JAUES

Journal of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 11, No. 38, January, 2016, 343-359

تأثير تكنولوجيا البناء والبيئة على الفراغ المعمارى ودورها فى تحقيق الراحة الحرارية دراسة تطبيقية لمشروع (أبراج البحر فى أبوظبى)

احمد نبيه المنشاوى

قسم الهندسة المعمارية - المعهد التكنولوجي العالى بمدينة العاشر من رمضان

ملخص البحث

يرتبط تأثير تكنولوجيا البناء على الفراغ المعماري بعدة جوانب منها الاقتصادية والاجتماعية والدينية وعناصر تكنولوجيا البناء.

التطور والتقدم التكنولوجي لعناصر تكنولوجيا البناء أثر على الفراغ المعماري من حيث التشكيل والحجم، فظهرت الفراغات الواسعة وإمكانية الامتداد والتوسع الرأسي للفراغ.

مـــــقدمـــــة

مع بداية الحضارات واستمرارها كان لكل حضارة احتياجات خاصة من الفراغ ولذلك كان لكل حضارة مفهوم معين للفراغ المعمارى والمادة المستخدمة لبنائه ،ومع اختلاف الحضارات والثقافات انعكس كل ذلك بشكل كبير على الفراغ المعمارى. وذلك لتلبيت الاحتياجات البيئية المتاحة فى كل حضارة. ويبقى الهدف من الفراغ المعمارى محافظا على وجوده على أنه الحيز الذى يضم معظم الأنشطة التى يمارسها الإنسان فى داخله مع توافر الراحة الحرارية بداخله. ويحمى الانسان من العوامل الطبيعية والمناخية التى يتعرض لها.

وتعتبر مواد البناء من أهم العناصر المستخدمة فى صنع البيئة المحيطة وأن المادة تدخل بشكل أساسي فى تركيبة الشكل الخارجى للعمارة والفراغ الداخلى على السواء. وتفتح أفاقا كبيرة فى تقديم العمارة الفائقة التقنية.

علينا فى الوقت الحالى للوصول إلى أقصى حدود الراحة الحقيقية الطبيعية للإنسان ويتمثل الدور الأساسي للمادة فى عملية الفصل بين البيئة الحيوية بكل مقومتها وطاقاتها المختلفة من ناحية وطاقة بيئة الفراغ المعمارى الداخلى من ناحية أخرى مكونة غلاف محكم.

هذا البحث يتطرق إلى دراسة العلاقة بين الفراغ المعمارى والتكنولوجيا والراحة الحرارية المتمثلة فى البيئة المحيطة وتوضيح هذه العلاقة عن طريق دراسة مفهوم الفراغ المعمارى وتطوره والعوامل المؤثرة عليه حيث يتأثر شكل الفراغ طبقا لعدة مؤثرات منها التطور التكنولوجى من حيث مواد البناء ونظم الإنشاء وأساليب التنفيذ والعوامل البيئية المتمثلة فى عوامل طبيعية وعوامل مناخية والأنظمة الحديثة الموجودة بداخله.

أهمية البحث :

تكمن أهمية البحث فى كونه يتناول إمكانية الربط بين العمارة التكنولوجية والعمارة البيئية وتأثير ذلك على الفراغ المعمارى وإمكانية تحقيق الراحة الحرارية بداخله وذلك من خلال إلقاء الضوء على تكنولوجيا البناء الحديثة ومدى تأثيره على العمارة البيئية.

المشكلة البحثية:

أن تكنولوجيا البناء علم متشعب كبير ولا يوجد الوقت الكافى ولا المرجعيات المحددة التى من خلالها يستطيع المعمارى إن يحيط بهذا العلم فى ظل وجود إضافات وتطورات تلحق بهذا العلم يوميا والتطور التكنولوجى لطرق الانشاء وتنفيذ المبانى وتطور مواد البناء، كما أن البيئة تشكل عنصر هام حيث أثرت بشكل كبير على تصميم الفراغ والوصول إلى توافق بيئى أو فراغ يتماشى مع العوامل البيئية التى تعتبر من العوامل المؤثرة على الفراغ المعمارى وتكمن الاشكالية فى البحث عن العلاقة الجدلية فى ثلاثية (المادة والطاقة والراحة) بقصد تفهم هذه العلاقة وتوظيفها لدى المهندس المعمارى من أجل رفع كفاءة تقنيات البناء ولحل الإشكاليات ودراسة مكونات الفراغ المعمارى المتأثرة بالتطور فى عناصر التكنولوجيا المعاصرة من أبعاد وعوامل بيئية وعلاقتها فى توظيف كلا من (المادة والطاقة والراحة) وهو ما يتمثل فى مجمله أشكالية الدراسة.

الهـدف من البحث:

يهدف البحث إلى اكتشاف وتحديد الملامح الرئيسية التى تحكم العلاقة الجدلية بين المادة والتى تشكل الغلاف الفاصل بين البيئة الداخلية والبيئة الخارجية. وعلاقة ذلك الفاصل بمنظومة تقنيات تكنولوجيا إنتاج المادة وتكنولوجيا البناء بما يحقق حالة من الراحة داخل الفراغات. المعمارية بأعلى كفاءة ومدى تأثير العوامل التكنولوجية والبيئية على تصميم وشكل وحجم الفراغ المعمارى حيث يظهر هذا التأثير من خلال تغير مفهوم الفراغ العمارى والتى ترتكز على شكله، مرونته، صراحة التعبير،امكانية توسعه وامتداده وتفاعله مع البيئة المحيطة.

الفرضية البحثية:

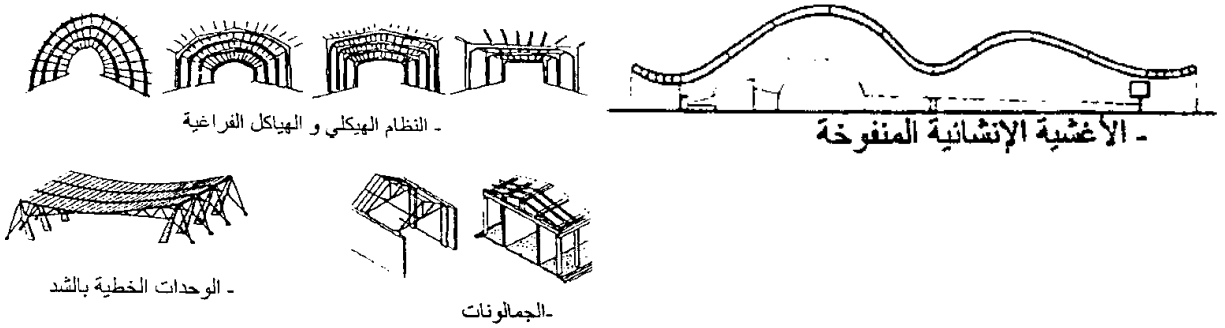
من خلال العرض السابق للمشكلة البحثية، ظهرت بعض الفرضيات التى تتطلب البحث لأثبات صحتها أو عدم صحتها مثل:

إن تاريخ تطور الفراغ المعمارى عبر مراحل الحضارة الإنسانية على الأرض كانت تتشكل من خلال المادة الطبيعية المستخدمة في البناء بكل خصائصها وبأقصى حدود إمكانيتها من خلال إستخدامها فى الغلاف الخارجى للرابط بين البيئة الداخلية والخارجية، ومع التطور التكنولوجى تم عمل كل التشكيلات المعمارية عبر التاريخ والتي نجحت في تحقيق القدر المعقول من الراحة للإنسان داخل الفراغ المعماري آنذاك.

إن تطور تكنولوجيا البناء ومادة إنشاء الأغلفة والفراغات المعمارية وأيضاً مجالات التعامل مع الطاقة فى المبانى أدى إلى تطور الفراغ وأنتجت أغلفة ذكية للفراغات المعمارية لتحقيق الراحة الحرارية للإنسان داخل الفراغ المعمارى.

