SYRIAN ARAB REPUBLIC
MINISTERY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTEFC RESEARCH
SYRIAN VIRTUAL UNIVERSITY
BIMM - MASTER IN BUILDING INFORMATION MANAGEMENT

الجامعة الافتراضية السورية
SYRIAN VIRTUAL UNIVERSITY

عنوان البحث:

إدارة وتخطيط موقع البناء باستخدام البيم (حالة دراسية- موقع بناء برج سكني في مدينة طرطوس)

Managing and Planning the Construction Site using BIM

بحث أُعِدَّ لنيل درجة ماجستير التأهيل والتخصص في إدارة ونمذجة معلومات البناء BIMM

إشراف:

الدكتورة المهندسة لما عادل سعود

إعداد:

حسن معروف حسن

Hassan_197260

الفصل: F23

شكر وتقدير:

أتوجه بخالص الشكر والامتنان الى:

الدكتورة المهندسة لما عادل سعود لتفضلها بالمتابعة والإشراف على هذا البحث.

الدكتورة المهندسة سونيا سليم أحمد مؤسسة ومديرة برنامج BIM في الجامعة الافتراضية السورية.

الأساتذة أعضاء اللجنة المتفضلين بالإشراف على مناقشة هذا البحث وتقديم النصائح اللازمة.

والشكر موصول للكادر التدريسي المتميز في برنامج BIM لإغناء معلوماتنا والمساهمة في تطوير قدراتنا.

المحتويات

الفصل الأول: خطة البحث 0
1-1 مقدمة: 1
2-1 مشكلة البحث: 1
3-1 أهداف البحث: 1
4-1 فرضيات البحث: 2
5-1 أهمية البحث: 2
6-1 منهجية البحث: 3
7-1 أدوات البحث: 3
8-1 حدود البحث: 3
9-1 تخطيط الأطروحة: 3
10-1 الدراسات المرجعية: 4
11-1 ملخص الدراسات السابقة: 6
الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث: 7
1-2 مقدمة: 8
2-2 إدارة وتخطيط مواقع البناء: 8
1-2-2 إدارة مواقع البناء الناجحة وعلاقتها بالتخطيط السليم للموقع: 8
2-2-2 تخطيط وتنظيم مواقع البناء Construction Site Layout Planning: 9
3-2-2 النماذج المتبعة في تخطيط مواقع البناء: 10
4-2-2 العوامل المؤثرة على تخطيط مواقع البناء: 12
3-2 كائنات تخطيط مواقع البناء في (CSLP): 13
1-3-2 تصنيف كائنات مواقع البناء: 13
2-3-2 مرافق مواقع البناء (Site Facilities): 14
3-3-2 خصائص المرافق المؤقتة: 14
4-3-2 اعتبارات تحديد المرافق المؤقتة المطلوبة: 15
5-3-2 أدوات البناء: 16
6-3-2 مناطق وضع المواد وتخزينها: 16
7-3-2 مساحة العمل: 16
8-3-2 طرق الوصول والمسارات: 16
4-2 قيود الموقع وقيود المرافق المؤقتة: 16
1-4-2 قيود موقع البناء: 16
2-4-2 قيود المرافق المؤقتة: 16

2-5 من تخطيط الموقع الى نمذجة تخطيط الموقع (SITE LAYOUT MODELING): 17
2-5-1 دور البيم في تخطيط وتنظيم مواقع البناء (The rule of BIM in CSLP): 17
2-5-2 فوائد تطبيق BIM في تخطيط مواقع البناء (CSLP): 18
2-5-3 تطبيقات بيم المستخدمة في نمذجة تخطيط مواقع البناء: 18
2-5-4 ميزة التصور والمحاكاة في البيم واهميتها في تخطيط موقع البناء (Visualization in CSLP): 19
2-6 التخطيط اللوجستي لموارد مواقع البناء (construction logistics planning - CLP): 20
2-6-1 الموارد البشرية: 21
2-6-2 الاليات والمعدات: 22
2-6-3 المواد: 25
2-6-4 النقل والتوزيع: 25
2-7 منهجية تخطيط الموقع القائم على بيم (CSLP based on BIM): 26
2-7-1 تحديد أنواع المرافق المطلوبة: 26
2-7-2 تحديد مساحة المرافق المؤقتة على أساس BIM: 27
الفصل الثالث: الدراسة العملية: 29
3-1 وصف موقع المشروع: 30
3-2 تحديد أنواع ومساحات المرافق والاليات المطلوبة للمشروع: 31
3-2-1 تحديد أنواع المرافق المطلوبة: 31
3-2-2 تحديد مساحة المرافق المؤقتة وعدد الاليات المطلوبة للمشروع: 31
3-3 تطبيقات نمذجة معلومات البناء التي تم استخدامها في الدراسة العملية: 36
3-4 خطوات النمذجة التي تم اتباعها باستخدام الريفيت: 36
3-4-1 نمذجة موقع البناء: 36
3-4-2 نمذجة المبنى: 36
3-4-3 وضع المبنى ضمن حدود الموقع: 40
3-4-4 نمذجة المرافق المؤقتة لموقع البناء: 41
3-4-5 سيناريوهات تخطيط تموضع المرافق المؤقتة والاليات داخل موقع البناء: 43
3-5 خطوات العمل على برنامج NAVISWORKS 2021 لإعداد الجدول الزمني وعمل محاكاة لعمليات البناء في الموقع: 46
3-5-1 استيراد البيانات: 46
3-5-2 قائمتي SELECTION TREE وSETS: 47
3-5-3 انشاء الجدول الزمني للمشروع: 48
3-5-4 انشاء الرسوم المتحركة Animation للآليات في الموقع: 49

5-5-3 ربط الرسوم المتحركة (Animation)مع الجدول الزمني(Timeliner) للمشروع:..... 51
6-5-3 Camera Animation: 52
7-5-3 انشاء محاكاة لنمذجة الموقع القائم على البيم (Simulation): 54
الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات والمراجع..... 55
4-1 النتائج: 56
4-2 المنهجية المقترحة لتخطيط مواقع البناء باستخدام نمذجة معلومات البناء: 56
4-4 التوصيات: 57
المراجع: 58

قائمة الجداول

جدول 1 الفرق بين التخطيط الساكن والتخطيط الديناميكي..... 12
جدول 2 العوامل المؤثرة على التخطيط الساكن والديناميكي..... 13
جدول3 :كميات الاسمنت والرمل والركام المطلوبة لصب الاساسات 33
جدول4 : كميات الاسمنت والرمل والركام لصب البلاطات 34
جدول5 : كميات الاسمنت والرمل والركام المطلوبة لصب الاعمدة..... 35
جدول6 : مقارنة السيناريوهات..... 44

قائمة الأشكال

رسم توضيحي 1 الرافعة البرجية 24
رسم توضيحي2 : موقع المشروع 30
رسم توضيحي 3 : موقع المجبل وبعده عن موقع البناء..... 35
رسم توضيحي 4: نمذجة الموقع 36
رسم توضيحي 5 : مسقط النموذج المعماري..... 36
رسم توضيحي 6 مسقط الطابق المتكرر في النموذج المعماري..... 37
رسم توضيحي 7: النموذج المعماري النهائي..... 37
رسم توضيحي 8 : مسقط الاساسات..... 38
رسم توضيحي 9 : مسقط الشناجات..... 38
رسم توضيحي 10: مسقط البلاطة الانشائية المتكررة..... 39
رسم توضيحي 11: منظور عام للنموذج الانشائي..... 39
رسم توضيحي 12: وضع المبنى ضمن حدود الموقع على برنامج الريفيت..... 40
رسم توضيحي 13: منظور عام..... 40
رسم توضيحي 14: نمذجة المكاتب المؤقتة 41
رسم توضيحي 15نمذجة دورات المياه المؤقتة 41
رسم توضيحي 16: نمذجة السياج 42
رسم توضيحي 17: نمذجة الرافعة البرجية 42

رسم توضيحي 18: تعديل الفاميلي الخاص بالرافعة البرجية 43
رسم توضيحي19 : السيناريو الاول لتخطيط الموقع 43
رسم توضيحي 20: السيناريو الثاني لتخطيط الموقع 44
رسم توضيحي 21: السيناريو المختار..... 45
رسم توضيحي 22: السيناريو المختار..... 45
رسم توضيحي 23: استيراد البيانات الى النافيسوورك..... 46
رسم توضيحي 24: قائمة Selection Tree وقائمة Sets..... 48
رسم توضيحي 25 :انشاء الجدول الزمني 48
رسم توضيحي 26: انشاء Animation لمرحلة تفريغ الاساسات..... 50
رسم توضيحي 27 : انشاء الرسوم المتحركة لمراحل العمل المختلفة 50
رسم توضيحي 28:ربط الرسوم المتحركة مع الجدول الزمني 51
رسم توضيحي29 : انشاء انواع المهمات الخاصة..... 51
رسم توضيحي 30: ربط الانميشن المطلوب مع المهمة المحددة بالجدول الزمني..... 52
رسم توضيحي 31: انشاء viewpoints 53
رسم توضيحي 32 :انشاء الكاميرا المتجولة في الموقع..... 53
رسم توضيحي 33: انشاء محاكاة الجدول الزمني 54
رسم توضيحي 34: فيديو المحاكاة 54

ملخص البحث:

يركز البحث على دراسة استخدام تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) في تخطيط موقع بناء برج سكني كحالة دراسية. الهدف الرئيسي هو تطوير تخطيط موقع البناء بشكل فعال لتدارك المشاكل المحتملة وزيادة كفاءة العمل في مرحلة التنفيذ.

حيث تم القيام بنمذجة موقع البناء باستخدام برنامج Revit لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للموقع والمباني. تم إدراج جميع العناصر المادية والمؤقتة في الموقع مثل المعدات والآليات والمرافق المؤقتة. بعد ذلك، أجروا محاكاة لتخطيط الموقع باستخدام أدوات التحليل والتخطيط المتوفرة في البيم.

ساعدت عملية المحاكاة في دراسة تصور الحركة والمرور للأفراد والمعدات داخل الموقع. كما مكنت من تحديد أفضل التخطيطات وتوزيع العناصر لتحقيق الكفاءة والسلامة. باستخدام هذه الأدوات، يمكن التعرف على المشاكل المحتملة واتخاذ الإجراءات اللازمة للتعامل معها قبل بدء التنفيذ.

أظهرت النتائج أن استخدام تقنية البيم قدم فوائد كبيرة في تخطيط موقع البناء وزيادة كفاءة العمل في مرحلة التنفيذ من خلال ميزتي التصور ثلاثي الابعاد والمحاكاة الذين ساعدوا في تحسين توزيع الموارد وتدارك المشاكل المحتملة. وأوصى البحث بتطبيق هذه الممارسات بشكل فعال لرفع كفاءة العمل في مشاريع البناء المستقبلي.

ABSTRACT:

The research focuses on studying the use of Building Information Modeling (BIM) technology in planning a residential tower construction site as a case study. The main goal is to develop an effective construction site layout to correct potential problems and increase work efficiency in the implementation phase. The construction site was modeled using Revit software to create a 3D model of the site and buildings. All physical and temporary elements on site such as equipment, machinery and temporary facilities are included. Next, they ran a simulation of the site layout using the analysis and planning tools available in BIM.

The simulation process helped study the movement and traffic flow of personnel and equipment within the site. It also enabled researchers to determine the best layouts and distribution of elements for efficiency and safety. Using these tools, they were able to identify potential problems and take action to address them before implementation began. The results showed that the use of BIM technology provided great benefits in planning the construction site and increasing work efficiency in the implementation phase through the features of 3D visualization and simulation, which helped improve the distribution of resources and address potential problems. The research recommended applying these practices effectively to increase work efficiency in future construction projects.

الكلمات المفتاحية:

مواقع البناء، بيم، نمذجة تخطيط الموقع، البعد الثالث في نمذجة معلومات البناء، البعد الرابع في نمذجة معلومات البناء، التصور، الرسوم المتحركة، محاكاة الجدول الزمني.

Keywords: Construction sites, BIM, site layout modeling(SLM), 3DBIM, 4D BIM, Visualization, Animation, Simulation.

الفصل الأول: خطة البحث

الفصل الأول: خطة البحث

1-1 مقدمة:

تعتبر إدارة مواقع البناء عملية حاسمة لضمان نجاح المشاريع الإنشائية. تتضمن العديد من الجوانب المهمة التي تؤثر على جودة وتنفيذ المشروع بطريقة فعالة ومربحة. وتعتبر عملية تنظيم مواقع البناء هي العملية التي تهدف إلى تنسيق وإدارة جميع النشاطات والعمليات المتعلقة بتنفيذ مشروع البناء على الموقع الفعلي. تشمل هذه العملية تخطيط وتنظيم الموارد والمعدات والعمال والمواد ومتابعة التقدم والمراقبة الفعالة لضمان تنفيذ المشروع بنجاح وفقًا للمواصفات والجداول الزمنية المحددة.

تصف عملية تخطيط الموقع تصميم وتخصيص معدات الموقع مثل الرافعات البرجية أو الحاويات والمرافق المؤقتة. يحتاج كل قرار خلال هذه المرحلة إلى إيجاد توازن بين الحد الأقصى من الأمان والحد الأدنى من التكلفة.

ونظرًا للطبيعة المعقدة والديناميكية لهذه العملية يمكن أن تحدث قرارات وأخطاء خاطئة يكون لها عواقب سلبية ليس فقط على صحة وسلامة موظفي الموقع. ويتبع اتخاذ القرار قواعد ومعايير وأفضل الممارسات المحددة. يستغرق تقييم هذه القواعد والتحقق منها وقتا طويلاً ويتطلب الكثير من الخبرة في هذا المجال.

في هذا السياق تأتي تقنية BIM كأحد أهم الطرق المجدية لتخطيط الموقع بشكل سليم، حيث أثبتت هذه التقنية قدرتها على حل كافة المشاكل التي تواجه المشاريع الهندسية من خلال امكانياتها العالية النمذجة والمخرجات الدقيقة والتصور لمحاكاة الواقع وتحديد التعارضات والمخاطر بشكل مبكر.

وتعتبر عملية نمذجة تخطيط مواقع البناء (SLM: Site Layout Modeling) - تنظيم مواقع البناء باستخدام نمذجة معلومات البناء BIM- هي عملية تطوير نموذج تخطيط الموقع لمرافق الموقع وتنظيم مساحاتها داخل موقع البناء. وهي نهج حديث ومتقدم يستخدم لتحسين إدارة وتنفيذ عمليات البناء في المشروع. ويتيح لجميع المعنيين مثل المهندسين والمقاولين والمالكين الوصول إلى معلومات موحدة ومتكاملة حول المشروع.

2-1 مشكلة البحث:

اعتمدت عملية تخطيط مواقع البناء التقليدية على انشاء رسومات ثنائية الابعاد توضح الموقع ومكوناته المختلفة. وافتقرت هذه العملية الى قدرات التصور ثلاثي الابعاد الذي يتيح فهم أكبر وادارك شامل لموقع البناء وعناصره. ويمكن أن يؤثر ذلك سلبا على جوانب مختلفة من عملية البناء. حيث ان تتجلى النتائج المحتملة للإدارة والتخطيط غير الفعال لمواقع البناء في تأخير في المشروع وزيادة في التكاليف او تدهور جودة العمل او التأثير على السلامة والصحة والتأثير على سمعة المشروع والشركة المنفذة.

3-1 أهداف البحث:

يهدف هذا البحث الى تخطيط موقع البناء بالشكل الذي يضمن تقليل التكاليف والمشاكل في الوقع، دون المساس بسلامة الموقع أو إمكانية الوصول باستخدام نمذجة معلومات البناء التي توفر فوائد عديدة مثل

تحسين التعاون والتنسيق، وتحسين دقة التخطيط والتنفيذ، وتحسين إدارة الموارد وتحسين التواصل والتوازن بين الجوانب المختلفة للمشروع وتحسين كفاءة عمليات البناء وتقليل التكاليف والأخطاء، ويسهم في تحقيق نتائج أفضل وأكثر استدامة في مشاريع البناء.

سنقوم في هذا البحث في دراسة كيفية توضع المعدات والاليات والمرافق المؤقتة خلال فترة مرحلة التنفيذ لتخطيط موقع البناء بالشكل الصحيح لتدارك المشاكل الحاصلة ورفع كفاءة العمل في مرحلة التنفيذ. حيث سنقوم بنمذجة موقع البناء باستخدام برنامج REVIT وعمل محاكاة لتخطيط موقع البناء باستخدام برنامج NAVISWORKS.

4-1 فرضيات البحث:

استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) بشكل متكامل مع برامج المحاكاة، مثلNavisworks ، سيؤدي إلى تحسين تخطيط وتنظيم المعدات والآليات والمرافق المؤقتة في موقع البناء، وتحليل تدفق العمليات والحركة داخل الموقع، مما ينتج عنه زيادة في الإنتاجية وتقليل التأخيرات والمشاكل خلال مرحلة التنفيذ.

1. استخدام BIM لإنشاء نموذج 3 Dدقيق للموقع سيساعد في تخطيط وتنظيم المعدات والآليات والمرافق المؤقتة بشكل أفضل.
2. برامج المحاكاة مثل Navisworks ستمكن من تحليل تدفق العمليات والحركة داخل الموقع، وتحديد التحديات والمشاكل المحتملة.
3. التكامل بين BIM والمحاكاة سيؤدي إلى اتخاذ قرارات أفضل وحل المشاكل بشكل أكثر فعالية.
4. النتيجة النهائية ستكون زيادة في الإنتاجية وتقليل التأخيرات والمشاكل خلال مرحلة التنفيذ.

5-1 أهمية البحث:

إدارة وتنظيم موقع البناء ركن أساسي لإدارة المشروع، وخاصة في المشاريع الكبيرة التي يتطلب العمل بها تواجد العديد من المقاولين. حيث تحقق إدارة الموقع الناجحة التنسيق والتواصل اللازم في الموقع، وتخفف من أثر تضارب الأعمال والصراع على الفراغ في الموقع بين المقاولين المختلفين.

وتأتي أهمية هذا البحث من خلال:

1. تحسين تخطيط وتنظيم موقع البناء:

- استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) من خلال برنامج Revit لتخطيط وتنظيم موقع البناء بشكل دقيق.
- محاكاة تخطيط الموقع باستخدام برنامج Navisworks لتحديد التحديات والمشاكل المحتملة قبل البدء بالتنفيذ الفعلي.
- تحسين تدفق العمليات ووضع المعدات والآليات والمرافق المؤقتة بالشكل الأمثل.

2. تقليل المشاكل والتأخيرات أثناء التنفيذ:

- التخطيط المسبق باستخدام BIM سيساعد على تجنب المشاكل والتأخيرات الناتجة عن سوء تنظيم الموقع.
- تحسين الجدول الزمني للمشروع وخفض التكاليف الناتجة عن هذه المشاكل والتأخيرات.

3. زيادة الاستفادة من إمكانات:BIM

- البحث سيساهم في توسيع نطاق استخدام BIM في تخطيط وإدارة مواقع البناء.
- تقديم أمثلة عملية عن كيفية الاستفادة الكاملة من قدرات BIM في هذا المجال.

4. توفير توصيات عملية للممارسين:

- ستقدم الدراسة توصيات عملية للمهنيين في صناعة البناء حول كيفية الاستفادة المثلى من BIM في تخطيط موقع البناء.
- المساعدة في تحسين الممارسات الحالية في هذا المجال

6-1 منهجية البحث:

المنهج الوصفي:

تم اعداد الأساس النظري لهذ البحث من خلال الاطلاع على دارسات سابقة ذات صلة بموضوع البحث من حيث تخطيط مواقع البناء واعتباراته بهدف دراسة فوائد تقنية BIM في تخطيط مواقع البناء.

بالاستفادة من نتائج هذه الدراسات سيتم التوصل إلى أسس التخطيط الصحيح التي تساعد المخطط في التوصل الى المساحة والعدد اللازم والمناسب لمعدات الموقع ومرافق الموقع المؤقتة لكل مرحلة من مراحل سير المشروع.

سيتم تطبيق النتائج التي سيتم التوصل عليها على حالة دراسية وهي مشروع قيد التنفيذ في مدينة طرطوس وذلك باستخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء.

7-1 أدوات البحث:

تم إعداد الأساس النظري لهذا البحث من خلال رسائل الماجستير والدكتوراه والمقالات والمجلات والكتب العربية والإنكليزية التي تتعلق بموضوع البحث من مواقع الأنترنت.

تم استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء (NAVISWORK،REVIT) في دراسة الحالة العملية للبحث. سنقوم بنمذجة موقع البناء باستخدام برنامج REVIT وعمل محاكاة لتخطيط موقع البناء باستخدام برنامج NAVISWORKS.

8-1 حدود البحث:

- الحدود الزمانية: أجريت هذه الدراسة في عام 2024.
- الحدود المكانية: موقع بناء برج سكني في محافظة طرطوس.

9-1 تخطيط الأطروحة:

تم ترتيب الأطروحة وفق 5 فصول مرتبة كالتالي:

1- **الفصل الأول:** خطة البحث، حيث يبدأ بمقدمة عن الموضوع، ثم توضيح أهداف البحث وعرض للمشكلة البحثية وأهمية البحث ومنهجية البحث وأدوات البحث وعرض تنظيم الرسالة والدراسات المرجعية.
2- **الفصل الثاني:** الإطار النظري للبحث.
3- **الفصل الثالث:** الإطار العملي للبحث (دراسة الحالة) والاستنتاجات والتوصيات والمراجع.

10-1 الدراسات المرجعية:

1- مقال بعنوان:

(USE OF BIM TOOLS FOR SITE LAYOUT PLANNING)

VANISSORN VIMONSATIT and MARIA LIM

Dept of Civil Engineering, Curtin University, Perth, Western Australia

2014

يستعرض المقال كيف يمكن استخدام أدوات BIM في تخطيط مواقع البناء والمحاكاة. ويناقش دمج أدوات البناء التقليدية في نموذج BIM الذي يسهل التعاون وتبادل البيانات. كما يقترح أن تكون خطط مواقع البناء ديناميكية وتعكس التغيرات خلال مدة المشروع. وحدد التحديات الحالية في أدوات BIM ويقترح تحسينات لدعم صناعة البناء.

2- رسالة ماجستير بعنوان:

(Construction site layout optimization and 3D visualization through BIM tools)/O. Olugboyega, O. T. Wemimo, “Construction site layout optimization and 3D visualization through BIM tools”. Building & Management, vol. 2(2), pp. 35-52 , 2018
http://dx.doi.org/10.20868/bma.2018.2.3770

كان الغرض من هذه الرسالة هو اقتراح نموذج تخطيط موقع البناء الذي يتضمن المعرفة بطرق البناء وتكامل أدواتBIM من خلال مراجعة ودراسة أحسن نماذج التحسين لتخطيط مواقع البناء وطرق نمذجتها. وركزت هذه الدراسة على الرافعات البرجية باعتبارها الناقلات الرئيسية لمواد البناء في الموقع. كما حددت هذه الرسالة التموضع الأفضل لمرافق الموقع.

3- مقال بعنوان:

(The Methodology of Interactive Parametric Modelling of Construction Site Facilities in BIM Environment)/ Mária Kozlovská, Jozef Čabala, Zuzana Struková

يستعرض المقال كيف أصبحت تكنولوجيا المعلومات أداة قوية في الصناعات المختلفة، بما في ذلك البناء، ويشير إلى الاتجاه الحديث نحو إنشاء نموذج مبنى افتراضي شامل (نموذج معلومات البناء) لحل المشكلات المتعلقة بالمشروع في مرحلة التصميم. ويقدم البحث منهجية لتنفيذ نموذج تخصيص مرافق موقع البناء ثلاثي الأبعاد(3D) ، استنادًا إلى مبادئ النمذجة التفاعلية والبارامترية. يناقش المقال

كيف تساعد أدوات النمذجة البارامترية في تحسين الكفاءة والفعالية في تخطيط مواقع البناء وتقديم حلول بديلة سريعة لتخطيط المساحات الإنتاجية. بعرض كيفية تطبيق المنهجية المقترحة في أنظمة البرمجيات التي تدعم النمذجة ثلاثية الأبعاد باستخدام نظامBIM ، ويشير إلى الإمكانات التي يقدمها BIMللتخطيط المكاني لظروف مواقع البناء.

4- مقال بعنوان:

Application of BIM technology in the construction of ChangKe 6# building

Yan Cui1,*,Yingyu Tai2/ College of Bridge Engineering/2020/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016504028

عرف المقال البيم كتقنية جديدة ترتبط بتقدم المبنى وتكلفته ومعلومات أخرى، وتُقدم بشكل ثلاثي الأبعاد. تمت دراسة حالة عملية لبناء مبنى تشانغكه رقم 6، حيث واجه المشروع تحديات مثل إدارة التغييرات والتخطيط، ومشاكل إدارة الموقع، وتأثير تنفيذ المشروع. قدمت تقنية BIM حلولًا للتخطيط والتغييرات، ومشاكل إدارة الموقع، وتأثير تنفيذ المشروع من خلال تقنيات مثل محاكاةBIM4D مما يُحسن كفاءة الإدارة طوال عملية البناء. تُظهر الدراسة كيف أن تطبيق تقنية BIM يُحسن من كفاءة الإدارة ويُساعد في تنفيذ المشروع بشكل فعّال، ويُوفر نموذجًا للطلاب للتعلم منه.

5- مقال لـ [Abhijeet Deshpande, Ph.D. and J. Blake Whitman] بعنوان:

(Evaluation of the Use of BIM Tools for Construction Site Utilization Planning)

الهدف من هذا المقال هو تحديد الفوائد والتحديات الحالية المرتبطة بتطوير خطط استخدام الموقع ضمن بيئة تصميمBIM ثلاثية الأبعاد والغنية بالبيانات تعرض هذه الورقة تقييمًا لبرنامج Revit Autodesk كأداة لتطوير مجموعات تخطيط استخدام الموقع في بيئة تصميمBIM نظرًا لقبولها الواسع في جميع أنحاء صناعة البناء والتشييد. تم تقييم إمكانيات وقيود الإصدار (2014) واقتراح أفكار للتحسين.

6- مقال لـ [Farnaz Sadeghpour and Mohsen Andayesh] بعنوان:

(The constructs of site layout modeling: an overview)

Can. J. Civ. Eng. 42: 199–212 (2015) https://doi.org/10.1139/cjce-2014-0303

تقدم هذه الدراسة لمحة عامة عن نماذج تخطيط المواقع السابقة الموجودة وتهدف إلى رسم نظرة شاملة للمتغيرات التي تم أخذها في الاعتبار على مستويات مختلفة من التفاصيل واستخدام أساليب مختلفة في الأدبيات الخاصة بتخطيط الموقع. من خلال الفحص الدقيق والتحليل والمقارنة للنماذج الموجودة، حددت هذه الدراسة المكونات التي يجب أخذها في الاعتبار لنمذجة تخطيط الموقع، والتي يشار إليها بالبنيات. تم عرض الأساليب المحتملة التي يمكن استخدامها لتحقيق كل بناء، وتناقش مزايا وعيوب هذه الأساليب. وتساهم هذه الدراسة في فهم أفضل لنمذجة تخطيط الموقع، وتوفير الخطوط العريضة لتطوير نماذج تخطيط الموقع الجديدة.

