في الفناء ذو الشرفات

المصدر: (Kim and Tai Kim, 2010)

و كما هو الحال في مؤشر البئر للفناء كذلك الأمر لمؤشر البئر للشرفة (WI′) إذ كلما زاد كلما كانت الشرفة أعمق، وبالتالي يشير إلى انخفاض أداء ضوء النهار. كما استنتجت الدراسة أن مؤشر بئر الشرفة قد يكون مفيدا لمعرفة أداء ضوء النهار في الفراغات غير المغطاة بالشرفات. في الوقت نفسه لا يمكن التنبؤ بالمستويات الموجودة في الفراغات المغطاة باستخدام مؤشر بئر الشرفة. ويعتقد أن مستويات الإضاءة في المواقع أسفل الشرفة تتأثر بعمق الشرفة و ليس بمؤشر بئر الشرفة.[24]

$$\text{Balcony Well Index } (WI') = \frac{\text{Atrium Height} \times \text{Balcony Well(Width} + \text{Length)}}{2 \times \text{Balcony Well length} \times \text{Balcony Well width}}$$

$$\text{مؤشر البئر للشرفة } WI' = \frac{\text{ارتفاع الفناء * بئر الشرفة (العرض + الطول)}}{\text{2*طول بئر الشرفة * عرض بئر الشرفة}}$$

3-3-2-انعكاس السطوح:

يؤثر انعكاس السطوح المؤطرة للفناء بشكل كبير على أداءه من حيث إدخال ضوء النهار و توزيعه للوصول إلى أرض الفناء. و يتعلق الانعكاس بلون السطح و يقاس بقيمة انعكاس الضوء (LRV: Light reflectance value) و تكون السطوح الفاتحة أكثر انعكاسا للضوء من العاتمة كما أن السطوح الباهتة تعكس ضوء مشتت في حين السطوح البراقة تعكس ضوء مباشر و بالتالي راحة بصرية أقل.

و بعد الدراسة تبين أن تأثير انعكاس السطوح على مستويات الإضاءة في الفناء و الفراغات المجاورة لا يمكن تقديره بشكل جيد من خلال المعادلات الرياضية فقط و لذلك تم إجراء دراسات تعتمد على استخدام مجسمات واقعية أو استخدام برامج محاكاة عن طريق الكومبيوتر و أوضحت أن جدران الفناء ذات الانعكاس الأعلى تحسن مستويات الإضاءة في مبنى الفناء.

حيث قام كلا من كالكاني و باروتشيني Paroncini Calcagni (2004) بعملية محاكاة باستخدام برنامج Radiance تحت سماء ملبدة بالغيوم CIE، و لاحظا أن عامل ضوء النهار DF قد زاد بنسبة 4.8٪ بشكل وسطي في الفراغات المجاورة للفناء عندما تغير انعكاس الجدار من 30٪ إلى 70٪. و وفقا للمؤلف فإن هذه القيمة المنخفضة

هي نتيجة لنسب النافذة للجدار WWR العالية نسبيًا لأن معظم واجهة الفناء كانت مكونة من فتحات كبيرة ، مما يقلل من إمكانية الانعكاس على تعزيز عامل ضوء النهار DF في الطوابق السفلى. من ناحية أخرى ، يمكن أن تزيد قيم عامل ضوء النهار DF لأسفل الفناء بشكل كبير إذا كانت جدران الفناء مكونة بشكل أساسي من الأسطح المصمتة ذات الانعكاس العالي مؤشر البئر WI المنخفض [17]. كما أظهر ماب Mabb (2003) أن الزيادة في انعكاسات سطوح الفناء من 25 ٪ إلى 75 ٪ تزيد مستويات الإضاءة لأكثر من الضعف في أسفل الفناء المربع 3.75 WI. وأثبت لاو ودوان Lau and Duan(2008) أن إضافة جدران براقة للفناء فقط في المستوى الأعلى أدى إلى زيادة بنسبة 25 ٪ في DF في الفناء وفي الفراغات المجاورة له.[25]