١ - تأثير التكنولوجيا على شكل الفراغ

أثرت مواد البناء وأساليب الإنشاء المعاصرة على تطور فى شكل محددات الفراغ المعمارى والتى تضم الحوائط والأسقف والأرض، حيث ظهرت أشكال جديدة تتميز بالمرونة والاختلاف المتعدد فى شكل الفراغ، ويعكس هذا على اختلاف وتعدد أساليب الإنشاء ومواد البناء، فظهور النظم الإنشائية(النظام الهيكلى، الجمالونات، الهياكل الفراغية، الأغشية الإنشائية المشدودة والأغشية الإنشائية المنفوخة)شكل (1)، أحدث تغير فى أشكال الأسقف وانعكس ذلك على الفراغ المعمارى من حيث تعامله مع الطبيعة الانشائية[١] .



شكل(1) : تعدد أساليب الإنشاء فى تشكيل أشكال الأسقف للفراغ المعمارى.

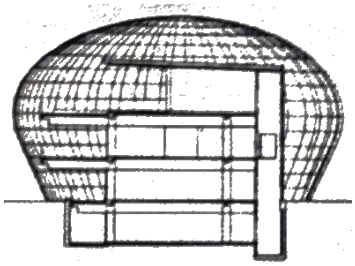
المصدر:أ.د.على رأفت ، الأبداع الإنشائى.

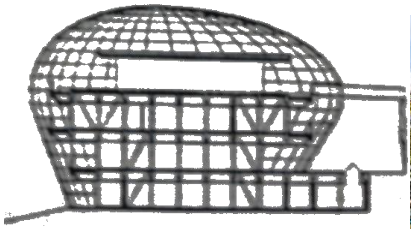
ويظهر تأثير الأسلوب الإنشائى على شكل الفراغ المعمارى فى مجموعة المشاريع شكل (2)، (3)،(4) حيث يظهر تأثير الأختلاف فى أسلوب الإنشاء وأشكال الأسقف[٢].

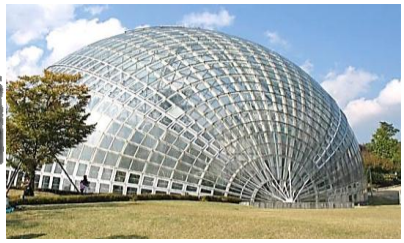
[١] - أ.د. على رأفت ،" ثلاثية الإبداع الفنى فى العمارة "، مركزابحاث انتركونسلت، 1997.

[٢]- Catherine Slssor, ECO-TECH, Thames &Hudson, 1994,p 45.

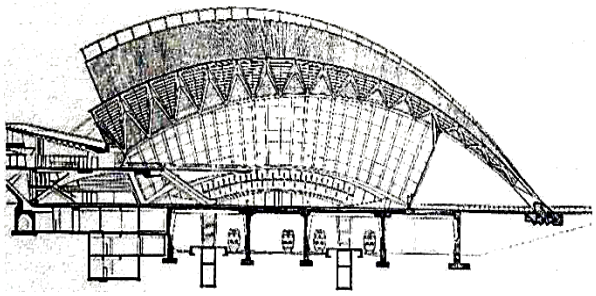
شكل(2): الانحناء والتموج فى سقف الفراغ باستخدام نظام الأغشية المشدودة.
Tomas Herzog,Germany,1996,Exhibition Hall
المصدر: Catherine Slessor, ECO-TECH.







شكل(3) : تشكيل الحوائط والأسقف بكتلة واحدة عن طريق نظام الشبكة الهيكلية من الحديد والزجاج على شكل كروى.
Museum of Fruit, Yamanashi, Japan 1996.
المصدر: Catherine Slessor, ECO-TECH.

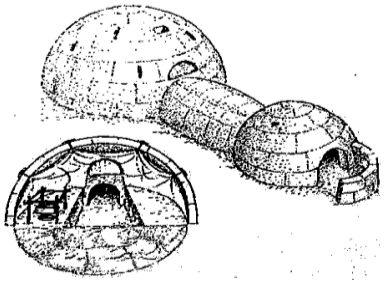


شكل(4) : تقويس ورشاقة الأسلوب الإنشائى المنعكس على سقف الفراغ باستخدام نظام الجمالونات فى الانشاء وتغطيته بقشرة رقيقة من الخرسانة، محطة قطار فى مدينة ليون بفرنسا، تصميم سنتياجو كالاترافا.
المصدر:Catherine Slessor, ECO-TECH

2- تاثير البيئة على شكل الفراغ المعمارى ومحدداته.

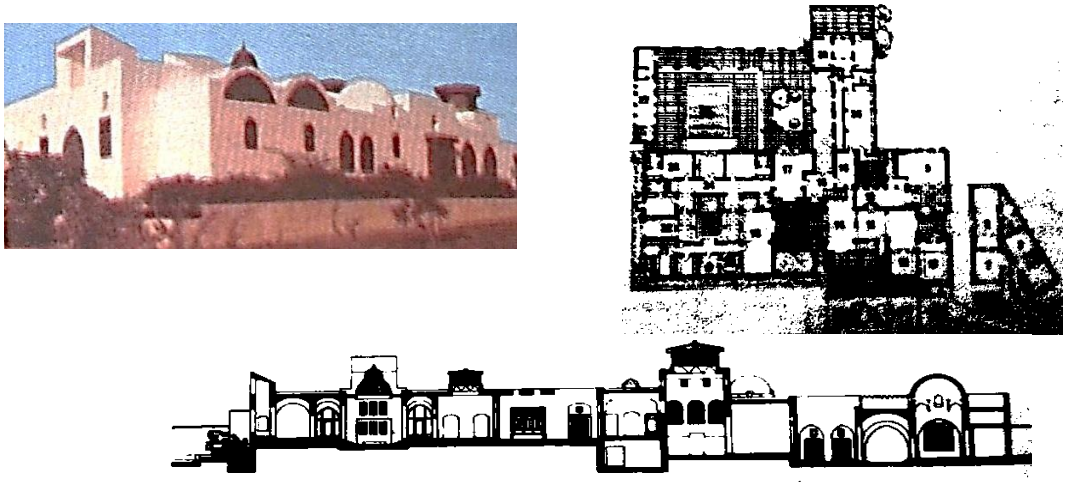
- أثرت العوامل البيئية على شكل السقف فى الفراغ المعمارى وعلى محدداته وذلك بالنسبة إلى المنطقة التى يوجد فيها الفراغ المعمارى. فالمناطق الاستوائية أخذت الشكل المائل والقباب فى معالجة السقف، بينما المناطق فى القطب الشمالى أو الجنوبى أخذت شكل نصف دائرى بسبب الثلوج، والمناطق الغربية أخذت الشكل الهرمى، كل هذه الأشكال نتيجة تأثير العوامل البيئية والمناخية كالأضاءة والأمطار والتهوية والحرارة، بالأضافة إلى تأثير أساليب الإنشاء[٣].
- ومن أهم الأمثلة على تأثر شكل السقف فى العوامل البيئية بيت الاسكيمو الذى صمم على مقاومة سقوط الثلوج وتراكمها على الأسقف،شكل(5).

[٣] - مجلة عالم البناء، "إحياء التراث التخطيطى والمعمارى"، مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، 1985 عدد54، ص 14.

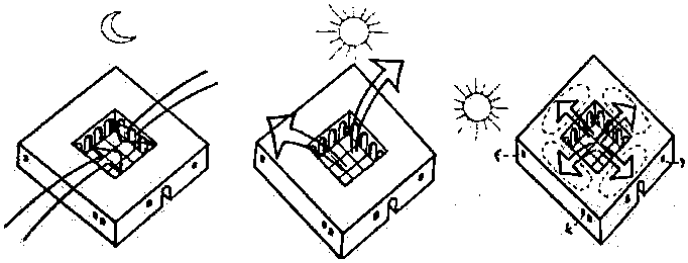


شكل(5) : تأثير البيئة على شكل السقف فى مناطق الاسكيمو.
المصدر:Building ,Climate and Energy ,p 142

- ويظهر تأثير البيئة فى قصر سليمان فى جدة حيث تم استخدام القباب والحجر فى المناطق الحارة، وذلك للتخفيف من شدة أشعة الشمس الساقطة على السقف،وعمل الملاقف فى السقف لتبريد الهواء داخل الفراغ المعمارى ، شكل(6).



شكل(6) : تأثير البيئة على شكل السقف فى المناطق الصحراوية. قصر سليمان-جدة.
المصدر: مجلة عالم البناء، عدد54،ص 16.