7- مقال بعنوان:

(The Methodology of Interactive Parametric Modelling of Construction Site Facilities in BIM Environment) SSP - JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING Vol. 9, Issue 2, 2014.

في هذه الرسالة، قام الباحثون Maria Kozlovská, Jozef Čabala, and Zuzana Struková بتطوير منهجية جديدة لنمذجة المرافق في موقع البناء باستخدام نهج بارامتري تفاعلي في بيئة BIM. الهدف الرئيسي كان إنشاء إطار عمل منظم وقابل للتطبيق عمليًا لهذه العملية.

بدأ الباحثون بدراسة متعمقة للمرافق الشائعة في مواقع البناء وكيفية تمثيلها في بيئة BIM. ثم قاموا بتطوير نموذج بارامتري يسمح للمستخدمين بإنشاء وتعديل نماذج تفاعلية للمرافق مثل المكاتب المؤقتة، ومناطق التخزين، والمرافق الصحية، وغيرها. ثم تم اختبار هذه المنهجية من خلال دراسة حالة لمشروع بناء حقيقي. النتائج أظهرت أن النهج البارامتري التفاعلي يمكّن المستخدمين من إنشاء نماذج دقيقة وموثوقة للمرافق في موقع البناء بطريقة فعالة. هذا يساعد بشكل كبير في تحسين التخطيط والتنسيق والتواصل بين مختلف الأطراف المعنية بالمشروع.

8- رسالة بعنوان:

(A BIM-based Framework for Site Layout Optimization and Material Logistics Planning on Congested Construction Sites)

للباحث: KUMAR Srinath Shiv

يقدم هذا البحث إطار عمل CSLP الآلي وإطار MLP الذي تم تطويره بناء على تقنية BIM. يستخدم الإطار الأول المعلومات المخزنة في نماذج BIM لتقدير حجم ونوع وعدد المرافق المؤقتة التي يطلبها مشروع البناء خلال فترات زمنية مختلفة. من خلال الاستفادة من الوظائف التي توفرها واجهة برمجة تطبيقات Autodesk Revit (API)، يتم أتمتة العديد من الحسابات، مما يقلل بشكل كبير من الجهد اليدوي. تم تصميم الإطار الثاني لدمج معلومات كمية المواد من نماذج BIM مع بيانات تقدم البناء ومعلومات تسليم المواد. ينسق هذا النظام الخدمات اللوجستية المادية جنبا إلى جنب مع تخطيط الموقع، مع التركيز بشكل خاص على الاستجابة لتأخيرات البناء. يمكن استخدام الإطارين معا لتسهيل CSLP و MLP في مواقع البناء المزدحمة

11-1 ملخص الدراسات السابقة:

ركزت الدراسات السابقة على تحسين تخطيط موقع البناء وايجاد حلول للمشاكل التي تحدث في الموقع أثناء التنفيذ من خلال تقديم برمجيات لدعم عملية اتخاذ القرار وتحسين الموقع من خلال استخدام ال bim.

ومن هنا سيتم البحث في كيفية تخطيط موقع البناء بالشكل الصحيح من خلال معرفة أنواع ومساحات وعدد المرافق الموجودة في موقع البناء واعتباراتها التخطيطية خلال عملية تنفيذ المشروع. وتطبيق النتائج على موقع بناء في طرطوس باستخدام تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء بهدف توطين هذه التقانة في سوريا.

الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث:

1-2 مقدمة:

في عالم البناء والإنشاءات، يعتبر إدارة وتخطيط مواقع البناء من أهم العناصر التي تؤثر على نجاح المشروع. ومع تطور التكنولوجيا والتقدم السريع في صناعة البناء، ظهرت تقنية البيم (Building Information Modeling) كأداة حاسمة تعزز إدارة وتخطيط مواقع البناء بطريقة مبتكرة وفعالة.

تعد تقنية البيم بمثابة نظام شامل لإدارة وتوثيق معلومات المشروع في صورة ثلاثية الأبعاد، حيث يتم تجميع المعلومات المتعلقة بالتصميم والهندسة والتخطيط والجدولة والتكلفة في نموذج واحد متكامل. يتم تحديث هذا النموذج بشكل مستمر خلال جميع مراحل المشروع، مما يوفر تنسيقًا متناغمًا ومشاركة سهلة للمعلومات بين جميع الفرق المعنية.

تساهم تقنية البيم في تحسين إدارة وتخطيط مواقع البناء من خلال عدة طرق. أولاً، توفر البيانات الثلاثية الأبعاد لمشروع البناء رؤية واضحة وشاملة للموقع والمباني المختلفة، مما يسهل التنسيق بين الفرق ويقلل من حدوث التعارضات والأخطاء. ثانيًا، يمكن استخدام البيم في تحليل المعلومات والتنبؤ بالتأثيرات المحتملة، مما يساعد على اتخاذ القرارات السليمة والخطط الاستراتيجية المبنية على أسس دقيقة. وأخيرًا، تسهم البيم في تنظيم الجدول الزمني للمشروع وتنسيق الموارد المختلفة، مما يساهم في تحقيق التسليم في الوقت المحدد وبتكلفة مناسبة.

ومع ذلك، تواجه استخدامات البيم في إدارة وتخطيط مواقع البناء بعض التحديات. من بين هذه التحديات هي ضرورة تأهيل الفرق المشاركة في المشروع لاستخدام تقنية البيم بطريقة صحيحة وفعالة. كما يتطلب استخدام البيم التكامل مع أنظمة إدارة المشاريع الأخرى المستخدمة في صناعة البناء. ولا يمكن تجاهل أيضًا التحديات التقنية عندما يتعلق الأمر بتنظيم وتخطيط مواقع البناء، فإن البيم يلعب دورًا حاسمًا في تحسين الكفاءة والفعالية. من خلال تطبيق البيم في إدارة مواقع البناء، يمكن تحقيق العديد من المزايا، مثل تحسين التعاون والتنسيق بين الفرق المختلفة، وتحسين جودة ودقة التصميم والتنفيذ، وتقليل المخاطر وتحسين إدارة الوقت والتكاليف.

وفي السنوات الأخيرة، شهدت تقنية البيم تطوراً ملموساً واستخداماً متزايداً في صناعة البناء. ومع ذلك، لا يزال هناك حاجة لمزيد من البحث والتحليل حول كيفية استخدام البيم بشكل فعال في إدارة وتخطيط مواقع البناء.

2-2 إدارة وتخطيط مواقع البناء:

1-2-2 إدارة مواقع البناء الناجحة وعلاقتها بالتخطيط السليم للموقع:

تتضمن ادارة مواقع البناء التخطيط وتنظيم ورصد وتنسيق العمليات والموارد المتعلقة بمشروع البناء. يتولى مدير المشروع أو مسؤول إدارة الموقع مسؤولية التنسيق بين جميع الأطراف المعنية، بما في ذلك المهندسين والمقاولين والموردين والعمال. يهدف الدور إلى ضمان تنفيذ المشروع بطريقة فعالة ومنظمة وفقًا للجدول الزمني والميزانية المحددة. التخطيط السليم للبناء يشمل تحديد أهداف المشروع وتحديد المتطلبات وتحليل الاحتياجات وتحديد الموارد المطلوبة وتحديد المخاطر المحتملة وتحديد الجداول الزمنية وتقدير التكاليف. يعتمد التخطيط الجيد على معرفة دقيقة للمشروع وفهم شامل للمتطلبات والعوامل المحيطة.

التخطيط السليم للموقع يوفر أساسًا قويًا لإدارة موقع البناء الناجحة. عندما يتم تحديد الأهداف والمتطلبات والموارد والجداول الزمنية بدقة في مرحلة التخطيط، يصبح من الممكن تنظيم وتنسيق العمليات والموارد بشكل فعال. يتمكن مدير المشروع من تحديد المهام وتوزيعها ومراقبتها وتنفيذها بشكل تنظيمي، مما يسهم في تحقيق الكفاءة وتجنب التداخلات والتأخيرات غير المرغوب فيها.

بالإضافة إلى ذلك، التخطيط الجيد يساعد في تحديد وإدارة المخاطر المحتملة. يمكن تحديد المخاطر ووضع استراتيجيات للتعامل معها في مرحلة التخطيط، مما يقلل من تأثيرها السلبي على تقدم المشروع. كما يساعد التخطيط الجيد في تحقيق التنسيق بين الفرق والأطراف المعنية، حيث يتم تحديد المسؤوليات والتواصل الفعال بين الأعضاء المختلفين في فريق العمل.

علاوة على ذلك، التخطيط السليم يسهم في تحقيق الكفاءة والاقتصاد في استخدام الموارد. يتم تحديد الموارد اللازمة بدقة وتخصيصها بشكل فعال وفقًا للمتطلبات المحددة، مما يقلل من تكاليف الهدر ويزيد من إنتاجية المشروع.

وبالتالي فإن إدارة مواقع البناء الناجحة تعتمد بشكل كبير على التخطيط السليم للموقع. حيث ان التخطيط الجيد يوفر الإرشاد والتوجيه اللازمين للإدارة ويساعد في تحقيق الكفاءة والتنظيم والتنسيق في تنفيذ المشروع. بالتالي، يتعين على فرق الإدارة الاهتمام الكبير بعملية التخطيط وتنفيذها بدقة وتفانٍ لضمان نجاح مواقع البناء.

2-2-2 تخطيط وتنظيم مواقع البناء Construction Site Layout Planning:

تخطيط وتنظيم مواقع البناء (CSLP) هو عملية هامة في إدارة مشاريع البناء، وتهدف إلى تحديد وترتيب العناصر المؤقتة والمرافق والمعدات والمواد في موقع البناء بطريقة تعزز الكفاءة والسلامة والإنتاجية.

يعد تخطيط وتنظيم مواقع البناء جزءًا حاسمًا من مرحلة التحضير للمشروع، حيث يتم تحليل وتصميم ترتيب المكونات والمساحات على الموقع لضمان تنفيذ الأعمال بشكل فعال ومنظم. يتم تنفيذ عملية التخطيط والتنظيم بناءً على الاحتياجات الخاصة بالمشروع ومتطلباته، وتشمل عوامل مثل حجم المشروع ونوع المباني المراد إنشاؤها والمدة الزمنية للمشروع والمتطلبات القانونية والبيئية والصحية والسلامة.

يتضمن تخطيط وتنظيم مواقع البناء(CSLP) العديد من العناصر الرئيسية، ومنها:

1. **تحديد موقع المشروع:** يشمل تحديد الموقع الجغرافي للمشروع بناءً على المتطلبات والعوامل المختلفة، مثل قربه من الموارد والخدمات الأساسية والتوافر التجاري واللوجستي.
2. **تصميم الموقع:** يشمل تحليل وتصميم المكونات المختلفة للموقع، مثل المباني والطرق وأماكن التخزين ومناطق العمل والمرافق اللازمة، مع مراعاة التنسيق والتداخلات بينها.
3. **تنظيم المرافق والمعدات:** يتضمن تحديد أماكن وترتيب المرافق المؤقتة مثل مكاتب المشرفين ومخازن المواد ومناطق تجميع المعدات وغرف الإسكان ومرافق الصحة والسلامة.
4. **تخطيط المسارات والوصول:** يتم تحديد المسارات والممرات اللازمة للمشروع، بما في ذلك مسارات النقل الداخلي للمواد والمعدات وممرات الدخول والخروج للعمال والزوار.
5. **السلامة والصحة المهنية:** يتم تضمين عوامل السلامة والصحة المهنية في تخطيط وتنظيم مواقع البناء، مثل توفير طرق إخلاء الطوارئ والتدابير اللازمة للوقاية من الحوادث وتوفير المعدات الواقية.

يهدف تخطيط وتنظيم مواقع البناء إلى تحقيق العديد من الفوائد، مثل زيادة الكفاءة وتقليل التكاليف وتحسين جدولة الأعمال وتعزيز سلامة العمال وتحسين جودة الإنتاجية.

2-2-3 النماذج المتبعة في تخطيط مواقع البناء:

تنقسم نماذج تخطيط الموقع الى فئتين:

- التخطيط الساكن او الاستاتيكي (Static Layout Planning).
- التخطيط الديناميكي (Dynamic Layout Planning).

2-2-3-1 التخطيط الساكن او الاستاتيكي (SLP):

التخطيط الساكن لمواقع البناء هو عملية تحديد وتنظيم وترتيب المرافق والهياكل على موقع البناء بشكل ثابت ودائم. وفي هذا النوع من التخطيط، يتم تحديد توزيع المباني والمرافق والمعدات والمسارات والمناطق الفرعية الأخرى على الموقع، وتحديد المواقع الدائمة والمخصصة لكل عنصر.

يتم التخطيط الساكن لمواقع البناء على أساس الاحتياجات والمتطلبات الهندسية والمشروعية للمشروع. ويشمل عناصر التخطيط الساكن تحديد مواقع المباني والمرافق الرئيسية مثل المباني الرئيسية وورش العمل والمستودعات ومواقف السيارات، بالإضافة إلى تحديد مسارات الحركة والممرات ومساحات التحميل والتفريغ والمناطق الخضراء والأماكن المخصصة للمعدات والأدوات.

يهدف التخطيط الساكن لمواقع البناء إلى تحقيق استخدام فعال للمساحة وتوفير تنظيم مريح وفعال لعمليات البناء والتشييد. كما يهدف أيضًا إلى تحقيق سلامة العمال وتيسير التواصل والتنسيق بين المختلفين في الموقع وضمان تدفق سلس للعمليات والمواد.

تتضمن عوامل التأثير في التخطيط الساكن لمواقع البناء العديد من العوامل مثل المتطلبات الهندسية والمشروعية والتشريعات البيئية والأمان والصحة المهنية. يتم تنفيذ التخطيط الساكن في مرحلة مبكرة من مشروع البناء ويتم تحديثه وتعديله حسب الحاجة خلال تنفيذ المشروع.

التخطيط الساكن يركز على تنظيم وترتيب المرافق والهياكل الثابتة على موقع البناء بشكل دائم وثابت. يتم تحديد الموقع وتخطيط المساحات وتوزيع المرافق والمباني وفقًا للتصور النهائي للمشروع. يتم اعتبار العوامل الثابتة مثل المتطلبات المحددة والترتيب المثالي للمرافق والمساحات.

بصفة عامة، يمكن اعتبار التخطيط الساكن أكثر عملية عند حدوث تغيرات بسيطة في الموقع خلال مدة تنفيذ المشروع، وعندما يكون الفراغ متوفر بشكل ملائم كما في المشاريع قصير ة الأمد ببضعة اهداف وموقع بناء كبير، حيث يتم تحديد الموقع وترتيب المرافق بشكل نهائي وثابت. لكن اهمال استعمال الفراغ ثانية في مشاريع طويلة الأمد وفراغ محدود، قد يؤدي الى مخططات تحوي الكثير من الخلافات على الفراغ في الموقع أو مخططات غير ملائمة.(Sadeghpour & Andayesh, 2014) .

2-2-3-2 التخطيط الديناميكي (DLP):

التخطيط الديناميكي لمواقع البناء هو عملية تحديد وتنظيم وتنفيذ ترتيب المرافق والهياكل على موقع البناء بطريقة مرنة وقابلة للتعديل. يهدف التخطيط الديناميكي إلى تحقيق الكفاءة والأداء الأمثل في مواقع البناء،

وتحسين استخدام المساحة وتخصيص الموارد، وتقليل التداخلات والتعارضات، وتحسين سير العمل والتنسيق بين مختلف الأنشطة والفرق في الموقع.

يشتمل التخطيط الديناميكي لمواقع البناء على تحليل وتقييم البيانات والمعلومات المتاحة حول المشروع، مثل المخططات والأبعاد والجداول الزمنية والموارد المتاحة. يتم استخدام تقنيات التصميم الهندسي المعماري ونماذج معلومات البناء (BIM) لتمثيل الموقع والمرافق والهياكل بشكل ثلاثي الأبعاد وتحليل البيانات المرتبطة بها.

بواسطة تحليل البيانات والمحاكاة واستخدام الأدوات الحاسوبية المتقدمة، يمكن للتخطيط الديناميكي توفير رؤى دقيقة حول تنظيم الموقع وتحسين العمليات وتقليل المخاطر. يتم تحديث التخطيط بشكل مستمر لتعكس التغيرات والمتغيرات في المشروع، مما يسمح بالتكيف السريع واتخاذ القرارات المناسبة لتحقيق الأداء الأمثل.

تتغير حاجات مواقع البناء إلى حد كبير من وقت لآخر في كافة أنحاء المراحل المحتملة من البناء كما يلي . (Osman et al., 2002):

1- اثناء نمو المشروع تنشغل أكثر المساحة بالمرافق الدائمة لذلك تترك اقل فراغ لوضع المرافق المساندة.
2- تتغير أنواع وكميات المواد الموزعة في الموقع إلى حِّد كبير في كافة أنحاء المشروِع، لذلك تتغير مناطق خونها وفقا لهذا التغيير.
3- تتغير الحاجة للمعدات الثقيلة في الموقع بخلال تقدم المشروع في أكثر المشاريع

2-2-3-3 الفرق بين SLP وDLP:

التخطيط الساكن (SLP) والتخطيط الديناميكي (DLP) هما نهجان مختلفان في تخطيط المواقع والمشاريع. نستعرض هنا أهم نقاط الاختلاف بينهما:

النوع / من حيث	التخطيط الساكن SLP	التخطيط الديناميكي DLP
الطبيعة الزمنية	يتم إجراء التخطيط الساكن في مرحلة مبكرة من المشروع ويكون ثابتًا وغير قابل للتغيير على مدار المشروع. يتم تحديد المواقع والترتيبات الثابتة للمباني والمرافق والهياكل والمسارات والمناطق الفرعية	يتم تنفيذ التخطيط الديناميكي على مدار المشروع بشكل مستمر. يتم تعديل وتحديث التخطيط بناءً على المتغيرات والتطورات التي تحدث خلال مراحل التنفيذ. يتيح التخطيط الديناميكي التكيف مع التغييرات في الحجم الفعلي للمشروع واحتياجات العمل والمتطلبات الجديدة.

مرونة التغيير	يكون التخطيط الساكن أقل مرونة في التعامل مع التغييرات. بمجرد تنفيذ التخطيط الساكن وبدء عمليات البناء، قد يكون من الصعب إجراء تعديلات كبيرة على الترتيبات الموجودة.	يتيح التخطيط الديناميكي المرونة في التعامل مع التغييرات. يمكن إجراء تعديلات وتغييرات على التخطيط الديناميكي بناءً على المتغيرات التي قد تطرأ خلال مراحل التنفيذ، مثل تغييرات في التصميم أو الجدول الزمني أو الموارد.
التكيف مع المرونة	قد يكون التخطيط الساكن أكثر صعوبة في التكيف مع التغيرات غير المتوقعة أو الظروف المتغيرة. قد يتطلب تغييرات كبيرة في التخطيط الساكن تكاليف إضافية وجهود مكثفة.	يعزز التخطيط الديناميكي القدرة على التكيف مع التغييرات الطارئة أو الظروف غير المتوقعة. يمكن إدخال تعديلات وتغييرات في التخطيط الديناميكي بسهولة لتلبية المتطلبات الجديدة أو التغيرات في البيئة أو الاحتياجات العملية.

جدول 1 الفرق بين التخطيط الساكن والتخطيط الديناميكي

في النهاية، يختلف التخطيط الساكن والتخطيط الديناميكي في مدى ثباتهما والمرونة في التعامل مع التغيير. التخطيط الساكن يناسب المشاريع التي لا يتوقع فيها تغييرات كبيرة وتكون متطلباتها ثابتة، بينما يناسب التخطيط الديناميكي المشاريع التي تحتاج إلى التكيف مع التغيرات المستمرة والتحديات المتغيرة. تعد النماذج الديناميكية أفضل من النماذج الثابتة في تلبية متطلبات موقع البناء وتركز الأبحاث الحديثة بشكل أساسي على التخطيط الديناميكي.

4-2-2 العوامل المؤثرة على تخطيط مواقع البناء:

يتأثر موقع البناء بالعوامل التالية:

1- إمكانية الوصول: لا ينبغي لأي من المرافق المؤقتة أن تمنع الوصول إلى الموقع او الى بقية المرافق.
2- المسافة: يجب ان تكون المسافة بين المرافق المؤقتة في حالة النقل الثقيل للمواد أو الأدوات قصيرة قدر الإمكان.
3- الامن والسلامة: يمكن ان تؤثر عوامل السلامة في الموقع على مكان توضع المرافق المؤقتة.
4- بيئة العمل: يجب ان تكون الورشات المصدرة للضوضاء بعيدة عن مكان المرافق المخصصة لاستراحة وسكن الافراد.

وفيما يلي الاختلافات بين العوامل المؤثرة على نوعي تخطيط مواقع البناء:

العوامل المؤثرة	التخطيط الساكن	التخطيط الديناميكي

إمكانية الوصول	نادرا ما تكون مؤثرة	تأخذ الأولوية في التصميم، ويتم تحديدها أولا
المسافة	تعتبر العامل الأكثر أهمية، حيث ان الهدف هو تحديد المسافة الأقصر بيم مرافق الموقع بما يقلل الوقت والكلفة	تحقيق المسافة الأقصر هنا ليس ممكنا دائما بسبب اعتبارات الأمان او وجود العوائق، فمثلا لا يستطيع العمال استعمال العربات اليدوية في المواقع المزدحمة.
السلامة	من النادر أن يتعرض موقع المرافق المؤقتة في هذه الحالة لخطر أمان كبير مقارنة بالمواقع المزدحمة. وبكل الأحوال يجب تخزين المواد الخطرة والمتفجرة بعيدا عن العنصر البشري.	بسبب طبيعة الموقع المزدحم يأخذ هذا عامل الأولوية دائما على سبيل المثال، يجب أن يهتم المخطّطون بأي موضوع يتعلق بالأمان والذي يمكن أن يظهر خلال انتقال المواد الثقيلة من موقع خزنها المؤقت الى منطقة العمل بها. بالإضافة الى عدم السماح بخزن المواد المتفجرة في الموقع

جدول 2 العوامل المؤثرة على التخطيط الساكن والديناميكي

3-2 كائنات تخطيط مواقع البناء في (CSLP):

تشير كائنات تخطيط الموقع إلى العناصر التخطيطية الموجودة في موقع البناء لكل فترة زمنية، وبالتالي، فإنها تشغل مساحة في موقع البناء. يعد تصنيف كائنات تخطيط الموقع أمرًا مهما في نمذجة تخطيط الموقع (SLM) من حيث طريقة التعامل معها في التخطيط وتأثيرها من حيث مساحة اشغالها.

1-3-2 تصنيف كائنات مواقع البناء:

من المهم تصنيف الكائنات التي سيتم أخذها في الاعتبار في نمذجة تخطيط الموقع. وقد صنفها (sadeghpour2015) كما يلي:

1. مرافق مواقع البناء.
2. أدوات البناء.
3. مناطق وضع المواد وتخزينها.
4. مساحة العمل
5. طرق الوصول والمسارات في الموقع.

2-3-2 مرافق مواقع البناء (Site Facilities):

في تخطيط مواقع البناء (CSLP)، يمكن تصنيف مرافق البناء إما على أنها مرافق ثابتة أو مرافق مؤقتة. ويفترض أن تكون المرافق الثابتة (مثل المباني قيد الإنشاء او العناصر التي من المهم بقاءها والموجودة ضمن موقع البناء)، غير قابلة للنقل وأن مواقعها ثابتة قبل الإنشاء، وعادة ما يتم تحديدها أولا نظرا لأهميتها وبغض النظر عن التكلفة – او الى جانب المرافق المؤقتة. من ناحية أخرى تشير المرافق المؤقتة إلى كائنات الموقع التي ليس لها مواقع ثابتة قبل البناء وتحتاج إلى تخصيص مساحة في موقع البناء من خلال عملية التخطيط.

ولتحديد المرافق المؤقتة الأكثر استخداما كعناصر تخطيط فيCSLP ، تم جمع 18حالة CSLP لـ 12نوعا من المباني من خلال مراجعة الأدبيات والأوراق البحثية المنشورة في الفترة من 1995إلى العام 2019 وكانت بالترتيب التنازلي من حيث الأهمية كما يلي (Minguk kim:2019):

1- مكتب الموقعsite office : مثل مكتب مدير الموقع، مكتب المهندس الاستشاري، مكتب المقاول العام، مكاتب المقاولين من الباطن إن وجدوا.
2- مخازن المواد materials storage: هي المرافق المستخدمة لتخزين المواد اللازمة لأنشطة البناء مثل المستودعات أو مناطق تجميع المواد.
3- مساحة العمل workspace area.
4- مناطق تنزيل مواد البناء laydown materials area.
5- بوابة الموقع site gate.
6- الرافعة البرجية/الرافعة المتنقلة tower crane.
7- السياج fence.
8- دورات المياه toilet.
9- مواقف السيارات parking.
10- غرفة المولدات الكهربائية electricity supply area.

المرافق المؤقتة تكون أسهل في النمذجة حيث أن وقت وصولها غالًبا ما يكون في بداية المشروع، وما يكون شكلها وحجمها معروفين، وغالبا ما يظل موقعها دون تغيير طوال المشروع.

2-3-3 خصائص المرافق المؤقتة:

من المهم فهم المرافق المؤقتة قبل إعداد مخطط الموقع(Minguk kim:2019): وفيما يلي عرض لخصائص المرافق المؤقتة العامة:

- توافق البيئة وتعليمات الأمان: يجب الانتباه بشكل خاص الى المرافق المؤقتة مثل محطات توزيع الاسمنت التي لها إمكانية توث عالية. يجب ان يقوم المخططون بإجراء الترتيبات المناسبة للسيطرة على تلوث الهواء والماء والضجيج من مثل هذه المرافق.
- توفر الحلول المتنوعة لنفس المشكلة: هناك العديد من الترتيبات التي يمكن تقديمها لإنشاء مرفق مؤقت. مثلا، عند الحاجة لمستودع فيمكن للمخطط بناء مستودع في الموقع او يستعمل المرافق الحالية الموجودة في الموقع او يمكنه استئجار مبنى قريب من الموقع. او التخطيط لمجرد التسليم في الوقت المحدد. ويمكن تقسيم كل حل الى عدة بنود فرعية كما الحال في بناء مرفق مؤقت باستخدام مواد مختلفة من الخشب او الطوب او الهيكل المعدني.