وفقا لفريرا (2018) Ferreira فإن قيمة انعكاس الضوء تعد مهمة جدا خاصة في الأفنية المغلقة حيث يمكنها تحسين توحيد الإضاءة في الفراغات المجاورة ورفع مستوى ضوء النهار في الطوابق السفلية والأرضية. ولكنها تعتمد بشدة على خصائص المواد وعلى نسبة النافذة للجدار (WWR: Window to wall ratio). كما تم بحثه في الدراسة السابقة. و اقترحت بعض الاستراتيجيات أن الفتحات في الطوابق العليا يمكن أن تكون أصغر لتجنب مشاكل الوهج، بينما يمكن أن تكون أكبر في المستويات السفلية. سيكون هذا النهج قادراً على توجيه مزيد من الضوء المنعكس نحو القاع، حيث ستكون الفتحات الكبيرة جاهزة لجمع المزيد من ضوء النهار بشكل فعال. و في النهاية وجد فريرا Ferreria أن تغيير الشكل الهندسي في المراحل الأولى من التصميم له تأثيرًا كبيرًا على أداء ضوء النهار في الفراغات المجاورة للفناء لأن استراتيجية انعكاس السطوح قد لا تكفي كنهج أساسي في الأفنية العميقة، نظرًا لأنها لا تملك القدرة على زيادة مستويات الإضاءة الطبيعية بشكل كبير في الغرف المحيطة بالفناء.[20]

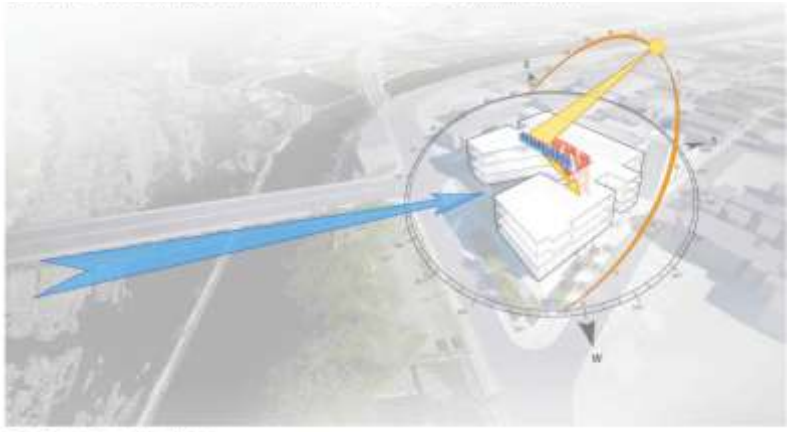
أما في دراسة لإيرلندسون Erlendsson فقد استنتج أنه بالنسبة لأرضية الفناء فإن استخدام سطوح عاكسة لا يؤثر على عامل استقلالية ضوء النهار أما في الجدران فإن لها تأثير كبير في الواجهات الجنوبية، الغربية و الشرقية في حين أن تأثير استخدامها في الواجهة الشمالية اقل فعالية فزيادة عامل استقلالية ضوء النهار قليل نسيبا، لأن الاتجاهات الأخرى تستقبل كمية أكبر من الضوء المنعكس من الواجهة الشمالية. [18]

في مركز جامعة Dragvoll في تروندهايم في النرويج الذي يبلغ عرضه 8.4 متر وطوله 12 مترًا توجد واجهة زجاجة مشرفة على الشارع مع ثلاثة طوابق من المساحات المجاورة على جانبيها (الشكل12) حيث تظهر استراتيجية الزيادة التدريجية في الفتحات من الأعلى إلى الأسفل، بالإضافة إلى أسطح الجدران المصمتة البيضاء التي تعمل على تحسين عوامل ضوء النهار DFs على أرضية الفناء وفي المساحات المجاورة السفلية [27].

(الشكل 12) مركز جامعة Dragvoll في تروندهايم ، النرويج

(بتاريخ: 2019/07/07) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trondheim_ntnu_dragvoll.jpg