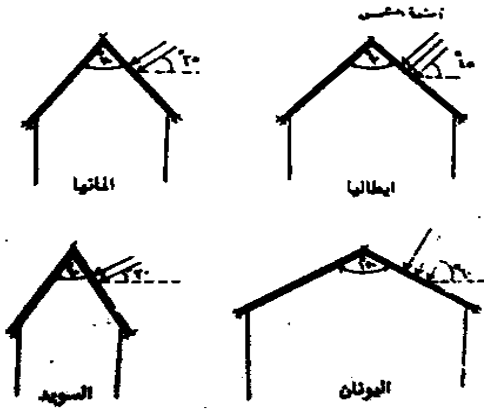
0

شكل(7) : الفناء فى العمارة الإسلامية.
المصدر: مجلة عالم البناء، عدد 207،ص 6، 1985.

وفى العمارة الإسلامية فقد تم الاستغناء عن السقف وعمل الفناء فى وسط البيت لإدخال الإضاءة إلى الغرف المحيطة بالفناء وتوفير التهوية الأزمة فى الفراغ المعمارى[٤]،شكل (7).

[٤] - مجلة عالم البناء، "إحياء التراث التخطيطى والمعمارى"، مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، 1985 عدد54، ص 14.

وفى العمارة الغربية يختلف شكل السقف طبقا لمكان البيت فى الشمال يكون الجمالونى محدبا لتفادى تكوين الجليد وفى الجنوب أصبح مسطحا،شكل(8).



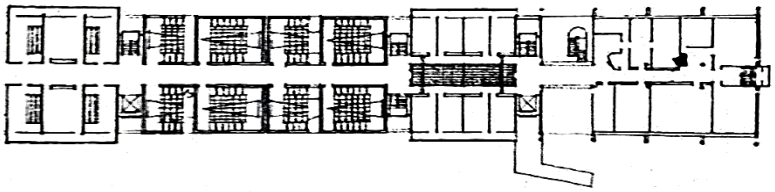
شكل(8) : شكل السقف فى العمارة الغربية وعلاقتها بزوايا سقوط الإشعاع الشمسى .
المصدر:/http://andyshowto.com

٣ - طريقة تجميع الفراغات المعمارية .

أ- تأثير التكنولوجيا على طريقة تجميع الفراغات المعمارية.

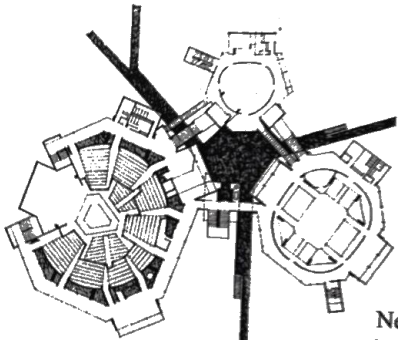
لاشك أنه مع وجود أساليب إنشائية متطورة ومواد بناء حديثة متغيرة فى الشكل والتأثير فقد تغيرت طرق ربط وتجميع الفراغات مع بعضها البعض، حيث ساعدت هذه الأساليب والنظم الإنشائية كالمنشأت الفراغية والكابلية والخيامية والنظم الهيكلية والإطارية ومواد البناء على تحقيق المرونة فى التعامل مع هذه الأساليب وتطورت طرق تجميع الفراغات المعمارية، حيث أصبح الفراغ يتغير بتغير الأسلوب الإنشائى ودمج كل الفراغات المعمارية فى فراغ واحد. واختلفت طرقs التجميع للفراغ إلى عدة طرق[٥].

- التجميع الخطى وتجمع الفراغات بجوار بعضها بصورة تكرارية حول محور ممتد. شكل(9)



شكل(9) : التجميع الخطى للفراغ المعمارى، جامعة شيفيلد، انجلترا.
Sheffield University, England, 1953
المصدر: Architecture :Form , Space & order, p205

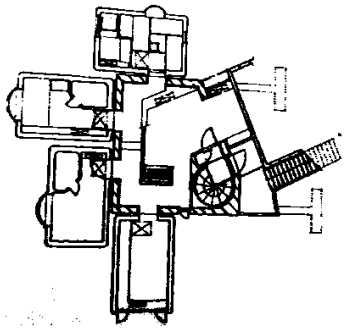
- التجميع الإشعاعي للفراغات نابعة من مركز معين وتأخذ فى الاتساع للخارج بصورة مستمرة،شكل(10).



شكل(10) : التجميع الإشعاعى للفراغ المعمارى، مسرح التمثيل الصامت، اوكلاهوم
New Mummers Theatre, Oklahoma, 1970.ا
المصدر:Architecture :Form , Space & order ,p 211

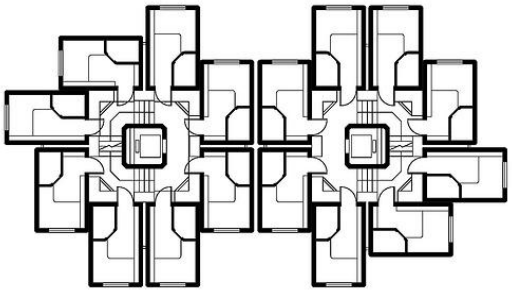
[٥]- Ching, Franicis D.K. Architecture :Form .Space & order, New York, 1979, p 210.

- التجميع العنقودى للفراغات حول فراغ مركزى تحيط به بصورة عنقودية متراكبة حول بعضها البعض[٦]،شكل(11).



شكل(11) : التجميع العنقودى للفراغ المعمارى، بيت كيرازاوا
Karizawa House, 1974
المصدر:Architecture :Form , Space & order ,p 217

- التجميع الشبكى للفراغات بصورة مكررة ومنظمة بطريقة موديولية أو شبكية مع تعدد شكل الشبكات واختلافها، شكل(12).



شكل(12) : التجميع بطريقة موديولية للفراغ المعمارى، برج ناكاجين الكبسولى
The Nakagin Capsule Tower, Tokyo, 1972
المصدر:The Story of Architecture, 210

- التجميع الكلى للفراغات فى فراغ واحد وسقف واحد. شكل(13)

شكل(13) : التجميع فراغ واحد للفراغ المعمارى،
الأستاد الأولمبى ، أثينا 2004
المصدر: مجلة البناء، عدد 171/170

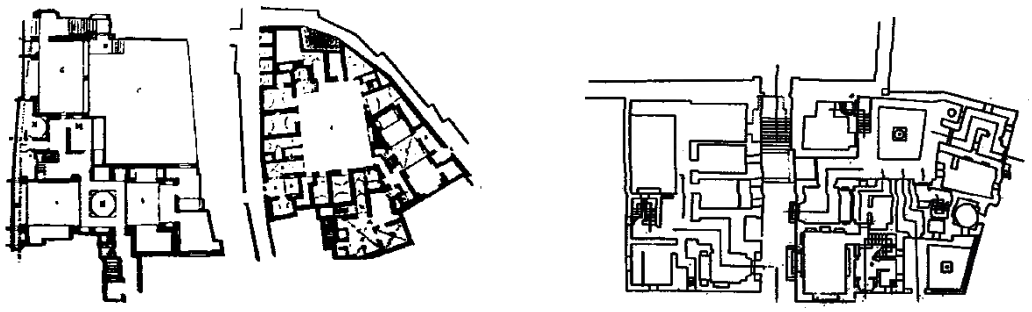
ب- تأثير البيئة على طريقة تجميع الفراغات المعمارية.

تلعب العوامل المناخية مثل الضوء والصوت دورا كبيرا في عملية التوزيع الداخلي للفراغ المعمارى ، حيث اعتمد التوزيع الداخلي للفراغات في العمارة علي تقسيم الفراغات من الناحية الصوتية إلي فراغات هادئة وفرغات صاخبة ، وايضا طريقة الفصل وطبيعة المواد تلعب دورا مهما في توزيع هذة الفراغات لتحقيق العزل الصوتى ، وطريقة إدخال الاضاءة والحصول علي الكمية الكافية لكل فراغ يؤثر علي توزيع هذة الفراغات وطرق ربطها .

وبالنسبة للعمارة الاسلامية تم توزيع الفراغات حول فناء اوسط يعطي إضاءة لكل الفراغات ويعمل علي التهوية الدائمة والمستمرة في الفراغ [٧] ،شكل(14).

---

[٦]- Ching, Franicis D.K. Architecture :Form .Space & order, New York, 1979, p 211.



