

**Enhancing the sustainable performance of the structure
in tall buildings**

Nadia Abd el Aziz Amer

Assistant lecturer at the higher institute of engineering
in shorouk city

Nesreen Fathy Abd Elsalam

Associate Professor - Architecture Department, Faculty of
Engineering in Mataria, Helwan University

Abstract:

Tall buildings are among the most energy consuming types of buildings because they drain large amounts of building and construction materials. At a time when the world tends to seek to reduce energy consumption and preserve natural resources to achieve sustainability. The architect and constructor must take into account the reduction of these quantities and deal with the modern data available. Although the structural structure is one of the most important elements in high-rise buildings, the integration between it and the concept of sustainability still does not take its right to application. And then the research found that the analysis of this point may lead to the positive integration between the structural structure and sustainability.

He highlighted the extent of the contribution and effectiveness of the structural structure to achieving sustainability in tall buildings, in light of resource depletion, environmental deterioration and the increase in construction rates for this type of buildings whose nature imposes the consumption of huge amounts of resources and energies. This is done through some points that affect the performance of the structural structure through which it can supporting the dimensions of sustainability in tall buildings.

Keywords:

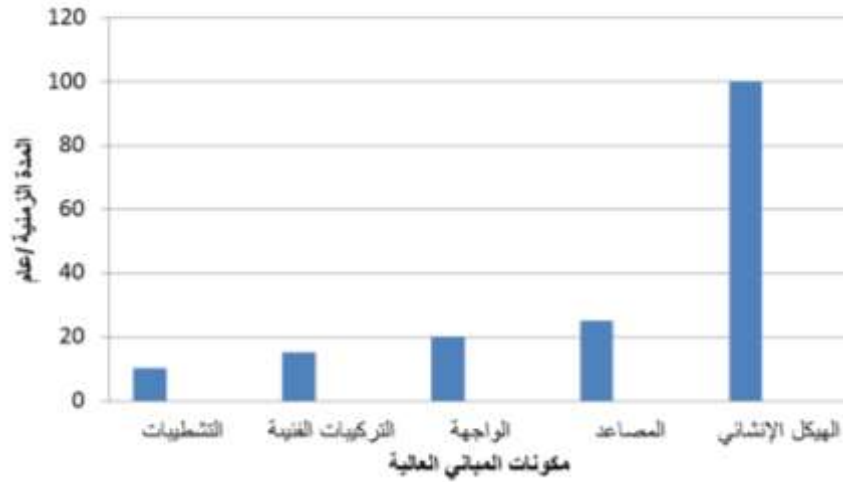
Sustainability, tall buildings, sustainable design, structural structure, sustainable structural structure, architectural formation

1- مقدمة:

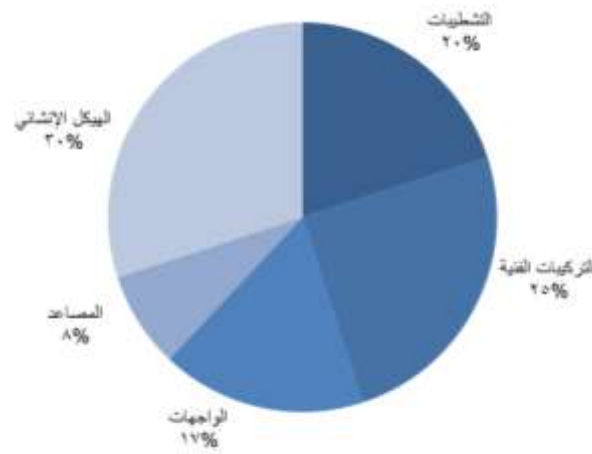
يسعى المعماريين للوصول إلي استدامة المباني وبشكل خاص المباني العالية لما تستنفذه من مواد وطاقات خلال دوره حياتها. ومن ثم ظهر بشكل كبير التعاون بين المعماريين ومهندسي الطاقة للرغبة في توفير الطاقة حتي أصبح هناك مباني قائمة بالفعل تدعمها استراتيجيات الطاقة السلبية أو النشطة أو الأثنين معاً للوصول بالمبني غلي أفضل أداء مستدام له. فحين أننا نجد غياب ملحوظ للتعاون بين المعماري والإنشائي للوصول إلي الاستدامة ونجد أن التنمية الوحيدة المتعلقة بالاستدامة الخاصة بالهيكل الإنشائي هي فقط إعادة تدوير المواد الهيكلية أو إعادة استخدام بعض العناصر الإنشائية.

حيث طرح فكر الهيكل الإنشائي المستدام للمرة الأولى عام 1999م وذلك من قبل المعماري Tzonis بان الهيكل الإنشائي يتعامل معه المعماري دون النظر لإمكانياته التي يمكن أن يقدمها لتوفير الطاقة سواء في الإنشاء أو التنمية أو كمحتوي.(1)

مما يدفعنا للبحث في كيفية استفادة المعماري من الهيكل الإنشائي بالاستغلال الأمثل له للحصول على أفضل أداء مستدام , وبشكل خاص في المباني العالية نظراً لأنه أكثر العناصر استدامة في المبني من حيث طول العمر الافتراضي له الشكل(1) وأكثر العناصر تكلفة نظراً لحجمه مقارنة بالعناصر الأخرى مثل المصاعد والواجهات و وسائل التبريد والتدفئة وغيرها من عناصر تحتاج إلي التغير من وقت لآخر الشكل (2).