وبمراجعة لمثال جامعة ماساتوستس في مبنى كراسينغ University Crossing–University of Massachusetts لتوضيح تقنية هندسة المباني العاكسة لإضاءة أسطح الفناء الداخلي: نجد أن شركة بيركينز و ويل Perkins+Will قامت بتصميم هذا المبنى و هي شركة رائدة في تصميم المباني التعليمية و التي تتبع أسلوب التصميم الذي يدعم التعلم الفعال و التفاعلي بتأمين فراغات مناسبة تتمتع ببيئة داخلية مريحة توفر قدر كافي من ضوء النهار. و أجرت الشركة أبحاثا حول آلية توزيع ضوء النهار في المباني و اكتشف فريق التصميم الطريقة التي يكون فيها ضوء النهار فعالًا، ولكن موجه بشكل كبير إلى الفراغ على الرغم من التحديات المتعلقة بالتخطيط والموقع. كما قاموا باختراع هندسة المباني العاكسة لإضاءة أسطح المبنى الداخلية على مدار العام. من خلال العمل مع لام بارتنرز Lam Partners والمساهمين الآخرين. قام الفريق بتطبيق هذه الآلية في جامعة ماساتشوستس في لويل University of Massachusetts in Lowell عن طريق تصميم وتطوير مركز طلابي جديد يُطلق عليه اسم University Crossing. قادت عدد من التحديات التي تعتمد على الموقع والبرنامج الوظيفي إلى استكشاف نظام لضوء النهار المنعكس داخل الفناء المسقوف المركزي للمبنى. حيث اتبعوا حلا معماريا ممكن الإشارة إليه باسم "المبنى ذو المخطط العميقdeep floor plate building ". فالمباني ذات التخطيط العميق تشكل تحديات فريدة عند السعي لتحقيق مساحات ذات إضاءة طبيعية. بدون ارتفاع كبير من طابق لآخر وكميات كبيرة من الزجاج المحيط، إذ تصبح المباني بالتخطيط العميق تحديًا إذا كان مصدر ضوء النهار من الواجهات الخارجية للمبنى وحدها.



(الشكل13) الموقع و مسار الشمس بالنسبة للمبنى

المصدر (YONG SUK2018,) [28]

يتألف المبنى من أربعة طوابق تم تنظيمها حول الفناء المركزي المسقوف الذي يتوضع في قلب كتلة المبنى موجها نحو الواجهة الشمالية والرئيسية لتكون بمثابة فراغ ترحيب. مما يساعد على إضاءة المساحة الناتجة من الأعلى من جهة الواجهة الخارجية الشمالية.

كما تم استخدام فتحات أصغر في السقف، على اعتبار أن المباني ذات المخططات العميقة لا تكفيها الإضاءة المحيطية و عادة ما تتطلب فتحات سقف في الفناء الوسطي. فزيادة حجم فتحة سقف الفناء سيورد كمية زائدة من ضوء النهار و سيؤدي إلى إضافة زيادة حرارة غير ضرورية في فصل الصيف وفقد حراري في فصل الشتاء بغض النظر عن الاهتمام الدقيق بأداء التزجيج. لذلك يمكن العثور على حلول ناجحة تقلل فتحة ضوء النهار وتعظم تأثيرات الضوء الطبيعي داخل المبنى بسبب قوة ضوء الشمس. حيث أنه في يوم صاف تقدم أشعة الشمس ما يصل إلى 10000 قدمfootcandles من الضوء المباشر، وفي يوم ملبد بالغيوم لا يزال بإمكانها توفير ما يصل إلى 1000 قدم من الضوء المنتشر. و عند مقارنتها بما يتراوح بين 50 و 150 قدمًا اللازمة للإضاءة العامة ، فمن الواضح أن قدراً ضئيلًا من ضوء النهار يمكن نقله فعليًا إلى المبنى عبر فتحات أصغر ثم ينتشر منها أو ينتشر عن طريق الأسطح الداخلية الأكبر حجمًا. لذلك و لتحسين ظروف البناء وقوة أشعة الشمس توصل فريق التصميم أن استخدام فتحات أصغر، ولكن مصممة بعناية لضوء النهار يمكن أن يكون بمثابة مبدأ توجيه مستدام للتصميم. في هذا الإطار تقدم مجموعة فريدة من الاستراتيجيات نفسها عند الجمع بين هذا المبدأ وتحديات الموقع الخاصة بالتوجه، والتظليل من المنشآت الحالية واتجاه ضوء الشمس. تتضمن هذه المجموعة من الاستراتيجيات انعكاس أشعة الشمس أو إعادة توجيهها عبر أسطح عاكسة أو شديدة الانعكاس.

