# سصالتكامل بيـن الإضاءة الطبيعية والصناعية لتحسيـن الأداء البصرى بمدارس التعليم الأساسي

## ( دراسة حالة مدارس مدينة الخمس بليبيا)

**الأستاذ الدكتور / عبد المنطلب محمد على***
**الأستاذ الدكتور / عبد الرؤوف على حسن****
**الدكتور / محمد عبد الوهاب العزازى*****
**مهندس / الفيتورى عمر مادى******

* وكيل كلية الهندسة وأستاذ العمارة والتحكم البيئى – قسم العمارة – جامعة أسيوط

** أستاذ متفرغ بقسم العمارة – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

*** مدرس بقسم العمارة – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

**** طالب دراسات عليا بقسم العمارة – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

**الملخص:**

تعالج هذه الورقة البحثية موضوع التكامل بين الإضاءة الطبيعية والصناعية بهدف الوصول إلى تحسين الأداء البصري بمدارس التعليم الأساسي وقد تم تطبيق هذه الدراسة على ثلاثة مدارس تمثل كل أنواع المدارس بمدينة الخمس بليبيا وهي مدرسة التحرير ومدرسة الخلود ومدرسة فاطمة الزهراء، وتتناول الورقة البحثية من خلال منهجية المحاكاة باستخدام برنامج الكمبيوتر لمحاكاة الإضاءة (DIALux evo) محاكاة الإضاءة الطبيعية والصناعية بفراغ الفصل الدراسي طيلة فترة النشاط من الساعة الثامنة صباحاً حتى الرابعة مساءً ، وذلك على سطحي المحاكاة بالفصل الدراسي وهما مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل، ويتم من خلال المحاكاة التعرف على أوجه القصور في مستويات الإضاءة ومدى مطابقتها للمعايير الدولية التي حددتها منظمة الإضاءة الدولية، تأتي بعد ذلك مرحلة إيجاد واقتراح الحلول للحالات الدراسية لتحسين مستويات وجودة الإضاءة بالفصول الدراسية لتحقيق الأداء البصري الأفضل، وذلك من خلال معالجات لمصادر الإضاءة الطبيعية والصناعية بالفصول الدراسية، ومن خلال

نتائج الدراسة تضع الورقة البحثية مجموعة من التوصيات التي يؤدي تطبيقها إلى تحسين الأداء البصري بالفصول الدراسية في مدارس التعليم الأساسي.

**١- مقدمة:**

إن جلب الإضاءة للبناء قد تجاوز مجرد إضاءة الفراغ، إلى ما هو أوسع وأشمل من ذلك وهو قدرة الضوء على التأثير في خصائص الفراغ المضاء حيث أصبح الضوء كأداة تستخدم في التصميم والذى بإمكانه أن يتحكم في كثير من صفات الفراغ المراد إضاءته من حيث إضافة بعد فراغي وعمق مساحي إلى المساحة الأصلية للفراغ، هذا فيما يتعلق بالإضاءة الطبيعية في المباني وبالنسبة للإضاءة الاصطناعية هي نتاج مصادر ضوئية يمكن التحكم بها ونقلها من مكان إلى آخر والتحكم في خواصها ولونها وكمية الضوء الناتج منها، فمجرد تسليط إضاءة موضعية على مساحة معينة في فراغ ما من شأنه أن يحدد ذلك الموضع من الفراغ وأن يعطيه مواصفات خاصة تميزه عن الفراغ الأشمل المجاور له، ويعتبر التحكم في مستويات الإضاءة الاصطناعية أداة طيعة في أيدي المصممين لإيجاد أمكنه وفراغات مميزة حسب الطلب[1]، ويعتمد نشاط التلاميذ المتمثل في التحصيل العلمي كثيراً على الرؤية البصرية والإدراك المرئي من خلال بيئة ضوئية مريحة بصرياً تلعب الإضاءة داخل الفصل والعوامل المؤثرة عليها دوراً أساسياً ومميزاً في نجاحها.

## ١-١- مشكلة البحث:

في السنوات الأخيرة تم إنشاء العديد من المباني المدرسية في المدن الليبية ، حيث تبدو هذه المباني للوهلة الأولى إنها تفي بجميع المتطلبات الوظيفية والتربوية الحديثة، ولكن في الحقيقة أن المصممين المعماريين الذين قاموا بإعداد تلك المخططات سواء كانوا من داخل ليبيا أو من خارجها قد اهتموا أثناء التصميم فقط بعامل واحد وهو العامل الاقتصادي دون النظر إلى غيره من العوامل مثل : العوامل التربوية والراحة البصرية التي تؤثر تأثيراً مباشراً على تصميم الفراغات التعليمية.

## ١-٢- أهداف البحث :

يهدف البحث إلى :

* تحسين الأداء البصري بفصول مدارس التعليم الأساسي .
* إيجاد تكامل بين مستويات الإضاءة الطبيعية والصناعية داخل الفصل الدراسي.
* توفير الطاقة المستخدمة داخل المدارس من خلال تخفيض مستوي الإضاءة الصناعية.

## ١-٣- الأسئلة البحثية:

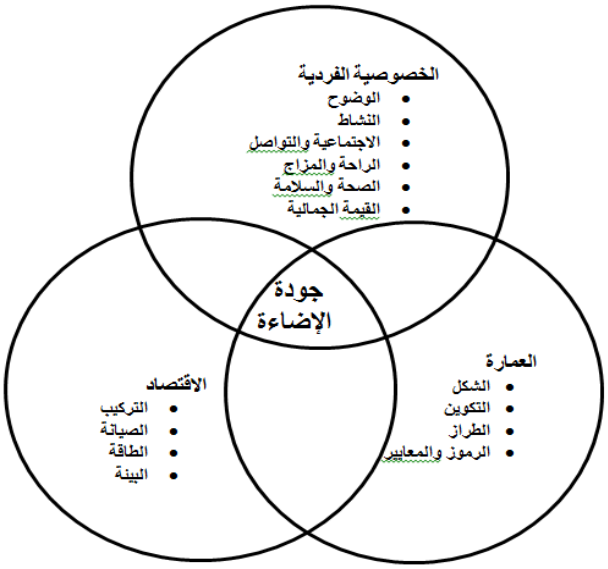
* لماذا يجب توظيف أنظمة الإضاءة في المباني التعليمية ؟
* ماهي المنهجية التي يمكن استخدامها لتحسين الأداء البصري داخل الفراغات التعليمية بمدارس التعليم الأساسي بليبيا ؟
* كيف يمكن توظيف أنظمة الإضاءة الطبيعية والصناعية بفاعلية وتعظيم الاستفادة منهما من أجل تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة البصرية معا ؟