الشكل (1) العمر الافتراضي للمكونات المختلفة للمباني العالية. المصدر بتصريف : Sustainable tall building : integration of sustainable structure with in the architecture design of a tall building



الشكل (2) التكلفة الإنشائية للمكونات المختلفة للمباني العالية المصدر بتصريف : Sustainable tall building : integration of sustainable structure with in the architecture design of a tall building

2-عناصر الهيكل الإنشائي المستدام:

تفرض المباني العالية على الهيكل الإنشائي طبيعة خاصة ومعقدة ، لذلك يصعب إلي حداً كبير قياس أداءه المستدام نظراً لتعدد وتشعب مفرداته التي من الممكن أن يكون لكل منهما تأثير واضح في تعزيز أداءه المستدام. فنجد هناك ثلاث محددات رئيسية يمكن من خلالها قياس مدى استدامة الهيكل الإنشائي، وهي الكفاءة (Efficiency) والاقتصاد (Economy) والطاقة (Energy) وهو ما يعرف ب (Triple E) فكلما زادت كفاءة الممتلئة في وزن المواد، تعدد الاستخدام، سبق التصنيع، المقياس، المتانة. وقل تكلفته الممتلئة في الراحة البشرية، البرنامج، الإنشاء، دوره حياة، وقل استهلاكه للطاقة كلما دعم وساهم في استدامة المباني العالية.(2)

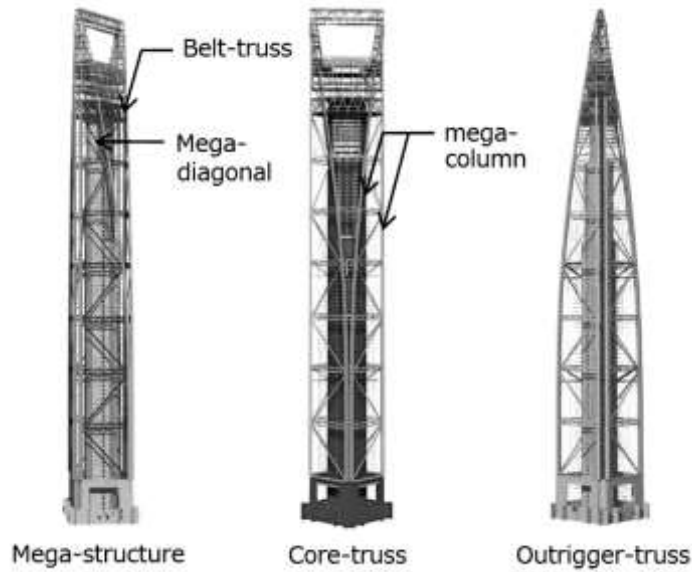
ولكي يستطيع المعماري تحقيق المعادلة بين المحددات الثلاثة سابقة الذكر عند تصميم المباني العالية للحصول على هيكل إنشائي مستدام يساهم بدور فعال للحصول على مبني عالي مستدام فيجب عليه مراعاة العناصر التالية ووضعها في الاعتبار عند جميع مراحل العملية التصميمية:

(1/2) - صغر العناصر:

النظام الإنشائي المستدام يهدف إلي تقليل وزن الإنشاء وبالتالي تقليل وقت الإنشاء مع الحفاظ على الكفاءة العالية للنظام فعندما يزداد ارتفاع المبني يزداد كفاءه النظام الإنشائي فكلما قل المقياس مع زياده الكفاءة الإنشائية يكون النظام الإنشائي أكثر استدامة. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق زيادة عدد العناصر الأساسية للهيكل الإنشائي الممتلئة في الأعمدة والكمرات وغيرها من العناصر مع تقليل حجم كلاً منهم، أو من خلال الجمع بين العديد من العناصر الهيكلية في عنصر واحد متعدد الوظائف.(1)

(2/2)- تكامل التشكيل المعماري:

مع ظهور التطورات للنظم الهيكلية وبناء الواجهات فضلا عن الابتكارات المتزايدة في التقنيات الرقمية التي تمكن المعماريين الآن من تصميم مباني ذات أشكال غير تقليدية وغير متعامدة، أصبح من الضروري للحصول على أفضل أداء مستدام للهيكل الإنشائي حيث يتكامل بشكل كبير - إن لم يكن كلياً- مع الشكل المعماري. فتكامل الشكل الهيكلية مع الشكل المعماري يلعب دوراً هاماً في الكفاءة الجمالية للمبنى بحيث يكون عناصر الهيكل الإنشائية أيضاً مواكبة لجمال الشكل المعماري ليصبح الهيكل الإنشائي هو المكون الأساسي للشكل المعماري مما يعكس ذلك على التصميم الداخلي للمبنى بشكل كبير، كما أن هذا التكامل له مردود قوي من الناحية الاقتصادية نظراً لتجنب استنزاف مواد وطاقت للحصول على الشكل المعماري بعد الانتهاء من وضع وتحديد الهيكل الإنشائي، إضافة إلى زياده الكفاءة الهيكلية للمبنى نظراً للتعامل مع الهيكل الكلي دون الفصل الشكل(3). (3)