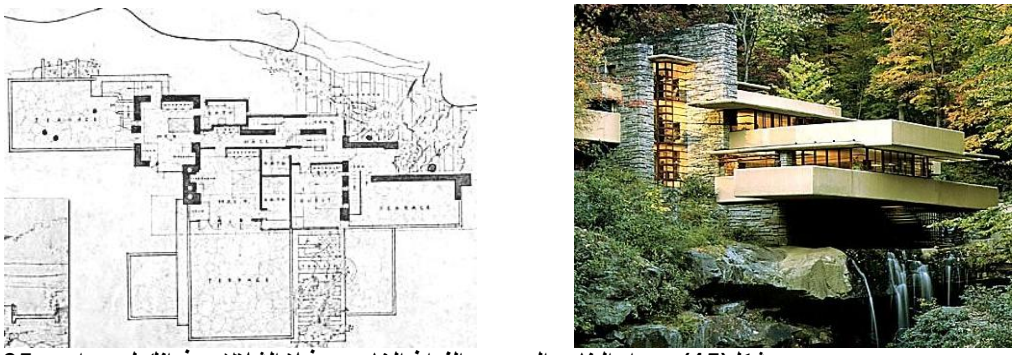
شكل(14) : تأثير البيئة على توزيع الفراغ المعمارى.

يمينا: الفراغ المعمارى فى مسكن فى العمارة الإسلامية. يسارا: منزل جمال الدين الذهبى بمصر.
المصدر: مجلة البناء، عدد 81، ص90.

٤ ـ علاقة الفراغ الداخلى مع الفراغ الخارجى .

أ- تأثير التكنولوجيا على علاقة الفراغ الداخلى مع الفراغ الخارجى.

ويظهر تأثير التطور التكنولوجى على العلاقة بين الفراغ الداخلى والفراغ الخارجى من خلال استخدام مواد البناء فى إنشاء المبنى وطبيعتها وخواصها ومدى ملاءمتها للبيئة المحيطة، فاستخدام المواد الطبيعية يزيد من الترابط بين الفراغ الداخلى والخارجى ويضعف من الحدود الفاصلة بينهما مع عدم الإخلال بخصوصية الحيز الداخلى وهيئته المعمارية، وكذلك مواد البناء التى تسمح بدخول الإضاءة الطبيعية وتعطى احساس بامتداد واستمرارية الفراغ الداخلى بتجاه الخارج والانطلاق بين الفراغات [٨] ، شكل15 .



شكل(15) : مواد البناء والدمج مع الفراغ الخارجى، فيلا الشلالات، فرانك لويد رايت، 1935.
F.L.Wright Falling Water
المصدر: http://www.cs.cornell.edu.

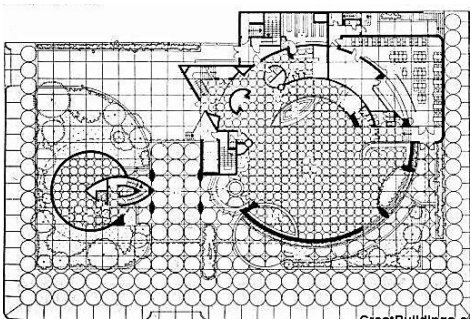
ويعتبر الأسلوب الإنشائى من أهم الأسس التى تحقق ترابط بين الفراغ الداخلى والخارجى. فقد ساعد الإنشاء على استمرارية الفراغ المعمارى كطريقة للوحدة العضوية بين الكتلة الخارجية و الفراغ الداخلى كما فى متحف Guggenheim Museum .حيث ساعد الإنشاء فى خلق الاستمرارية بين الفراغ الأوسط والفراغات التابعة، كما

---

[٧] - أ.د فؤاد أحمد الفرماوى، "تطور الفراغ المعمارى وطرق معالجة الأسطح على مدى العصور"، المؤتمر العلمى الدولى الثالث، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، ص15.

[٨] – نوبى محمد حسين، "دور مواد البناء الحديثة فى تطور الفكر المعمارى فى القرن العشرين"، مؤتمر مواد البناء العربية والتحديات الاقتصادية، القاهرة، 2000.

ساعدت الأسقف العليا الخطية المترجمة والمفتوحة إلى غمر الفراغ بالضوء الذى يوفر استمرارية علوية فى الفراغ الخارجى[٩]،شكل(16).

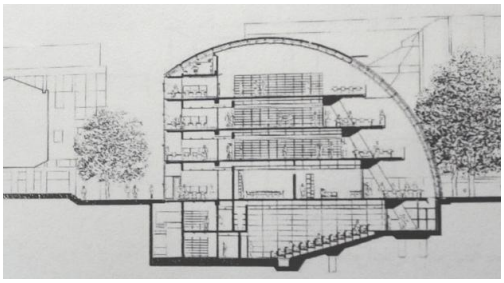


شكل(16) : الإنشاء وامتداد الفراغ الداخلى مع الخارج، متحف جوجنهام ،فرانك لويد رايت- نيويورك Guggenheim Museum F.L.Wright Falling Water

المصدر: http://www.cs.cornell.edu.

٥ - تأثير البيئة على علاقة الفراغ الداخلى مع الفراغ الخارجى.

لقد أثرت المعالجات البيئية كعمل فتحات كبيرة فى الحوائط أو فتحة فى السقف بهدف إدخال الإضاءة والتهوية إلى امتداد الفراغ المعمارى باتجاه الفراغ الخارجى، حيث تظهر استمرارية الفراغ وامتداده إلى الفراغ الخارجى عن طريق استخدام الواجهات الزجاجية الكبيرة فى الفراغ المعمارى ، كما يظهر فى مشروع كلية الحقوق فى كامبريدج، بحيث تم إدخال الإضاءة عن طريق الواجهة الزجاجية الكبيرة والتى زادت التواصل مع البيئة الخارجية والفراغ الخارجى [١٠]، شكل (17).



شكل(17) : تأثير البيئة على ربط الفراغ الداخلى بالفراغ الخارجى، كلية الحقوق، كامبريدج .

Law Faculty Cambridge University

المصدر:The Story of Architecture, 217 .

ويظهر تأثير البيئة على امتداد الفراغ واستمراريته فى المشروع الفائز فى مسابقة وزارة المياه والكهرباء فى الرياض والمشروع من تصميم شركة ASIP، حيث اعتمدت فكرة التصميم على فضاء واسع وممتد وذلك بتشكيل مظلة كبيرة توفر الإضاءة للفناء الوسطى الممتد فى المشروع[١١]، شكل (18).

---

[٩] - أ.د. على رأفت ،" ثلاثية الإبداع الفنى فى العمارة "، مركزابحاث انتركونسلت، 1997، ص 225.

[١٠] - أ.د. على رأفت،" ثلاثية الإبداع الفنى فى العمارة "، مركزابحاث انتركونسلت، 1997، ص 221.

[١١] - مجلة البناء السعودى، السنة الرابع و والعشرون ، 2004 ، عدد 171/170، ص60.

شكل(18) : امتداد الفراغ المعمارى واستمراريته الى الفراغ الخارجى. وزارة المياه والكهرباء فى الرياض.
المصدر:مجلة البناء ، عدد171/170، ص 62.

وتنتهج الدراسة التطبيقية المنهج التحليلى النظرى من خلال مناقشة وتحليل المؤثرات التكنولوجية للبناء والبيئية على الفراغ المعمارى وتأثيرها على تحقيق الراحة الحرارية فى الفراغ، ويتم ذلك ضمن دراسة المشروعات المختارة من منظور عناصر تكنولوجيا البناء والعوامل البيئية ومدى تحقيق للنقاط التقييم المتعلقة بالفراغ المعمارى، ويتبع نظام تحليل المشروعات على تجميع الحقائق والمعلومات ثم مقارنتها وتحليلها وتفسيرها للوصول إلى تعميمات مقبولة.

٦ ـ نفاذية الغلاف الخارجى للفراغ المعمارى .

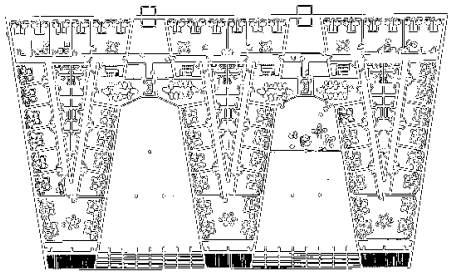
أ ـ تأثير التكنولوجيا على نفاذية الغلاف الخارجى للفراغ المعمارى.