- العمر الافتراضي قصير نسبيا لموقع معين: يعتمد العمر الافتراضي لمنشاة مؤقتة على مدة المشروع، لابد بشكل عام من ازالته بمجرد الانتهاء من المشروع.
- إعادة استخدام المرافق المؤقتة مع خسارة دنيا لنفس الوظيفة او تعديلها: يجب على المخططين الاخذ بعين الاعتبار إعادة استخدام المرافق المؤقتة وذلك نظرا لفترة الحياة القصيرة للمرافق المؤقتة في الموقع. هذا يمكن ان يؤدي الى توفير في كلفة البناء. من خلال التعديلات الملائمة يمكن استعمال اغلب المرافق المؤقتة لأغراض مختلفة. لذلك يمكن ان تزيد الصيانة الجيدة والتخزين الصحيح لمواد البناء من وتيرة إعادة الاستخدام ونقصان كلف البناء بشكل ملحوظ.
- سهلة الجمع والتفكيك والاستغلال: سهولة تفكيك وتجميع هياكل المرافق المؤقتة سيخفض من وقت الفك والتركيب. وبما انه يجب إزالة المرافق المؤقتة في فترة قصيرة جدا عند انتهاء المشروع فمن الضروري ان تكون هياكل هذه المرافق سهلة الفك والتركيب دون أي ضرر على مكونات الهيكل.
- توحيد مقاييس التصميم: يمكننا توحيد مقاييس تصميم وبناء المرفق المؤقت من زيادة وتيرة إعادة استخدامها وتخفيض ساعات العمل والكلفة لبناء المرفق المؤقت. وهذا يمكن في مرافق الإقامة المؤقتة للاستخدام البشري ولكنه يصعب توحيد مقاسات المرافق بالنسبة لاماكن خزن المواد والمعدات نتيجة ل تغير الطلب مع التقدم في تنفيذ المشروع.

4-3-2 اعتبارات تحديد المرافق المؤقتة المطلوبة:

يصف هذا القسم بعض الاعتبارات لاختيار المرافق المؤقتة المطلوبة في موقع مشروع معين (2014:Elbeltagi):

1- **نوع البناء:** يتطلب بناء منشاة صناعية المزيد من السعة التخزينية، ومنطقة صناعة للأعمال الميكانيكية والكهربائية أكثر من المشاريع الأخرى مثل مشروع طريق سريع.

2- **نوع العقد:** يختلف اختيار المرافق وفق نوع العقد وعدد العقود ضمن الموقع المدروس. ففي حالة عقد تسليم المفتاح يمكن ان يدعم المقاول العمليات الإدارية وعمليات التشييد باختيار مرافق تشييد اقل لكنها أضخم وأكثر كفاءة. اما في حال كان المشروع مدار تحت سلسلة عقود مختلفة هذا سيترجم الى عدد اعلى من المرافق المؤقتة الأصغر التي تخدم كل مقاول على حدي.

3- **حجم اعمال المشروع:** يمكن ان يدار المشروع البسيط نسبيا من مقطورة او غرفة مسبقة الصنع. بينما يحتاج المشروع الذي مدته من 5 الى 10 سنوات الى مرافق مؤقتة ذات طبيعة أكثر ديمومة.

4- **موقع المشروع**: تتطلب المشاريع الواقعة في مناطق غير مأهولة او أماكن نائية لا يتوفر فيها العمالة الماهرة لمرافق إضافية للأكل والمعيشة. تتطلب المشاريع البعيدة عن المراكز الصناعية خدمات أكثر في الموقع، مثل مجبل بيتوني وأماكن صيانة الأجهزة ومنطقة خزن لوقت أطول ومراكز ترفيهية أخرى.

كما يعتمد اختيار بعض المرافق المؤقتة على مدى بعد مكان الإقامة الدائمة للعمال عن موقع العمل. حيث يمكن تقسيم العمالة وفق هذا البعد الى ثلاثة أصناف:

1- عمالة محلية (يبعد مكان سكنها 5 كيلومتر عن الموقع): لا تحتاج الى النقل او المساكن.
2- عمالة قريبة (تبعد من 5 – 0 كيلومتر عن الموقع): لا تحتاج الى سكن لكنها بحاجة الى مواصلات.
3- عمالة ابعد من 60 كيلومتر: تحتاج الى مسكن.

2-3-5 أدوات البناء:

يؤثر موقع معدات البناء على كفاءة الأنشطة الإنشائية المرتبطة بها. المساحة المخصصة للمعدات في تخطيط الموقع ليست محدودة فقط بأبعادها المادية، ولكن يجب أن تشمل أيضًا المساحة اللازمة للتشغيل، فضلا عن منطقة السلامة (العازلة).

2-3-6 مناطق وضع المواد وتخزينها:

إن موقع مواد البناء في الموقع له تأثير مباشر على إنتاجية وأداء المشاريع. يجب اختيار مناطق التنزيل والتحميل بعناية لتجنب التداخل والحركات غير الضرورية وتجنب الاستخدام السيء للمساحة الرئيسية للموقع. يمكن لبعض المواد مثل الحصى أن تأخذ شكل أي مساحة متاحة في الموقع. بالإضافة إلى ذلك، تقل المساحة المطلوبة بمرور الوقت عند استخدامها أو تثبيتها.

2-3-7 مساحة العمل:

بالإضافة إلى الحد الأدنى من المساحة المطلوبة لأداء المهمة، يجب تخصيص منطقة أمان إضافية لمساحات العمل الموجودة في تخطيط الموقع.

2-3-8 طرق الوصول والمسارات:

يمكن لطرق الوصول المخططة بكفاءة أن تقلل الوقت والتكلفة التعامل مع الموارد، ويمكن تحسين السلامة في البناء المواقع.

2-4 قيود الموقع وقيود المرافق المؤقتة:

2-4-1 قيود موقع البناء:

في بعض الأحيان يمكن ان تؤدي قيود الموقع إلى تفاعلات سلبية بين مرافق الموقع، والتأخير وتجاوز التكاليف، ومشاكل قابلية البناء.

تضمن أمثلة قيود الموقع التي يجب مراعاتها في نمذجة تخطيط الموقع ما يلي:

قيود حدود الموقع، أو الصراعات المكانية أو مساحة الأرض المحدودة، أو القيود الطبوغرافية، أو التداخل المادي بين المرافق، أو مساحة البناء، أو الحد الأقصى والحد الأدنى للمسافات بين مرافق الموقع، وقيود المنطقة لوضع المرافق، وأشياء الموقع، ومنطقة الأمان في أماكن العمل، وتوضع السقالات حول منطقة المبنى، والمسافة التي يقطعها العمال مشيا على الاقدام لإنجاز الاعمال في الموقع، وعدد العمال في الموقع، وسرعة المشي، ومساحات التشغيل لمعدات الموقع ومركبات.

2-4-2 قيود المرافق المؤقتة:

1- قيد الحدود: هو التأكد من أن كافة كائنات الموقع تقع داخل حدود الموقع.
2- قيد الحجم.
3- قيد النقل.
4- قيود عدم التداخل بين المرافق.
5- قيود القرب.
6- قيد السلامة.

7- قيود يراها المخطط لازمة.

5-2 من تخطيط الموقع الى نمذجة تخطيط الموقع (SITE LAYOUT MODELING):

تتكامل مرافق الموقع ومساحات المرافق مع أنشطة البناء، وإذا لم يتم تخطيطها بشكل صحيح، فسوف تتأثر كفاءة العمل. ومن أجل ضمان تحديد المواقع المناسبة والأمثل لمرافق الموقع ومساحات المرافق، اقترح عدد من المؤلفين استخدام الذكاء الاصطناعي، والبرمجة الخطية، والخوارزمية العامة، ونظام المعلومات الجغرافية لتخطيط استخدام الموقع.(OLUSEYE OLUGBOYEGA, 2018)

وتفتقر هذه الأساليب إلى قدرات التصور وتبادل البيانات، مما يعيق دمج منهجية البناء في عملية التخطيط. لحل هذه المشكلة ولتحسين عملية تخطيط الموقع، تم تقديم استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) وقد أدى هذا إلى تغيير العملية من تخطيط الموقع إلى نمذجة تخطيط الموقع(SLM).

تتطلب عملية تخطيط الموقع التقليدية إنشاء رسومات ثنائية الأبعاد توضح الموقع ومكوناته المختلفة بشكل مسطح وثابت. ومع ذلك، فإن هذا النهج يكون محدودًا في توضيح التفاصيل والعلاقات الثلاثية الأبعاد بين العناصر المختلفة على الموقع(OLUSEYE OLUGBOYEGA, 2018) .

مع استخدامBIM ، يتم إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للموقع باستخدام برامج BIM المتخصصة. يتم تضمين المعلومات الهندسية والمعمارية والتشغيلية في النموذج، مما يتيح تمثيل مفصل للعناصر المختلفة والتفاعلات بينها.

1-5-2 دور البيم في تخطيط وتنظيم مواقع البناء (The rule of BIM in CSLP):

تعتبر عملية تخطيط وتنظيم مواقع البناء (CSLP) عملية حاسمة في إدارة مشاريع البناء، وتستخدم تقنية البناء الافتراضي للمعلومات (BIM) لتحسين هذه العملية. البيم هو نموذج ثلاثي الأبعاد يتم إنشاؤه بواسطة مجموعة متكاملة من البرامج والأدوات التي تمكن الفرق المشاركة في المشروع من تعاونها وتنسيقها بشكل متكامل.

باستخدام تقنية البيم في تخطيط وتنظيم مواقع البناء، يمكن للفرق الهندسية والمشرفين والمقاولين إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للموقع الفعلي وتحليلها وتنسيقها بشكل مكثف. يتيح لهم ذلك المزيد من الرؤية والتحكم في تخطيط المشروع وتنظيمه.

توفر تقنية البيم مجموعة من المزايا لتخطيط وتنظيم مواقع البناء. فمن خلال إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة للموقع، يمكن للفرق تحليل تداخل المكونات والمرافق والمعدات والمواد في الموقع وتجنب التضاريس الصعبة والاصطدامات المحتملة. يمكن أيضًا تحديد المسارات الأمثل لتحرك المواد والمعدات وتحسين تدفق العمليات.

علاوة على ذلك، يمكن للبيم توفير معلومات دقيقة حول كميات المواد المطلوبة وتسهيل عملية التخطيط الزمني وإدارة الموردين والتكاليف. يمكن للفرق التعاون وتبادل المعلومات بشكل فعال وتحديث النماذج بناءً على التغيرات والتحسينات المستمرة.

باستخدام البيم في تخطيط وتنظيم مواقع البناء، يمكن للمشروع أن يستفيد من تحسينات كبيرة في الكفاءة والدقة والتنسيق. يتيح للفرق العمل بشكل أكثر تنظيمًا وفعالية، مما يقلل من الأخطاء والتكاليف الناجمة عن التعديلات والتأخيرات.

باختصار، تقنية البناء الافتراضي للمعلومات (BIM) تعزز عملية تخطيط وتنظيم مواقع البناء من خلال إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة وتحليلها وتنسيقها بشكل متكامل. تساهم في تحسين الكفاءة والتنسيق، وتقلل من الأخطاء والتكاليف المرتبطة بعمليات التعديل والتأخير. تعتبر تقنية البيم أداة قوية للتحسين في إدارة المشاريع وتحقيق أهداف الجودة والكفاءة في صناعة البناء.

ان تطبيقBIM في تخطيط مواقع البناء (CSLP) يجعل من خطة تخطيط الموقع واضحة بصريًا وأكثر واقعية ويسهل استخدام الموقع في سيناريوهات عمل مختلفة ويعطي رؤية واضحة وديناميكية لمساحة العمل.

2-5-2 فوائد تطبيق BIM في تخطيط مواقع البناء (CSLP):

تطبيق BIM في تخطيط مواقع البناء يوفر فوائد عديدة ويساعد على تحسين عملية التخطيط وتنفيذ المشروع. وفيما يلي بعض الطرق التي يمكن استخدام BIM في تخطيط مواقع البناء:

1. تصميم الموقع الافتراضي: يمكن استخدام نماذج BIM ثلاثية الأبعاد لإنشاء موقع افتراضي للمشروع. يمكن تضمين المعلومات المهمة مثل البنية التحتية والمباني والمعدات والمسارات والمناطق الأخرى. يساعد هذا في تحليل تفاصيل الموقع وتحديد أفضل تخطيط للموقع.
2. تحليل التداخلات والتعارضات: باستخدامBIM ، يمكن تحليل التصميمات وتحديد التداخلات والتعارضات المحتملة بين المكونات المختلفة في الموقع. هذا يساعد في تجنب المشاكل والتأكد من تكامل جميع العناصر بشكل صحيح.
3. تنسيق الموقع والمعدات: يمكن استخدام BIM لتخطيط مواقع البناء بشكل أكثر دقة وفعالية. يتيح BIM تنسيق المعدات والمكونات المختلفة في الموقع بشكل تلقائي، مما يقلل من التدخلات العشوائية ويحسن استخدام المساحة.
4. تخطيط النقل واللوجستيات: يمكن استخدام BIM لتخطيط وتحليل تدفقات النقل واللوجستيات في الموقع. يمكن تحديد أماكن التحميل والتفريغ وتخطيط المسارات وتحسين كفاءة العمليات اللوجستية.
5. تحسين السلامة والأمان: يمكن استخدام BIM لتحليل وتحسين السلامة والأمان في موقع البناء. يمكن تحديد المناطق الخطرة والتصميم للحد من حوادث العمل وتحسين ظروف العمل العامة.

يساعد تطبيق BIM في تخطيط مواقع البناء على تحسين التنسيق، وتقليل الأخطاء، وتحسين إنتاجية المشروع، وتحسين أداء العمليات اللوجستية، وتعزيز السلامة والأمان في موقع البناء.

3-5-2 تطبيقات بيم المستخدمة في نمذجة تخطيط مواقع البناء:

- برمجيات النمذجة ثلاثية الابعاد:
  AUTODESK REVIT.
- برمجيات التخطيط الزمني للمشروع:
  PRIMAVERA-SYNCHRO – NAVISWORKS
- برمجيات ربط النموذج ثلاثي الأبعاد بالمخطط الزمني:

SYNCHRO – NAVISWORKS

- برمجيات إدارة المخاطر:
  SYNCHRO
- Plannary Plug-in for Revit يتيح ميزات إضافية الى برنامج الريفيت مثل تحليل التصور الثلاثي الابعاد وتحليل المواقع في البيم. يتميز البيم بالقدرة على الربط بين البرمجيات السابقة كما.

يُعَد برنامج الريفيت(Revit) أداة مهمة جدا في نمذجة وتخطيط مواقع البناء للعديد من الأسباب:

1. النمذجة الثلاثية الابعاد 3D MODELING:

- يمكن باستخدام الريفيت إنشاء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للمبنى والموقع، مما يوفر تكامل بين مختلف التخصصات (المعمارية، الإنشائية، الميكانيكية، الكهربائية). هذا التكامل يساعد في اكتشاف التضارب والتناقضات في التصميم مبكرًا، وتحسين التنسيق بين المهندسين والمصممين.

2. التنسيق والتخطيط المكاني:

- يتيح الريفيت رؤية شاملة للموقع، بما في ذلك الأبنية والبنية التحتية والمناظر الطبيعية. هذا يساعد في التخطيط الأمثل لموقع البناء، مع مراعاة التحركات والمناولة والوصول والظروف الطبوغرافية. كما يسمح بتحليل تأثير المباني على البيئة المحيطة، مثل الظل والرياح والتدفقات المرورية.

3. التنفيذ والإدارة:

- الريفيت يساعد في إنشاء جداول وتقديرات للكميات والتكاليف، مما يحسّن إدارة المشروع والتنفيذ. كما يوفر تنسيق مستمر بين التصميم والتنفيذ، مما يقلل من التغييرات والتعديلات المكلفة.

4. التواصل والتنسيق:

- نموذج الريفيت يوفر قاعدة بيانات مركزية يمكن الوصول إليها من قبل جميع الأطراف المعنية بالمشروع. هذا يعزز التواصل والتنسيق بين المصممين والمقاولين والعملاء والمستخدمين النهائيين.

بشكل عام، يعد Revit أداة قوية ومتكاملة للنمذجة ثلاثية الأبعاد وإدارة معلومات مواقع البناء، مما ينعكس إيجابًا على جودة تخطيط الموقع.

4-5-2 ميزة التصور والمحاكاة في البيم واهميتها في تخطيط موقع البناء (Visualization in CSLP):

يمكن استخدام خطة الموقع القائمة على BIM لإنتاج أنواع عديدة من الصور التوضيحية والتصورات، سواء كعروض ثابتة أو رسوم متحركة.

- **العروض الثابتة:**
  يمكن استخدام نموذج تخطيط الموقع ثلاثي الأبعاد لإنتاج عروض توضيحية مختلفة لخطة الموقع من مناظير مختلفة، حيث يمكن أن تمثل المشاهدات الثابتة لمحات عامة أو يمكن أيضا

تمييز نقاط الخطر على المخطط باستخدام الألوان مثالا، ويمكن أيضا إضافة معلومات إضافية إلى العرض ثلاثي الأبعاد من خلال نص ثلاثي الأبعاد، على سبيل المثال إضافة تفسيرات للنموذج مثل "طريق الموقع", كما يمكن إنتاج الصور من المناظير المطلوبة والتي عادة ما تكون صور واقعية للنموذج كلقطات بهدف إنتاج مناظير للموقع مفهومة وأقرب للواقع.

- **الرسوم المتحركة:**

يمكن استخدام نفس النموذج لإنتاج الرسوم المتحركة. يمكن ان توفر الرسوم المتحركة فهما عاما للموقع بسرعة. يمكن استخدامها على سبيل المثال لمشاهدة المعالم الافتراضية عند تقديم المشروع لموظفي الموقع، أو عند تقديم ترتيبات الموقع للعميل.

- **ميزة المحاكاة:**

تتيح للمصممين ومديري المشاريع التخيل الدقيق لأعمال البناء بالموقع بكل تفاصيلها كما انها تتيح:

محاكاة حركة الرافعات البرجية العاملة بنفس المنطقة ومنع تصادمها مع بعضها أو مع العناصر الأخرى المثبتة بالموقع

محاكاة حالة استخدام مساحة العمل والتغيرات الديناميكية الحاصلة بها خلال تقدم العمل لتحديد التعارضات المكانية، وإمكانية مشاركة المقاولين بالتخطيط مما يحد من النزاعات الحاصلة في الموقع بين المقاولين على مساحة العمل.

محاكاة حالة استخدام طرق الوصول للموقع مما يتيح معرفة المعوقات التي تؤخر وصول موارد التنفيذ لمساحة العمل الخاصة بها بالوقت المناسب.

محاكاة ترتيبات السالمة في الموقع مثل محاكاة الحماية من السقوط من خلال نمذجة حواجز الحماية.

لتقدير الدقيق للكميات، وإمكانية التعديل التلقائي للكميات عند التغيير في التصميم مما يساهم في تقليل مخزون المواد في الموقع وبالتالي تقليل احتمالية السرقة وتعرض المواد للتلف

رصد مخاطر السلامة وتمثيل مناطق الخطر وتمييزها على المخطط لتكون واضحة باستخدام الألوان مثلا.

توفير مخططات الموقع ثنائية الأبعاد المطلوبة في الموقع بسهولة.

6-2 التخطيط اللوجستي لموارد مواقع البناء (construction logistics planning - CLP):

التخطيط اللوجستي لموارد المواقع هو عملية تحديد وتنظيم الموارد اللازمة لمشروع البناء بشكل فعال. يهدف التخطيط اللوجستي إلى ضمان توافر الموارد الصحيحة في الوقت المناسب وفي المكان المناسب لتلبية احتياجات المشروع. وفيما يلي بعض العناصر الرئيسية التي يجب أخذها في الاعتبار عند التخطيط اللوجستي لموارد مواقع البناء:

1. الموارد البشرية: يجب تحديد عدد ومهارات العمال المطلوبين للمشروع، وضمان توفرهم في الوقت المناسب. يجب أيضًا توفير إجراءات السلامة والصحة المناسبة للعمال.

2. الاليات والمعدات: يتعين تحديد وتوفير المعدات اللازمة للبناء، مثل الحفارات والرافعات والشاحنات والأدوات اليدوية. يجب ضمان جاهزية المعدات وصيانتها بشكل منتظم.

3. المواد: يجب تحديد وتوفير المواد اللازمة للبناء، مثل الخرسانة والحديد التسليح والطوب والأنابيب والأسلاك الكهربائية والأدوات الأخرى. يجب أن تكون المواد عالية الجودة وتلبي المواصفات المطلوبة.

4. النقل والتوزيع: يجب تخطيط وتنظيم وسائل النقل المناسبة لتوصيل الموارد إلى موقع البناء في الوقت المحدد. يجب أيضًا توفير نظام فعال لتوزيع المواد داخل الموقع.

5. إدارة المخزون: يجب إدارة المخزون بشكل جيد لضمان توافر المواد بشكل مستمر وتجنب نقصها أو فائضها. ينبغي تحديد مستويات المخزون المثلى وتطبيق أنظمة رصد المخزون الفعالة.

6. الجدولة الزمنية: ينبغي تخطيط العمليات اللوجستية وتنظيمها بناءً على الجدول الزمني للمشروع. يجب تحديد التوقيت المناسب لتوفير الموارد وتنفيذ الأنشطة اللازمة.

يعد التخطيط اللوجستي للمواد عنصرا مهما في إدارة سلسلة التوريد التي تعزز مواقع البناء المرتبة والتسليم الفعال للمشاريع .ويهدف إلى ضمان تسليم المواد والمعدات المناسبة إلى الموقع في الوقت المناسب وذلك لتقليل الموارد الخاملة ومتطلبا ت المساحة في الموقع.

2-6-1 الموارد البشرية:

الاعتبارات الرئيسية للتخطيط اللوجستي للموارد البشرية في مواقع البناء كما ذكرها (يوسف محمد، جامعة الخرطوم، 2022) :

1. التنبؤ بالاحتياجات من الموظفين: التنبؤ بالعدد والمهارات اللازمة من الموظفين لإنجاز أعمال البناء على مختلف المراحل.

2. التوظيف والاختيار: إجراءات التوظيف والاختيار للعمال المناسبين بالمهارات والخبرات المطلوبة.

3. تدريب وتطوير الموارد البشرية: تخطيط البرامج التدريبية لتحسين مهارات العمال وإعدادهم للمهام المطلوبة.

4. إدارة الأداء والحوافز: تصميم نظام لإدارة أداء الموظفين وتقديم الحوافز والمكافآت لتحفيزهم.

5. الإسكان والرعاية الصحية: توفير إسكان لائق ورعاية صحية مناسبة للعمال في مواقع البناء النائية.

6. إدارة الغياب والتنقل: التخطيط لإدارة حضور العمال والتنقل بينهم بين مواقع البناء المختلفة.

7. الصحة والسلامة المهنية: تخطيط وتنفيذ إجراءات الصحة والسلامة المهنية لحماية العمال

2-6-2 الاليات والمعدات:

1- الرافعة البرجية:

تحديد أنواع الروافع البرجية:
هناك عدة اعتبارات مهمة لتحديد نوع الرافعة البرجية المناسبة لمشروع بناء:

1. ارتفاع المبنى:
   - ارتفاع المبنى يحدد الطول المطلوب لذراع الرافعة البرجية.
   - عادةً ما تكون الرافعة ذات ارتفاع أكبر من ارتفاع المبنى بحوالي 5-10 متر.
2. قدرة الرفع:
   - يجب أن تكون قدرة الرفع كافية لحمل الأحمال الثقيلة كالخرسانة والحديد والمعدات.
   - عادةً ما تتراوح قدرة الرفع للرافعات البرجية بين 6-12 طن.
3. طول الذراع:
   - طول الذراع يجب أن يكون مناسب لحجم الموقع وتخطيط المبنى.
   - عادةً ما يتراوح طول الذراع بين 30-50 متر.
4. القدرة على التنقل:
   - إذا كان المشروع يتطلب نقل الرافعة البرجية بين مواقع مختلفة، فيجب أن تكون الرافعة متنقلة.
   - هناك رافعات برجية ذاتية التنقل وأخرى تُنقل باستخدام شاحنات.
5. ظروف الموقع:
   - الوصول إلى الموقع والمساحة المتاحة لتركيب الرافعة.
   - وجود أية قيود أو عوائق مثل خطوط الكهرباء أو المباني المجاورة
   - قيود تخطيط الرافعة البرجية(TOWER CRANE) :

1- يجب التحقق ما إذا كان ذراع الرافعة قادر للوصول إلى جميع نقاط التزويد والتفريغ وخدمة جميع الموقع. يمكن تمثيل القيود بين الرافعة البرجية في النقطة (X , Y) ذات نصف قطر التشغيل R ونقاط الإمداد في النقطة (Xi , Yi) بواسطة المتراجحة:

$$(X-Xi)2 + (Y-Yi)2 \leq R2$$

2- يجب التحقق من مواقع الكائنات في نموذج الموقع لتجنب التداخلات.

3- يجب أن تكون ساحات تخزين المواد المعينة موجودة ضمن دائرة نصف قطرها يمكن الوصول إليها من الرافعة البرجية. ويمثل هذا رياضيا كما في العلاقة:

4- يجب التحقق من أن أي موقع مقترح للرافعة البرجية يقع بالكامل ضمن حدود موقع البناء، يتم تصميم قاعدة الرافعة البرجية على شكل مستطيل ويتم التعامل معها كأي كائن آخر في النموذج.

- حركة الرافعة البرجية:

لنمذجة عمليات الرافعة البرجية من النوع T نحتاج الى حساب الأوقات التي تستغرقها الرافعة البرجية في الحركة، تنقسم كل دورة رفع إلى أربعة حركات:

1- نقل الخطاف من الموقع السابق (آخر نقطة طلب أو حالة الخمول) إلى موقع نقطة التحميل.
2- تحميل الحمل المستهدف.
3- نقل الخطاف المحمل إلى موقع نقطة الطلب.
4- تفريغ الحمل المستهدف وتكرار الدورة أو الانتقال إلى حالة الخمول.