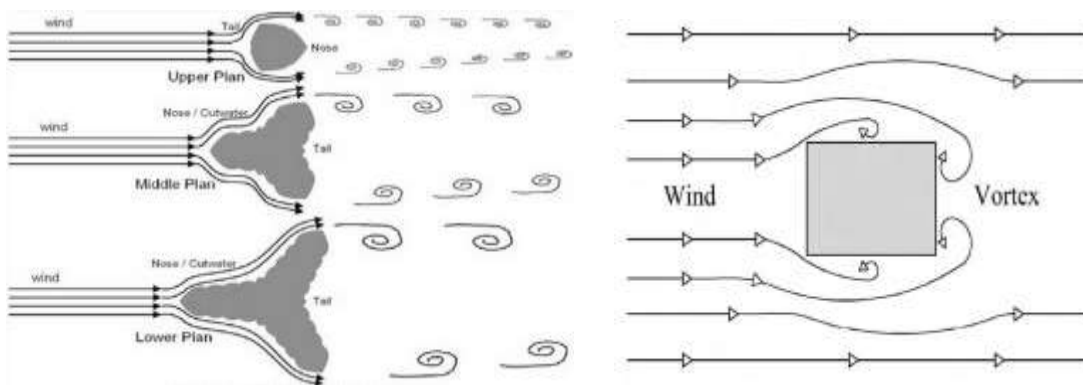


الشكل(3) تكامل الشكل الهيكلية مع الشكل المعماري مبني مركز شنغهاي المالي العالمي المصدر: Integration of Architectural Design with Structural Form in Non-Orthogonal High-Rise Buildings

(3/2)- التعديل الكلي والجزئي بالهيكل:

خلال القرنين التاسع عشر والعشرين صممت المباني عالية الارتفاع بنمط سائد في شكل مربع إلا أن الأشكال المعمارية قد شهدت تغيرات جذرية في النصف الثاني من القرن العشرين بسبب الرغبة في الحصول على مباني رمزية (Icon Building) في المدن النامية بشكل خاص ، ومع نهايات ثمانينيات القرن العشرين وخاصة فتره بدايات القرن الحادي والعشرين ظهرت العديد من الأشكال الغير تقليدية وغير المتعامدة مثل الأسطواني والمنحني والأشكال الهوائية وهي ما تعرف باسم الأيروديناميكي (Aerodynamic Building) وغيرها من الأشكال المستحدثة في جميع أنحاء الشرق الأوسط والمدن الآسيوية والتي هي الآن قادة صناعة البناء في المباني العالية.(3)

فشكل المبني في المباني ذات الهيكل الإنشائي المستدام يتميز بأنه غير متعامد وغير تقليدي- الشكل التقليدي يقصد به مربع أو مستطيل ذات أسطح وقمة مستوية- نظراً لأن الأشكال المتعامدة ينتج عنها زيادة الأحمال الجانبية والدوامات الهوائية الناتجة عن الرياح وبالتالي يتطلب قطاعات هيكلية أكبر أو إضافة عناصر هيكلية مثل عناصر امتصاص الصدمات (Damping device) مما ينتج عنها استنزاف للموارد والطاقات لزيادة كفاءه الهيكل الشكل(4).



الشكل (4) مسار الرياح للأبكال المتعامدة للمباني مقترنة بمسار الرياح بمبني أيرودينامك (برج خليفة بدبي) المصدر بتصريف: : Tall Building Structure System and Aerodynamic form, Mehmet Halis Gunel and Huseyin Emre Ilgin , Routledge, New York,2014.

لذلك يفضل استخدام الأشكال الغير متعامدة والأيروديناميكية للحصول على أداء مستدام أفضل للهيكل الإنشائي ويكون ذلك بإضافة بعض التعديلات الهندسية للشكل التقليدي للمبني ، وتنقسم هذه التعديلات إلي نوعين وهو التعديل الشامل وهو ما يسمى ب(Macro modifications) مثل إضافة الفتحات والتناقص Tapering والانحناء Curvilinear form والالتواء Twisting والتدرج setback كما بالشكل (5) ، أما التعديل الجزئي (Micro modifications) وهو خاص بأركان المبني مثل الأركان الدائرية Corner Roundness والدخول Recession والقص Cut وفتح الأركان Corner Slot كما بالشكل(4).(6).



الشكل (5) التعديل الكلي لشكل المباني العالية المصدر بتصريف : Tall Building Structure System and Aerodynamic form, Mehmet Halis Gunel and Huseyin Emre Ilgin , Routledge, New York,2014.



الشكل (6) التعديل الجزئي لشكل المباني العالية المصدر بتصريف : Tall Building Structure System and Aerodynamic form, Mehmet Halis Gunel and Huseyin Emre Ilgin , Routledge, New York,2014.

حيث أن التعديلات الشاملة (Macro modifications) يمكنها أن تقلل من أحمال الرياح بنسبة تتراوح من 35% - 60% من الأحمال الجانبية الواقعة على المبني، بينما تساهم التعديلات الجزئية في خفض الأحمال الجانبية الناتجة عن الرياح بنسبة تتراوح من 13% - 25% والجدير بالذكر أن هذه التعديلات قد تحدث تأثير أعلى أو أقل من ناحية خفض الأحمال طبقاً لارتفاع المبني والشكل ومنطقة تواجد ذلك يجب إجراء تجارب نفق الرياح (wind tunnel test) لكل مبني عالي قيد التصميم. (5)

(4/2)- اختيار مواد الإنشاء:

وتعتبر المواد الإنشائية المستخدمة للمباني العالية هي الحديد والخرسانة، أما كلاً منهما بشكل منفصل -المبني بكامل حديد فقط أو خرسانة فقط- أو مباني مركبة تتكون من قطاعات تحتوي على المادتين معاً. المباني العالية بحاجة إلى نظم وعناصر إنشائية أكثر تعقيداً مقارنة بالمباني المنخفضة لذلك يعد اختيار مواد الإنشاء أمر معقد حيث أن الاستدامة في الهيكل الإنشائي المستدام بالنسبة للمواد لا تعتمد على الكميات فقط ولكن أيضاً خصائص تلك المواد.