يتغير الإحساس بدرجة النفاذية باختلاف خواص المحددات المكونة للفراغ [١٢]، فالحائط المصمت يختلف عن الحائط الزجاجى الشفاف أو نصف الشفاف، وهذه الاختلافات فى خواص محددات الفراغ يعتمد على مواد البناء المستخدمة، ويظهر تأثير التكنولوجيا على نفاذية الغلاف فى استخدم الحوائط الستائرية والمعلقة وفى نسبة استخدام الزجاج والفتحات فى الواجهة.

ب ـ تأثير البيئة على نفاذية الغلاف الخارجى للفراغ المعمارى.

العوامل البيئية والمناخية تؤثر على نسبة النفاذية فى الغلاف الخارجى، حيث إن النفاذية ليست مقتصرة على مجرد رؤية بصرية من فراغ إلى فراغ آخر فقط وإنما تعتمد على أكثر من ذلك، فحركة الهواء والتهوية وانتقال الصوت عبر الحدود الخاصة بالفراغ ونسبة تعرضه للإشعاع الشمسى والإضاءة من العوامل الهامة فى تحديد نفاذية الفراغ والتأثير عليها[١٣].

ويظهر ذلك فى مشروع Microelectronics Center حيث اعتمد التصميم على إدخال أكبر كمية من الإضاءة والتهوية، وهذا انعكس على نفاذية الفراغ من حيث ارتباط الفراغات مع بعضها ومع الفراغ الخارجى،شكل(19).



شكل(19) : تأثير البيئة على نفاذية الفراغ المعمارى، مايكروالكترونيك، نورمان فوستر.
Microelectronics Center, Foster and partners Duisburg, Germany, 1996
المصدر:. Catherine Slessor, ECO-TECH ,p 97

٧ ـ محاور تقييم المشروع التطبيقي:

اعتمدت الدراسة التطبيقية على تحليل المشروعات ومحاولة تحديد تأثير كلا من تكنولوجيا البناء والبيئة على نقاط التقيم التالية:

- **نقاط تقيم تأثير تكنولوجيا البناء على الفراغ المعمارى:**

---

[١٢]- Ching, Franicis D.K. Architecture: Form .Space & Order. Van Nostrand Reinhold Company , New York ,1979, p27 .

[١٣] - أسامة زقزوق، "دراسة تحليلية مقارنة للفراغ الداخلى فى عمارة الحداثة وما بعد الحداثة"، ماجيستير، جامعة عين شمس، 2000، ص34.

1- شكل الفراغ المعمارى ومحدداته.
2- صراحة التعبير والكتلة الخارجية للفراغ المعمارى.
3- طريقة تجميع الفراغات المعمارية.
4- علاقة الفراغ الداخلي مع الفراغ الخارجى.
5- ملائمة اختيار مواد البناء والأسلوب الإنشائي لوظيفة الفراغ المعمارى.
6- مرونة الفراغ المعمارى.
7- النسب الإنشائية والجمالية للفراغ المعمارى.

- **نقاط تقيم تأثير العوامل البيئية والمناخية على الفراغ المعمارى:**

1- شكل الفراغ المعمارى ومحدداته.
2- صراحة التعبير والكتلة الخارجية للفراغ المعمارى.
3- علاقة الفراغ الداخلي مع الفراغ الخارجى.
4- نفاذية الغلاف الخارجي للفراغ المعمارى.
5- ملائمة اختيار مواد البناء والأسلوب الإنشائي لوظيفة الفراغ المعمارى.
6- توجيه الفراغ المعمارى.
7- حجم وموقع الفتحات فى الفراغ المعمارى.
8- منسوب الفراغ المعمارى. 9- التحكم بالفراغ المعمارى وتحقيق الراحة الحرارية بداخله.

٨ - المشروع التطبيقى أبراج البحر فى أبوظبى(2013)
Al Bahar Towers, Abu Dhabi, UA

1-8 تعريف المشروع

تقع ابراج البحر فى أبوظبى بتصميم شركة Global Architecture firm Aedas،للمعمارى Peter Chipchase of Arup and Peter Oborn of Aedas ،ويشغل المشروع مساحة قدرها 56,000م2 ، حيث منحت ابراج البحر جائزة الإبتكار 2012 من مجلس المبانى الشاهقة والمساكن الحضرية فى شيكاغو حيث صممت واجهة باعتباره التفسير المعاصر لل"المشربية" الإسلامية التقليدية الخشبية وجدت في العمارة الإسلامية والعامية المستخدمة كوسيلة للتحقيق الخصوصية مع تقليل الوهج والحصول على الطاقة الشمسية،و وضعت للأبراج التى يبلغ إرتفاعها 145 متراً نظام المشربية لتظليله والتى طورها فريق التصميم الحاسوبي في إيداس. واستخدام الهندسة الوصفية لتشكيل واجهات ديناميكية، فكان الفريق قادرا على محاكاة عملها لتستجيب لتعرضها لأشعة الشمس وتغيير زوايا سقوطها خلال الأيام المختلفة من السنة ،شكل (20).

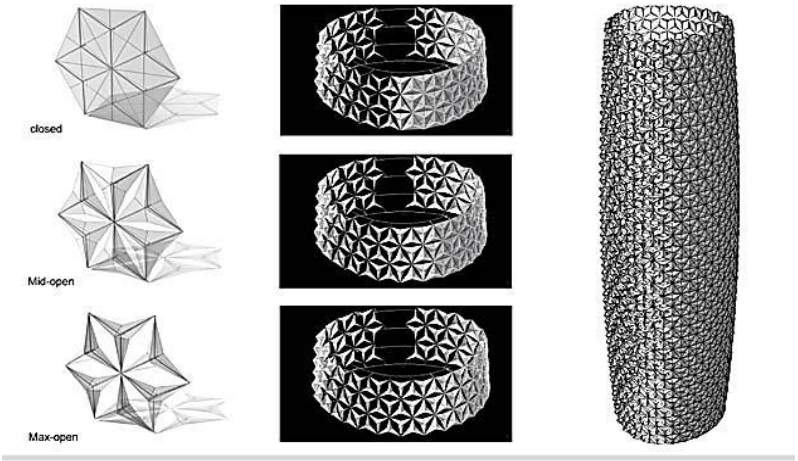
شكل(20) ابراج البحر في أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

2-8أهمية اختيار المشروع

يعتبر رمزا هاما لترشيد الطاقة والربط بين تكنولوجيا البناء والتصميم البيئى ،حيث الأستفادة القصوى من الطاقة الشمسية والتحكم فى الحرارة الشمسية المكتسبة ومقاومة العوامل البيئية من رياح و شمس و حرارة.

3-8مواد البناء

تختلف هذه الأبراج اختلاف كبير عن باقى المشاريع الأخرى ،حيث يتكون سطح المبنى الخارجى من مظلة شبكية من الألياف الزجاجية بإطار من الألومنيوم (curtain wall) مترين على إطار مستقل. وهي من مجموعة الإطارات المثلثة تشد شبكة من الألياف الزجاجية حيث يتكون الغلاف من 2000 من وحدات المظلات الآلية ،حيث تعتبر المساحة الإجمالية من الأبراج تصل حوالي 70,000 متر مربع (753,000 قدم)، والتى تمت مبرمجتها لتستجيب لحركة الشمس ... وذلك كوسيلة من الحد من إكتساب الطاقة الشمسية والوهج ،وفي المساء فأن جميع هذه الشاشات يتم إغلاقها ويتم فتح هذه الوحدات في حالة الظروف الملبدة أو الرياح الشديدة، شكل(21).