نراعي ما يلي:

- تختلف السرعة الرأسية للخطاف وفقا للحمل المرفوع. كلما زاد الحمل انخفضت السرعة. هذا يعني أن الوقت اللازم للحركة الرأسية للخطاف، يجب أن يختلف وفقا لحمل كل مهمة وحالة الخطاف، سواء تم تحميله أم لا.
- يجب إضافة وقت معين إلى المعادلات، للتحميل عند نقطة العرض وللتفريغ عند نقطة الطلب.
- تعتمد المعادلات على ثلاث حركات متميزة (حركة الرفع وحركة العربة وحركة الدوران) تقوم بها الرافعة عند نقل الحمولة ويكون إجمالي زمن السفر هو مجموع زمن هذه الحركات الثلاث. يتم نقل الأحمال من نقطة التزويد إلى كل منطقة من مناطق العمل، والزمن الذي يستغرقه الطابق بأكمله Tهو مجموع الزمن المستغرق لكل منطقة عمل.

$$T = \max(T_h, T_v) + \beta * \min(T_h, T_v) + T_L + T_u$$

$$T_v = V_v * (ZS_i - ZD_j)$$

$$T_h = max(T_r, T_w) + \alpha * \min(T_r, T_w)$$

$$PS_i = \sqrt{(X_{si} - X)^2 + (Y_{si} - Y)^2}$$

$$PD_j = \sqrt{(X_{dj} - X)^2 + (Y_{dj} - Y)^2}$$

$$PD_{ij} = \sqrt{(X_{si} - X_{dj})^2 + (Y_{si} - Y_{dj})^2}$$

$$T_r = \frac{abs * (P_{dj} - P_{si})}{V_r}$$

$$T_w = \frac{1}{V_w} * arc\ cos\ \frac{(PD_{ij})^2 - (P_{si})^2 - (P_{dj})^2}{2 * PD_j * PS_i}$$

حيث: X,Y,Z: إحداثيات نقطة الرافعة.

XDj, YDj, ZDj : إحداثيات نقطة الطلب

XSi, YSi, ZSi : إحداثيات نقطة الإمداد

P(Dij): المسافة من نقطة العرض i إلى نقطة الطلب j

P(Dj): المسافة من نقطة الرافعة إلى نقطة الطلب

P(Si): المسافة من نقطة الرافعة إلى نقطة الإمداد

Vr: السرعة الشعاعية للرافعة

Vw: = سرعة دوران الذراع (راد / دقيقة)

Vv: سرعة الرفع الرأسية (م / دقيقة)

T:اجمالي زمن السفر للخطاف من النقطة i الى النقطة j

Tr :زمن الحركة الشعاعية للخطاف (دقيقة)

Tw :زمن دوران حركة الخطاف (دقيقة)

Tv : وقت الرفع الرأسي للخطاف (دقيقة)

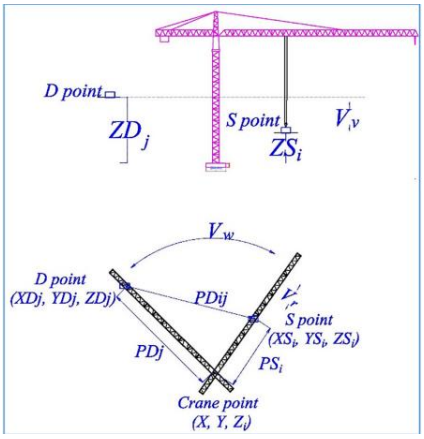
Th :وقت الحركة الأفقية للخطاف (دقيقة)

TL :الوقت اللازم للتحميل

Tu :الوقت اللازم للتفريغ

α: معلمة الحركة المتزامنة للذراع (درجة تنسيق حركة الخطاف في الاتجاهين الشعاعي والعرضي في المستوى الأفقي بين 0 و 1)(يفترض أن تكون 0.25)

β :معلمة الحركة المتزامنة للخطاف (درجة تنسيق حركة الخطاف في المستويات الرأسية والأفقية بين 0 و 1) (يفترض أن تكون 1.0)



رسم توضيحي 1 الرافعة البرجية

3-6-2 المواد:

يعد التخطيط اللوجستي للمواد مهما في إدارة سلسلة التوريد التي تعزز تسليم المشروع بكفاءة، ويهدف الى ضمان تسليم المواد بالوقت المناسب لتقليل المواد الخاملة في الموقع.

إن التركيز الأساسي لمفهوم الخدمات اللوجستية في مشاريع البناء والتشييد هو التنسيق والتواصل فيما بين المشاركين في المشروع خال فترة التصميم ومراحل التنفيذ وخاصة في عملية ضبط تدفق المواد. وتجدر الإشارة الى أن المشاكل التي تظهر في عملية تدفق المواد والتي تحتوي على تأخير في توريد المواد تعود الى شراء بعض المواد تماما قبل الحاجة اليها، وهدر المواد خال مرحلة التخزين، المعالجة والنقل بجودة عالية دون التوافق والامتثال مع حاجات الإنتاج في الموقع (المهندس ايهم حجازي).

تساعد تقنية BIM على التوفير من تكاليف المواد بسبب دقة برمجياتها في تقدير كميات المواد بدون مبالغة مما يساعد على التخلص من نفايات المواد، وإمكانية التعديل التلقائي للكميات عند طلب التغيير في التصميم. كما يساهم البيم في تقليل مخزون المواد وبالتالي تقليل التكلفة وتقليل احتمالية السرقة وتعرض المواد للتلف

استخدام التصور في BIM D4 يدعم تنسيق أوقات تسليم المواد مما يؤدي للحد من الازدحام بمواقع العمل.

4-6-2 النقل والتوزيع:

الاعتبارات الرئيسية للتخطيط اللوجستي لحركة النقل والتوزيع كما حددها (يوسف محمد، جامعة الخرطوم، 2022) :

1. تخطيط شبكة النقل والتوزيع:
   - تحديد الطرق والمسارات الأمثل لنقل المواد والمعدات إلى مواقع البناء.
   - التخطيط لتدفق الحركة المرورية داخل الموقع وبين المواقع المختلفة.
2. إدارة المخزون والتموين:
   - التنبؤ باحتياجات المواد والمعدات وتخطيط التموين المناسب.
   - إدارة المخزون بكفاءة لتجنب نفاد المواد أو تراكمها.
3. جدولة وتنسيق النقل:
   - جدولة وقت وصول المواد والمعدات بما يتناسب مع احتياجات الموقع.
   - التنسيق بين مختلف وسائل النقل المستخدمة.
4. تتبع وإدارة المعلومات:
   - تتبع حركة المواد والمعدات وتوفير المعلومات في الوقت المناسب.
   - استخدام التقنيات الحديثة لتعقب الشحنات ومراقبة التنفيذ.
5. أمن وسلامة النقل:
   - ضمان سلامة نقل المواد والمعدات وحماية البضائع من الأضرار.

- تخطيط إجراءات الأمن والسلامة للعاملين في النقل والتوزيع

7-2 منهجية تخطيط الموقع القائم على بيم (CSLP based on BIM):

اكدت الدراسات السابقة على ان الهدف من تخطيط موقع البناء(CSLP)هو تحديد التخطيط الأمثل للمرافق داخل حدود موقع البناء من أجل تمكين العمل الآمن والفعال، وحركة المواد والمعدات، مما يقلل من مسافة نقل موظفي الموقع والمعدات وتقليل إجمالي تكلفة النقل بين المرافق (Kumar 2015).

تقدم نماذج بيم مصادر غنية للمعلومات. يتم الاستفادة في تخطيط مواقع البناء القائمة على بيم (CSLP based on BIM) من نماذج البيم والجداول الزمنية في تقدير حجم المرافق المؤقتة وابعادها وعددها قبل البدء بالتنفيذ. (cheng 2015).

يمكن تقسيم عملية تخطيط مواقع البناء الى المهام التالية:

1- **تحديد أنواع المرافق المطلوبة.**
2- **تحديد مساحة المرافق وعدد الاليات المطلوبة.**
3- **تحديد مرحلة البناء المطلوبة لكل منشأة.**
4- **وضع سيناريوهات تخطيط المرافق داخل الموقع.**

1-7-2 تحديد أنواع المرافق المطلوبة:

وفقًا (Ahmed Elyamany, Ashraf Elazouni/2017)، هناك عدة خطوات رئيسية لتحديد أنواع المرافق المؤقتة المناسبة لموقع المشروع الإنشائي:

1. تحليل متطلبات المشروع:
   - نوع المشروع (سكني، تجاري، صناعي...)
   - حجم المشروع وعدد الافراد (عمال، مهندسين، مقاولين من الباطن....) المتوقعين
   - المدة الزمنية للمشروع
2. تحليل خصائص الموقع:
   - المساحة المتاحة للمرافق المؤقتة
   - إمكانية الوصول والبنية التحتية في الموقع
   - الظروف البيئية (المناخ، التضاريس، إلخ)
3. تحديد أنواع المعدات المتوقعة:
   - الكرفانات والحاويات
   - المباني الجاهزة أو الخيام
   - المرافق الصحية والخدمية

- مناطق التخزين ومساحات العمل.

2-7-2 تحديد مساحة المرافق المؤقتة على أساس BIM:

تستخدم المرافق لتخزين المواد أو المعدات، أو لتوفير منطقة عمل للبشر وينبغي أن يحقق حجم المرافق تسهيل أفضل الممارسات ل:

1- تخزين المواد
2- ظروف عمل آمنة للعمال،
3- كفاءة تشغيل المنشأة.

- يجب أن تضمن مرافق تخزين المواد وجود مساحة كافية للتخزين طوال مدة البناء. يجب ان توفر المرافق مثل محلات التصنيع وساحات النجارة ومكاتب الموقع بيئة عمل خالية من العوائق.

- يجب أن يكون مساحة مرافق الإنتاج مثل مصانع الخلط مع الأخذ في الاعتبار قدراتها الإنتاجية. ولذلك فإن حجم المرافق المؤقتة يعتمد على متغيرات مثل الكمية المقدرة للعمل ومعدل استهلاك الموارد وعدد العمال ومساحة الموقع.

❖ **تقدير مساحة مرافق التخزين المؤقتة:**

تُستخدم مرافق التخزين لتخزين المواد التي سيتم استخدامها في البناء مؤقتا. ومن الأمثلة على ذلك ساحات تخزين الحديد وساحات تخزين القوالب وساحات المواد، ومستودعات الأسمنت، وما إلى ذلك. وينبغي لمرافق التخزين توفير مساحة تخزين كافية للمواد مع حمايتها من التلف الناتج عن الشمس أو الرياح أو المطر.

يرتبط الحد الأقصى لمستوى المخزون بمعدل استهلاك تلك المادة والوقت بين عمليات التسليم المتعاقبة كما هو محدد بواسطة العلاقة:

$$Q = R * T$$

حيث Q هو الحد الأقصى لمستوى المخزون، ويشيرR إلى ذروة المواد الطلب أو معدل استهلاك ذلك المورد، Tو هو الوقت بين عمليا ت التسليم المتعاقبة. وهكذا يمكننا حساب الحجم المطلوب للمرفق إذا عرفنا معدل الاستهلاك والوقت بين عمليات التسليم المتعاقبة باستخدام المعادلة:

$$As = C * R * T$$

Cهو ثابت يدل على مؤشر على مقدار المساحة اللازمة لتخزين كمية واحدة من المادة المطلوبة.

Rإلى معدل الذروة لاستهلاك المادة.

Tإلى الوقت بين عمليا ت التسليم.

❖ **تحديد مساحة المرافق المؤقتة المعدة للاستخدام الشخصي في الموقع:**

يتم ذلك بعد تحديد عدد الافراد داخل الموقع. وفيما يلي اعتبارات تخطيطية لبعض المرافق:

*** اعتبارات المرافق المعدة للاستخدام الشخصي:**

متل مكاتب المهندسين والمقاولين المؤقتة وأماكن استراحة العمال..

1. تخصيص مساحة 8-12 م2 لكل موظف في المكاتب المؤقتة، بما في ذلك مساحات الحركة والتخزين.
2. تأكيد على توفير إضاءة طبيعية كلما أمكن، مع نظام إضاءة اصطناعي مناسب.
3. ضرورة توفير تهوية كافية وفق معايير الراحة والصحة المهنية.
4. تصميم مرن وقابل للتكيف مع التغييرات المستقبلية في الاحتياجات والعمليات.
5. تخصيص مساحات إضافية للتوسع والتغيير بنسبة 15-20% من المساحة الإجمالية.

*** دورات المياه:**

1. توفير حمام واحد لكل 15-20 عامل ذكر على الأقل.
2. توفير حمام واحد لكل 10-15 عاملة أنثى على الأقل.

*** استراحة العمال:**

1. توفير مساحة استراحة مناسبة تتراوح بين 1-2 متر مربع لكل عامل على الأقل.
2. ضرورة أن تكون منطقة الاستراحة مظللة وذات تهوية جيدة، وأن تكون بعيدة عن مناطق الخطر والضوضاء.
3. تجهيز منطقة الاستراحة بمقاعد وطاولات كافية لراحة العمال أثناء فترات الراحة.
4. توفير مصادر للمياه الباردة والساخنة في منطقة الاستراحة لاستخدامها في الشرب والتنظيف.
5. إضافة مرافق صحية مناسبة (حمامات ومراحيض) بالقرب من منطقة الاستراحة.
6. تزويد المنطقة بوسائل التبريد أو التدفئة حسب الظروف المناخي

الفصل الثالث: الدراسة العملية:

1-3 وصف موقع المشروع:

- الموقع: سوريا – محافظة طرطوس- مدينة طرطوس- محور 8 اذار- قرب مشفى المشرق.
- مجاورات العقار: منطقة 8 اذار العقارية (مقاسم مفروزة ومعدة للبناء) ومباني سكنية قيد الانشاء ومباني مسكونة، يحدها من الشمال والغرب شارع تجميعي بعرض 8 أمتار.
- مساحة الموقع: 1720 متر مربع
- طبوغرافيا الموقع: طبوغرافيا الموقع مسطحة وترتفع عن سطح البحر 50 متر.
- وصف البناء:

  - مساحة البناء: 200متر مربع.
  - عدد الطوابق: طابق ارضي وعشر طوابق فنية.
  - المساحة المبنية:2200 متر مربع.
  - الجهة المالكة: نقابة المحامين في طرطوس.
  - اسم المنطقة ورقم العقار: منطقة 8 اذار عقار رقم B/127

رسم توضيحي2 : موقع المشروع

2-3 تحديد أنواع ومساحات المرافق والاليات المطلوبة للمشروع:

1-2-3 تحديد أنواع المرافق المطلوبة:

1- تحليل المشروع:

- نوع المشروع: سكني.
- حجم المشروع: مساحة الموقع: 1720 متر مربع، مساحة البناء 200 متر مربع.
- عدد المهندسين/المقاولين في المشروع: مهندس إدارة موقع+ مساعد مهندس / مقاولين من الباطن.
- عدد العمال: 20 عامل.
- المدة الزمنية المخططة للمشروع: 5.5 الى 6 أشهر باعتبار ان إنتاجية العمال الشهرية من 400-550 متر مربع شهريا.

2- تحليل خصائص المشروع:
ذكرت في وصف المشروع

3- تحديد أنواع المرافق والاليات المطلوبة للمشروع:

- المكاتب المؤقتة.
- استراحة العمال.
- عناصر الأمان: السياج والبوابات.
- الرافعة البرجية.
- أماكن تخزين المواد المؤقتة.
- اليات التفريغ وحفر الاساسات والترحيل.
- اليات نقل المواد.
- اليات صب الخرسانة الجاهزة.

2-2-3 تحديد مساحة المرافق المؤقتة وعدد الاليات المطلوبة للمشروع:

1- المكاتب المؤقتة:

تم تخصيص 8 متر مربع لكل فرد + 2 متر حركة أي ان المساحة المطلوبة للمكاتب المؤقتة = 18 متر مربع.

2- استراحة العمال:

تم تخصيص 1.5 متر لكل عامل أي ان المساحة المطلوبة لاستراحة العمال= 1.5 * 20 = 30 متر مربع.

3- الرافعة البرجية:

حسب معايير الهيئة العربية للتصنيع (EOS):

- ارتفاع المبنى:

- ارتفاع 12 طابق يعادل حوالي 36متر.
- هذا ارتفاع متوسط يتطلب رافعة برجية بارتفاع تقريبي من 45 إلى 50متر.

- قدرة الرفع:

- يجب أن تكون قدرة الرفع للرافعة البرجية كافية لرفع الأحمال الثقيلة كالخرسانة والحديد والمعدات.
- قدرة الرفع للرافعات البرجية لمباني من 10-20 طابق في حدود 6-12 طن.

-طول الذراع:

- طول الذراع يجب أن يكون مناسب لحجم الموقع وتخطيط المبنى ويجب الا يقل عن البعد بين مركز الرافعة البرجية وابعد زاوية من أماكن التخزين المؤقت للمواد.
- بالنسبة لمبنى 12 طابق، ومساحة 20*10 يكون طول الذراع المناسب عادةً بين 30-50 متر.

-القدرة على التنقل:

- غير مطلوبة للمشروع.

بناءً على هذه المعطيات، الرافعة البرجية المناسبة لمبنى بارتفاع 12 طابق رافعة برجية ذات ارتفاع 45-55 متر وقدرة رفع 6-12 طن، وذراع طول 30-45 متر.

4- تحديد مساحات أماكن تخزين المواد ونوع الاليات المستخدمة:

تم تقسيم الاعمال الانشائية الى 3 اقسام: اعمال الحفر – اعمال الردم – اعمال صب البيتون.

- تم تقسيم اعمال البيتون الى ثلاث مراحل هي:

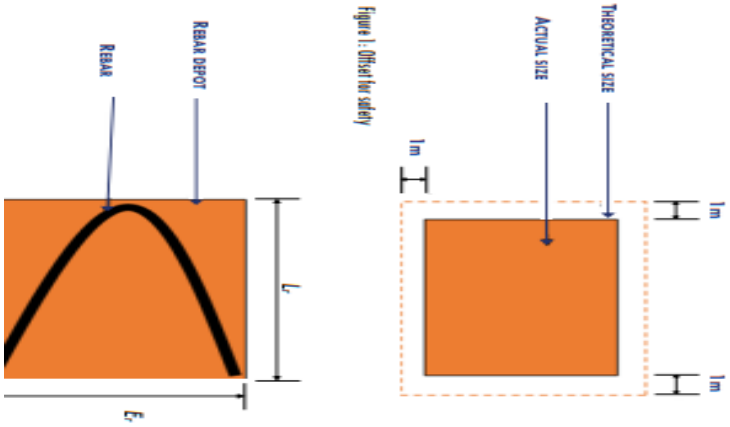
1- المرحلة الأولى (الاساسات – رقبات الأعمدة – الشناجات)

2- المرحلة الثانية (البلاطات)

3- المرحلة الثالثة (الاعمدة)

وسيتم حساب الكميات اللازمة لكل مرحلة وتحديد أنواع وعدد الاليات اللازمة.

عند حساب المساحات اللازمة لتخزين المواد نضيف مسافة امان بمقدار 1 متر للمساحة المطلوبة .OLUGBOYEGA, O. T. WEMIMO, (2018)



حساب كميات المواد المطلوبة للأعمال الانشائية في مرحلة البناء الهيكلي:

- حسب المواصفات القياسية السورية فان درجة جودة الخرسانة المستخدمة في صب الخرسانة المسلحة هي C20، نحسب عدد الاكياس المطلوب لكل 1 كجم/م^3:

الخلطة الخرسانية:

الأسمنت: 290-350 كجم/م^3

الركام الناعم (الرمل): 650-750 كجم/م^3

الركام الخشن (الحصى): 1100-1250 كجم/م^3

لحساب عدد أكياس الأسمنت المطلوبة لكل 1 متر مكعب:

وزن الأسمنت في 1 متر مكعب = 350 كجم

وزن الأسمنت المحتوى في كيس واحد = 50 كجم

عدد الأكياس المطلوبة = 350 / 50= 7 أكياس.

❖ **مرحلة صب الاساسات:**

جدول كميات الاسمنت - الرمل - الركام المطلوبة لمرحلة صب الاساسات					
Category	Material: Name	Material: Volume	required cement	Required Sand m^3	Required AGG/ m^3
الاساسات					
Structural Foundations	Concrete, Cast-in-Place gray	14.63 m^3	102.4	6.2	12.5
		14.63 m^3	102.4	6.2	12.5
رقبات الاعمدة					
Structural Columns	Concrete, Cast-in-Place gray	3.51 m^3	24.6	1.5	3
		3.51 m^3	24.6	1.5	3
الشناجات					
Structural Framing	Concrete, Cast-in-Situ	11.35 m^3	79.5	4.8	9.7
		11.35 m^3	79.5	4.8	9.7
GRAND TOTAL			206.5	12.5	25.2

جدول3 :كميات الاسمنت والرمل والركام المطلوبة لصب الاساسات

المساحة المطلوبة للتخزين:

الاسمنت: المساحة الأفقية اللازمة لتخزين 210 كيس أسمنت بارتفاع 7 أكوام هي 4.5 متر مربع.

الرمل: 14 متر مربع

الركام 27 متر مربع

❖ **مرحلة صب البلاطات:**

جدول كميات الاسمنت - الرمل - الركام لمرحلة صب البلاطات					
Category	Material: Name	Material: Volume	required cement/ numb of bags	Required Sand m^3	Required AGG/ m^3
البلاطة المتكررة					
Floors	Concrete, Cast In Situ	33.07 m^3	231.5	14.1	28.2
Structural Framing	Concrete, Cast-in-Situ	11.87 m^3	83.1	5.1	10.1
		44.94 m^3	314.6	19.2	38.4
بلاطة بيت الدرج					
Floors	Concrete, Cast In Situ	2.14 m^3	15	0.9	1.8
		2.14 m^3	15	0.9	1.8

جدول4 : كميات الاسمنت والرمل والركام لصب البلاطات

* نوع الاليات المطلوبة لهذه المرحلة: مضخة بيتون بسرعة ضخ 12.5 متر مكعب/ الساعة على الأقل.

* عدد الاليات المطلوبة في هذه المرحلة:

الوقت الذي ستحتاجه المضخة لضخ 45 متر مكعب من البيتون إلى ارتفاع 20 متر(وسطيا)، باعتبار أن سرعة ضخ المضخة هي 12.5 متر مكعب/ساعة، هو:

1. الحجم الذي ستضخه المضخة في ساعة واحدة:
   - حجم الضخ في ساعة = 12.5 متر مكعب
2. الوقت اللازم لضخ 45 متر مكعب إلى ارتفاع 20 متر:
   - الوقت اللازم = كمية البيتون / سرعة الضخ
   - الوقت اللازم = 45 متر مكعب / 12.5 متر مكعب/ساعة = 3.6 ساعات

إذن، ستحتاج المضخة 3.6 ساعات لضخ 45 متر مكعب من البيتون إلى ارتفاع 20 متر، بسرعة ضخ 12.5 متر مكعب/ساعة.

حساب عدد الخلاطات البيتونية اللازمة لإتمام المهمة السابقة باعتبار ان سعة الخلاط 7 متر مكعب، نتبع الخطوات التالية:

- عدد الخلاطات= كمية البيتون / سعة الخلاط= 6.42=7/45 (نقوم بالتقريب الى 7 خلاطات)

2. حساب الوقت اللازم لوجود الخلاطات البيتونية في الموقع:

وهو يساوي الوقت اللازم لتفريغ الخلاط الواحد

- الوقت اللازم لتفريغ الخلاط الواحد= حجم الضخ بالساعة / سرعة الضخ= 0.56 دقيقة

يبعد المجبل مسافة 1.4 كم عن موقع البناء. وبالتالي فإننا بحاجة جبالة واحدة كل 52 دقيقة في موقع البناء باعتبار ان الوقت اللازم للجبالة للوصول من المجبل الى موقع البناء هو 4 دقائق.

رسم توضيحي 3 : موقع المجبل وبعده عن موقع البناء

❖ المرحلة الثالثة: مرحلة صب الاعمدة:

الاليات المطلوبة لهذه المرحلة:

نفس الاليات المستخدمة في المرحلة السابقة. لكن عدد الخلاطات = 10 والوقت المحدد لوصولها=50 دقيقة

جدول كميات الاسمنت - الرمل - الركام المطلوبة لمرحلة صب الاعمدة

Category	Material: Name	Material: Volume	required cement	Required Sand m³	Required AGG/ m³
أعمدة الطابق					
Structural Columns	Concrete, Cast-in-Situ	8.19 m³	57.3	3.5	7
		8.19 m³	57.3	3.5	7

جدول5 : كميات الاسمنت والرمل والركام المطلوبة لصب الاعمدة

5- اليات الحفر والترحيل:

كمية الحفر = 200*0.5 = 100 متر مكعب

سعة الحفارة اللازمة لحفر الكمية السابقة خلال 11 يوم = 1.7 متر مكعب. ويلزم لترحيل هذه الكمية 8 شاحنات سعة الواحدة 11 متر مكعب.

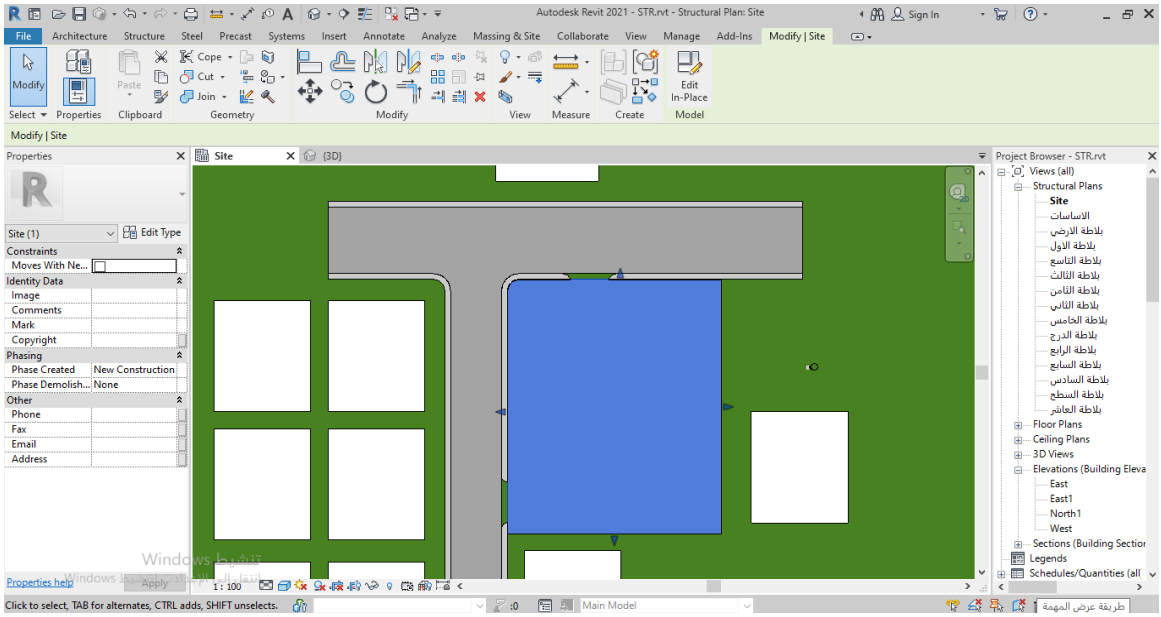
3-3 تطبيقات نمذجة معلومات البناء التي تم استخدامها في الدراسة العملية:

- تم استخدام منصة REVIT 2021للنمذجة البارامترية للبناء والموقع ومكونات الموقع (الأبنية المحيطة والطرق والمرافق المؤقتة لمواقع البناء والاليات والمعدات).
- تم استخدام برنامج NAVISWORKS 2021 للجدولة وادارة عمليات البناء.