و فيما يتعلق باستراتيجية التصميم فإن استخدام الفناء المسقوف في مبنى جامعة كروسينغ University Crossing يسمح بالتوفيق بين تقنيتين أساسيتين هما ضوء النهار، تمثلت بنافذة كبيرة تواجه الشمال للإضاءة العامة المنتشرة، إلى جانب مرآة عاكسة موجهة جنوبا معلقة على فتحة السقف للفناء، تستهدف في المقام الأول الوجه الشمالي داخل الفناء. يمنح الوجه الشمالي المزجج إضاءة عامة فعالة لأغلب الفناء، بينما يسمح العاكس بالتلاعب بالضوء لتفعيل الأسطح المنحوتة الأساسية التي تحدد الفراغ. و قد تم تصميم العاكس في University Crossing من خلال عدة

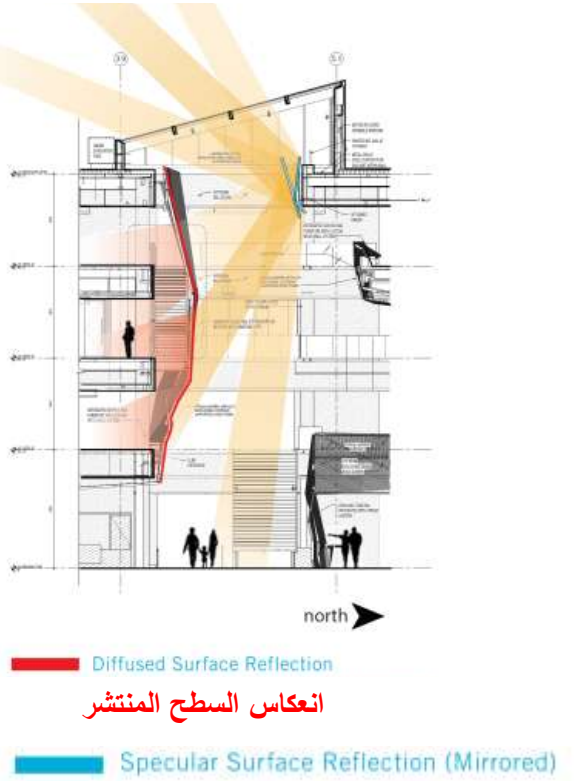
محاولات قام بها فريقي Perkins + Will وLam Partners . وهي تتألف من مجموعة ثابتة من الأسطح التي يتم معايرتها لتعكس و لتوجه أشعة الشمس الساقطة المتعددة على مدار اليوم والسنة. و هناك عامل مساعد مشتت للعاكس حيث يتم تعليق سطح خشبي منحوت على الجانب الشمالي الداخلي للفناء بين العاكس و الشرفات الرئيسية. و يعمل هذا السطح بمثابة مصباح متذبذب ، ينشر و يفلتر ضوء النهار أثناء تشغيله من سطحه. والنتيجة هي التلاعب بضوء النهار المكثف والمتحرك على ما قد يكون عادة سطح بسيط مضاء إضاءة اصطناعية.

(الشكل14) السطح الخشبي المنحوت على جدار الفناء

(الشكل15) الفناء الداخلي

المصدر: (YONG SUK 2018،)[28]

للتأكد من فعالية التقنية تم القيام بمحاكاة عن طريق الكومبيوتر من خلال ملحق إضافي لـ Grasshopper، يطلق عليه DIVA–for–Grasshopper، حيث تمكن الفريق من تصور العلاقة المباشرة بين تشكيل المبنى وأشعة الضوء المنعكسة التي تم إنشاؤها في لحظة معينة خلال العام. بعد اختيار هذه الآلية، احتاج الفريق إلى تحديد المحاكاة التي يجب استخدامها لتقييم النموذج. كانت نتائج عمليات محاكاة ضوء النهار الأكثر شيوعًا (كقيم الإضاءة والاستقلالية في ضوء النهار والتي تحاكي مستويات ضوء النهار في الفراغ) أقل قيمة للدراسة. ففي هذه الحالة ، لم يكن هدف التصميم هو زيادة مستويات الإضاءة الإجمالية في الفراغ (كانت مستويات الإضاءة مرتفعة بشكل عام، نظرًا لتكوين السقف العلوي والجدار الزجاجي الشمالي). إنما الهدف كان تحديد أية توجيهات للوح العاكس تعيد توجيه أشعة الشمس إلى صالات الشرفة أبعد. قام فريق Lam بإنشاء صور من شأنها أن توضح كيفية إعادة توجيه الضوء مع كل متغير عاكس ، وكان المطلوب هو إنشاء نموذج يمكنه تقديم تصورات سريعة استنادًا إلى اتجاهات اللوحة الأكثر فاعلية لزوايا الشمس المعينة. كما هو موضح في (الشكل16) و (الشكل17).