شكل(21) ابراج البحر أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

٩ - **تحليل تأثير تكنولوجيا البناء على أبراج البحر أبوظبي.**

1-9شكل الفراغ المعمارى ومحدداته

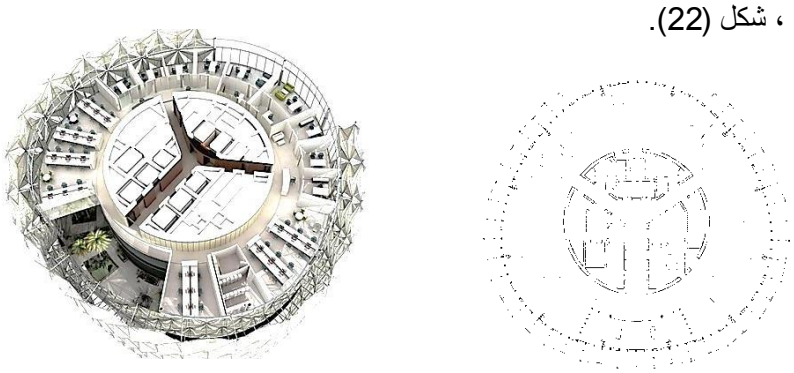
شكل الفراغ المعمارى عبارة عن دائرة ،حيث ساعد الشكل الدائرى للفراغ على تغطية المبانى من الخارج بالألياف الزجاجية للتحكم فى الأشعاع الشمسى وسهوله حركته حول المبنى لعمل الأطار الخارجى له مما أثر على شكل السقف و الحوائط .

2-9امتداد الفراغ الداخلي وعلاقته بالفراغ الخارجى

اختيار الزجاج ساعد فى الربط بين الفراغ الداخلى والفراغ الخارجى، بالأضافة الى شكل الفراغ الدائرى الذى يعكس الإحساس المحتوى الداخلى.

3-9مرونة الفراغ المعمارى

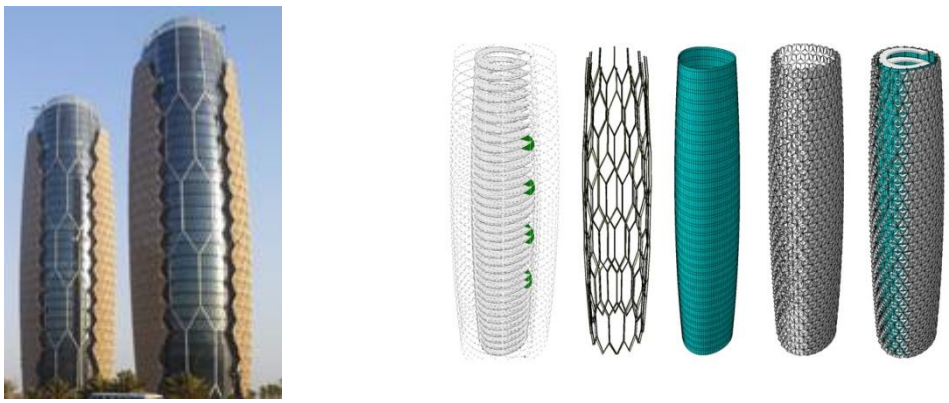
استخدام النظام الإنشائى الأشعاعى المناسب وعدم وجود الاعمدة الكبيرة فى الفراغ زاد من مرونه الفراغ المعمارى فى الحركة وخط البصر ، شكل (22).



شكل(22) مساقط افقيه لإبراج البحر في أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

4-9النسب الإنشائية والجمالية للفراغ المعمارى

كان لشكل التصميم ذو الطابع الدائرى للأبراج والارتفاع الشاهق تأثير على النسب الجمالية والإنشائية، وهذا أعطى إحساس جديد نحو النسب الجمالية والإنشائية المعروفة فى الفراغ المعمارى ، شكل (23).



شكل(23) أبراج البحر في ابوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

5-9ملائمة الفراغ المعمارى للوظيفة

وضوح علاقة التكنولوجيا بالوظيفة ومدى ملائمتها لها من خلال الغلاف الذكى للمبنى بالكامل واستخدامه فى عملية ترشيد استهلاك الطاقة، من خلال الألياف الزجاجية للتقليل من اكتساب الحرارة الشمسية والتى تمت مبرمجتها لتستجيب لحركة الشمس.

6-9طريقة تجميع الفراغات المعمارية

ساعد النظام الإنشائي على فكرة تجميع الفراغات والنشاطات فى فراغ واحد كلى، شكل (24) ويتم توزيع الفراغات الداخلية بحرية مطلقة مع ما يناسب الوظيفة.

شكل(24) ابراج البحرفي أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

10-تأثير البيئة على عناصر ومعايير التقيم الرئيسية وتحقيقها للراحة الحرارية.

1-10شكل السقف فى الفراغ المعمارى

لقد اثرت فكرة ترشيد استهلاك الطاقة و التحكم البيئى على شكل الكتلة والسقف المائل للحماية من أشعة الشمس غير المرغوب فيها ودخول الإضاءة داخل الفراغ مع توفير الطاقة ، شكل (25).

شكل(25) ابراج البحر في أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

10-2نفاذية الغلاف الخارجى للفراغ المعمارى

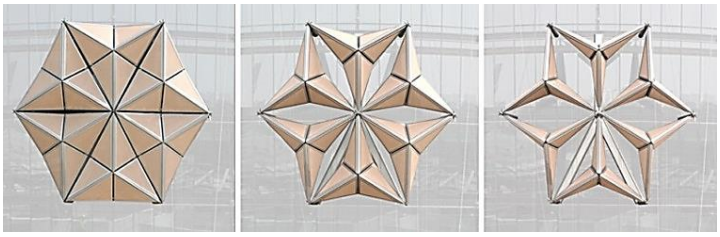
دخول الإضاءة الطبيعية إلى الفراغ المعمارى من كل الأتجاهات والأحساس بالفراغ المترابط واستخدام الألياف الزجاجية ووحدات التظليل فى ترشيد استهلاك الطاقة ونفاذية الغلاف الخارجى للفراغ.

10-3توجيه الفراغ المعمارى

وحدات التظليل المصنوعة أثرت على طريقة تقليل تـأثير الأشعاع الشمسى شديد الحرارة على توجيه الفراغ من حيث كمية الإشعاع الشمسى الساقط ومحاولة التخفيف منه.

10-4حجم وموقع الفتحات فى الفراغ المعمارى

التقليل حدة الأشعاع الشمسى الداخل للفراغ من خلال استخدام الألياف الزجاجية على شكل مشربيات، شكل (26) يتم التحكم فيها من خلال الكمبيوتر للأستفادة القصوى من الأشعاع الشمسى وتوفير اكبر قدر من الطاقة.



شكل(26) اشكال الالياف الزجاجية لإبراج البحر في أبوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

10-5الكتلة الخارجية للفراغ المعمارى

تمت معالجة الغلاف الخارجى للتقليل من تأثير قوة الأشعاع الشمسى على الكتلة الخارجية والتخفيف منه بحيث أتخذت الشكل الدائرى للمبنى.

10-6التحكم بالفراغ المعمارى والراحة الحرارية بداخله

تميز الفراغ المعمارى فى التحكم بالعوامل المناخية وتوفير احتياجته عن طريق توفير الراحة الحرارية داخله من خلال المظلات الخارجية على غلاف المبنى لتفادى الأشعاع الشمسى وترشيد استهلاك الطاقة ،فكان لنظام التحكم بالعوامل المناخية دورا فى تحقيق احتياجات الفراغ.

10-7إمتداد الفراغ المعمارى الى الفراغ الخارجى

إدخال الإضاءة باستخدام الزجاج الشفاف المعالج للحوائط زاد من بامتداد الفراغ المعمارى واستمراريته نحو الخارج.

10-8الإسلوب الإنشائى ومواد البناء للفراغ المعمارى

لقد أثرت عملية انتاج الطاقة وإدخال الأضاءة الى داخل المبنى وتوفير 50% من الطاقة المستخدمة على المادة المستخدمة للغلاف الخارجى للمبنى والعناصر الأنشائية المستخدمة، شكل (27).

شكل(27) أبراج البحر في ابوظبي
المصدر: http://www.arch-news.net/
البوابة العربية للاخبار المعمارية 2015

النتائج العامة والتوصيات:

أولآ النتـــــــائج:

نتائج الدراسة التحليلية:

يظهر تأثير عناصر تكنولوجيا البناء على الفراغ المعماري من حيث التغير في محددات الفراغ المعماري (الأرضية، السقف، الحوائط) وهذا التغير ينتج عنه اختلاف وتغير في أشكال وطبيعة عناصر ومعايير تقييم الفراغ المعماري، والتي تتمثل في:

شكل الفراغ المعماري: بتنوع نظم الإنشاء وأشكالها ومواد البناء وصفاتها، وأساليب التنفيذ ومدى تقنيتها.