## ١-٤- منهجية الدراسة:

تم استخدام المنهج الاستقرائي والتحليلي حيث سيتم عمل تحليل مناخي لمنطقة الدراسة بهدف التعرف على مستويات الإضاءة الطبيعية وطول الفترة النهارية وغيرها من العوامل المناخية التي تؤثر على مستويات الإضاءة، وبعد دارسة الحالة المعمارية للمباني المدرسية محل الدراسة (عينة الدراسة) فسوف يتم استخدام برنامج الحاسب الآلي (DIALux evo) لعمل محاكاة لمستويات الإضاءة على مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل ومعرفة مستويات الإضاءة السائدة ومن ثم إيجاد حلول لتحسين هذه المستويات وفق إستراتيجيات معينة للتحكم في نظام الإضاءة بالفصول الدراسية للعينات وكذلك وضع إستراتيجيات للتحكم في إضاءة الفصول الدراسية بشكل عام.

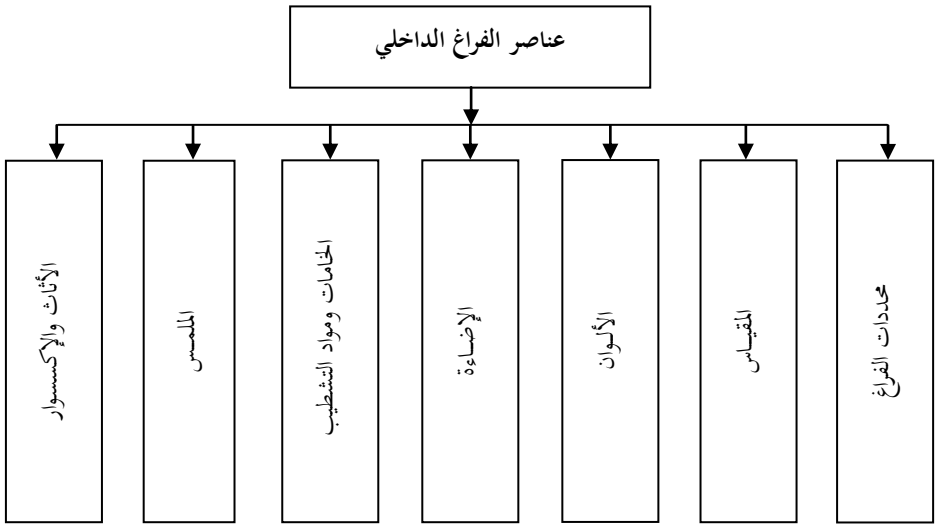
## ٢-أهمية الضوء في الفراغ المعماري.

يعتبر الضوء واحداً من الركائز الأساسية التي تقوم عليها خطة التصميم فهو لا يقل أهمية عن اللون داخل الحيز الفراغي. ومن المتعارف علية أن هناك قواعد أساسية لا يمكن تجاهلها عند وضع تصميمات الإضاءة لأى حيز فراغي أو منشأة معمارية، وتلك القواعد تعتمد على العلاقة بين الإضاءة والتصميم العام للمنشأة، وبناء على تلك المبادئ الأساسية، يعمل التوظيف الجيد للإضاءة على مراعاة مستويات الإضاءة اللازمة للوحدات حسب أنشطتها ومواضعها إذ أن دراسة الإضاءة في إطار التخطيط العام للحيز ككل طبقا لنوعيات المهمة والنشاط يؤدى فعلياً إلى زيادة ونجاح النشاط[١] ، وكما يوضح الشكل رقم (١)، فإن الإضاءة الجيدة هى محصلة لثلاث عوامل رئيسية تتمثل في الخصوصية الفردية، الاقتصاد والتصميم المعماري حيث تتبلور القيم التي يسعى إليها كل اتجاه من تلك الاتجاهات الثلاث ليصب في خانة الإضاءة التي تنعكس بدورها على المستفيد وتظهر في راحته النفسية والجسمية.




شكل (١) : العوامل والمتغيرات المؤثرة في الإضاءة[٢]

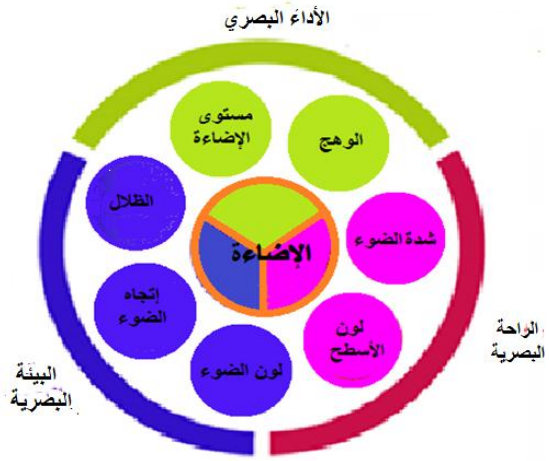
وإذا كانت محددات الفراغ شكل رقم (٢) من حوائط وأرضيات وأسقف وغيرها هي التي تحدد الفراغات المعمارية في المبنى وترسم المسقط الأفقي بالإضافة إلى توضيح علاقة الأدوار المتتالية حيث يكون الإحساس بالفراغ قوياً كلما كانت نسبة الفراغات في هذه المحددات صغيرة، فإن الإضاءة تعتبر من المكونات الهامة في الفراغ الداخلي وذلك لتأثيرها على هذا الفراغ إيجاباً أو سلباً، ولتأثيرها على مجموعة من عناصر الفراغ الداخلي الأخرى، فمثلاً كمية الإضاءة المتوفرة في فراغ معين تؤثر على إحساس الإنسان بنسب هذا الفراغ وتفاصيله، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على الإحساس بتفاصيل المعروضات والتحف والأثاث المكونة للفراغ الداخلي للمبنى.