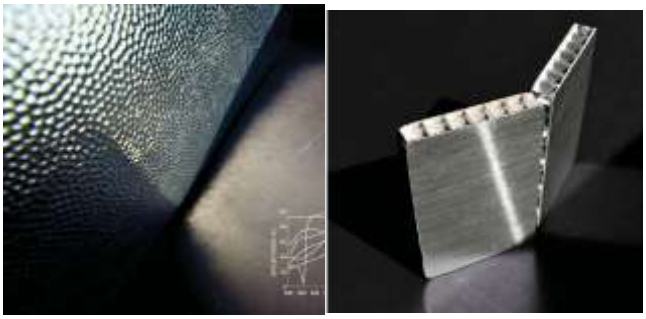


(الشكل16) مقطع يوضح آلية العاكس (الشكل17) الفناء و الفتحة السماوية

المصدر: (YONG SUK ,2018) [28]

أما فيما يتعلق بموقع و مادة العاكس فقد تم استخدام مجموعة من الألواح الصلبة التي يتم تعليقها على فتحة السقف. و اختيار طبقة سفلية خفيفة الوزن من الألومنيوم بشكل قرص العسل للحفاظ على الهيكل الداعم لأدنى حد ممكن. في حين لم يكن ضروريا استخدام وسائل التظليل الميكانيكية نظرًا لأنه تم حل تقلب الزوايا الشمسية الواردة باستخدام تنوع بالشكل الهندسي. إلا أن القدرة على ضبط الزوايا النهائية للهيكل المعلق كانت مهمة وتم تحقيقها من خلال نظام كبل أفقي بسيط قابل للتعديل.

كما ناقش الفريق مزايا و مساوئ موقع العاكس و كان مفتاح النقاش كتلة المبنى و التوجيه. فتصميم كتلة العاكس يتعلق بشكل رئيسي باتجاه الفناء و فتحته السماوية. بالاستفادة من مزايا من الفتحات السماوية الخطية تم تحديد أن التخطيط الأفضل و الأكثر فعالية هو السطح العاكس الخطي الواقع في الجانب الجنوبي من فتحة سقف الفناء. أما بالنسبة لمادة سطح العاكس نفسه فقد اعتبرت متغير مهم داخل التصميم. هدف التصميم الأساسي للعاكس إنتاج اللعب النشط من الضوء على سطوح الفناء. مع وضع هذا الهدف بعين الاعتبار، اختار الفريق لوحة الألومنيوم المطروقة hammered aluminum panel مع تشطيبات مرآة mirror finish. يعمل التقعر و الدمامل البراقة لسطح المعدن كعدسات صغيرة تسمح بانعكاس الضوء الذي ينتشر دون ضياع ملحوظ من خلال الامتصاص، مع استخدام ألمنيوم خفيف وغير مكلف لإكساء اللوحات المعلقة ذات شكل أقراص العسل، حيث أن الألومنيوم المصقول يعكس كمية هائلة من الطيف المرئي. (الشكل18)



(الشكل18)ألومنيوم أقراص العسل المصقول و المطروق يستخدم كعاكس

المصدر: (YONG SUK ،2018) [28]