ملائمة عناصر التكنولوجيا للوظيفة والغاية من الفراغ المعماري من حيث اختيار مواد البناء المناسبة وأسلوب الإنشاء الذي يحقق المساحات المطلوبة، وبطريقة التنفيذ وتناسبها مع المحددات الاقتصادية لإنشاء الفراغ.

صراحة التعبير عن الفراغ المعماري وعلاقة عناصر التكنولوجيا في التعبير عن طبيعة الفراغ المعماري وصراحة التشكيل.

مرونة الفراغ المعماري من حيث توزيع العناصر الإنشائية وطريقة ربطها مع بعضها داخل الفراغ، وطبيعة المواد المستخدمة من حيث الوزن وقوة التحمل.

طريقة تجميع الفراغات وملائمتها للأسلوب الإنشائي ومواد البناء، فبتنوع النظم الإنشائية تنوعت وتعددت طرق ربط وتجميع الفراغات.

علاقة الفراغ الداخلي مع الفراغ الخارجي وامتداده بملائمة مواد البناء للبيئة المحيطة وديناميكية الإنشاء التي تنعكس على توجيه الفراغ الداخلي باتجاه الفراغ الخارجي.

التنوع والتغير في النسب الإنشائية والجمالية داخل الفراغ المعماري وعلاقتها بمرونة الإنشاء وطبيعة مواد البناء من حيث الحجم والخواص. يظهر تأثير العوامل البيئية وتحقيق الراحة الحرارية والتوافق البيئي على الفراغ المعماري من حيث التغير في العناصر والمعايير التالية للفراغ المعماري فى:

شكل السقف للفراغ المعماري وطريقة تعامله مع العوامل البيئية الحيطة به والمؤثرة عليه كإدخال الإضاءة الطبيعية ومقاومة الأمطار والثلوج وينعكس هذا التأثير على زاوية ميلان السقف وشكله الخارجي وطبيعة مواد البناء المستخدمة في إنشائه. نفاذية الغلاف الخارجي للفراغ المعماري بالاعتماد على العوامل المناخية المحيطة به والمجال الحراري الموجود به الفراغ. توجيه الفراغ المعماري بالاتجاه الذي يحقق أفضل نتيجة لاستغلال العوامل المناخية والبيئية كإدخال الكمية الكافية من الإضاءة الطبيعية وعمل توازن حراري داخل الفراغ المعماري ومقاومة الرياح الشديدة والأمطار المعرض لها. حجم وموقع الفتحات داخل الفراغ المعماري وتوزيعها بالاعتماد على دراسات وجداول سابقة لكيفية تعاملها وعلاقتها مع العوامل البيئية كالإضاءة والتهوية والرياح.

الكتلة الخارجية للفراغ المعماري واستخدام العناصر للتعامل مع العوامل البيئية والمناخية كالملاقف الهوائية والمشربيات والفناء الداخلي في العمارة الإسلامية وكذلك دراسة تشكيل الكتل وزاوية سقوط الظل والظلال.

امتداد الفراغ المعماري الداخلي وعلاقته بالفراغ الخارجي من حيث نفاذية الغلاف الخارجي وتوفير المتطلبات البيئية لتحقيق التأقلم البيئي كالإضاءة والتهوية ودخولها من الفراغ الخارجي إلى الداخل.

التحكم بالفراغ المعماري وتحقيق احتياجاته من الطاقة وسيطرته على التوافق البيئي والتوازن الحراري داخل الفراغ من خلال أنظمة التحكم الحديثة.اختيار الأسلوب الإنشائي ومواد البناء وتقنية التنفيذ الملائمة للبيئة المحيطة بالفراغ المعماري.

منسوب الفراغ المعماري وكيفية التعامل معه في مقاومة الرطوبة الناتجة عن الأرض أو من خلال تقليل تعرض الغلاف الخارجي لأشعة الشمس في المجال الحار عن طريق دفن جزء من المبنى في الأرض.

خلاصة نتائج الدراسة التطبيقية:

نتائج نقاط تقيم تأثير تكنولوجيا البناء على الفراغ المعمارى:

تعبر النسبة العالية للتأثير الواضح لتكنولوجيا البناء ونظم الإنشاء على شكل الفراغ المعمارى عن تنوع فى أشكال الأسقف فى مشروعات الدراسة الناتج عن التنوع فى استخدام عناصرالتكنولوجيا وتطورها.

تظهر النسب التأثير الواضح لمواد البناء ونظم الإنشاء على صراحة التعبير عن الفراغ واستخدام الأشكال الصريحة فى مشروعات الدراسة بصورة واضحة.

تحقيق المرونة فى الفراغ المعمارى يعتمد على اختيار تكنولوجيا البناء المناسبة وطريقة توزيع الأعمدة فى الفراغ ولهذا يجب الاهتمام بمفهوم المرونة فى الفراغ لتمكن من اختيار النظم الإنشائية ومواد البناء.

ظهور الأنظمة التكنولوجية المعاصرة ومواد البناء سابقة التجهيز أثر بقوة على طريقة تجميع وربط الفراغات مع بعضها البعض ومرونة نظم الإنشاء ومواد البناء اظهرت طرق جديدة فى تشكيل وربط الفراغات.

ديناميكية الأسلوب الإنشائي واختيار مواد البناء فى المشاريع السابقة، أظهرت قوة العلاقة بين الفراغ الداخلى والخارجى، الا انه يغلب فى بعض الأحيان استخدام التكنولوجيا العالية على الاهتمام فى هذه العلاقة.

بظهور عناصر تكنولوجيا الحديثة والمعاصرة اختلف مفهوم النسب الإنشائية والجمالية للفراغ، ظهور النسب الجديدة يعبر عن التأثير الواضح والقوى لعناصر التكنولوجيا.

التصميم يهدف دائما إلي تحقيق المنفعة الوظيفية للفراغ والتعبير عنها بعناصر التكنولوجيا المعاصرة، وبالنسبة العالية لتأثير على ملائمة الوظيفة للفراغ تعبر عن ذلك.

نتائج نقاط تقيم تأثير عوامل البيئة على الفراغ المعمارى:

تعبر النسبة العالية لوضوح تأثير الإضاءة والإشعاع الحرارى على شكل السقف من خلال مجموعة مشروعات الدراسة، فكل مشروع إختلف فى شكل السقف حسب الغاية منه وطريقة تعامله مع العوامل البيئية.

تعتمد نفاذية الفراغ المعمارى على توفير الإضاءة الطبيعية والمحافظة على التوازن الحرارى وتحقيق الراحة الحرارية والتوافق البيئى داخل الفراغ المعمارى ويظهر لك فى النسب الناتجة عن الدراسة التحليلية لمشروعات الدراسة.

رغم التفاوت فى النسب تأثير العوامل البيئية على توجيه الفراغ المعمارى، إلا انه يلاحظ وضوح هدف توجيه المبنى لتحقيق التوافق البيئى والراحة الحرارية فى فراغات المشروعات.

تعتبر الفتحات هى عنصر الربط مابين الفراغ المعمارى والعوامل البيئية، ولهذا تظهر النسب درجة تأثير هذه العوامل على الفتحات وطريقة توزيعها بنسبة للفراغ المعمارى.

تعتبر الرطوبة والمياه الجوفية وطريقة معالجتها من اهم العوامل البيئية التى تتحكم فى تحديد منسوب الفراغ المعمارى، ويظهر هذا التأثير فى مشروعات الدراسة بالاعتماد على نتائج النسب.

الاختلاف والتنوع فى أشكال الكتل الخارجية ناتج عن كيفية التعامل مع العوامل البيئية المحيطة بالفراغ المعمارى.

رغم أن الوظيفة تلعب دورا مهما فى تحديد حجم والأمتداد العمودى والأفقى للفراغ إلا انه يتأثر الامتداد بكمية الإضاءة اللازم إدخالها ومسارات التهوية فى الفراغ وطريقة توزيع الفتحات فى كل جوانب الفراغ وتظهر الدراسة التحليلية للمشروعات هذه العلاقة ووضوح تأثيرها.