شكل (٢) : عناصر الفراغ الداخلي للمباني[1]

ولنجاح أي تصميم فإنه لا بد من دراسة الإضاءة الطبيعية والصناعية ومحاولة توظيفهما التوظيف المناسب لخدمة فكرة المصمم الداخلي. فبالإشارة إلى الإضاءة الطبيعية يتحدد نجاحها بالدرجة الأولى في الفراغات الكبيرة المطلوب تداخلها مع الجو الخارجي المحيط، وفي حالة إعادة توظيف الفراغات الداخلية لمبني قديم، يجب مراعاة أن تستخدم الإضاءة الطبيعية في فترات النهار كإضاءة عامة، أما الإضاءة الصناعية فيتم تركيزها علي التفاصيل التي تعتبر ذات قيمة.

وبالإشارة إلى الإضاءة الصناعية، فإنه إذا تم دراستها واستغلالها بعناية فإنها تؤدى إلى إبراز مكونات الفراغ الداخلي بشكل جيد، ومع تداخل الضوء مع الظلال فان ذلك يعطي تباينات متعددة تبرز الأشياء وتحددها، كما تبرز الإضاءة الصحيحة التباينات في ملمس الأجسام، فمثلاً عند تقديم جسم خشن الملمس أمام خلفية ناعمة، فإنه يمكن إبراز هذا التباين بتسليط إضاءة منتظمة دون ظلال على الخلفية مع تركيز الضوء على الجسم ودراسة الظلال الناتجة عنه. كما أن توزيع الإضاءة يساعد في إخفاء الأجسام والأشياء غير المرغوب في إظهارها، وعلي العكس فإن المبالغة في الإضاءة العامة تقلل من شكل وتجسيم الأجسام وتسبب ضعفاً في التعبير البصري، ولذلك يجب تحقيق التجانس بين المصادر الضوئية المختلفة وانعكاساتها المتعددة الاتجاهات لكي تبدو في الفراغ كمجموعة تؤكد الجمال البصري[٣] ، وبعد اكتشاف تكنولوجيا إضاءة الليد أصبح بالإمكان تطويع الإضاءة بشكل أكبر من ناحية الخفوت واللون وحتى توفير الطاقة مما أحدث مجالات أكبر لتحسين إضاءة الفراغ المعماري وبجودة عالية[٤] .



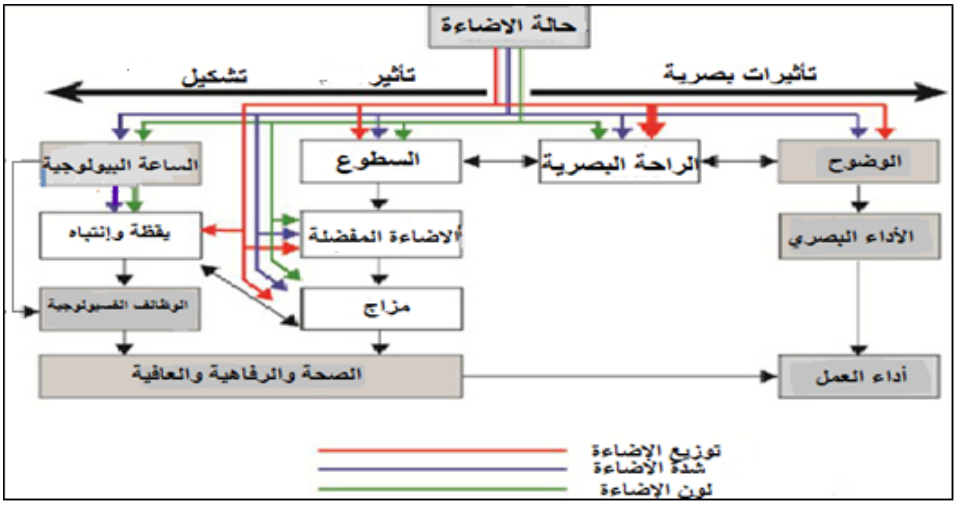

شكل (٣) : معايير الإضاءة (مستوى الإضاءة، شدة الضوء،الوهج، لون السطح، لون واتجاه الضوء، الظلال)[٦]

### ٣-الإضاءة والراحة البصرية:

تعد نظم الإضاءة الداخلية من الأمور المعقدة والتي تتطلب قدراً كبيراً من الدراسات والمعلومات التي يتم بناءاً عليها تصميم المنشأة، وتلك المعلومات تشمل المتعرض للإضاءة ومصادر الإضاءة، وبيئة الإضاءة، واقتصادياتها كما هو موضح بالشكل رقم (٣). ويبرز جانب التعقيد في تصميم إضاءة الفراغات مع ضرورة تحقيق عدد كبير من الأهداف الأساسية وغيرها من الأهداف الثانوية التي يجب على المصمم أخذها في الاعتبار وتحقيقها، فيجب عليه وضع قضية الأمان البيئي على رأس أولوياته عند اعتماد أي تصميم لتوفير بيئة آمنة وصحيحة عند الاستخدام حتى يتمكن الفرد المستفيد من أداء أعماله وبالتالي تحقيق أهدافه ومتطلباته في أمان وسلام، وهنا، لابد من الإلمام بقواعد الرؤية والإبصار السليمة وفسيولوجية عمل العين وكذلك التعرف على فيزياء الانعكاس والامتصاص والنفاذية لمختلف الخامات والمواد والأسطح الداخلة في حيز التصميم وذلك لأعمال مبادئ وقواعد الصحة والسلامة والأمان في التصميم الضوئي[٥] . وعلى وجه الخصوص فان الحد الأدنى لمستويات الإضاءة المطلوبة في مكتب التلميذ على مستوى سطح العمل هي ٥٠٠ لوكس لنشاط الكتابة والقراءة[٦]. كما تلعب أنظمة التحكم في الإضاءة القدرة على تحسين حالة الإضاءة بالفراغ من خلال أنظمة الاستشعار وضبط كمية الضوء القادم من الخارج وهو ضوء النهار أو الضوء الداخلي من الإضاءة الصناعية والتي ينتج عنها تحسين لعملية النشاط داخل هذا الفراغ[٧] .