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

- تزداد قيمة عامل ضوء النهار DF عندما يزيد طول الفناء في الوقت الذي يبقى الارتفاع ثابت. فكلما كان الفناء سطحي و ذو ارتفاع قليل حيث مؤشر البئر منخفض تزداد درجة عامل ضوء النهارDFو بالتالي يزداد مستوى الإضاءة، في حين تنقص درجة عامل ضوء النهارDF و بالتالي مستويات الإضاءة بازدياد ارتفاع الفناء و زيادة مؤشر البئر.
- في حال كان شكل الفناء منتظما يفضل الحفاظ على مؤشر البئرwell index منخفضًا قدر الإمكان.
- يجب أن يتبع شكل الفناء شكل المبنى لتقليل المناطق ذات الاستقلالية لضوء النهار المنخفضة.
- لا يتبع الفناء ذو الشكل غير المنتظم (ذو الشرفات) معادلة مؤشر البئر، وبالتالي يكون من الأكثر تعقيدًا توقع سلوكه من حيث أداء ضوء النهار. و ممكن تطبيق معادلة مؤشر بئر الفناء التي تدرس الضوء فقط في الفراغات غير المغطاة بالشرفات، أما مستويات الإضاءة أسفل الشرفة تتأثر بعمق الشرفة و ليس بمؤشر بئر الشرفة.
- تزداد استقلالية الضوء في الطوابق السفلية بشكل طفيف باختلاف الارتفاع و زيادته من السقف إلى الأرضية بشكل متدرج، بالمقارنة مع الشكل القياسي الموحد الارتفاعات في كل الطوابق.
- يمكن أن تؤدي زيادة انعكاس أسطح جدران الفناء إلى تحسين مستويات ضوء النهار على الجدران بشكل كبير. تزيد درجة الإضاءة في المستويات العليا أو المتوسطة أكثر من المستويات السفلية على جدران الفناء. تحصل الأجزاء العلوية من جدران الفناء على الضوء المباشر، في حين تحصل الجدران المقابلة على مزيد من الضوء المنعكس.
- تصغير فتحات سقف الفناء لا يعني بالضرورة كمية إضاءة قليلة وغير كافية حيث يمكن وضع فتحات صغيرة و الاعتماد على تقنية ضوء النهار المنعكس التي تسمح بتوزيع الضوء بشكل كاف في الفراغ و تمنع الوهج.
- تقل نسبة تأثير انعكاس الجدران عند زيادة نسبة النافذة للجدار فعندما تكون واجهة الفناء مكونة من فتحات كبيرة و الجدران المصمتة ذات مساحات قليلة تقل إمكانية الانعكاس في الطوابق السفلية.
- التنوع في استخدام الزجاج داخل الفناء بحيث يوجد المزيد من الزجاج في المستويات الأدنى و فتحات أصغر في المستويات العليا لتجنب مشاكل الوهج.
- تعد مستويات ضوء النهار على أسطح الفناء العمودية أكثر أهمية نظرًا لأنها تشير إلى أداء ضوء النهار عند الحدود بين فراغين مختلفين في ضوء النهار.

التوصيات:

- يوصى بالقيام بدراسة لضوء النهار في المراحل الأولى لعملية التصميم باستخدام تقنيات متنوعة حديثة كبرامج المحاكاة (Diva and Grasshopper for Rhino).
- إجراء دراسة تقييمية لما بعد الإشغال لتقييم أداء ضوء النهار بقياس مستويات الإضاءة في الفراغ في أوقات مختلفة حيث أن دراسة أداء ضوء النهار المعتمدة على برامج المحاكاة تعطي مستويات إضاءة أعلى من الواقع.
- قد تستخدم النباتات كعنصر ماص للضوء للتحكم بالتوهج و لكن إذا لم تستخدم بالشكل و المكان المناسب قد تمتص الضوء المفيد و تبقي القليل من الضوء اللازم للانعكاس.
- أظهرت النتائج أن تحويل الفناء المسقوف من مغلق إلى شبه مغلق يمكن أن يضاعف كمية ضوء النهار في الغرف المجاورة. كما أن البناء على ارتفاعات مختلفة هو أكثر فائدة من إنشاء فناء محاط بجدران بنفس الارتفاع.
- استخدام جدران ذات انعكاس عالي داخل الفناء و زيادة السطوح العاكسة في الأجزاء العلوية من الفناء لزيادة الضوء المنعكس في الطوابق السفلية.
- يفضل أن تكون ألوان جدران الفناء بيضاء أو ألوان فاتحة لزيادة الانعكاس على السطح، و بالتالي لزيادة مستويات ضوء النهار على جدران الفناء.

References:

[1] US Green Building Council. *LEED v4: Daylight. Technical report*, US Green Building Council, 2003,130–134.

[2] International Energy Agency. *Luminous energy efficiency: Lighting*, 2014 http:// www.iea.org/topics/energyefficiency/lighting/, March 2014.