ويعد أهم هذه الخصائص والتي لها دوراً فعالاً في المباني العالية هي وزن المادة ، فكلما قل وزن المادة كلما انخفضت الأحمال الميتة الواقعة عليه مما ينعكس على خفض التكلفة الناتجة عن استنزاف طاقات لتصنيع المواد والنقل وغيرها، كما يساعد على خفض الوزن الكلي للمبني مما يزيد من مرونة ومقاومة للأحمال الجانبية الواقعة عليه ومن أمثلة المواد التي تساعد على خفض وزن المبني بدائل الركام ومنها الخرسانة الرغوية Foam Concrete الشكل (7) و خرسانة الستايروفوم Styrofoam الشكل (8) وإيضاً بدائل الحديد مثل خرسانة الألياف الكربونية Carbon Fiber Concrete و خرسانة النانو الكربونية Carbon Nanotube (CNT) وغيرها من بدائل. (6)

فالمواد الهيكلية تستنزف كميات هائلة من الطاقة والموارد على مدار دورة حياة المبني ، على سبيل المثال الخرسانة تستهلك طاقة هائلة في عملية التصنيع ونلاحظ أن 95% من هذه الطاقة تستخدم في معالجة الأسمنت وبالتالي يجب استخدام مواد بديلة يمكن أن تقوم محل الأسمنت في تركيب الخرسانة تعمل على خفض نسبة الطاقة المستخدمة في إنتاجها وهو ما يقوم به العلم حالياً من تقدم تكنولوجي واستخدام تقنيات ومواد بديلة جديدة لذلك يجب مواكبة العلم في اختيار المواد البديلة التي تحافظ على الموارد الحالية وتستهلك طاقات أقل على مدار دورة حياة هذه المواد، كما أن استخدام مواد محلية يساعد بشكل كبير في الحد من استهلاك الطاقات لمواد البناء الناتجة عن النقل. (1)



الشكل (8) خرسانة الستاير وفوم

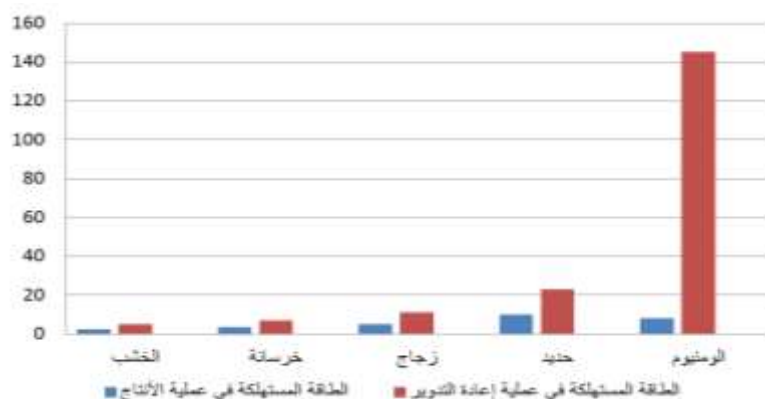


الشكل (7) الخرسانة الرغوية

وإيضاً استخدام مواد تساعد على تحسين أداء المواد الإنشائية: مثل أسمنت الجيوبوليمر Geopolymer من أحد مشتقات الألوموسيليكات مثل الميتاكولاز وكاشف قلوي مثل سيليكات الصوديوم ومياه، ويمكن أن يتصلب في درجة حرارة الغرفة حيث تصل إلى قوة ضاغطة قدرها 20 ميغا بكسل بعد 4 ساعات فقط ويصل إلى صلابة الإسمنت التقليدي خلال 24 ساعة، كما يعمل على خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من 60% - 80% عن الإسمنت التقليدي. (6)

كذلك النانو سيلكا Nano Silica فعند إضافة النانو سيلكا إلى المزيج الخرساني يعمل على خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الخرسانة إضافة إلى زيادة صلابة الخرسانة ، إضافة 3% من النانو سيلكا تعزز قيمة قوة الضغط مقارنة بالخرسانة التقليدية خلال 28 يوماً وزيادة قوة الضغط والانحناء عن المونة الأسمنتية العادية بنسبة تتراوح من 10 % إلى 25% وغيرها من مواد يمكن تساهم في زيادة كفاءة المواد. (7)

كما يجب عند اختيار المواد مراعاة القدرة على إعادة التصنيع والطاقة المجددة للمادة ضرورية في تحديد استدامة مواد الهيكل الإنشائي، على سبيل المثال الخرسانة الطاقة المجددة لها سواء في حالة استخراج المواد الطبيعية أو إعادة التدوير أقل من الحديد في مرحلة الاستخراج وإعادة التدوير أيضاً الشكل (9)، على الرغم من قابلية الحديد لإعادة التدوير أعلى مقارنة بالخرسانة لذلك نلاحظ زيادة الاعتماد على الخرسانة في إنشاء المباني العالية. (1)



الشكل (9) الطاقة المستهلكة لإنتاج وإعادة تدوير بعض مواد البناء المصدر بتصريف : Sustainable tall building
integration of sustainable structure with in the architecture design of a tall building

(5/2) - التوظيف السالب للهيكل الإنشائي:

من أبرز العناصر التي تعكس أهمية مردود التصميم البيئي من قبل المعماري للهيكل الإنشائي الذي يهدف الأستدامة حيث يمكن للتشكيل الهيكلي للمبني أن يقوم بدور فعال في الحفاظ على الطاقة عن طريق التصميم والاختيار المناسب لمواقع العناصر الهيكلية والنظام الإنشائي وأبعاد العناصر وغيرها من مفردات الهيكل الإنشائي بهدف تحقيق الراحة الحرارية بالنظم السالبة من