ويضاف إلى ما سبق تلك عوامل أخرى مؤثرة شكل رقم (٤) مثل طبيعة المكان وطبيعة استخداماته، وما قد يطرأ من مستجدات أخرى من حيث عدد الأفراد المتواجدين وطبيعة حركتهم، وهنا يتمثل الدور الأساسي للقائم بأعمال التصميم في تفعيل العلاقة وخلق تكامل بين العناصر التي يتضمنها نظام الإضاءة جميعها سواء كانت تلك العناصر تتعلق بنظام الإضاءة ومكوناته من وحدات إضاءة ومصادر للطاقة أو بيئة الإضاءة من حيث كونها إما إضاءة

طبيعية أو عناصر البيئة الضوئية الصناعية والاستفادة من معطياتها في تحسين ظروف بيئة العمل، وأظهرت العديد من الدراسات أن التحكم وضبط مستويات الإضاءة على مدار اليوم يؤدي إلى الشعور باليقظة والحيوية وزيادة النشاط[٨]. وعلى التوازي، يلعب المصمم دوراً كبيراً في التعرف على عناصر الإضاءة غير المرغوب فيها والتي قد تؤدى إلى التسبب في التلوث الضوئي وما يلحق به من إجهاد بصرى وخلافه إذ أن عملية التكيف مع ظروف العمل في ظل أوضاع متغيرة يكون كبيراً ، ويبدأ الفرد عندئذ في الشكوى من الإجهاد بوجه عام ويصبح أقل انتباها، وتعرف هذه الأعراض جميعاً بالإجهاد البصري وهذا ما يجب تجنبه[٩]. ، وعندما يتم الحديث عن الإضاءة وعدم الراحة البصرية فيذكر تلقائياً التلوث الضوئي وما يلحق به من إجهاد بصرى وخلافه، حيث تؤدى الإضاءة رديئة التصميم إلى متاعب وإجهاد للعين.




شكل (٤) : العلاقات بين الإضاءة والراحة البصرية والتي تهتم بأثير جودة الإضاءة ومواصفاتها وصحة ورفاهية الإنسان وقدرته على أداء العمل[١٠]

**٤- الإضاءة في المدارس:**

**تنقسم مصادر الإضاءة في المدارس إلى نوعين : إضاءة طبيعية وإضاءة صناعية.**

## إضاءة طبيعية من المصادر التالية :

*** النوافذ الرئيسية وتمثل المصدر الأساسي للإضاءة وتكون بحائط الفراغ المطل على الخارج وتأخذ أبعاد وأعداد وأحجام ومواصفات معينة حسب نشاط الفراغ والإضاءة المطلوبة.**

*** النوافذ الثانوية (نافذة الممر) وتمثل مصدر ثانوي للضوء الطبيعي وغالباً تطل على الممرات ولا تتصل مباشرة بخارج المبنى وبارتفاع جلسة أعلى من النوافذ الرئيسية.**

## إضاءة صناعية من المصادر التالية:

*** المصباح المتوهج : وهو أقدم الأنواع ويعتمد على فتيلة معدنية داخل شكل زجاجي مفرغ من الهواء وتأخذ الشكل اللولبي أو المسماري.**

*** مصابيح التفريغ الكهربائي بالغاز : ويعمل بنظام الغاز الذي يسري بين قطبي المصباح، والغازات المستعملة أما بخار الزئبق أو بخار الصوديوم أو غاز الزينون أو اليود، وأهمها مصابيح الفلورسنت والأكثر استخداماً في المدارس بأشكال وأنواع مختلفة[11] .**

*** المصابيح الحديثة : وأشهرها مصابيح الصمامات الباعثة (مصابيح الليد) والتي فتحت أفاق جديدة في الإضاءة بما لها من مزايا أهمها :**

- **تتميز بفترة عمرية طويلة تصل إلى ١٠٠ ألف ساعة عمل.**
- **لا تحتاج لصيانة متواصلة ولها قدرة تحمل للعوامل الداخلية والخارجية.**
- **موفرة للطاقة حيث توفر من ٨٥ إلى ٩٠% مقارنة بالمصابيح التقليدية وصديقة للبيئة حيث لا تحوي سموم أو مواد كيميائية .**
- **يمكن تشكيلها وتطويعها والحصول على إضاءة بألوان مختلفة.**

## وحدات ومعدلات الإضاءة :

تنص المعدلات الدولية للإضاءة بالمدارس على أن مستويات الإضاءة اللازمة لممارسة نشاط القراءة والكتابة بالمدارس هو ٥٠٠ لكس[12] ، ويعرف اللكس بأنه شدة الإضاءة من المصدر الواقع على سطح ما؛ بينما يمثل الليومن كمية الإضاءة المنبعثة من المصدر، بينما يمثل الكلفن وحدة قياس الحرارة اللونية لإضاءة المصدر.

## أنظمة التحكم بالإضاءة:

هناك عدة وسائل وأنظمة يمكن من خلالها التحكم في مستويات الإضاءة داخل الفراغات المعمارية منها :

- نظام غلاف المبنى الذكي.
- نظام النافذة الذكية.
- استخدام الكاسرات والمظلات وعاكسات الضوء المتحركة.
- أجهزة التحكم والاستشعار الكهربية.
- أنابيب الضوء والألياف البصرية[13] .