4-3 خطوات النمذجة التي تم اتباعها باستخدام الريفيت:

1-4-3 نمذجة موقع البناء:

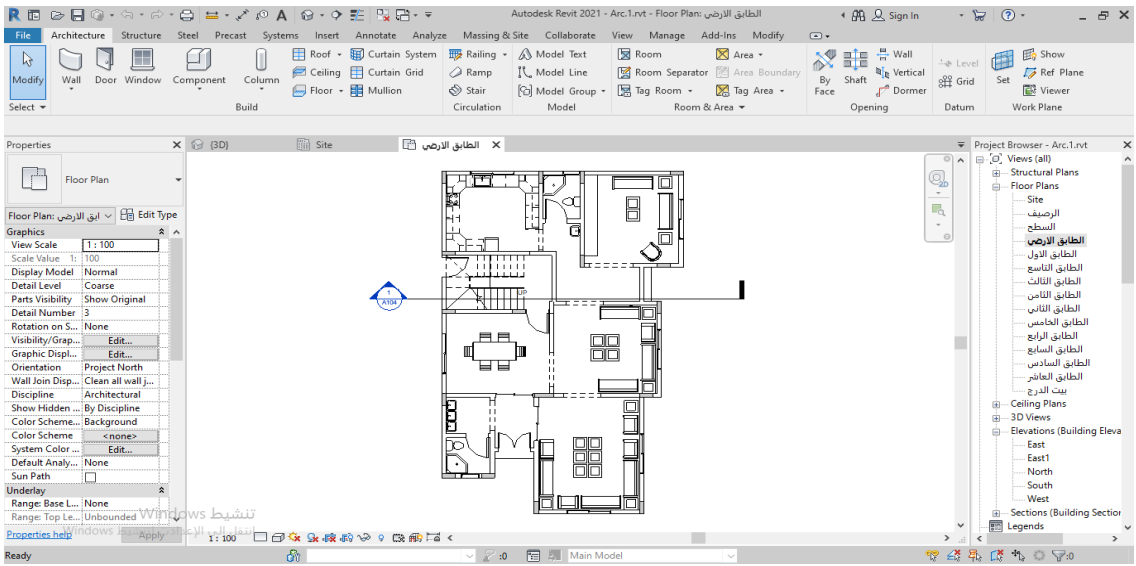
تمت نمذجة موقع البناء الطبوغرافي والمكونات المحيطة من مباني سكنية وطرقات وارصفة.



رسم توضيحي 4: نمذجة الموقع

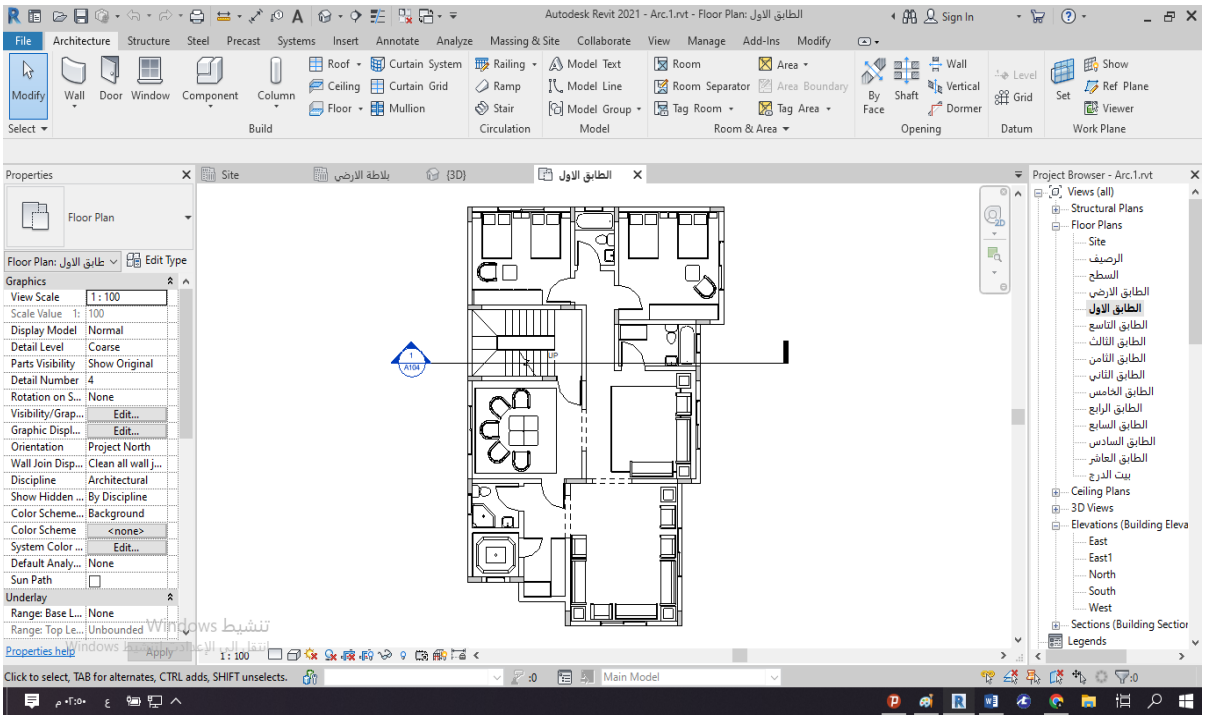
2-4-3 نمذجة المبنى:

- النموذج المعماري: - مسقط الطابق الأرضي:



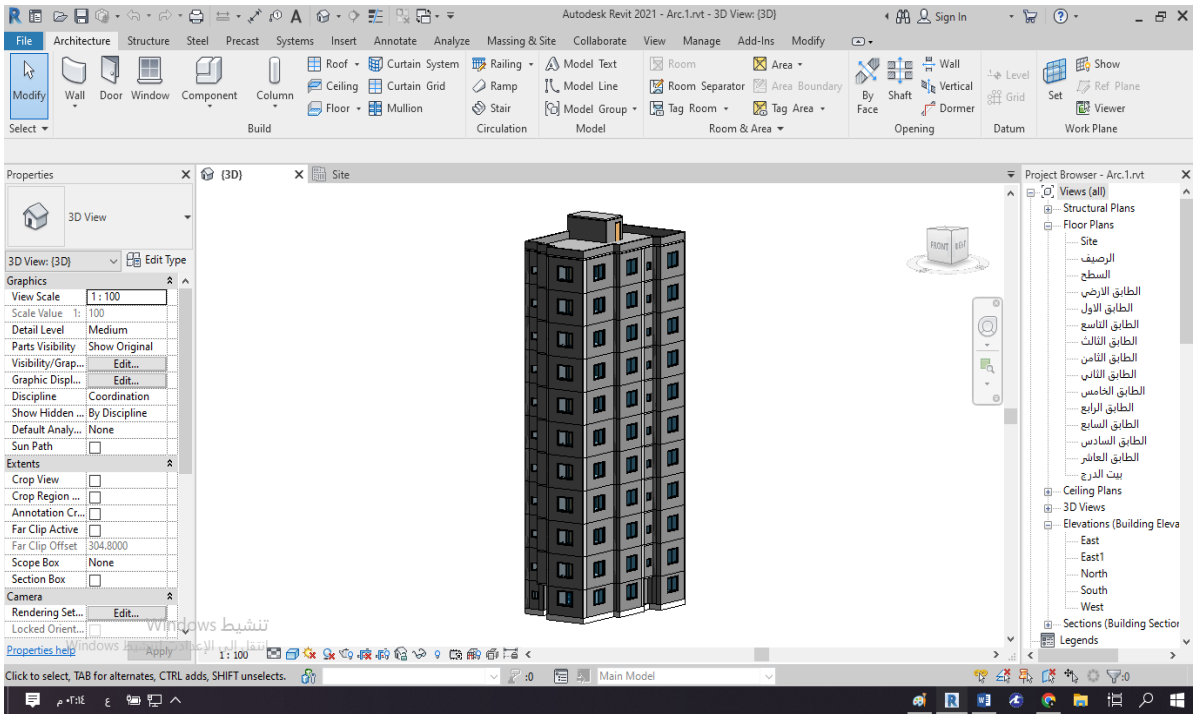
رسم توضيحي 5 : مسقط النموذج المعماري

- مسقط الطابق المتكرر:



رسم توضيحي 6 مسقط الطابق المتكرر في النموذج المعماري

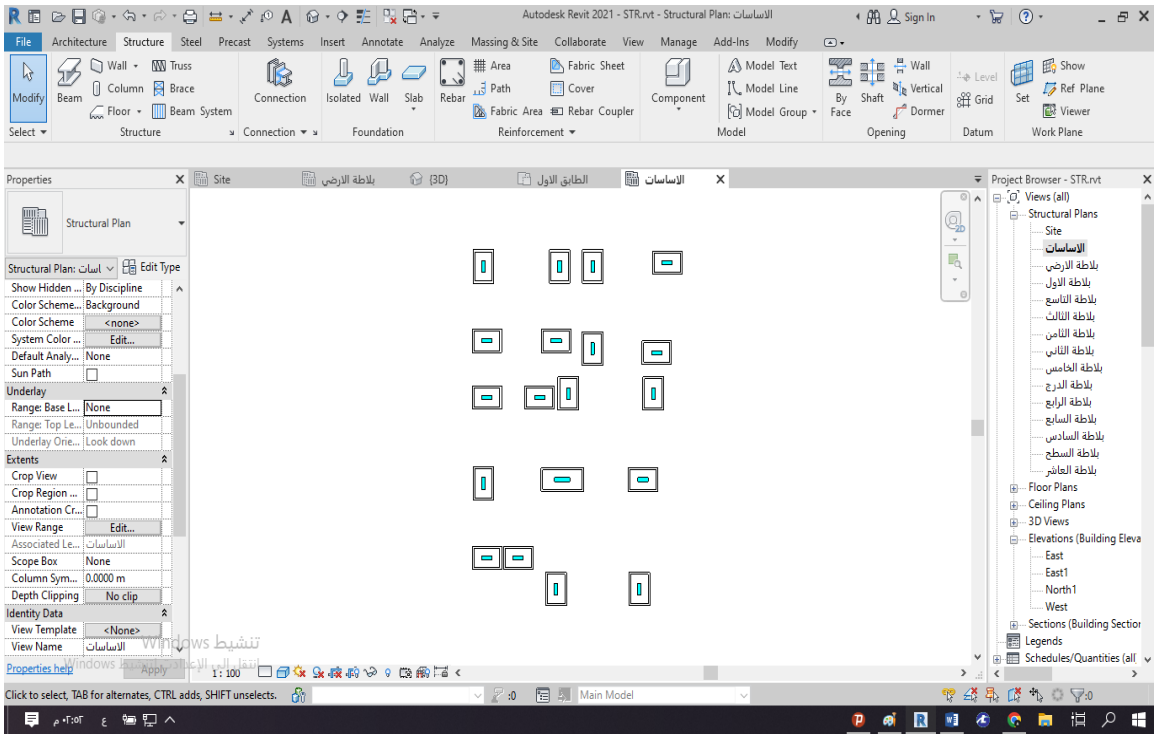
- منظور عام:



رسم توضيحي 7: النموذج المعماري النهائي

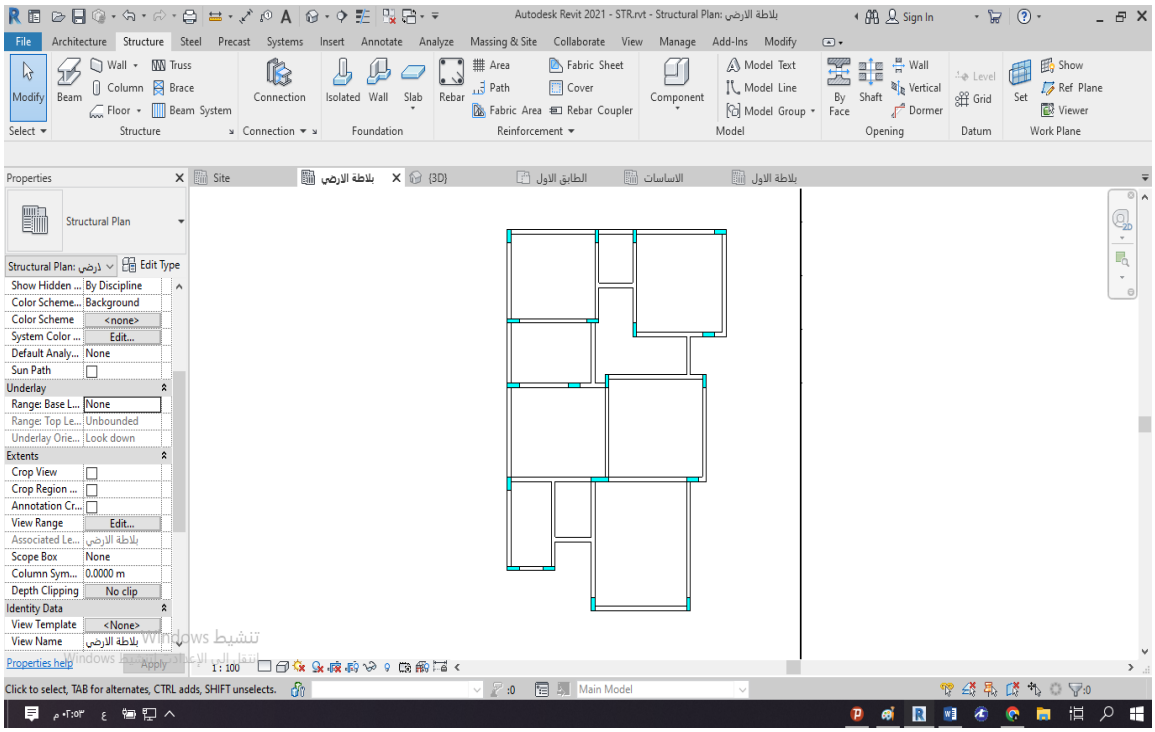
- النموذج الانشائي:

- نمذجة الاساسات:



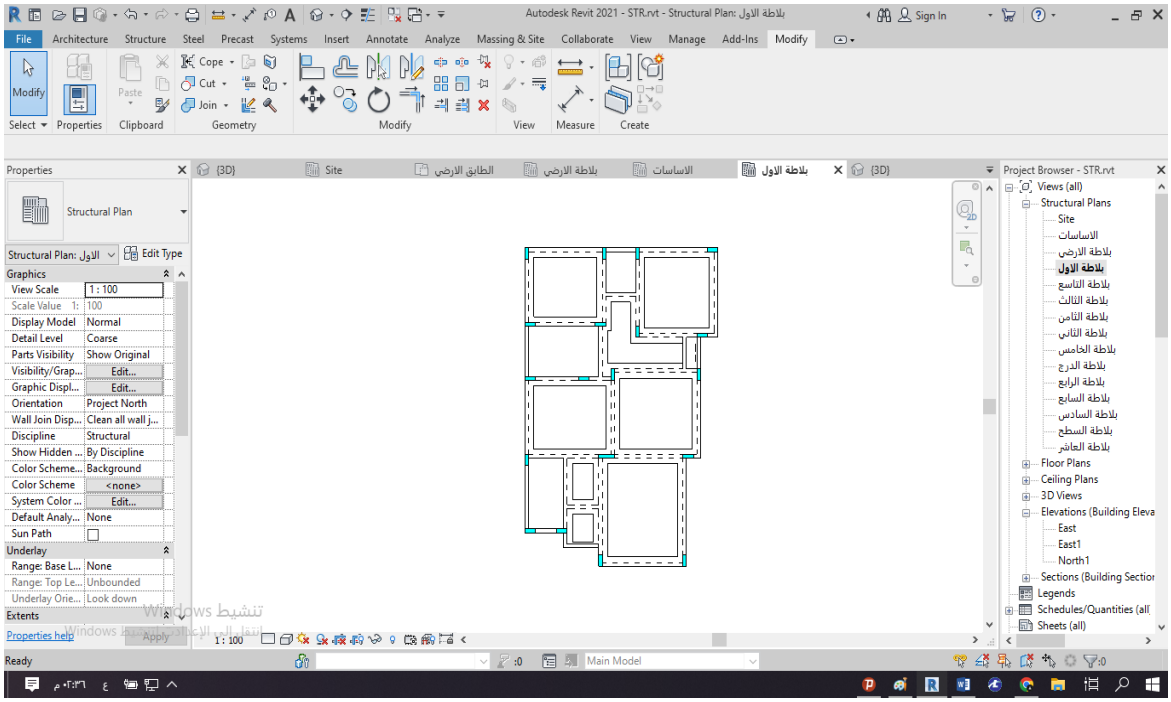
رسم توضيحي 8 : مسقط الاساسات

- الشناجات:



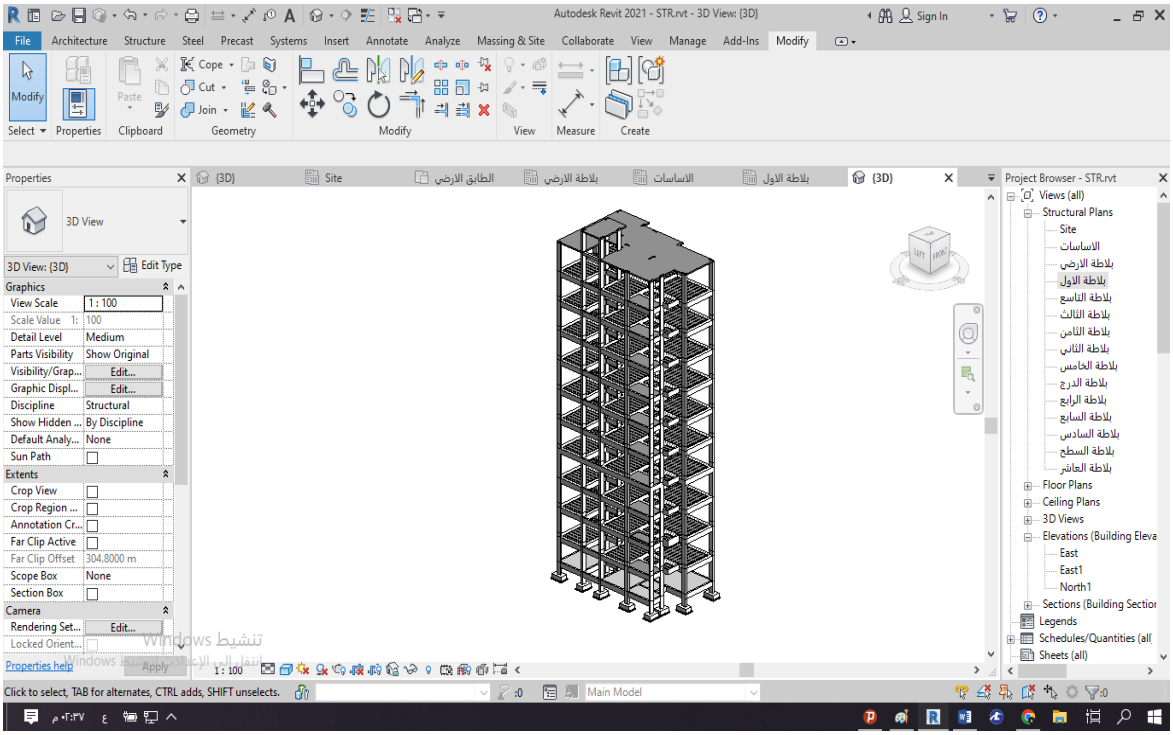
رسم توضيحي 9 : مسقط الشناجات

- البلاطات المتكررة:



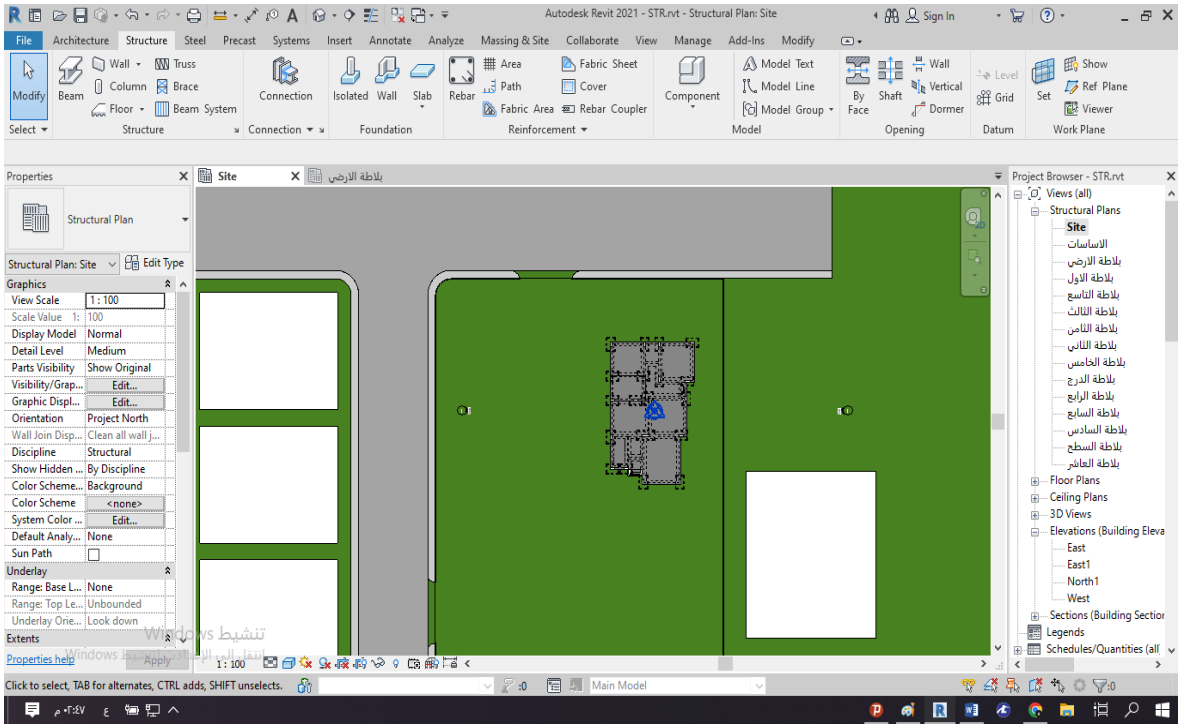
رسم توضيحي 10: مسقط البلاطة الانشائية المتكررة

- منظور عام:



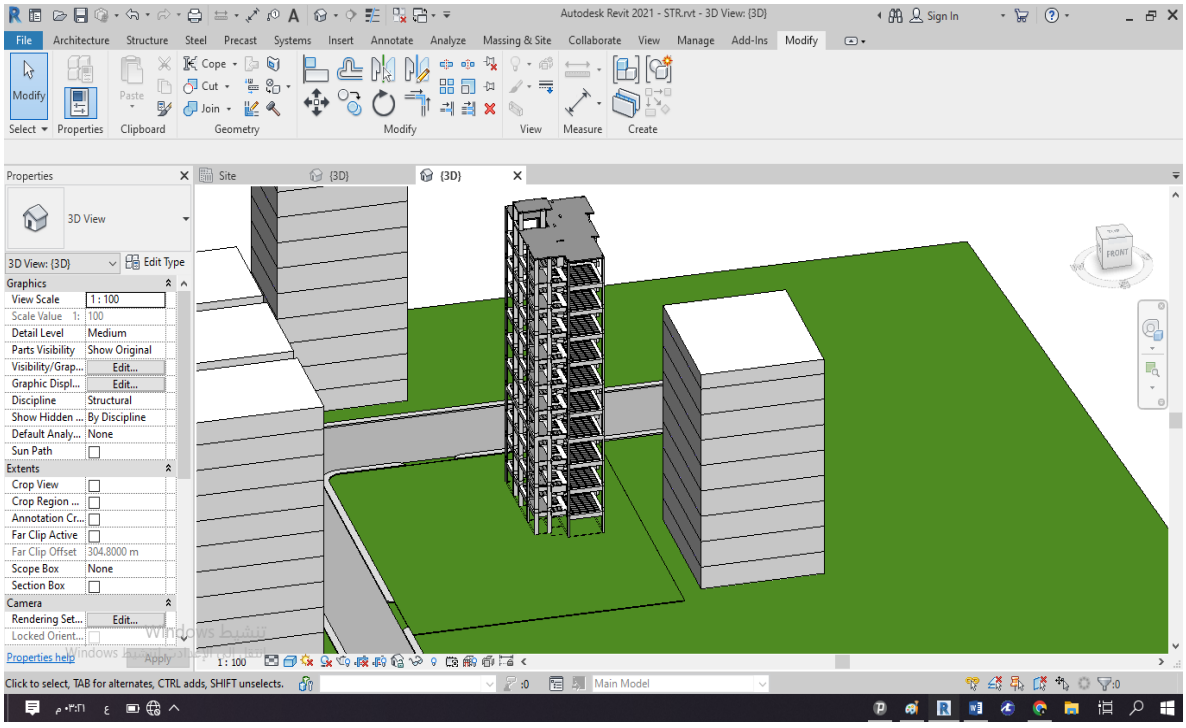
رسم توضيحي 11: منظور عام للنموذج الانشائي

3-4-3 وضع المبنى ضمن حدود الموقع:



رسم توضيحي 12: وضع المبنى ضمن حدود الموقع على برنامج الريفيت

- منظور عام:

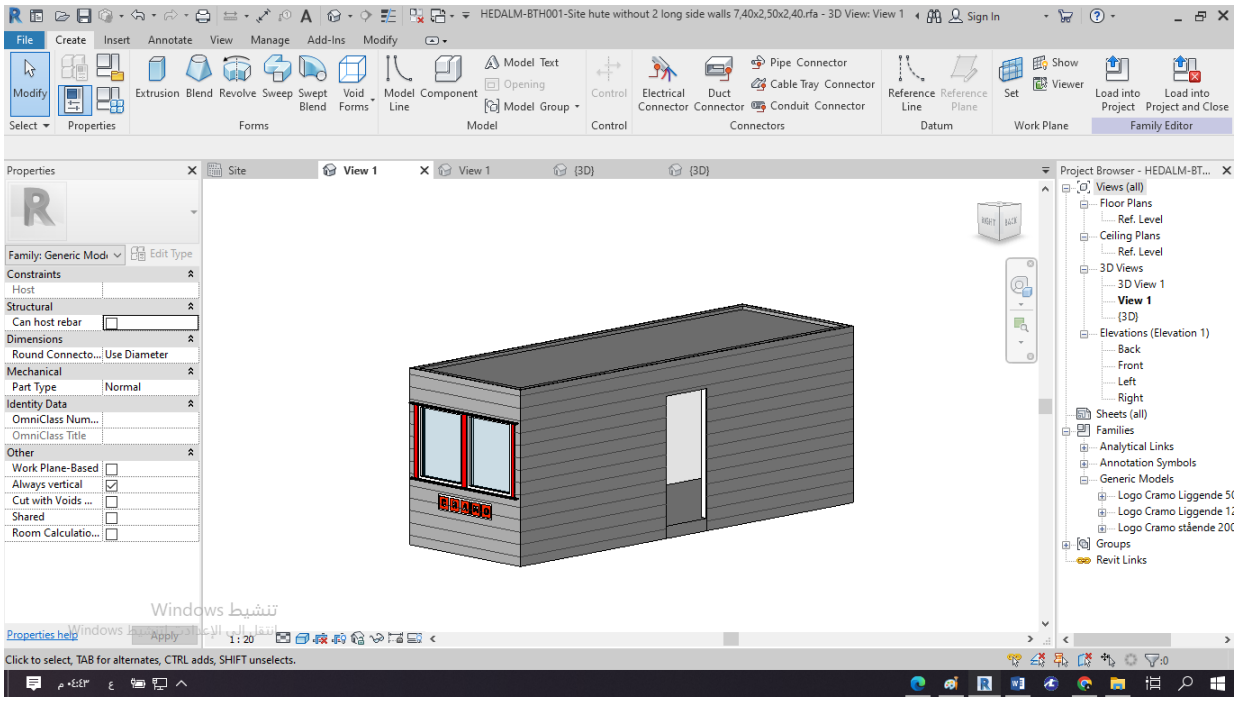


رسم توضيحي 13: منظور عام

4-4-3 نمذجة المرافق المؤقتة لموقع البناء:

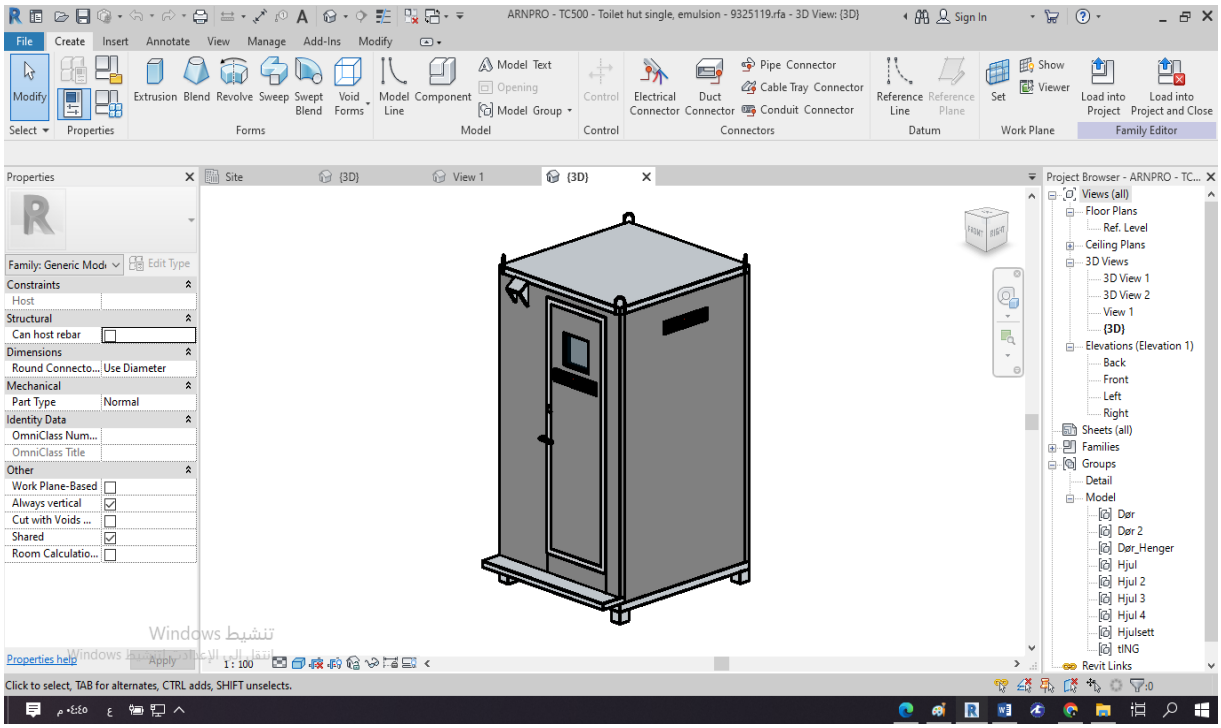
تم استيراد المرافق والاليات المطلوبة كنماذج ريفيت بصيغة RFA الى برنامج الريفيت (REVIT FAMILIES).

1- المكاتب المؤقتة:



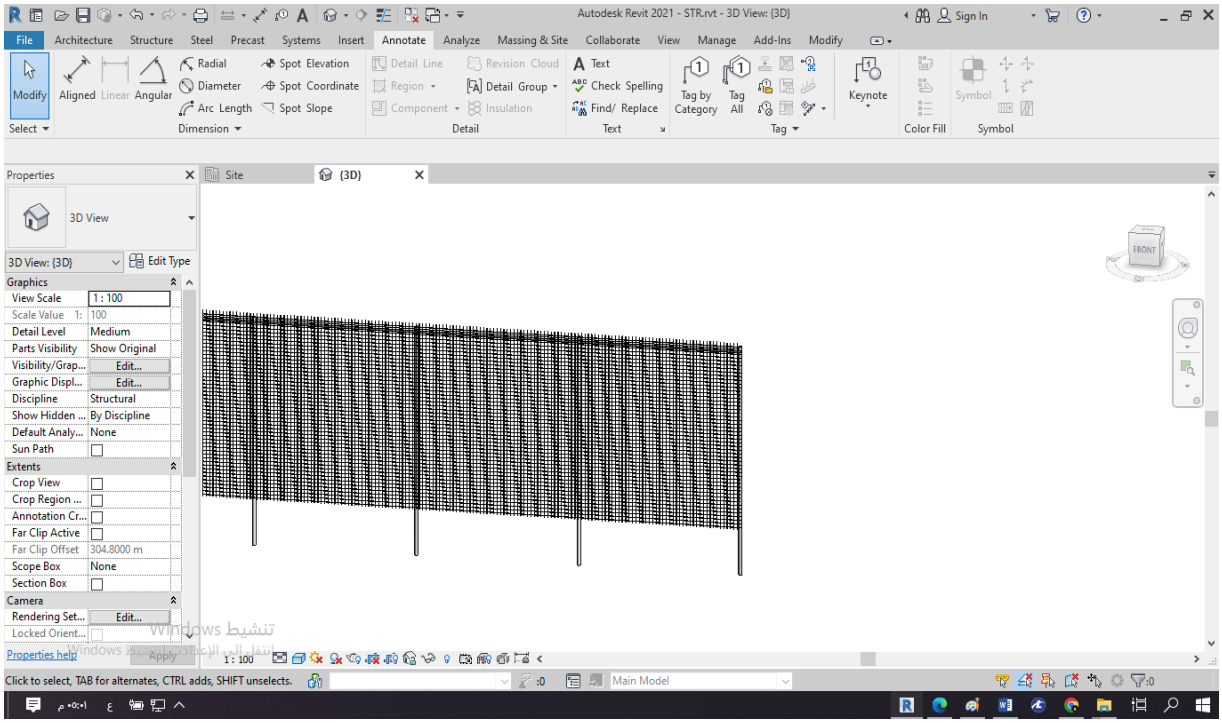
رسم توضيحي 14: نمذجة المكاتب المؤقتة

2- دورات المياه:



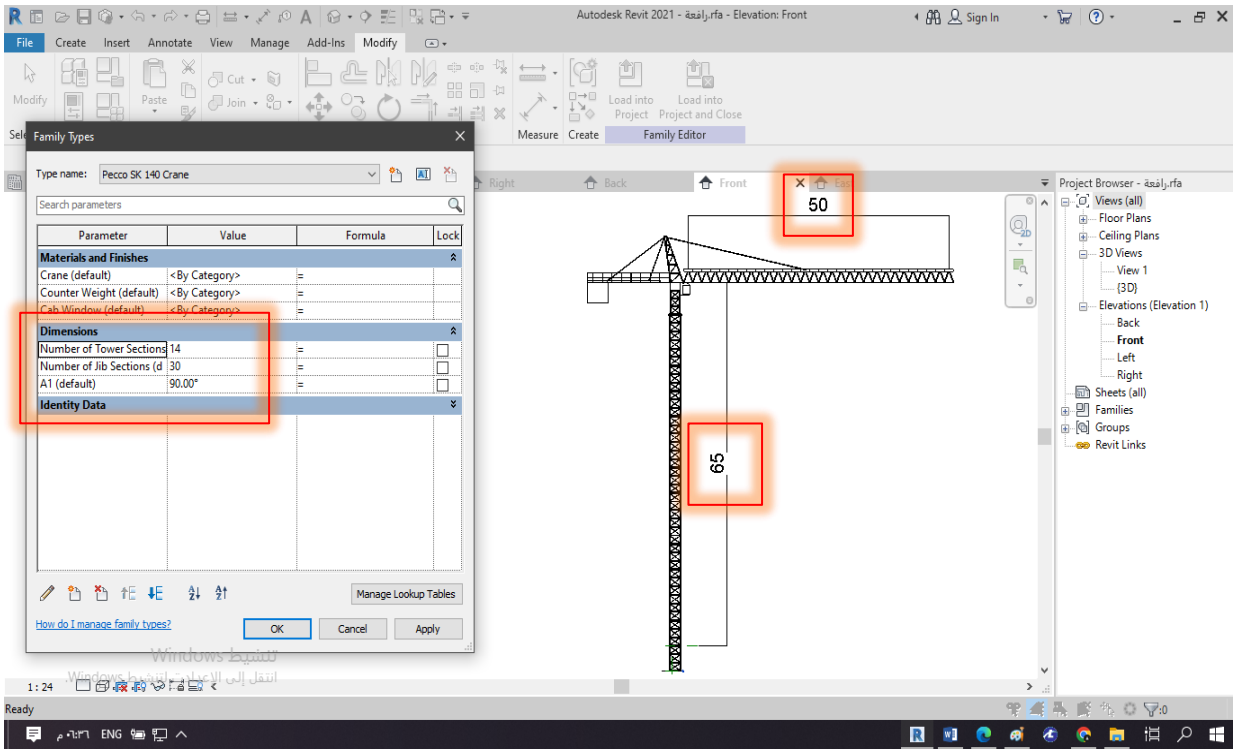
رسم توضيحي 15نمذجة دورات المياه المؤقتة

3- السياج:



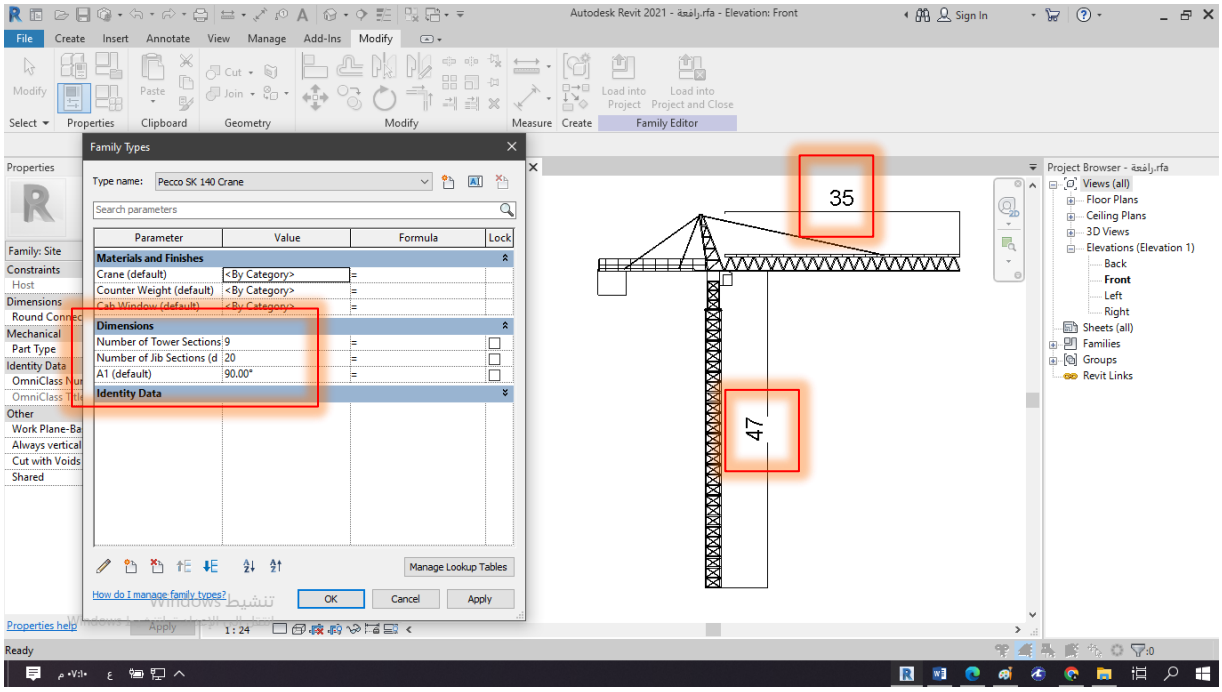
رسم توضيحي 16: نمذجة السياج

4- الرافعة البرجية:



رسم توضيحي 17: نمذجة الرافعة البرجية

الرافعة الموجودة أكبر من الرافعة المطلوبة للمشروع (لم أتمكن من الحصول على النوع المطلوب) لذلك تم التعديل على ملف الRAF للرافعة على برنامج الريفيت لكي تناسب الابعاد المطلوبة:

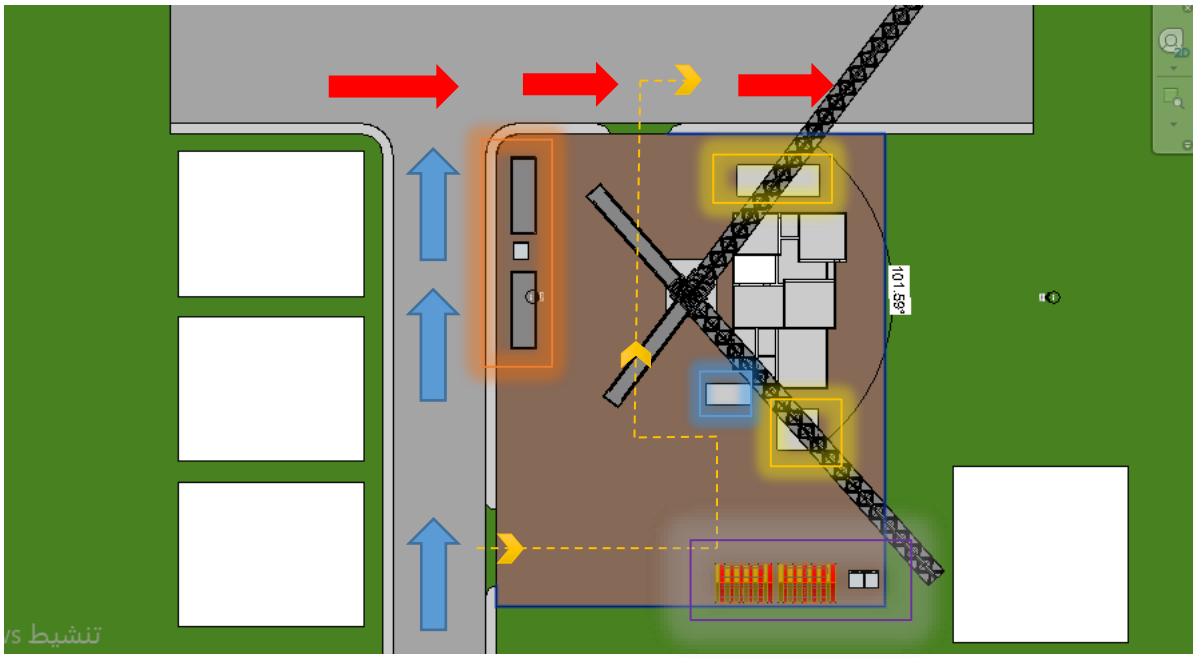


رسم توضيحي 18: تعديل الفاميلي الخاص بالرافعة البرجية

5-4-3 سيناريوهات تخطيط تموضع المرافق المؤقتة والاليات داخل موقع البناء:

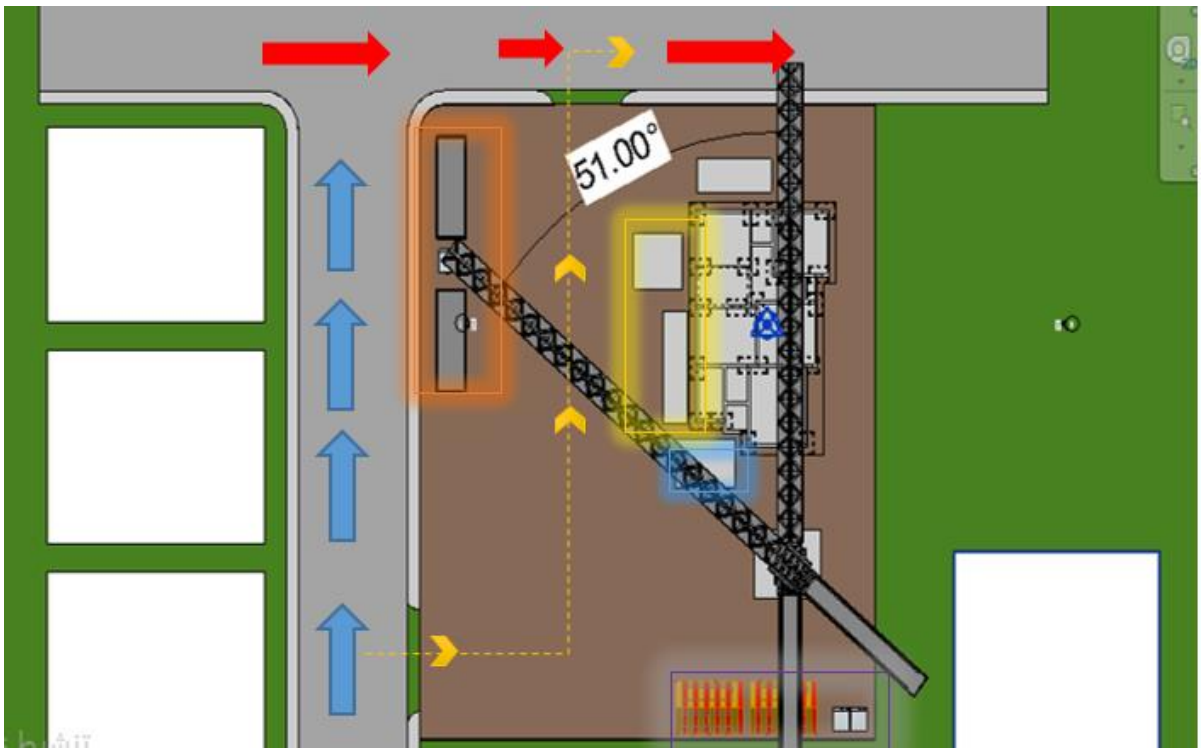
توفر المساحة الكافية في الموقع يسمح لنا باستخدام التخطيط الساكن(الاستاتيكي) لمواقع البناء

السيناريو الأول:



رسم توضيحي19 : السيناريو الاول لتخطيط الموقع

- **السيناريو الثاني:**



رسم توضيحي 20: السيناريو الثاني لتخطيط الموقع

***كودات الموقع:**

المكاتب المؤقتة.

أماكن تخزين المواد المؤقتة.

استراحة العمال.

مساحة عمل.

مسار حركة الأليات في الموقع.

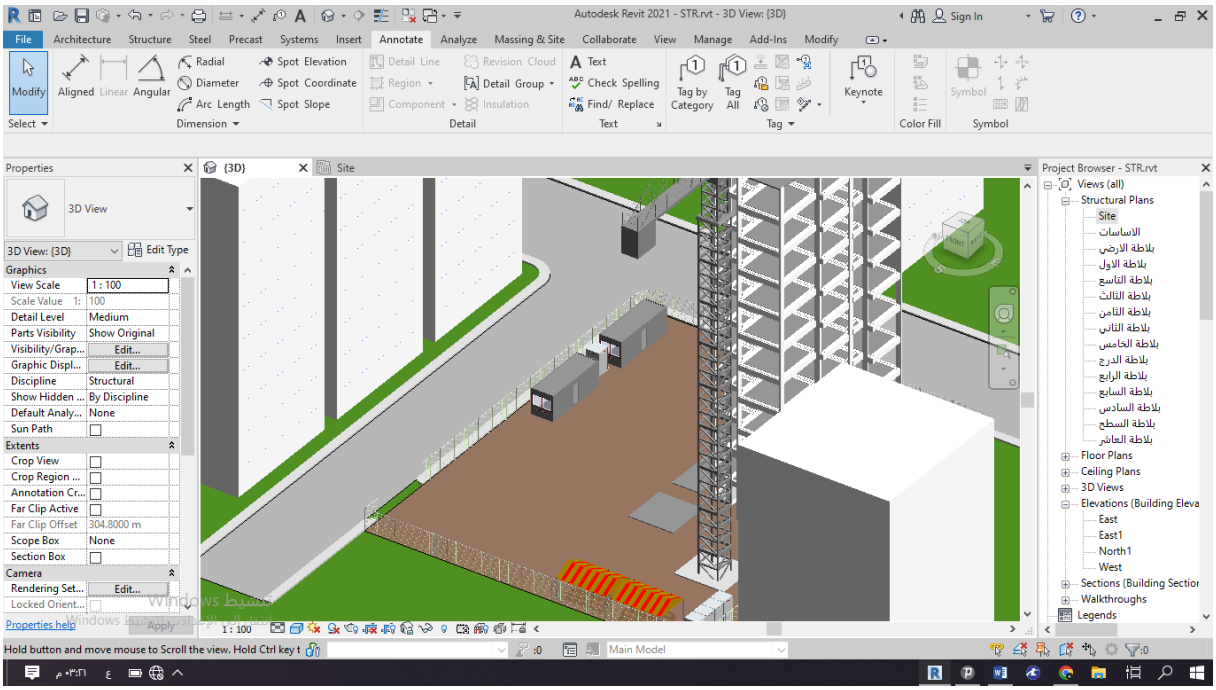
- **مقارنة السيناريوهات:**

السيناريو / من حيث	السيناريو الاول	السيناريو الثاني
المسافة المقطوعة للأليات داخل الموقع	75 متر	55 متر
توضع المرافق المؤقتة	أماكن تفريغ وتخزين المواد تبعد عن نقطة مراقبة المقاولين مسافة 28 متر .	أماكن تفريغ وتخزين المواد تبعد عن نقطة مراقبة المقاولين مسافة 15 متر.
توضع الرافعة البرجية وحركتها	توضع الرافعة البرجية على الضلع الطويل للبناء يفرض عليها زاوية تشغيل أكبر. كما ان مجال الحركة يقع خارج حدود الموقع.	توضع الرافعة البرجية على الضلع القصير للبناء يحقق زاوية تشغيل اصغر للرافعة كما ان مجال حركتها بالكامل يقع داخل حدود الموقع.

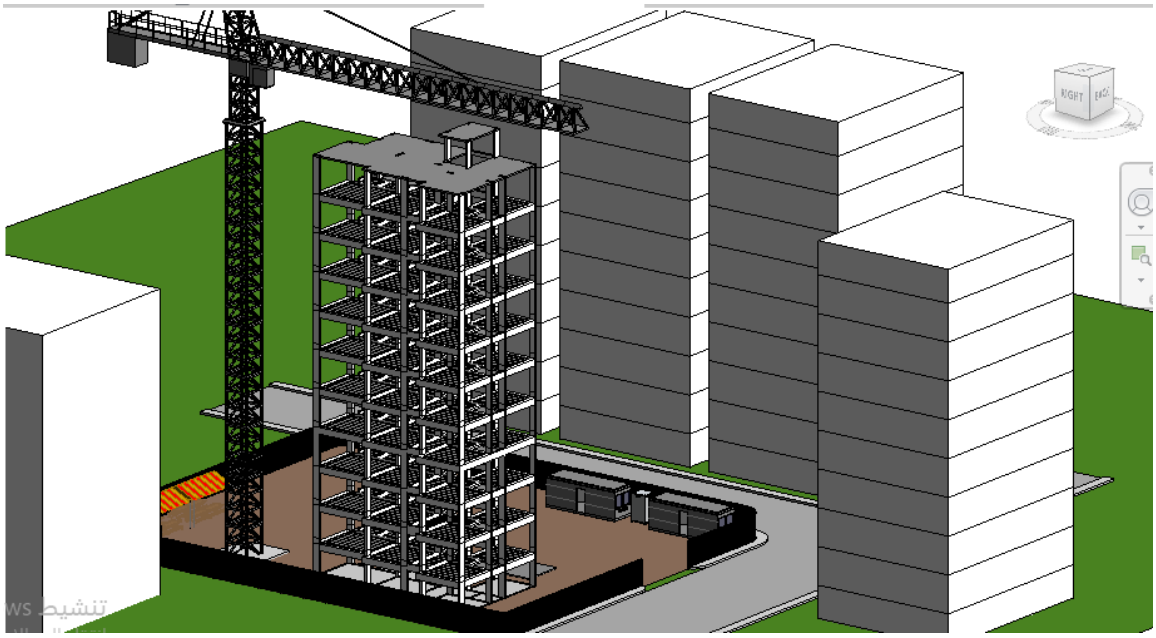
جدول 6: مقارنة السيناريوهات

- **السيناريو المختار:**

وبالتالي فان السيناريو المختار هو السيناريو الثاني الأقل كلفة وأكثر فاعلية من حيث المسافة المقطوعة للأليات داخل الموقع ومن حيث توضع المرافق المؤقتة ومساحات العمل والرافعة البرجية وحركتها.