حجب الأشعة الشمسية المباشرة وتوفير الظلال وغيرها ومن أشهر المباني العالية اعتماداً كلياً في الراحة الحرارية علي النظم السالبة مبني The Met في تايلند حيث تم الاعتماد علي حواء القص في توجيه الرياح للفراغات المعمارية المختلفة إضافة الى قيام Wind Bracing المتواجدة كل 5 طوابق بدور الأفضية الداخلية فوضعت بها الحدائق الداخلية والمساح لتطيف وتنقية الهواء وطل عليها شرفات الفراغات الداخلية وحصل المبني علي جائزة Green Good Design Award بالولايات المتحدة الأمريكية عام 2011 م كما حصل علي جائزة الأغاخان عام 2013 م الشكل (10). (1). (8)



الشكل (10) استخدام حوائط القص للحصول على الراحة الحرارية بالنظم السالبة بمبنى The Met بنيانلاند المصدر: <https://www.detail-online.com/article/tall-structures-with-high-aims-16476>

(6/2)- التوظيف النشط:

يعني أنتاج الطاقة في موقع المباني العالية بواسطة نظم الإنتاج النشط للطاقة (Active System) سواء كانت طاقة شمسية أو طاقة رياح أو طاقة باطن الأرض. وتعتبر المباني العالية توفر فرص جيدة لإنتاج الطاقات المتجددة، فهي توفر أساسات ضخمة وعميقة في باطن الأرض مما يتيح الاستفادة من طاقات باطن الأرض واستخدامها في خدمات المبني .

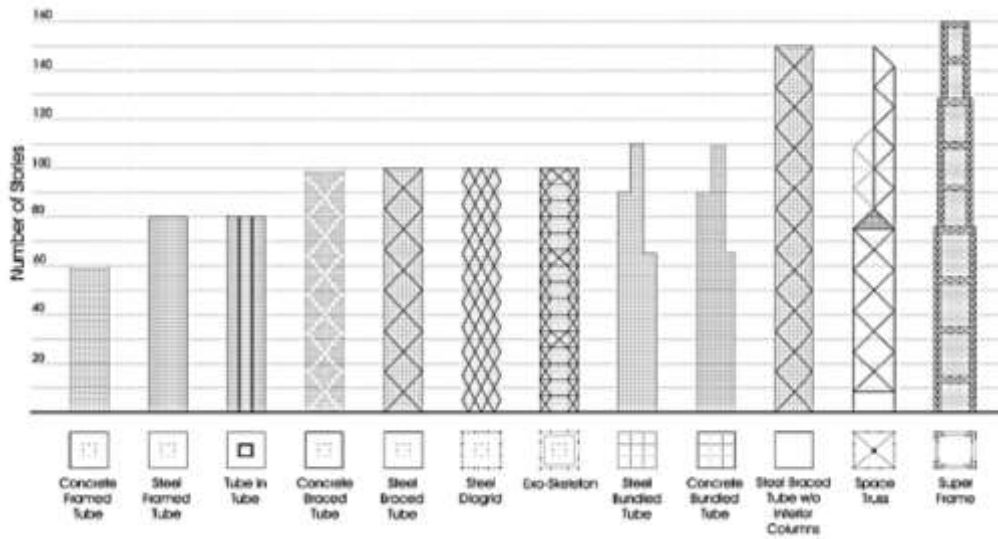
كما أنها بسبب ارتفاعاتها الشاهقة تكون سرعة الرياح زائده بشكل كبير لذلك تكون توربينات الرياح أكثر كفاءة في إنتاج الطاقة عند دمجها مع الهيكل الإنشائي للمباني العالية مثل مبني التجارة العالمي بالبحرين تم الاستعانة بأرفاع المبني لإضافة توربينات هوائية على ارتفاعات مختلفة هذه التوربينات تكلفتها لا تتعدى 3% من تكلفة المبني ولكنها تساهم ب 11%-15% من كمية الطاقة المستهلكة في المبني سنوياً الشكل (11). (5)



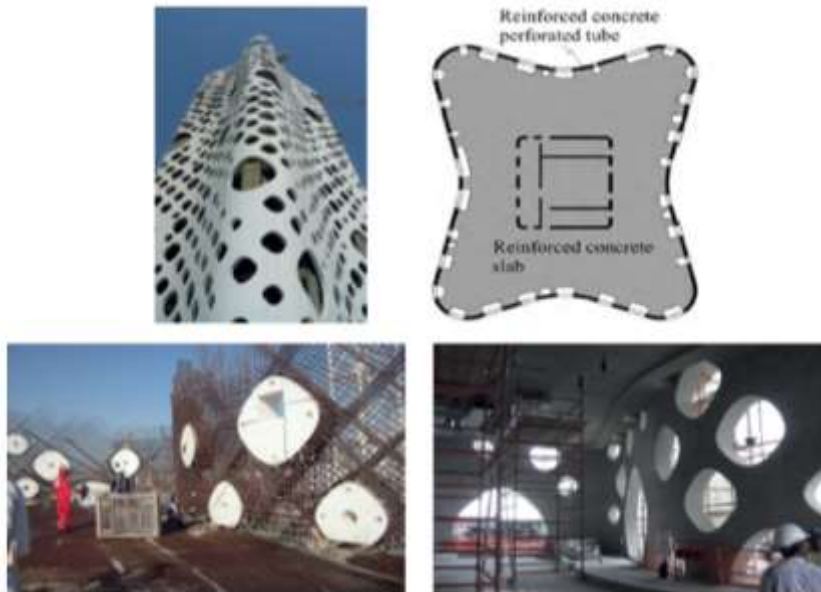
الشكل (11) مبني التجارة العالمي بالبحرين المصدر : <http://www.bahrainwtc.com/gallery>