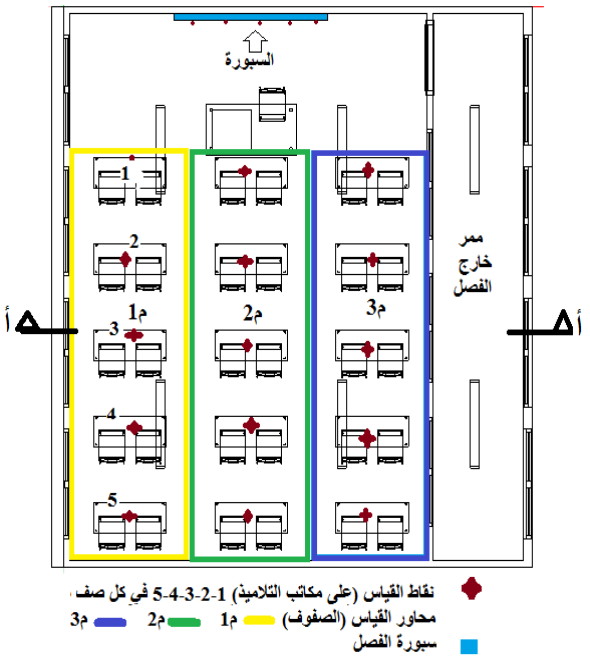
### ٥- برنامج المحاكاة :

تم استخدام برنامج (DIALux evo)[14] الإصدار الأخير ٢٠١٥ وتعتبر هذه النسخة متطورة بشكل كبير وذلك من ناحية الإخراج وتقنيات البرنامج وامتلاكه خصائص جديدة يتعامل مع الإضاءة النهارية والصناعية وإمكانية تحديد موقع المشروع بواسطة خطوط الطول والعرض كذلك يوفر حالات مناخية مختلفة للسماء الصافية والغائمة والغائمة جزئياً.

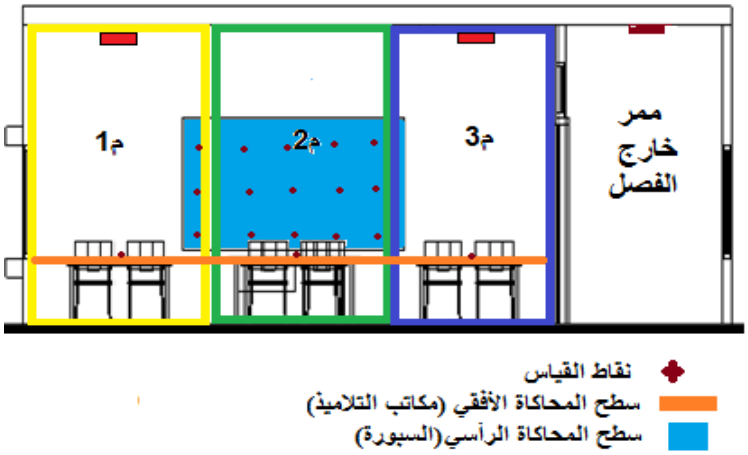
### ٥-١- معايرة للبرنامج :

قبل القيام بعملية المحاكاة كان من الضروري ضبط البرنامج (معايرة البرنامج) من خلال قياس بعض العينات ثم محاكاتها باستخدام البرنامج، حيث تم أخذ القياسات بواسطة

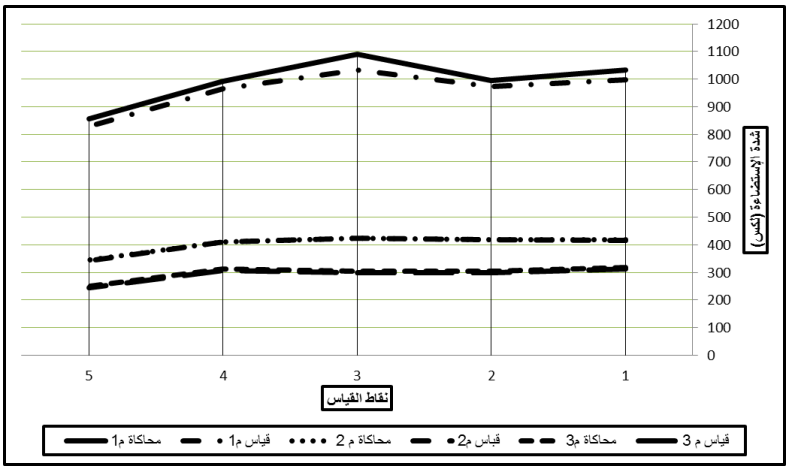
جهاز (LUX meter) في ٣ أوقات مختلفة والتي تمثل فترات المحاكاة للعينات وهي الساعة (٨ صباحاً) والساعة (١٢ ظهراً) والساعة (٤ مساءاً)، وذلك في ٢٢ يونيو(سماء صافية صيفاً) والتي تمثل نقطة الانقلاب للشمس حيث أعلى مستويات إضاءة من الشمس، وتم تقسيم الفصل الدراسي بثلاثة محاور طولية وهى (م١،م٢،م٣) تمثل نقاط القياس على صفوف مكاتب التلاميذ بالفصل الدراسي؛ وهى (١،٥،٤،٣،٢) كما يوضحها الشكل رقم (٥) والشكل رقم (٦)، ومن خلال عملية معايرة البرنامج يتضح أن المحور الأول (م١) للنقاط بجانب نوافذ الفصل حقق نسبة تطابق (٩٦,٧%)، بينما المحور(م٢) بوسط الفصل بنسبة (٩٩,٨%)، ومحور(م٣) بجانب حائط الممر بنسبة (٩٨%)، ويبين الشكل رقم (٧) مقارنة بين النتائج المقاسة ونتائج البرنامج، حيث تبلغ قيمة الخطأ نسبة (-٣,٣%) للمحاكاة من القياس في المنطقة بجانب الشبابيك من الفصل، وبنسبة (+٠,٢%) للمحاكاة من القياس في منطقة وسط الفصل، و نسبة (+٢%) في المنطقة الجانبية ناحية الممر، ويكون متوسط قيمة الخطأ في الفصل ككل (-١,٢٨%)،أي كل ١٠٠ لكس محاكاة تساوي (١٠١,٢٨ ) لكس بالقياس.



شكل (٥): مسقط أفقي يوضح محاور ونقاط القياس والمحاكاة على سطح مكاتب التلاميذ




شكل (٦) : قطاع أ–أ بالفصل الدراسي يوضح أماكن القياس والمحاكاة




شكل (٧) : مقارنة بين نتائج القياس ونتائج المحاكاة بالبرنامج (معايرة البرنامج) والتي توضح محاور ونقاط القياس على مكاتب التلاميذ

## ٦- منطقة الدراسة :

تستهدف الدراسة مباني التعليم الأساسي بمدينة الخمس بمحافظة المرقب، وقد تم اختيار مدرسة الحاراتي للتعليم الأساسي والتي تمثل مجموعة من النماذج الموجودة بالمنطقة

لها نفس الخصائص التصميمية والبيئية وأبعاد فراغات الفصول والبيئة المحيطة والتجهيزات الداخلية كحالة دراسية.