رسم توضيحي 21: السيناريو المختار



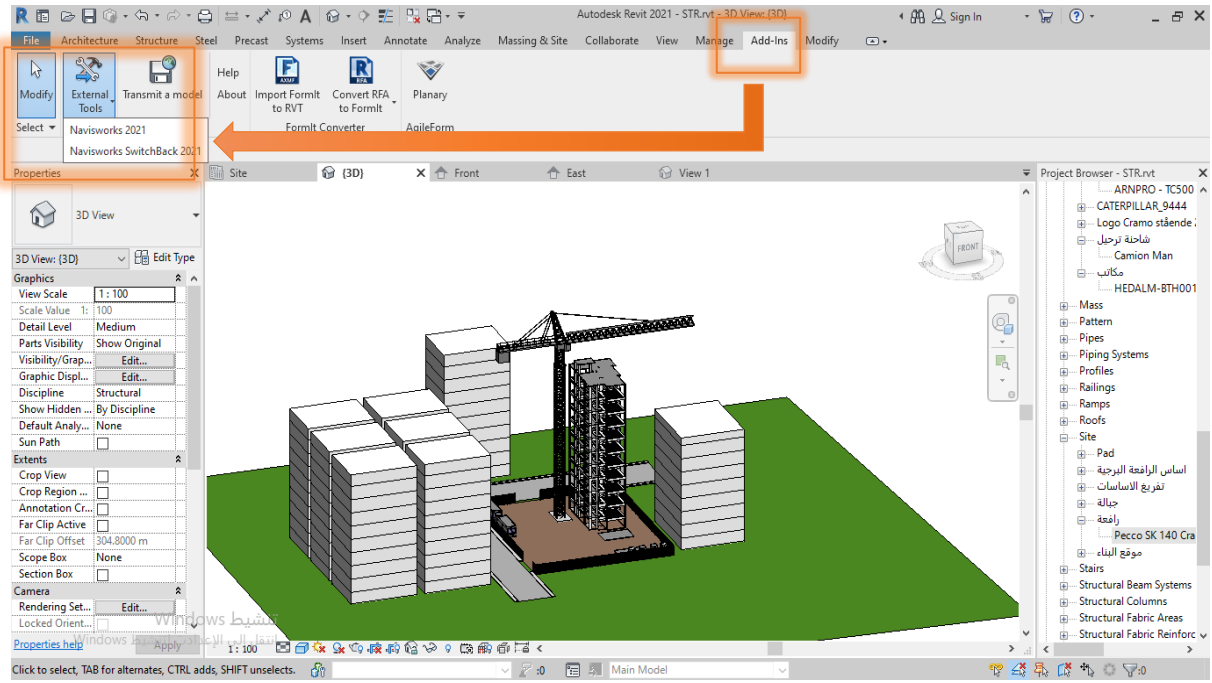
رسم توضيحي 22: السيناريو المختار

5-3 خطوات العمل على برنامج NAVISWORKS 2021 لإعداد الجدول الزمني وعمل محاكاة لعمليات البناء في الموقع:

1-5-3 استيراد البيانات:

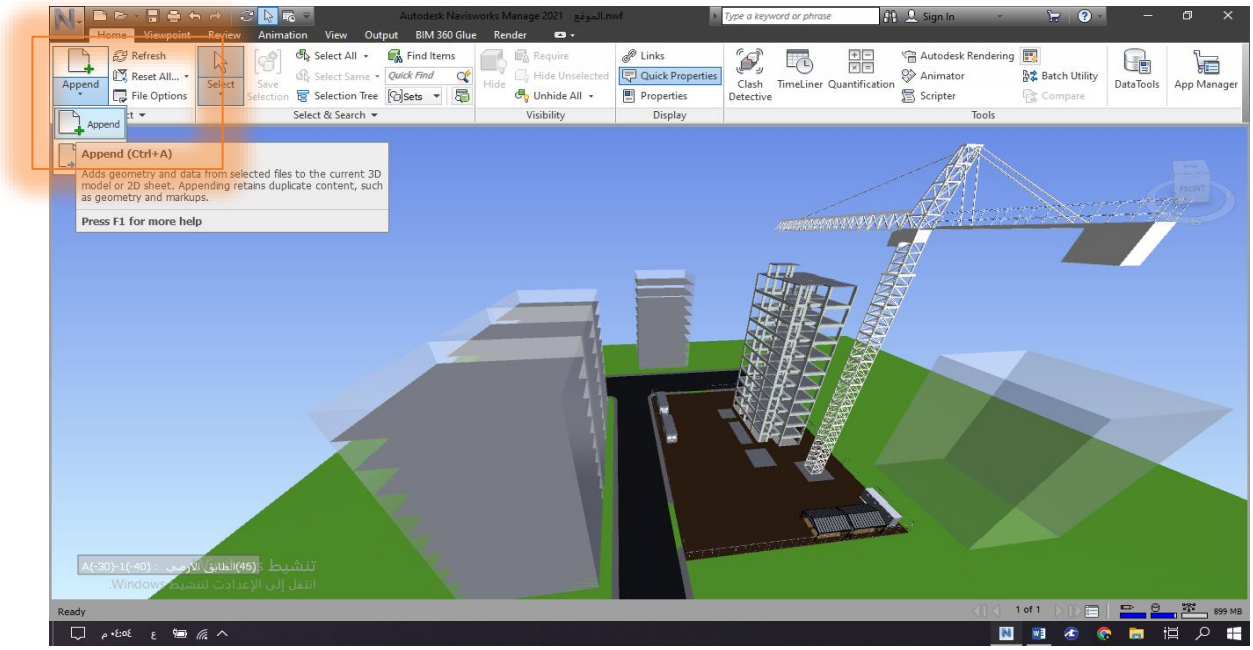
- لاستيراد ملف العمل من برنامج ريفيت الى نافيسوورك تم تصديره من الريفيت الى صيغة nwc كما تم حفظ ملفات الفاميلي (الشاحنة ومضخة البيتون والجبالة واليات حفر الموقع والترحيل والرافعة البرجية) من صيغة RFA الى صيغة NWC كما يلي:

ADD INS → EXTERNAL TOOLS→ NAVISWORKS 2021

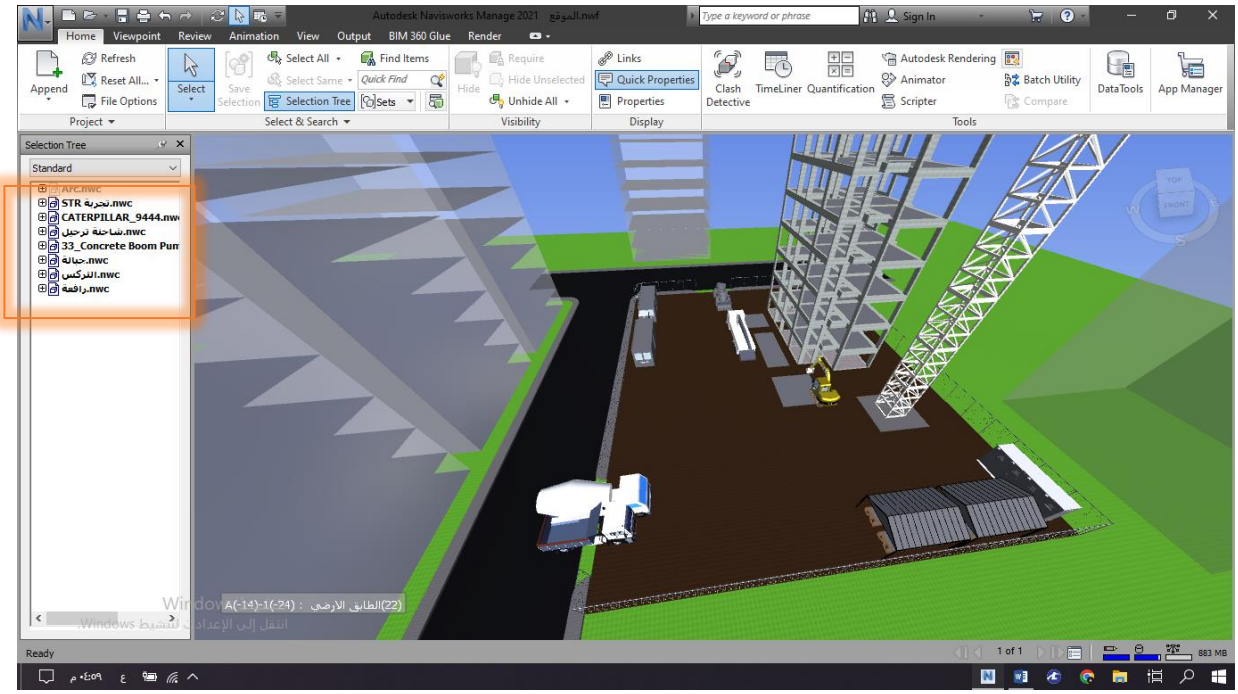


رسم توضيحي 23: استيراد البيانات الى النافيسوورك

- فتح الملف من برنامج نافيسوورك: HOME → APPEND



- تم استيراد اليات الموقع والمكونات المطلوبة المحفوظة من برنامج الريفيت بلاحقة NWC بنفس الطريقة السابقة:



2-5-3 قائمتي SELECTION TREE وSETS:

Selection Tree:

هي ميزة قوية في نافيسوورك لتمثيل التسلسل المنطقي للمهام والأنشطة في المشروع.

يمكن إنشاء تسلسل هرمي للمهام، حيث يمكن تجميع المهام المرتبطة ببعضها في مجموعات أو مستويات مختلفة.

هذا يساعد في الحصول على نظرة شاملة على المشروع وتنظيم المهام بطريقة منطقية.

يمكن تخصيص كل عنصر في الشجرة بمعلومات مثل الجهة المسؤولة، التاريخ المستهدف، المدة المقدرة، والحالة الحالية.

تسهّل إدارة المشروع وتتبع التقدم بشكل فعّال.

Sets:

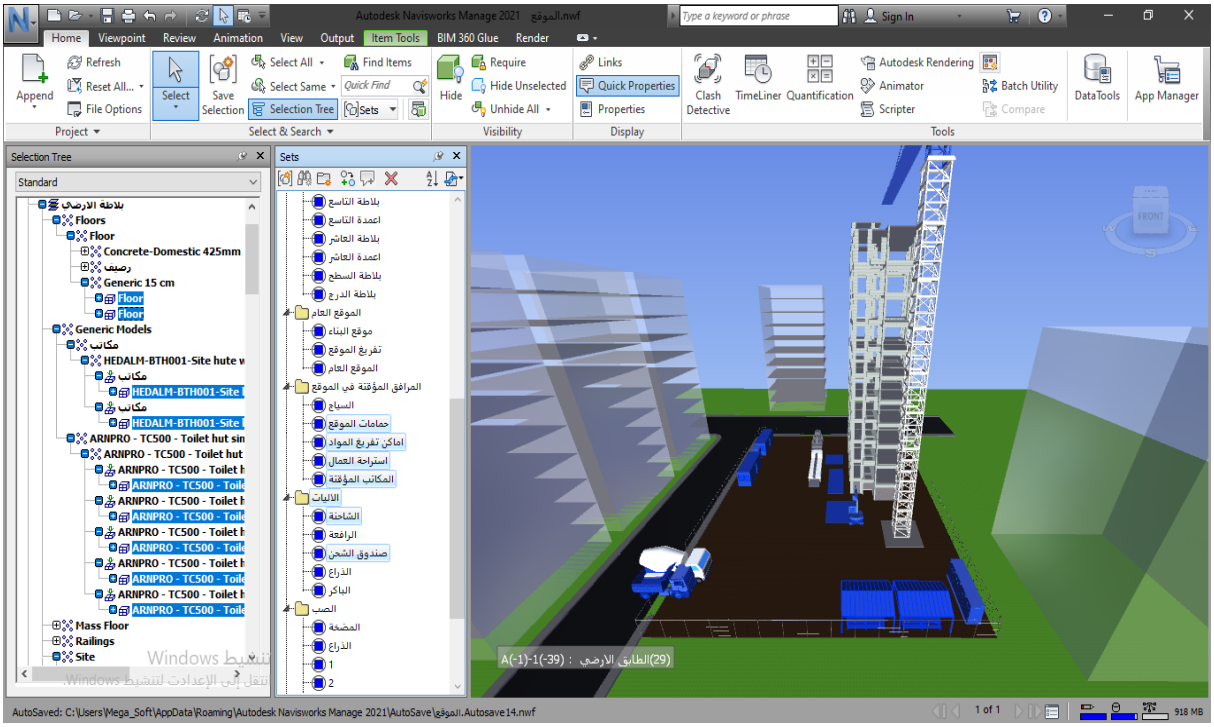
هي ميزة أخرى مفيدة في نافيسوورك للتعامل مع مجموعات من المهام أو الموارد.

يمكن تجميع المهام أو الموارد ذات الصلة معًا في مجموعات منفصلة.

هذا يسمح بإدارة هذه المجموعات بشكل منفصل، مثل تخصيص موارد معينة لمجموعة من المهام، أو تتبع حالة مجموعة من المهام معًا.

تساعد في تنظيم المشروع وتبسيط عملية اتخاذ القرارات والتحليلات.

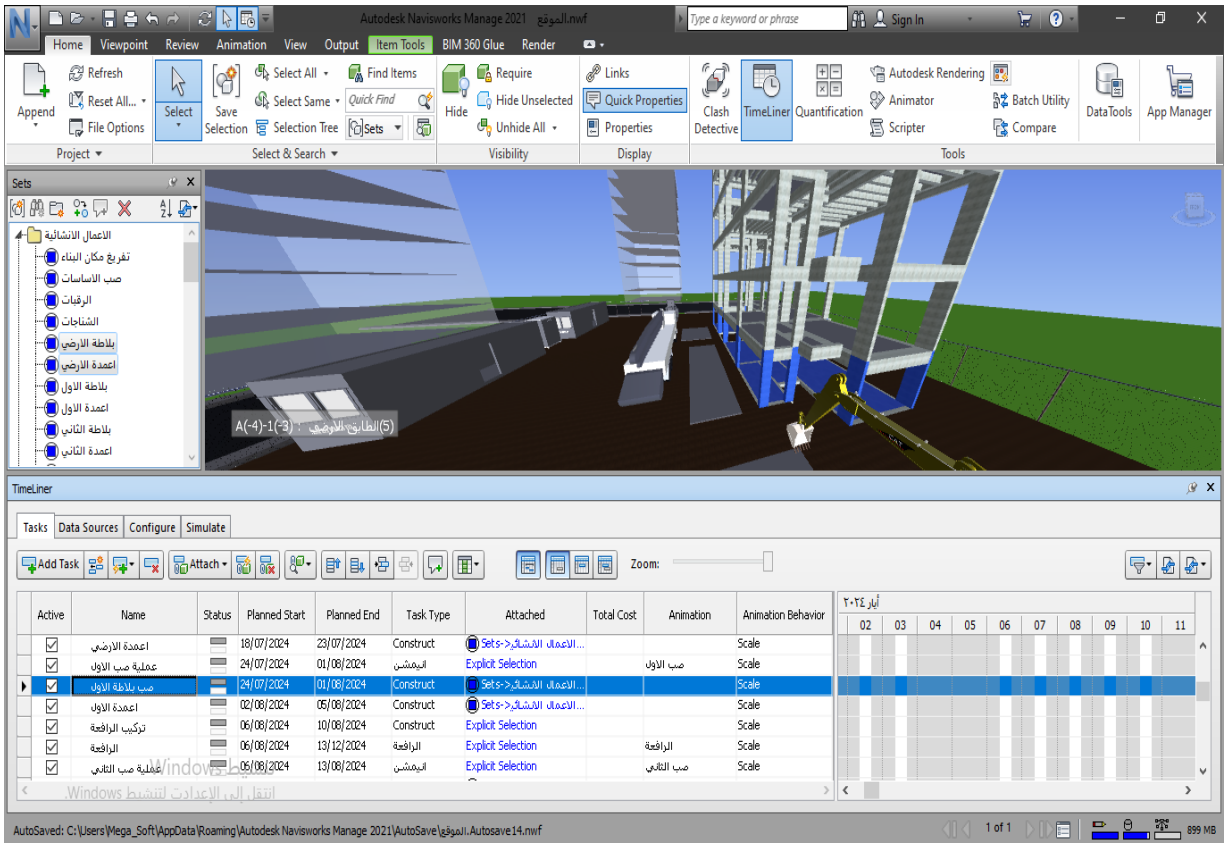
يمكن إنشاء أنواع مختلفة منSets ، مثل مجموعات المهام، مجموعات الموارد.



رسم توضيحي 24: قائمة Selection Tree وقائمة Sets

3-5-3 انشاء الجدول الزمني للمشروع:

HOME→TIMLINER



رسم توضيحي 25 :انشاء الجدول الزمني

تظهر قائمة إنشاء الجدول الزمني. يتم فيها تحديد المعلومات التالية:

- المهام والأنشطة المطلوبة. tasks
- حالة المهمة. status
- تاريخ البدء والانتهاء المخطط له. Planned start/end
- نوع المهمة:construct، demolish ، temporary
- الربط. Attached
- الانميشن. Animation
- حالة الانميشن. Animation status

4-5-3 انشاء الرسوم المتحركة Animation للآليات في الموقع:

HOME → ANIMATOR

هناك عدة خطوات رئيسية لإنشاء الرسوم المتحركة في نافيسوورك:

1. تحديد العناصر التي ستقوم بإنشاء الرسوم المتحركة لها من SETS:

- قد تكون هذه العناصر أجزاء من عناصر البناء، اليات، أو أي عنصر آخر في المشروع.

2. إنشاء خط زمني (Timeline) للرسوم المتحركة:

- يتم تحديد البداية ونهاية الرسوم المتحركة وإضافة المفاتيح الرئيسية (Key frames) للحركة.

3. تحديد خصائص الحركة:

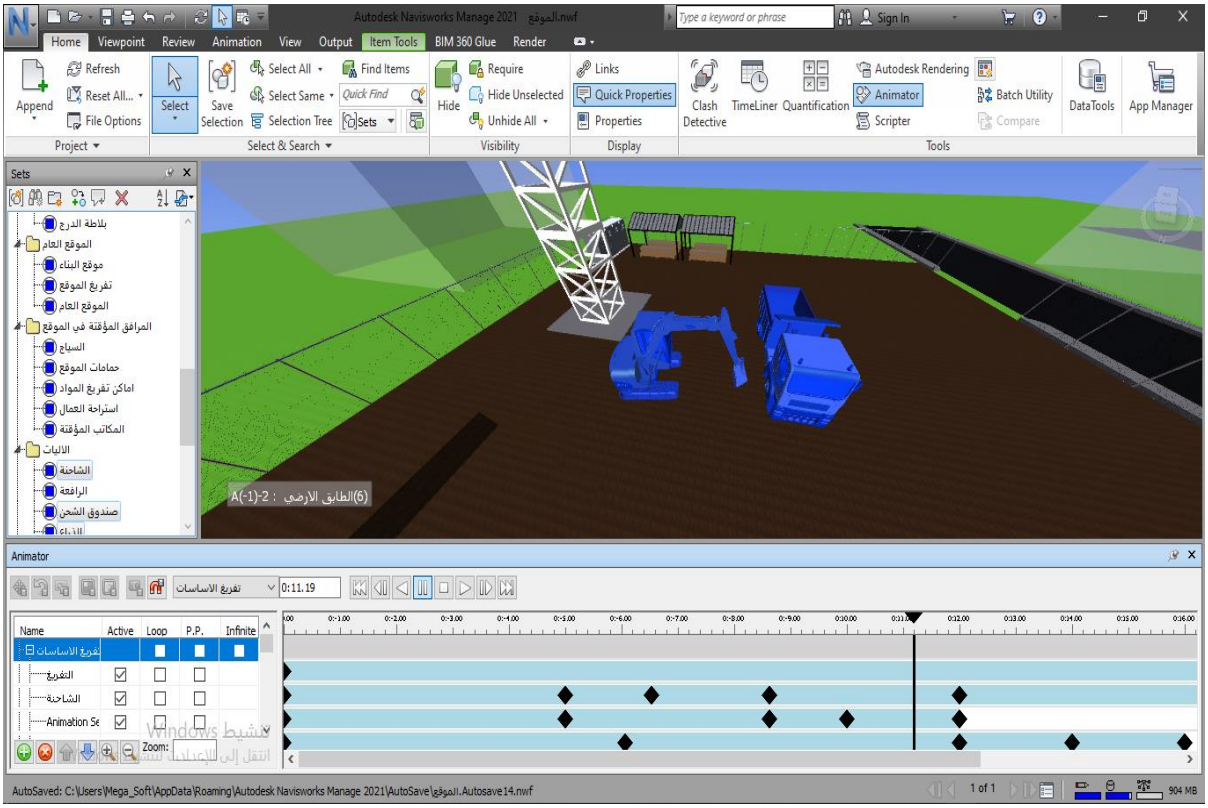
- بعد إنشاء خط الزمني، نقوم بتعديل خصائص الحركة مثل الموضع (Position)، الدوران(Rotation) ، والحجم (Scale) للعنصر عبر الزمن.

4. عرض وتحسين الرسوم المتحركة:

- يوفر البرنامج إمكانية عرض الرسوم المتحركة في الوقت الفعلي لمراجعتها والتحقق منها.

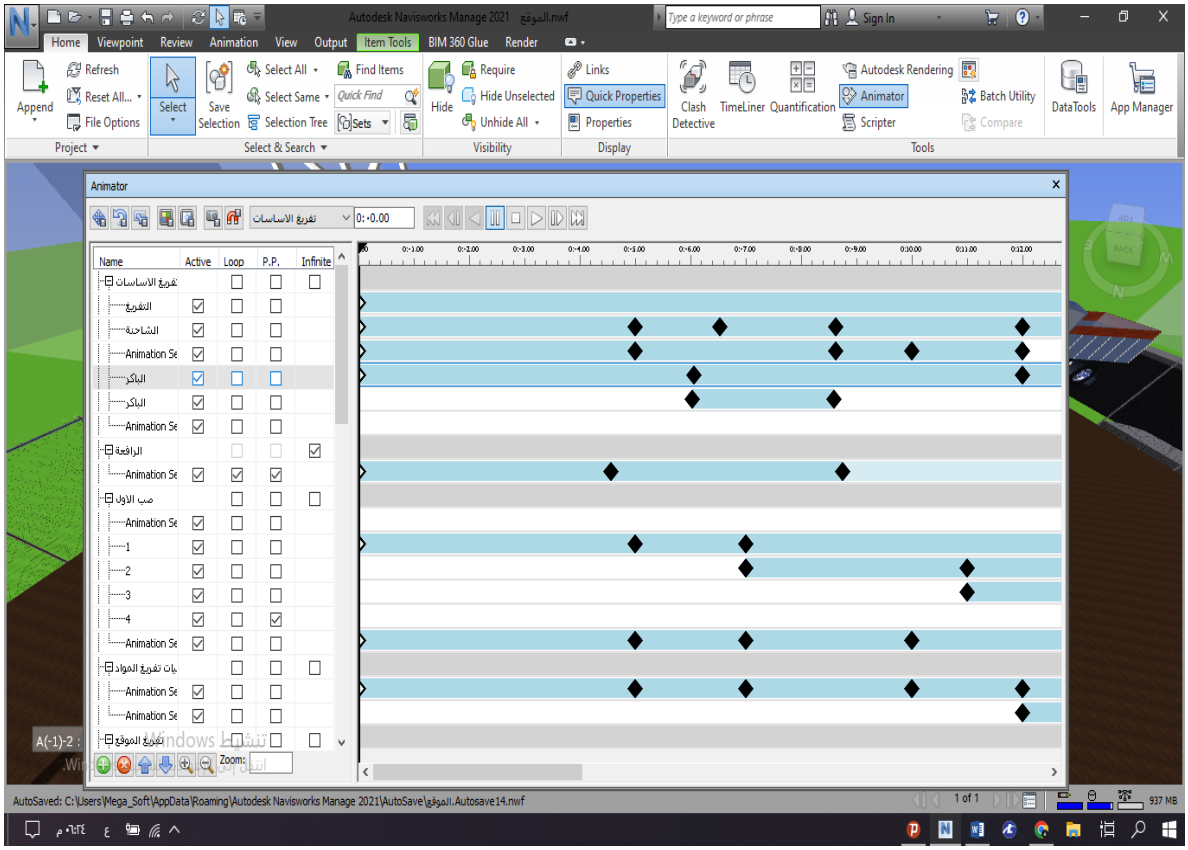
5. تصدير الرسوم المتحركة:

- يمكن تصدير الرسوم المتحركة كفيديو او ربطها مع الجدول الزمني Timeliner للمشروع.



رسم توضيحي 26: انشاء Animation لمرحلة تفريغ الاساسات

- انشاء الرسوم المتحركة لمراحل العمل المختلفة ضمن موقع البناء:

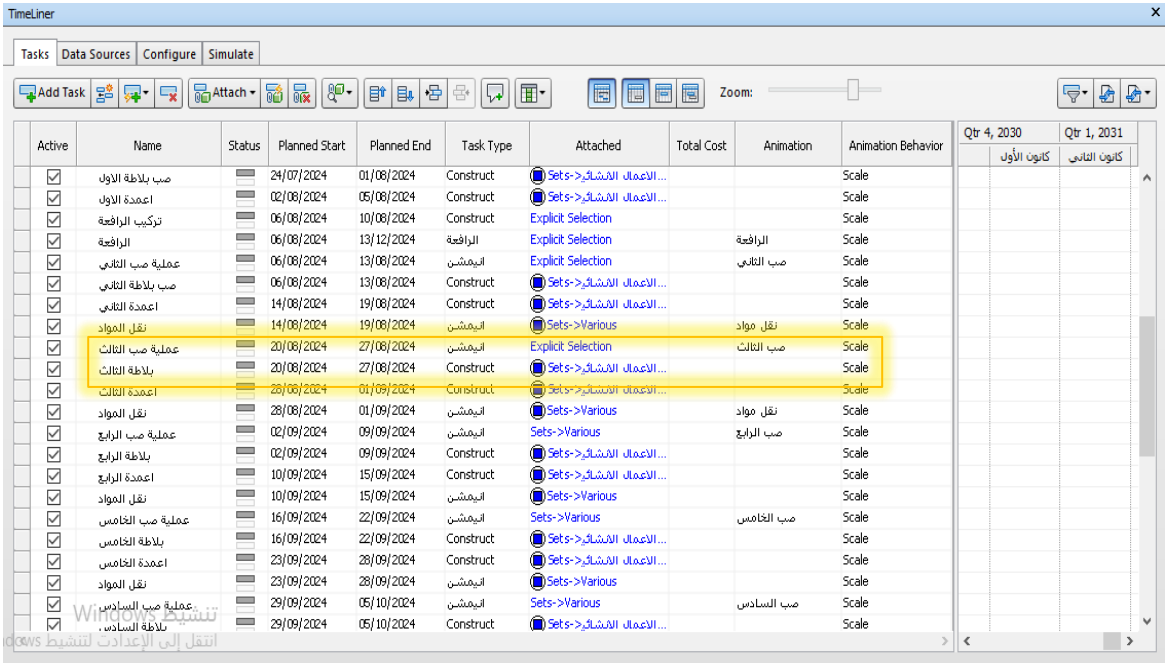


رسم توضيحي 27 : انشاء الرسوم المتحركة لمراحل العمل المختلفة

5-5-3 ربط الرسوم المتحركة (Animation)مع الجدول الزمني(Timeliner) للمشروع:

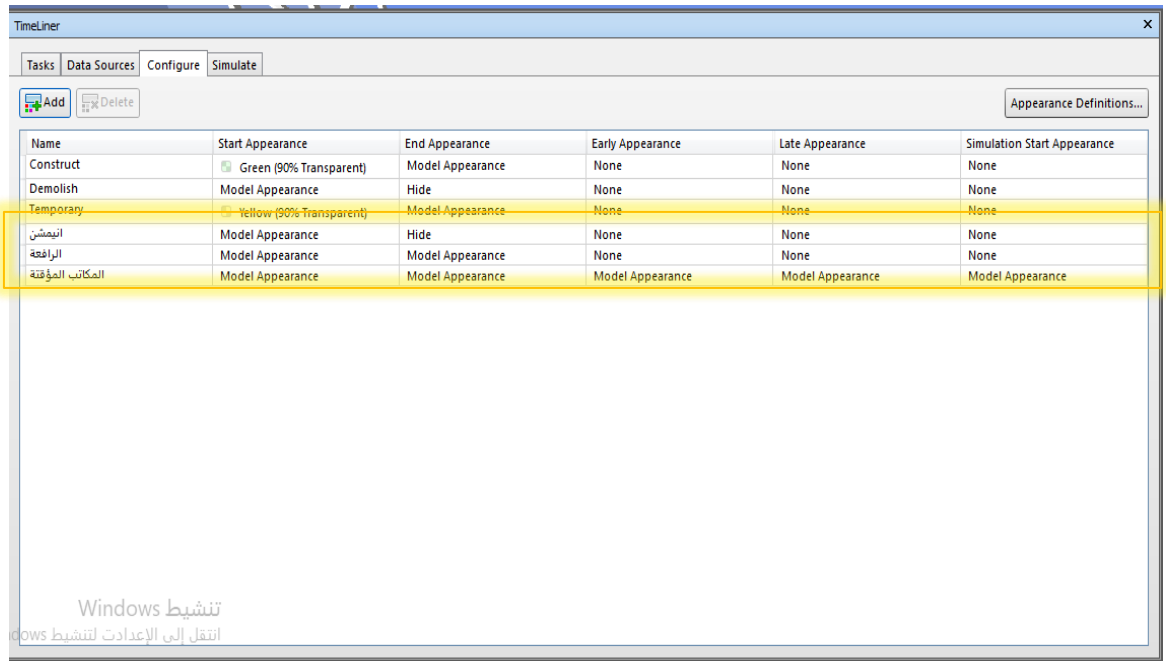
لربط الرسوم المتحركة الخاصة بكل مهمة مع الجدول الزمني يتم اتباع الخطوات التالية:

1- يجب انشاء مهمة في الجدول الزمني بجانب المهمة المراد انشاء رسوم متحركة لها.
2- تسمية المهمة الجديدة باسم يشير الى المهمة المستهدفة. واعطائها الوقت المطلوب لها ويجب ان تكون ضمن الحدود الزمنية للمهمة المستهدفة.