(7/2) - تعدد الاستخدامات:

تهدف المباني العالية المستدامة لأمكانية تعدد الاستخدام وإعادة الاستخدام للمبني نظراً لأرتفاع تكلفة الإنشاء مما يجعل هدمها بهدف إنشاء مبني ذات وظيفة مختلفة يشكل إهدار للطاقات والموارد لذلك يفضل تصميم مساقط أفقية مفتوحة وهو مايجب أن يقوم به الهيكل الإنشائي فيجب اختيار النظم الإنشائية الخارجية المستخدمة في المحيط الخارجي للمبني التي تقوم بحماية المبني وتكون هي المسؤولة بشكل أساسي في مقاومة الأحمال الجانبية الواقعة على المبني مما يساعد في الحصول على مسقط أفقي حر الشكل (12) مثل مبني O14 بدبي الشكل (13). (9)



الشكل (12) النظم الإنشائية الخارجية تصنيف Moon عام 2007م المصدر
 ‘ Mir M. Ali & Kyoung Sun Moon: Buildings: Current Trends and Future Prospects,
 University of Sydney, 13 June 2007



الشكل (13) مثال لنظام Concrete Diagrid مبني O-14 دبي عام 2010م. المصدر:
 Tall Building Structure System and Aerodynamic form, Mehmet Halis Gunel and Huseyin Emre Ilgin , Routledge,
 New York,2014.

(8/2) - التكامل الوظيفي:

يمكن التكامل الوظيفي للهيكل الإنشائي في القيام بأكثر من دور في العملية التصميمية ليس فقط الدور الإنشائي مثل استخدام المواد الهيكلية والعناصر الإنشائية لتحقيق الأداء الأمثل في السيطرة على البيئة الداخلية للمباني العالية بدون تكاليف إضافية ، كذلك دمج الواجهة الخارجية مع الواجهة الداخلية، وأيضا استخدام الأعمدة الأنبوبية Hollow tubular structural columns في استيعاب آثار الرياح والسيطرة على درجة الحرارة الداخلية للمبني، أو تصميم الهيكل بحيث يتم دمجها مع أحد استراتيجيات الطاقة وغيرها من وظائف إضافية يمكن أن يقوم بها الهيكل الإنشائي خلاف وظيفته الإنشائية الأساسية. (2)

(9/2) - تقنيات البناء الحديثة:

يعد استخدام تقنيات البناء الحديثة في عملية إنشاء الهيكل الإنشائي للمبني من أحد أهم عناصر الهيكل الإنشائي المستدام حيث يتم الاعتماد علي سبق التصنيع أو سبق التجهيز وغيرها من تقنيات يساعد علي خفض الزمن الكلي للإنشاء مما يساهم في توفير العمالة وخفض الطاقات المستهلكة في عملية البناء. (1)

(3) – التطبيقات للمشروعات العالمية:

تم اختيار مجموعة من المشروعات العالمية لتحليلها وفقاً لنقاط التأثير سابقة الذكر لرصد مدي تحققها ومعدل مساهمة الهيكل الإنشائي في تحقيق الاستدامة من خلالها حيث يتم اختيار المشروعات وفقاً للمعايير التالية:

- أن تكون المشروعات المعيارية الحاصلة علي شهادات عالمية في مجال الاستدامة .
- أن تكون مشروعات من بيئات وظروف إنشائية واقتصادية مختلفة.
- اختيار مشروعات ذات نظم إنشائية مختلفة قدر المستطاع.
- التنوع في المشروعات من حيث الشكل والوظيفة.
- أن تكون قائمة بالفعل وليس في مرحلة التنفيذ.
- أن يكون قد إنشاء خلال العشريون عام الماضية.

وتم اختيار عدد 6 مشروعات معمارية بما يتفق مع المعايير السابقة وبما يحقق أهداف الدراسة وهي كما يلي:

- 1- مبني سكني "Bosco Verticale Torre" ميلان- إيطاليا
- 2- مبني إداري "Manitoba Hydro Place" ووينج- كندا.
- 3- مبني سكني "Strata SE1" لندن- بريطانيا.
- 4- مبني اداري "PNC Plaza Tower" بنسلفنيا- الولايات المتحدة الأمريكية .
- 5- مبني اداري " Hearst Tower " نيويورك -الولايات المتحدة الأمريكية.
- 6- مبني متعدد الاستخدام "10 Hudson Yard" نيويورك -الولايات المتحدة الأمريكية.

وتناول البحث تحليلها طبقاً لنقاط التأثير السابقة (صغر العناصر -تكامل التشكيل المعماري-التعديل الكلي والجزئي-مواد محلية -مواد بديلة -التوظيف السالب - التوظيف النشط- خفض الطاقة المجسدة- قابلية التدوير-تعدد الاستخدامات -التكامل الوظيفي- تقنيات البناء الحديثة) لكل مشروع من عينة الدراسة .