## ٦-١- مدينة الخمس :

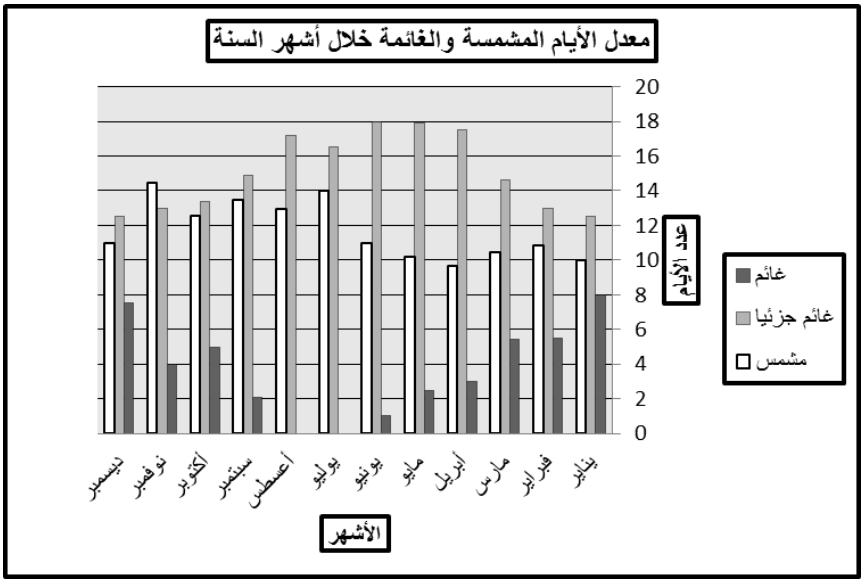
تقع مدينة الخمس في الساحل الشمالي الغربي لليبيا وتطل علي البحر الأبيض المتوسط وتبعد مسافة ١٢٠ كيلو متر غرب العاصمة طرابلس، علي خطي (٣٢,٦٢° ش، ١٤,٢٧° ق)[١٥]، ويوضح الشكل رقم (٨) مخطط لمدينة الخمس؛ وقد تم اختيار مدينة الخمس نظراً للأهمية الكبرى لهذه المدينة حيث أن بلدية الخمس ثالث أكبر محافظة في البلاد تضم مدينة الخمس وسوق الخميس ومسلاته وزليتن وترهونة والعمامرة وغنيمة والعلوص وقصر الأخيار، تمتد على مساحة جغرافية كبيرة، من حدود مصراتة شرقاً حتي حدود طرابلس غرباً ومن البحر المتوسط شمالاً حتي بني وليد جنوباً. ويبلغ عدد سكان المدينة ٦٠ ألف نسمة بالمركز الحضري بينما يبلغ عدد سكان الضواحي ٢١٠ ألف نسمة حسب تعداد سنة ٢٠٠٩ م.[16]، عدد المدارس بالمنطقة ٩٢ مدرسة منها ٢٦ مدرسة ثانوية و٦٦ للتعليم الأساسي[١٧] .

شكل (٨): مخطط مدينة الخمس ويوضح موقع المدينة حيث البحر المتوسط شمالا والطريق الساحلي جنوبا[١٥]

*** معدلات الإضاءة :**

**تتميز معدلات الإضاءة بالارتفاع في فصل الصيف نتيجة سطوع الشمس العالية حيث السماء الصافية وأشعة الشمس المباشرة بينما تقل كثيراً في فصل الشتاء حيث الإضاءة من قبة السماء نتيجة السحب والغيوم، وتكون بين هاتين الحالتين في الاعتدالين الربيع والخريف، حيث أن أكبر نسبة مشمسة في شهري يوليو وأكتوبر بحدود ١٤ يوماً ، أما بالنسبة للأيام الغائمة والغائمة جزئياً، فإن أعلى معدلاتها في أشهر يناير وفبراير ومارس وأبريل ومايو ويوليو وديسمبر، وتغلب فترة السماء المغيمة والمغيمة جزئيا على معظم أوقات ممارسة النشاط وهى فترة الدراسة، كما أن السماء المغيمة هى الحالة التي تبلغ فيها مستويات الإضاءة أدنى حدود لها، لذا سيتم عمل المحاكاة على حالة السماء المغيمة[١٨] .**

**ويبين الشكل رقم (٩) معدلات السماء الصافية والأيام المشمسة، والشكل رقم معدلات السماء الغائمة والغائمة جزئيا حسب الأيام والأشهر طوال السنة.**



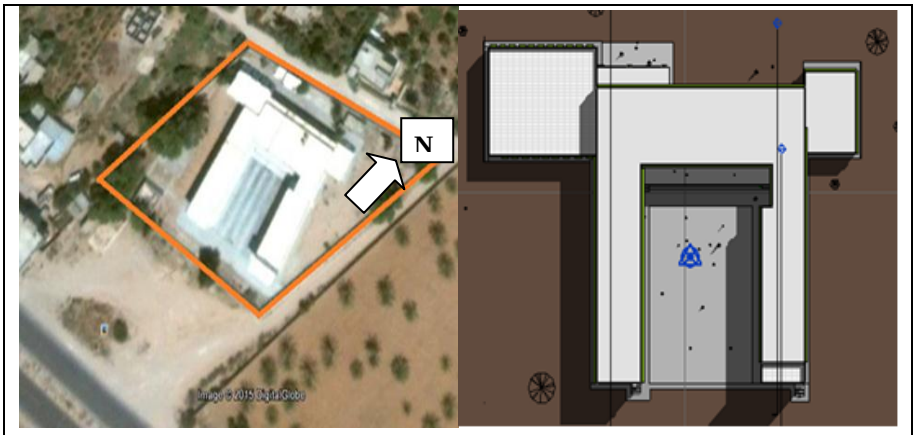

شكل (٩): معدلات السماء الصافية والغائمة والغائمة جزئيا طوال السنة [18]

## ٦-٢- الحالات الدراسية:

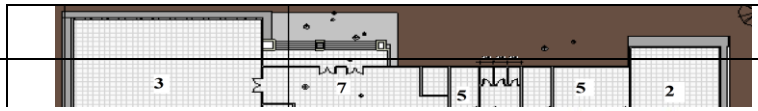
شملت الحالات الدراسية اختيار ثلاثة مدارس تمثل كل أنواع المدارس بالمدينة وهي مدرسة التحرير ومدرسة الخلود ومدرسة فاطمة الزهراء.