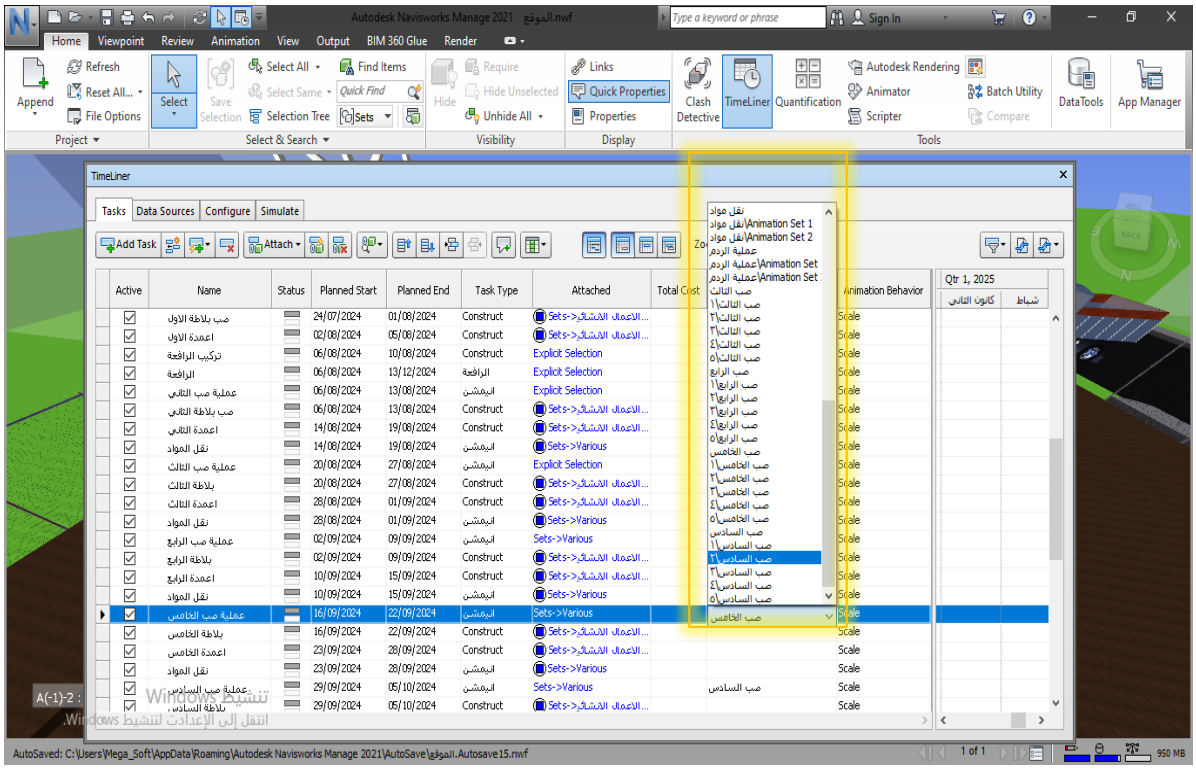
رسم توضيحي 28:ربط الرسوم المتحركة مع الجدول الزمني

3- يمكن من قائمة Configure انشاء نوع المهمة الخاص بالانميشن المطلوب:



رسم توضيحي 29 :انشاء انواع المهمات الخاصة

4- الخطوة الرابعة وهي ربط الانميشن المطلوب بالمهمة الجديدة من تبويب Animationفي الجدول الزمني:



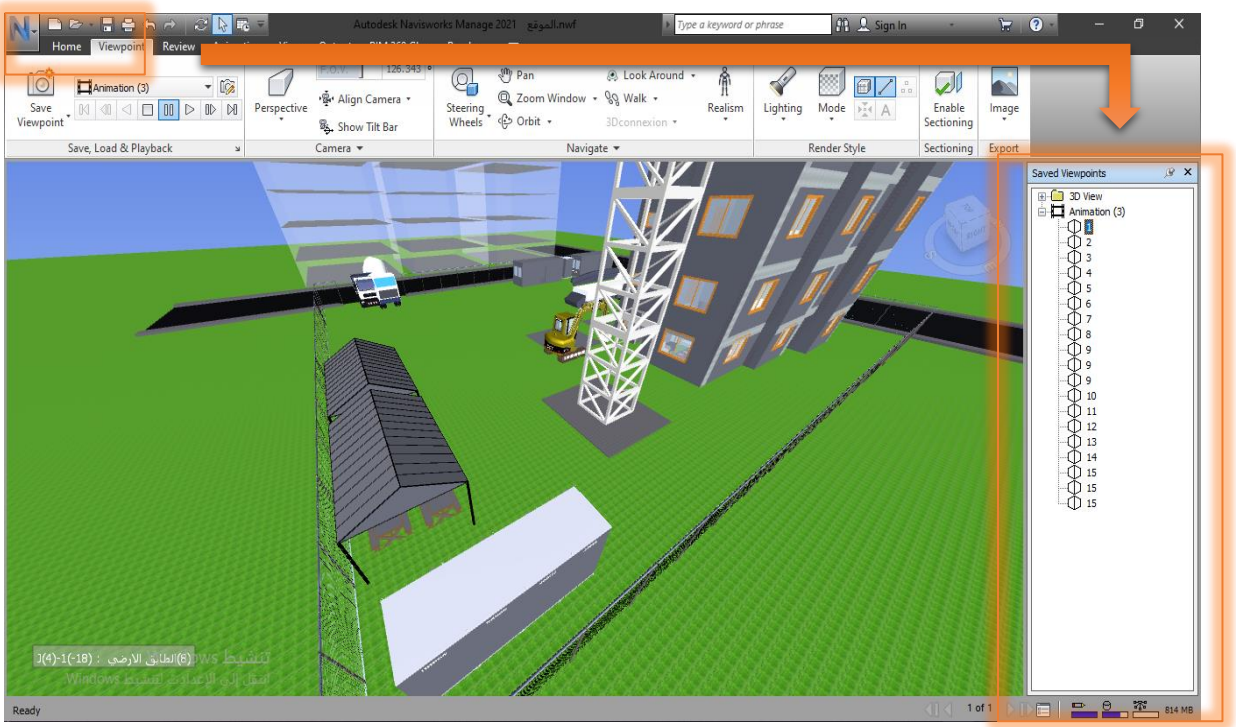
رسم توضيحي 30: ربط الانميشن المطلوب مع المهمة المحددة بالجدول الزمني

Camera Animation 6-5-3:

تقدم هذه الميزة إمكانيات قوية لإنشاء وتحريك كاميرات افتراضية ضمن بيئة المشروع. وتوفر العديد من الفوائد في إدارة مشاريع البناء مثل:

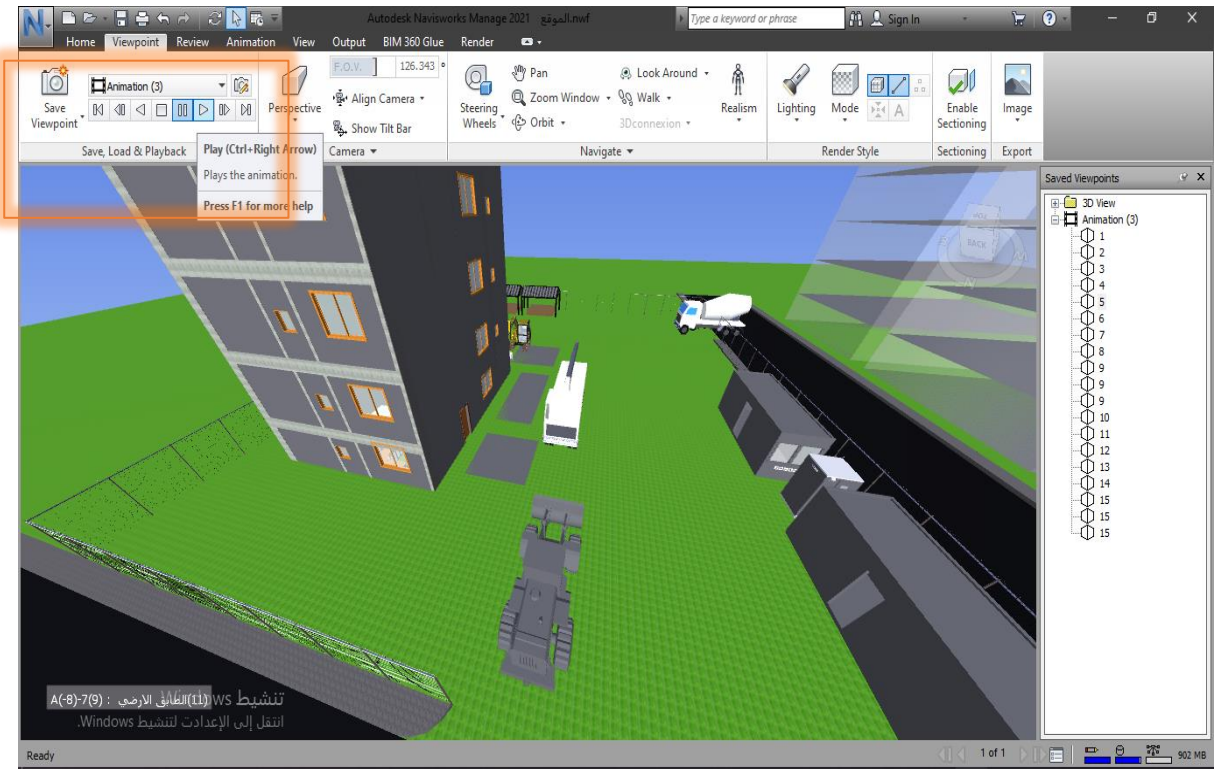
1. عرض المنظور: يمكن استخدام تحريك الكاميرا لعرض منظور محدد من موقع المشروع، مما يساعد الفريق والعملاء على تصور التصميم والإنشاء بشكل أفضل.
2. التجول الافتراضي: يمكن إنشاء مسارات كاميرا للتجول في موقع المشروع افتراضيًا، مما يتيح للفريق والعملاء التنقل والاستكشاف قبل البدء في البناء.
3. التركيز على التفاصيل: باستخدام تحريك الكاميرا، يمكن التركيز على جوانب معينة من المشروع وتقديمها بتفاصيل أكبر.
4. عرض المراحل: يمكن استخدام تحريك الكاميرا لعرض مراحل بناء المشروع عبر الزمن، مما يساعد على فهم تطور المشروع.
5. تحسين التواصل: عروض الكاميرا المتحركة تساعد على توضيح الأفكار والتصميمات للعملاء والمعنيين بطريقة جذابة.

لإنشاء تحريك الكاميرا في نافيسوورك، يمكن استخدام Viewpoints لحفظ لقطات مفصلية في المشروع وانشاء Animation scene وحفظ اللقطات ضمنه. وأدوات التحريك المتاحة. هذه الميزة تعزز قدرات التخطيط والتواصل في مشاريع البناء.



رسم توضيحي 31: انشاء viewpoints

* تتم مراجعة فيديو التجوال الافتراضي للحصول على التصور الافتراضي المطلوب بما يخدم الإدارة الجيدة للموقع كما يلي:



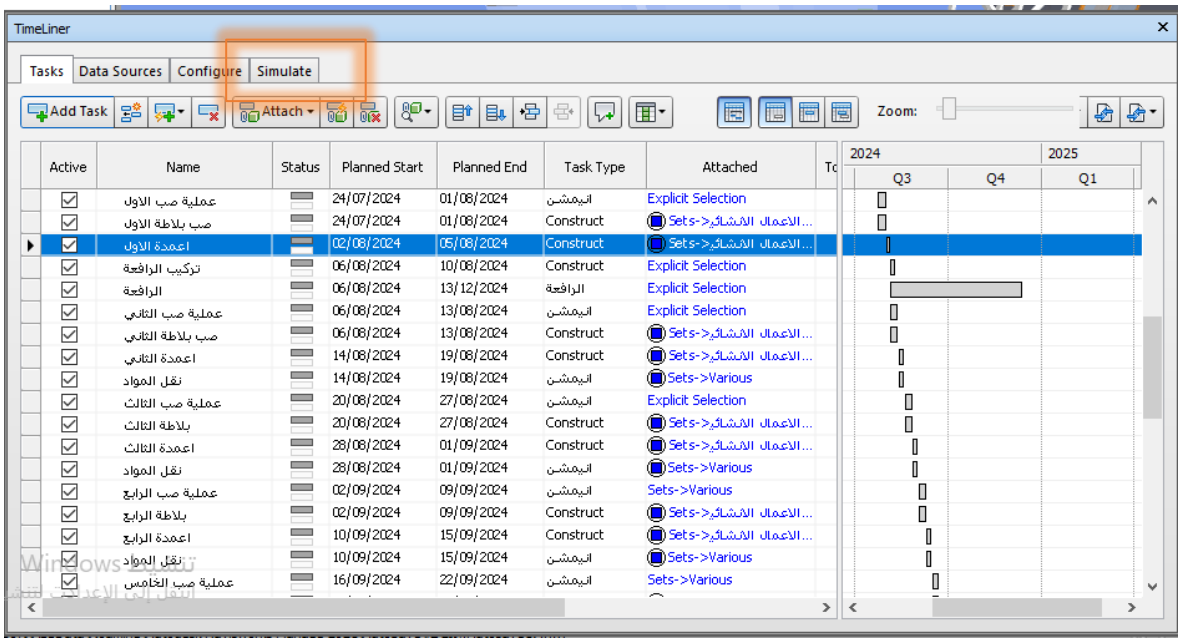
رسم توضيحي 32 :انشاء الكاميرا المتجولة في الموقع

7-5-3 انشاء محاكاة لنمذجة الموقع القائم على البيم (Simulation):

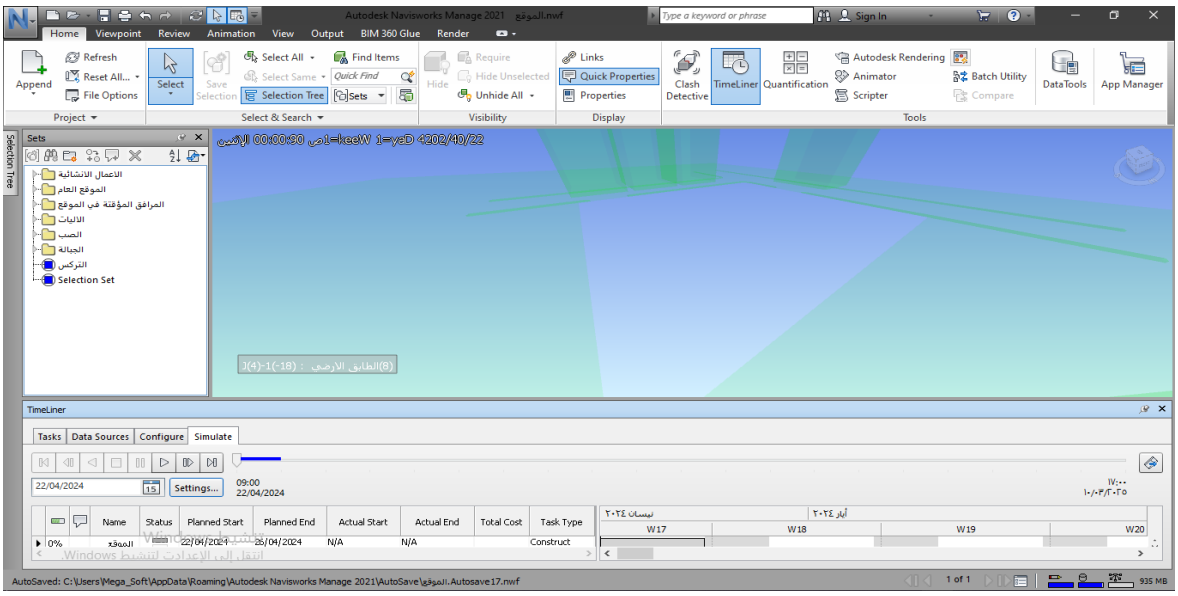
HOME ➔ TIMLINER ➔ SIMULATE

تقدم هذه التقنية قدرات متقدمة لإجراء عمليات محاكاة (simulation) داخل البيئة الافتراضية للمشروع. هذه الميزات تساعد في تحسين التخطيط والتنفيذ للمشاريع الإنشائية.

تم اجراء محاكاة لعملية البناء والتشييد وanimation لحركة الآليات ضمن موقع البناء والربط بينهما بالطريقة المذكورة انفاً، كما يلي:



رسم توضيحي 33: انشاء محاكاة الجدول الزمني



رسم توضيحي 34: فيديو المحاكاة

مشاهدة الفيديو

الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات والمراجع

1-4 النتائج:

1- أتاح استخدام الريفيت إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للموقع بكل تفاصيله. هذا النموذج المجسم ساعد في التصور البصري الدقيق للموقع، بما في ذلك العوائق الطبيعية والبنية التحتية القائمة. وبالتالي، تحديد أفضل موقع للمرافق المقترحة بشكل أكثر فعالية

2- ساهمت ميزة التصور ثلاثي الأبعاد لنموذج تخطيط موقع البناء، بتزويد المقاولين بفهم أفضل لتخطيط الموقع. الامر الذي سيمكنهم من فهم وتوقع التغيرات في تخطيط الموقع التي ستنتج خلال فترات البناء المختلفة.

3- ساعدت المحاكاة في تجربة موضع الرافعة في مواقع مختلفة وتقييم كل موقع من حيث نطاق التغطية، التداخل مع المباني والعوائق، والوصول للمواد. هذا الاختبار المسبق ضمن أن يتم اختيار الموقع الأكثر ملاءمة للرافعة البرجية.

4- وفرت المحاكاة في النافيسوورك تصور تدفق الحركة والآليات وتحليل التصادمات المحتملة. وهذا ساعد على تحسين تخطيط الموقع وتجنب المشاكل قبل البدء بالتنفيذ.

5-ساعدت الجدولة الزمنية باستخدام النافيسوورك في تخصيص الموارد البشرية والمادية المطلوبة لكل نشاط في الجدول الزمني. وساعدت في تحديد الاحتياجات اللوجستية (كالمعدات والمواد) وتوقيت توفيره. ومكنت من تحديد المسار الحرج للمشروع والأنشطة الحرجة التي تؤثر على جدول التنفيذ. هذا يساعد في التركيز على إدارة هذه الأنشطة الحرجة لتفادي تأخير المشروع.

6- ساعدت ميزة Animations وربطها بالجدول الزمني في تصور وفهم تدفق الحركة والتموضع المكاني للآليات المطلوب عملها خلال مراحل تنفيذ المشروع المختلفة، الامر الذي اعطى تصور جيد للحركة ضمن الموقع وساهم في تجنب التأخيرات والتقدمات في طلبات المواد.

وبشكل عام، التكامل بين Revit و Naviswork يوفر رؤية شاملة للموقع من حيث البعد المكاني والزمني، مما يساعد في التخطيط الأمثل لتنفيذ المشروع وتنظيم حركة الموارد والآليات داخل موقع البناء.

2-4 المنهجية المقترحة لتخطيط مواقع البناء باستخدام نمذجة معلومات البناء:

أظهرت النتائج أن استخدام تقنية البيم قدم فوائد كبيرة في تخطيط موقع البناء، وفيما يلي المنهجية المقترحة لتخطيط الموقع باستخدام البيم:

- بناء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للموقع والمباني باستخدام برامج النمذجة البارامترية ثلاثية الابعاد في البيم.
- إنشاء جداول زمنية تفصيلية للأنشطة الإنشائية.
- محاكاة سيناريوهات التنفيذ والتخطيط للتسلسل الأمثل للأعمال.
- تتبع تقدم الأعمال والمخزون والموارد في الموقع.
- تخطيط وتنظيم تدفق المواد والمعدات والعمالة.
- دعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات الدقيقة.

- تسهيل التواصل بين جميع الأطراف المعنية بالمشروع.

تساعد هذه المنهجية في تحسين التنسيق والكفاءة والشفافية في إدارة مواقع البناء، مما ينعكس على جودة التنفيذ والتسليم في الوقت المحدد وضمن الميزانية.

4-4 التوصيات:

إن استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تخطيط مواقع البناء يعد ضرورة ملحة في عصرنا الراهن. هذه التقنية المتطورة توفر العديد من المزايا التي تساهم بشكل كبير في رفع مستوى كفاءة التخطيط والتنفيذ للمشاريع الإنشائية.

أولاً، النماذج ثلاثية الأبعاد التي توفرها BIM تقدم تصوراً شاملاً وواقعياً للموقع والمباني المزمع إنشاؤها. هذا يتيح للمخططين والمصممين إمكانية التخطيط المكاني والزماني بدقة أكبر، حيث يمكنهم التنقل داخل النموذج الرقمي والتحكم في مختلف جوانب المشروع. كما يسمح ربط هذه النماذج بجداول زمنية وبيانات الموارد بتعزيز التنسيق والتكامل بين مراحل المشروع المختلفة.

ثانياً، تتيح عمليات المحاكاة التي توفرها نماذج BIM فرصة لاكتشاف التضارب والتصادم بين مختلف الأنظمة والعناصر قبل البدء بالتنفيذ. هذا يساعد في تجنب التغييرات المكلفة والتأخيرات أثناء عملية الإنشاء، مما يرفع من الكفاءة التشغيلية للمشروع ويقلل من المخاطر المرتبطة به.

ثالثاً، الرسوم المتحركة التي يمكن إنشاؤها من خلال نماذج BIM تساهم بشكل كبير في تحسين التواصل والتعاون بين جميع الأطراف المعنية بالمشروع. إتاحة هذه النماذج للمصممين والمقاولين والعملاء يعزز صنع القرارات وحل المشكلات بشكل أكثر فاعلية.

لذا، إننا ننصح بشدة باعتماد نمذجة معلومات البناء (BIM) كأداة رئيسية في تخطيط مواقع البناء المستقبلية. إن الاستفادة من النماذج ثلاثية الأبعاد وعمليات المحاكاة والرسوم المتحركة سيساهم في تحقيق مشاريع أكثر نجاحاً وفعالية، مما ينعكس إيجابياً على جميع الأطراف المشار

المراجع:

[1] Abhijeet Deshpande, Ph.D. and J. Blake Whitma, 2014. (Evaluation of the Use of BIM Tools for Construction Site Utilization Planning), https://www.researchgate.net/journal/International-Journal-of-Construction-Management.

[2] A.R. Singha, Y. Patilb, and V.S.K. Delhic, ISARC 2019, (OPTIMIZING SITE LAYOUT PLANNING UTILIZING BUILDING INFORMATION MODELLING), 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction.

[3] Farnaz Sadeghpour and Mohsen Andayesh, 2015. (THE CONSTRUCTS OF SITE LAYOUT MODELING: AN OVERVIEW), Published at www.nrcresearchpress.com https://doi.org/10.1139/cjce-2014-0303

[4] KUMAR Srinath Shiv, 2014. (A BIM-BASED FRAMEWORK FOR SITE LAYOUT OPTIMIZATION AND MATERIAL LOGISTICS PLANNING ON CONGESTED CONSTRUCTION SITES). Hong Kong University of Science and Technology.

[5] Lota, P.S., and Trivedi, J. (2019). (SITE LAYOUT PLANNING THROUGH BIM VISUALIZATION – A CASE STUDY.) In: Proc. 27th Annual Conference of the International. DOI: https://doi.org/10.24928/2019/0203.

[6] Mária Kozlovská, Jozef Čabala, Zuzana Struková, 2014, (THE METHODOLOGY OF INTERACTIVE PARAMETRIC MODELLING OF CONSTRUCTION SITE FACILITIES IN BIM ENVIRONMENT), SSP - JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING Vol. 9, Issue 2, 2014,

DOI: 10.2478/sspjce-2014-0019

[7] O. Olugboyega, O. T. Wemimo, 2018, (CONSTRUCTION SITE LAYOUT OPTIMIZATION AND 3D VISUALIZATION THROUGH BIM TOOLS), Universidad Politécnica De Madrid, http://dx.doi.org/10.20868/bma.2018.2.3770

[8] Srinath S. Kumar, Jack C.P. Cheng, 2021. (A BIM-BASED AUTOMATED SITE LAYOUT PLANNING FRAMEWORK FOR CONGESTED CONSTRUCTION SITES), Automation in Construction journal.

[9] VANISSORN VIMONSATIT and MARIA LIM,2014, (USE OF BIM TOOLS FOR SITE LAYOUT PLANNING), Dept of Civil Engineering, Curtin University, Perth, Western Australia.

[10] Yan Cui, Yingyu Tai, 2020, (Application of BIM technology in the construction of ChangKe building), College of Bridge Engineering, https://doi.org/10.1051/e3sconf/20201650402Z