(1/3)- مبني Bosco Verticale Torre D:

مبني سكني أنشاء عام 2014 بميلانو -إيطاليا ، ارتفاعه المعماري 85م بأجمالي 19 طابق ،حاصل علي تقييم LEED GOLD كما حصل علي جائزة أفضل مبني عالي في أوربا من منظمة CTUBH أستخدم نظام البلاطات المستوية flatslap غير مدعم من الأركان إضافة إلي core من الحوائط الخرسانية وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (10)



الشكل (14) مبني Bosco Verticale Torre D بايطاليا المصدر :
vertical torre D, <http://www.skyscrapercenter.com/building/bosco-verticale-torre-d/13616>

(2/3)- مبني Manitoba Hydro Place

مبني سكني /إداري أنشاء عام 2008 بويستنج -كندا، ارتفاعه المعماري 114.9 م بأجمالي 22 طابق، حاصل علي تقييم 2012 LEED Platinum كما حصل علي جائزة أفضل مبني عالي في أمريكا من منظمة CTUBH. استخدمت الأطارات الخرسانية (Frame System) كنظام إنشائي أساسي، إضافة إلي core خرساني للمنطقة الخدمية بالمبني، جميع البلاطات بالمبني صممت بنظام البلاطات المرفوعة (Raised Floor) وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (11)



الشكل (15) مبني Manitoba Hydro Place بكندا المصدر: Manitoba Hydro Place, <http://www.skyscrapercenter.com/building/manitoba-hydro-place/9086>

(3/3)- مبني Strata SE1 Tower

مبني سكني أنشاء عام 2010 بلندن-بريطانيا، ارتفاعه المعماري 149.9 م بأجمالي 43 طابق، حاصل علي جائزة The Green Apple 2011 كما حصل علي جائزة City of London Sustainable City for Sustainable Building 2011، أعتد المبني علي Shear Wall Framed System ويحتوي النظام علي الأطارات الثابتة Rigid Frame خرساني بالإضافة إلي Shear wall في منطقة الخدمات وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (5)



الشكل (16) مبني Strata SE1 Tower ببريطانيا المصدر , Strata <http://www.skyscrapercenter.com/building/strata/4131>

(4/3)- مبني PNC PLAZA TOWER

مبني إداري أنشاء عام 2015 بويستنج -أميركا، ارتفاعه المعماري 166 م بأجمالي 33 طابق، حاصل علي تقييم LEED Platinum 2016 كما حصل علي جائزة أفضل مبني عالي في بأمريكا من منظمة CTUBH 2016. استخدمت الأطارات الخرسانية (Frame System) كنظام إنشائي أساسي، إضافة إلي core خرساني للمنطقة الخدمية بالمبني، جميع البلاطات بالمبني صممت بنظام البلاطات المرفوعة (Raised Floor) وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (12)



الشكل (17) مبني PNC PLAZA TOWER بأمريكا المصدر
The Tower at pnc plaza, <http://www.skyscrapercenter.com/building/the-tower-at-pnc-plaza/14069>

(5/3)- مبني Hearst Tower

مبني إداري أنشاء عام 2006 بنيويورك-الولايات المتحدة الأمريكية، ارتفاعه المعماري 182 م بأجمالي 46 طابق، حاصل علي تقييم LEED Platinum 2016 كما حصل علي جائزة أفضل مبني عالي في بأمريكا من منظمة CTUBH. 2007 استخدم diagrid framed tube system بزواية 45 كنظام إنشائي أساسي لمقاومة الأحمال بمساعدة frame داخلي لمنطقة الخدمات، كما استخدم في المنطقة المعاد ترميمها super diagonal column وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (5)



الشكل (18) مبني Hearst Tower بأمريكا المصدر
Hearst Tower, <http://www.skyscrapercenter.com/building/hearst-tower/2245>,

(6/3)- مبني Hudson Yard 10:

مبني إداري /تجاري / فندقى أنشاء عام 2016 بنيويورك-الولايات المتحدة الأمريكية، ارتفاعه المعماري 267.7 م بأجمالي 52 طابق ،حاصل علي تقييم LEED Platinum أستخدم النظام الإنشائي Mega Column System ، إضافة إلي Shear Wall خرسانية ، في منطقة منتصف المبني وفيما يلي رصد لنقاط التأثير بالمبني: (13)



الشكل (18) مبني 10 Hudson Yard بأمریکا المصدر: 10 Hudson yard, <http://www.skyscrapercenter.com/building/10-hudson-yards/13326>

وفيما يلي إيضاح معدل مساهمة نقاط التأثير فإداء الهيكل الإنشائي بكل مشروع من إجمالي 12 نقطة و نسبة تحقق نقاط التأثير سابقة الذكر في المشروعات عينة الدراسة

المشروع نقاط التقييم	Torre D	Bosco Verticale	Place	Manitoba Hydro	Tower	Strata SEI	TOWER	PNC PLAZA	Hearst Tower	10 Hudson Yard	نسبة تحقيق نقاط التأثير في عينة الدراسة
صغر العناصر	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	%84
تكامل التشكيل المعماري	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	%100
التعديل الكلي والجزئي	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	%100
مواد محلية	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	%100
مواد بديلة	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	% 0
التوظيف السائب	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	%50
التوظيف النشط	○	○	●	●	●	●	●	●	●	○	%66
خفض الطاقة المجددة	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	%66
قابلية التدوير	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	%100
تعدد الاستخدامات	●	●	●	●	●	○	○	○	○	●	%84
التكامل الوظيفي	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	%16
تقنيات البناء الحديثة	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	%50
معدل مساهمة الهيكل الإنشائي في تحقيق الاستدامة من 12 نقطة	8	8	10	7	7	9	7	7	8	8	

جدول (1) نتائج تحليل المشروعات العالمية المصدر:الباحث

(4) - النتائج :