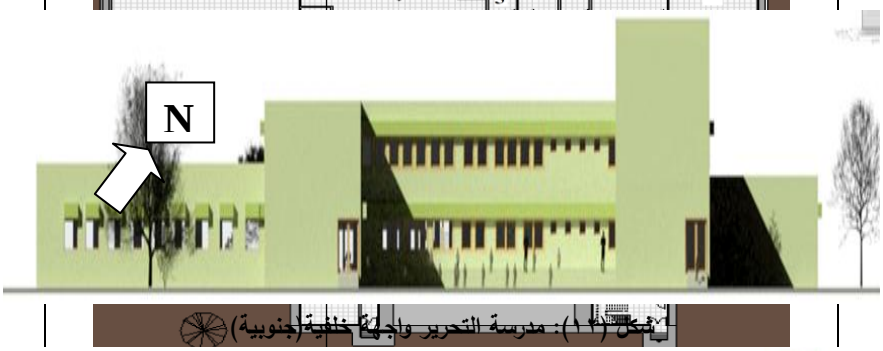
### ٦-٢-١- مدرسة التحرير:

تقع في ضواحي مدينة الخمس الشرقية، أنشأت في ثمانينات القرن العشرين، شكل المسقط حرف U تتكون من طابقين، تشمل ١٢ فصل، توجيه الفصول جنوب غرب ويوضح الشكل رقم (١٠) الموقع العام وشكل كتلة المبنى، والشكل رقم (١١) يوضح مسقط الدور الأرضي والأول وتوضح الأشكال رقم (١٢)، (١٣) واجهات مبنى المدرسة، والشكل رقم (١٤) يوضح قطاع رأسي بالمدرسة بينما الشكل رقم (١٥) يبين منظور خارجي لمبني المدرسة، بينما يوضح شكل رقم (١٦) منظور داخلي وقطاع للفصل الدراسي (الحالة الدراسية).

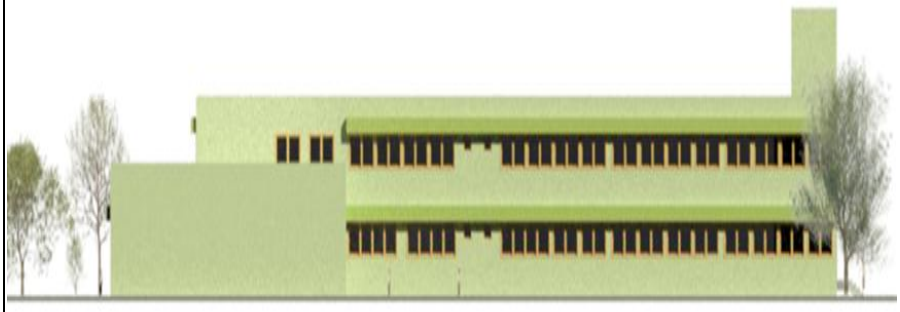



شكل (١٠): مدرسة التحريرالموقع العام وكتلة المبنى[19]

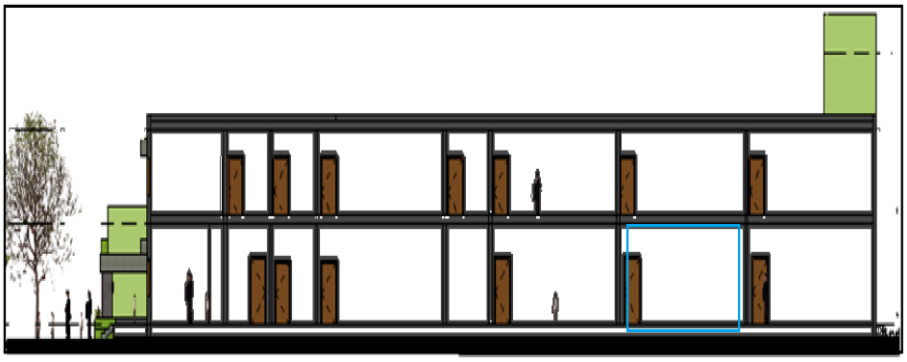


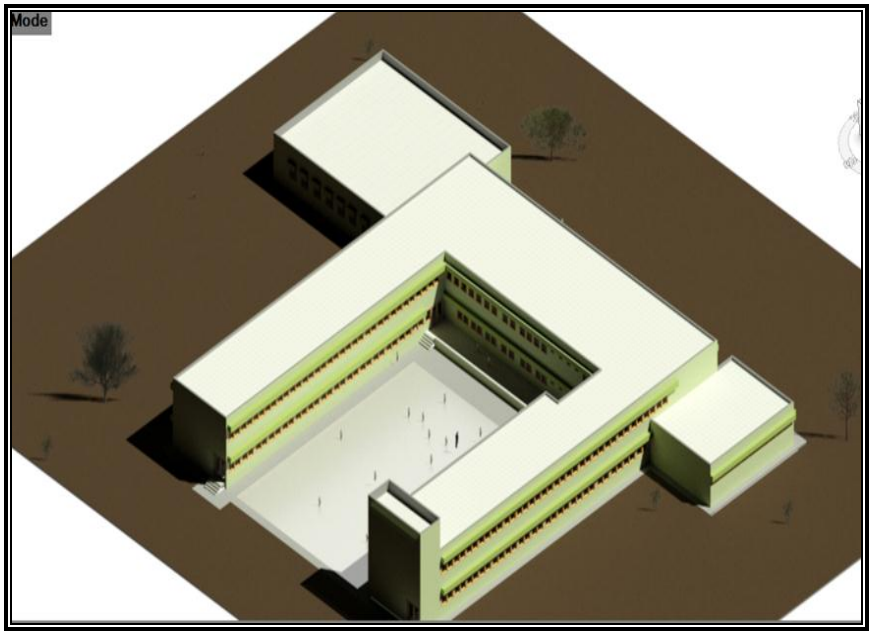

شكل (١٢): مدرسة التحريرواجهة خلفية(جنوبية)