تعبرالنسب المتفاوتة عن تأثير العوامل المناخية على امتداد وعلاقة الفراغ المعمارى مع الفراغ الخارجى، ويلاحظ فى مشروعات الدراسة هذا الامتداد من خلال إدخال الأضاءة الطبيعية والتهوية.

ابتكار أنظمة وطرق استغلال العوامل البيئية بشكل جيد مثل التهوية والاشعاع الشمسى فى عملية ترشيد استهلاك الطاقة كل هذا يؤثر على التحكم بالفراغ وتحقيقالراحة الحرارية واحتياجاته. ومع وجود الأنظمة الحديثة المستخدمة فى المبانى الذكية زاد من هذا التأثير.

تعبر النسب عن تأثير الواضح للعوامل البيئة فى اختيار مواد البناء ونظام الإنشاء فى مشروعات الدراسة، حيث كان لإختيار مواد البناء يعتمد على كيفية التعامل مع العوامل البيئية وكذلك نظام الأنشائي.

ثانيا التوصيـــــــــــــات:

يوصي البحث بالاستمرار في إصدار أبحاث ترصد الأعمال المعمارية الجديدة التي تحقق الراحة الحرارية من خلال ربط التصميم البيئي بتكنولوجيا البناء فتلك الأبحاث هي التي يمكن أن تدمج علم تكنولوجيا البناء مع علم التصميم والتخطيط البيئي لأنه لا سبيل لتصميم معماري ناجح بدون دمج العلمين السابقين.

رصد هذا البحث علاقة تكنولوجيا البناء بالراحة الحرارية وهي جزء بسيط من الراحة الكلية للإنسان ولذلك يوصي البحث بتواصل الأبحاث في مجال الراحة والعمارة عن طريق التكنولوجيا المتطورة فيمكن البحث في الراحة الصحية

في الفراغ الداخلي مثلاً من خلال رصد مواد التشطيب الحديثة (كالدهانات والكسوات ومواد الديكور) والمنتجة من تطور المادة بواسطة التكنولوجيا وبيان أثر استعمالها في صحة الإنسان على المدى الطويل.
يوصي البحث بإدخال المجالات الطبية المتخصصة تفتح أفاق جديدة تربط المنتج المعماري بطبيعة التركيب البيولوجي والفسيولوجي للإنسان وتأثير المواد المكونة للفراغ المعماري والطاقة الداخلية الناتجة عن تلك المواد مثل تأثير الضوء المنبعث من أسطح الفراغ المعماري- المجالات الكهرومغناطيسية- التأثيرات الكيميائية على الجسم البشري وذلك للوصول إلى منظومة كاملة للراحة داخل الفراغات المعمارية.
يجب تحويل منهجية البحث عن الراحة الحرارية داخل الفراغ المعماري إلى مسألة تعليمية تدرس في جميع المناطق العربية لرفع قيمة النقد العلمي التطبيقي للعملية البنائية داخل المدن العربية ولكي يتنامى الوعي المعماري الأمر الذي قد يؤثر في تصحيح مسار العمران الحالي وإبراز هوية حقيقية للعمارة في الشرق الأوسط مبنية على منطق علمي واقعي وتهدف إلى راحة الإنسان في المقام الأول.
تطور طرق التعامل مع العوامل المناخية (البيئية) داخل الفراغ المعماري بتطور نظم الإنشاء ومواد البناء المستخدمة، ويظهر ارتباط عناصر التكنولوجيا الحديثة والمتاحة مع العوامل البيئية داخل الفراغ المعماري من خلال ظهور أفكار وأنظمة حديثة تخدم الفراغ المعماري وتحقيق احتياجاته، وتبرز هذه العلاقة في أفكار وأنظمة ترشيد استهلاك الطاقة.
يشبه الفراغ المعماري الكائن الحي في تغيره وتطوره، فهو غير ثابت الصورة، كما أن مفرداته تتغير نتيجة لعدة عوامل متداخلة ومتشابكة فيما بينها، وأبرز هذه العوامل الجانب التكنولوجي والجانب البيئي .
يجب ان يكون الفراغ المعماري بمثابة حصيلة مادية لتفاعل متبادل بين مطلب (عقائدي- مادي- اقتصادي) وتقنية معاصرة بكافة عناصرها الفكرية والمادية، وقد تطور الفراغ المعماري عبر العصور بتأثره بهذه الحصيلة من حيث البساطة- الضخامة- التوسع- الاهتمام بالوظيفة- وصولاً إلى الفراغات المعاصرة والحديثة.
لابد من ملائمة عناصر التكنولوجيا للوظيفة والغاية من الفراغ المعماري من حيث اختيار مواد البناء المناسبة وأسلوب الإنشاء الذي يحقق المساحات المطلوبة، وبطريقة التنفيذ وتناسبها مع المحددات الاقتصادية لإنشاء الفراغ.

أولا: المراجع العربية:

الكتب:

١. الحرستانى، م.ربيح محمد نذير، عناصر التصميم والإنشاء المعمارى، دار قابس لناشر، بيروت، 2000م.
٢. الخولى، محمد بدر الدين، المؤثرات المناخية ومادة العمارة البيئية، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2000م.
٣. رأفت، د/على ، الإبداع الفنى فى العمارة، مركز أبحاث انتركونسلت، مطابع الأهرام، الطبعة الأولى، 1997م.
٤. رأفت، د/على، الإبداع الإنشائي فى العمارة، مركز أبحاث انتركونسلت، مطابع الأهرام، 1997م.
٥. رأفت د/على ، البيئة والفراغ، مركز أبحاث انتركونسلت، مطابع دار التحرير للطبع والنشر، الطبعة الثانية، 2003م.
٦. زيتون، صلاح ، عمارة القرن العشرين، مطابع الأهرام، القاهرة ، 1992م.
٧. سالم ، عبد الرحيم ، منطق التطور المعمارى ، دار النهضة العربية للطباعة والنشر ، القاهرة 1990م.
٨. فجال، خالد، " العمارة والبيئة فى المناطق الصحراوية الحارة "، الدار الثقافية للنشر، 2002.
٩. مجموعة من الخبراء، دليل الطاقة والعمارة، جهاز تخطيط الطاقة، القاهرة، 1998م.
١٠. حماد، د/ محمد "أعلام العمارة "، الجزء الثانى لوكوربوزييه،2000م.
١١. حماد، د/ محمد "أعلام العمارة "، الجزء الثالث ميس فان دروه، 2000م.
١٢. وزيرى ، د.م.يحي ،العمارة الإسلامية والبيئة ، عالم المعرفة.
١٣. المؤتمر الأول للوحدة المركزية للمدن المستدامة و الطاقة المتجددة الطاقه الشمسية في المدن الجديدة بين النظرية و التطبيق ،بمقر جهاز مدينة طيبة الجديدة ،يونيو 2015.

ثانيا: مراجع أجنبية:

1. C. Eckel, Edwin, Building Stones and Clays, Mar 30, 2007.
2. Christopher Kieran, Hearst Tower, 2004.
3. C.S Reynolds et al Rou, Examples of the Design of Reinforced Concrete Building to 2006.
4. Glancey . Jonathan: The Story of Architecture . A Dorling Kindersly Book DK London 2000.
5. Group Arcitecture: Soler Energy in Architecture and Urban Planning . Prestel. Munich. New York
6. J. Bingham, Natural Timber Frames Homes: Building with Wood Stone Clay and Straw, Apr 16, 2007.

7. Ken Yeang, A Manual for Ecological Design, 2007.
8. Nigel Dunnett and Noel Kingsbury, Planting Green Roofs and Living Walls, May 1 , 2004.
9. Nyuk Hien Wong, Tropical Urban Heat Island: Climate, buildings and greenery, 2008.
10. Ukazoo, Intelligent Building: Design, Management and Operation, 2004, p 102.
11. Rutherford H. Platt, People and Nature in the Twenty-first Century City, (Published in Association with the Lincoln Institute of Land Policy), Sep 2006.
12. Steven Levy, The Best of Technology, 2007.
13. Milena Medineckiene, Sustainable construction taking into account the building impact on the environment, 2010.
14. Sustainable Building Technical Manual – Green building design, Construction and Operation -2009.

ثالثا: المواقع الالكترونية:

http://www.arch-news.net/ -1
http://www.cs.cornell.edu -2
http://andyshowto.com/-3