يتضح مما سبق أن الهيكل الإنشائي يلعب دور فعال في أستدامة المباني العالية لذلك يجب علي المعمارين التعامل مع مفردات الهيكل الإنشائي بشكل يتوافق مع أهداف الأستدامة وذلك من خلال بعض العناصر التي لها مردود مباشر أو غير مباشر في الوصول بالمبني لأستدامة

لذلك يجب توافر بعض النقاط عند تصميم الهيكل الإنشائي المستدام بالمباني العالية منها **صغر العناصر**: وهي تشير إلي عدم الأحتواء علي عناصر هيكلية ضخمة ، **تكامل التشكيل المعماري**: وهو يشير إلي التكامل بين الهيكل الإنشائي والتشكيل المعماري، **التعديل الكلي والجزئي بالهيكل**: يشير إلي البعد عن أستخدام الأشكال التقليدية والأعتماد علي الأشكال الغير متعامدة والأيروديناميكية، **أختيار مواد الإنشاء**: يشير إلي الأستعانة بمواد بديلة تساعد في خفض الوزن الكلي للمبني أو أستخدام مواد تحسن من إداء وكفاءة الهيكل الإنشائي بالإضافة الي إستخدام مواد محلية ومراعاة إعادة التصنيع والطاقة المجددة للمبني، **التوظيف السالب للهيكل الإنشائي**: يشير إلي توظيف عناصر الهيكل الإنشائي بشكل سالب في تحقيق الراحة الحرارية داخل فراغات المبني، **التوظيف النشط للهيكل الإنشائي**: يشير إلي دمج عناصر لأنتاج الطاقات المتجددة مع الهيكل الإنشائي. **تعدد الأستخدامات**: تشير إلي قابلية المبني لأعادة الأستخدام المبني لوظائف غير التي إنشاء من أجلها من خلال أستخدام النظم الخارجية للهيكل الإنشائي . **التكامل الوظيفي**: يشير إلي أن يقوم الهيكل الإنشائي بدور آخر خلاف الدور الإنشائي. **تقنيات البناء الحديثة**: استخدام تقنيات بناء حديثة في عملية إنشاء عناصر الهيكل الإنشائي و نلاحظ أن تفتقر صناعة البناء إلي الإعتماد علي المواد البديلة في هذا النوع من المباني ،كما تفتقر المباني العالية مفهوم التكامل الوظيفي الذي يدعو الية فكر الهيكل الإنشائي المستدام ، ووجود وعي من قبل المعمارين لدور تكامل التشكيل المعماري مع الهيكل الإنشائي وأهمية التعديل الكلي والجزئية وأهمية أستخدام مواد محلية في أستدامة المبني .كما يتضح ايضا من العناصر التي تم طرحها في الدراسة النظرية قد كان لها تأثير واضح في تقييم ذلك المباني وحصولها علي شهادات تقييم، فجميع العناصر السابقة الذكر لها دور في إستدامة الهيكل الإنشائي للمباني العالية بشكل خاص وإستدامة المبني العالي بشكل عام. فيجب العمل علي تطوير نقاط تأثير الهيكل الإنشائي في تحقيق الأستدامة للمباني العالية. المستخلصة من البحث- ومواكبتها لمعطيات ومتغيرات العصر حيث أنها قابلة للزيادة ولا تقبل النقصان.

(5) -المراجع

- 1-Sustainable tall building integration of sustainable structure with in the architecture design of a tall building, prairna Gupta ,LAMBERT,2009.
- 2- Sustainable structure of tall building,Mahgoub elnimeiri College of Architecture, Illinois Institute of Technology, Chicago, Illinois, USA,2008
- 3- Integration of Architectural Design with Structural Form in Non-Orthogonal High-Rise Buildings, Ayşin Sev& Fazilet Tuğrul, Sustainable Archtecture and Civil Enginerring, ISSN 2029–9990, No. 2(7),2014.
- 4- The Future Trend of Architectural Form and Structural System in High-Rise Buildings, Matin Alaghmandan1 & Payam Bahrami & Mahjoub Elnimeiri, DOI: 10.5923/j.arch.20140403.01 , 4(3): 55-62, Architecture Research 2014
- 5- Tall Building Structure System and Aerodynamic form, Mehmet Halis Gunel and Huseyin Emre Ilgin , Routledge, New York,2014.
- 6- Mix Design of Styrofoam Concrete, M. H. Ahmad& L. Y. Loon, ICCBT 2008 - A - (26) - pp285 – 296
- 7-The role of nanotechnology applications in architecture to achieve the concepts of sustainability, wael zaki ,Master thesis, Helwan University, Cairo, Egypt,2015.
- 8-The Met/Bangkok,
<http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/Archive2009/TheMetBangkok>, Accessed 16/3/2022
- 9- Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects, Mir M. Ali† & Kyoung Sun Moon, University of Sydney, 13 June 2007

10-Vertical Greenery :Evaluation the high-rise vegetation of the Bosco vential,milan, Elena Giacomello &Massimo Valagussa
The council on Tall Buildings and Urban Habitat(CTBUH)
Research Report,2015.

11- Manitoba Hydro Place, Best Tall Building Americas winner,
CTBUH
<http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=a518BorJ1Cs%3D&tabid=2860&language=en-US> , Accessed 25/3/2022.

12-The Tower of PNC Plaza, The IronWorker
Magazine,NY,USA, Volume115,oct2015

Tower at PNC Plaza, Pittsburgh, CTBUH Journal , Issue
II,2016

13- project Update:10 Hudson Yard, Hannah.H,
<http://resources.vidaris.com/blog/project-update-10-hudson-yards>
Accessed 12/6/2022.