[3] PÁRAMO, P. *Environmental repercussions of artificial lighting*. Seguridad y Medio Ambiente, 2008, 28-112.

[4] ANDER.G.D. *Whole Building Design Guide –Daylighting.* http://www.wbdg. org/resources/daylighting.php, May 2014.

[5]PHILLIPS, D. *Daylighting: Natural Light in Architecture.* Elsevier, 2004.

[6] LOCKLEY. SW1, BRAINARD GC, CZEISLER CA. *High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light.* J Clin Endocrinol Metab, 2003, 88(9):4502-5

[7] WHITE, J. R. *Didactic daylight design for education*, University of Buffalo, UBIR, 2009. (Doctoral dissertation). Retrieved from ProQuest

[8] Edwards. Land Torcellini. P. *A literature review of the effects of natural light on building occupants.* Technical report, National Renewable Energy Laboratory,2002.

[9] IYER, U. *Daylighting in atrium spaces.* University of British Colombia, 1990.

[10] DU,J. SHARPLES,S. JOHNSON,N. *A model study of the daylight and energy performance of rooms adjoining an atrium well.* World Renewable Energy Congress, 2011.

[11] REINHART CF, ANDERSEN M. *Development and validation of a Radiance model for a translucent panel*. Energy and Buildings. Vol. 38, N°.7, 2006, 890–904.

[12] Grasshopper. *Algorithmic Modelling for Rhino.* Seattle: Robert McNeel and Associates, 2018.

[13] Hung.W.Y. *Architectural Aspects Of Atrium.* International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, VOL. 5, N°.4 ,2003, p.131-137.

[14] LIU, A., NAVVAB, M. AND JONES, J. *Geometric Shape Index for Daylight Distribution Variations in Atrium Spaces,* 16th National passive solar conference, Denver, American Solar Energy Society,1991.
[15] BAKER, N. V., FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K.A. *Daylighting in architecture: A European reference book,* London, Commission of the European Communities Directorate-General XII for Science Research and Development, James & James, 1993.
[16] SHARPLES. S & LASH. D. *Daylight in Atrium Buildings*: A Critical Review, Architectural Science Review. Vol. 50, N°.4, 2007,301-312.
[17] CALCAGNI, B., PARONCINI, M. *Daylight factor prediction in atria building designs.* Sol.Energy. Vol. 76, 2004, 669–682.
[18] ERLENDSSON, Ö. *Daylight optimization: A parametric study of atrium design.* Royal Institute of Technology KTH, Stockholm, 2014.
[19] SARATSIS, E., DOGAN, T., REINHART, C.F. *Simulation-based daylighting analysis procedure for developing urban zoning rules.* Build. Res. Inf. Vol.45, 2017, 478–491.
[20] Ferreira,T. *Daylight optimization in an office building through atrium improvements.* Lund university,2018.
[21] BEDNAR, M. *The new atrium, N*Y, McGraw-Hill, 1986.
[22] NEAL, T., J, AND SHARPLES, S. *The Influence of Well Geometry on Daylight Levels in Atria,* Cibse national lighting conference, 1992, 342 – 345.
[23] ALRADDADI, T.A. *The Effect of the Stepped Section Atrium on Daylighting Performance.* Archit. Sci. Rev. Vol .47, 2004, 303–310.
[24] Kim.G, Tai Kim.J, *Luminous impact of balcony floor at atrium spaces with different well geometries.* Building and Environment. Vol .45, N°.2, 2010, 306-310.
[25] MABB.J2001- *Modifications of atrium design to improve thermal and daylighting performance.* PhD thesis, Queensland University of Technology.
[26] LAU.B, DUAN.Z. *The Daylight Benefit Conferred Upon Adjoining Rooms by Specular Surfaces in Top-Lit Atria,* Architectural Science Review. Vol.51, N°.3, 2008 204-209.
[27] FONTOYNONT.M. *Daylight performance of building,* Earthscan, 1999, 235.
[28] YONG SUK,J. ZAMBRANO.H. *DAYLIGHTING POST-OCCUPANCY EVALUATION STUDY: Baylor University Paul L. Foster Campus for Business and Innovation.* Conference: Facade Tectonics World Congress 2018, At Los Angeles, CA.