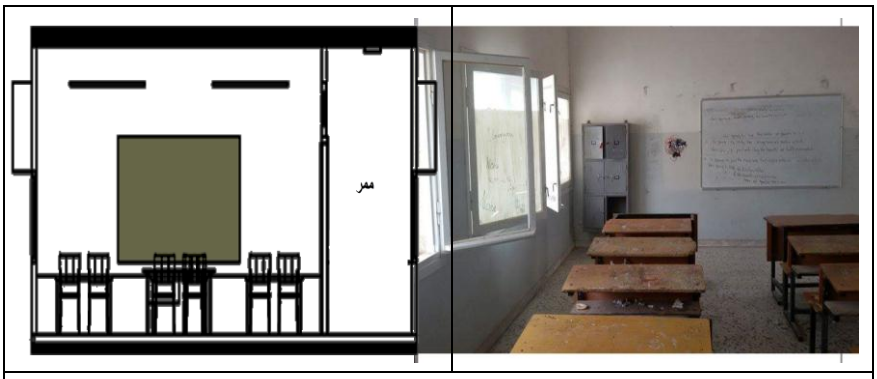
شكل (١٣): مدرسة التحرير واجهة جانبية (غربية)



شكل (١٤): مدرسة التحرير قطاع رأسى للفصول الدراسية

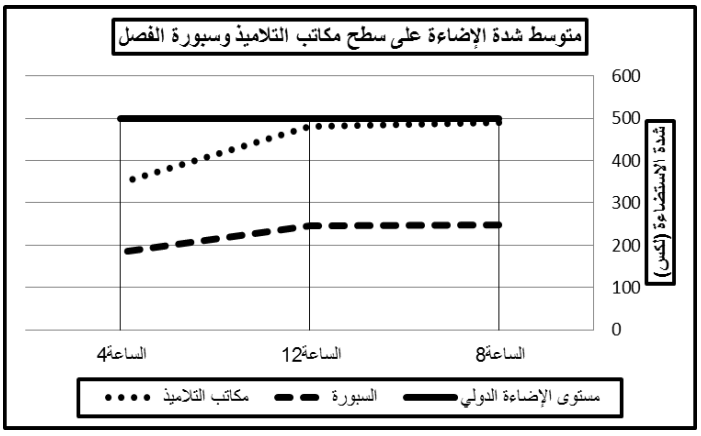



شكل (١٥): مدرسة التحرير منظور علوى للمبنى يوضح كتلة المبنى




شكل (١٦) : منظور داخلى وقطاع للفصل الدراسى (الحالة الدراسية) في إتجاه السبورة

وتظهر نتائج المحاكاة لمستويات الإضاءة على سطح مكاتب التلاميذ بالشكل رقم (١٧) أن مستويات الإضاءة مقبولة بقيمة (٤٨٠–٥٠٠) لكس في الفترة من الساعة الثامنة صباحاً حتى الثانية عشر ظهراً، وتقل عن المستوى المطلوب بعد الظهيرة حتى الرابعة مساءاً .

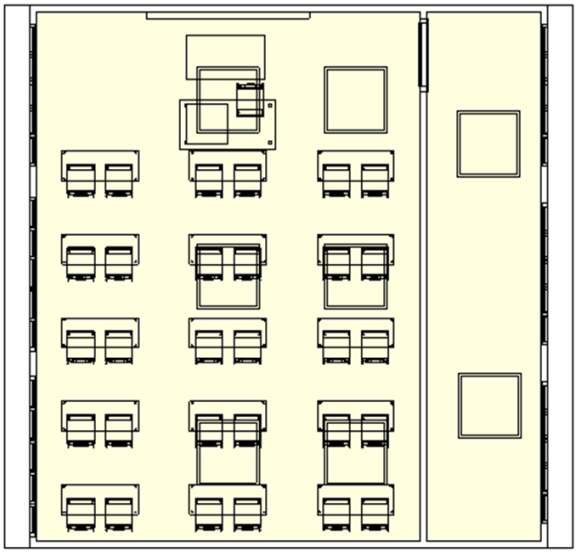



شكل (١٧): مستويات الإضاءة على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل في الفترة من ٨ صباحا– ٤ مساءا في٢١ ديسمبر – شتاءاً– توجيه الفصل جنوب غرب

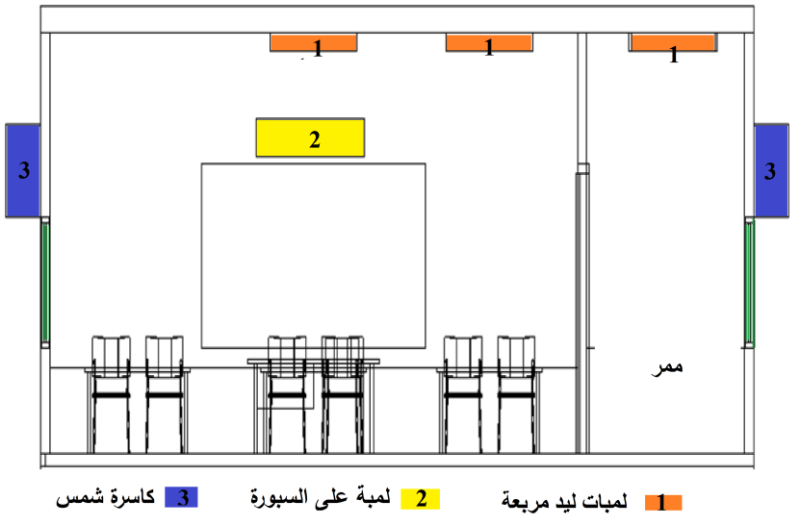
ونسب التباين الجيدة كانت في الفترة ما قبل الظهيرة بمعدل ١:١,٠٤، أما على سطح سبورة الفصل فتأتي متدنية بمتوسط (٢٠٠) لكس بالرغم من أن نسب التباين جيدة ١:١,٣ إلا أن القصور واضح في هذه المستويات حيث سجلت (١٨٤-٢٤٥) لكس طوال فترة النشاط كما يوضح الشكل رقم (١٧).

**الحلول المقترحة** :

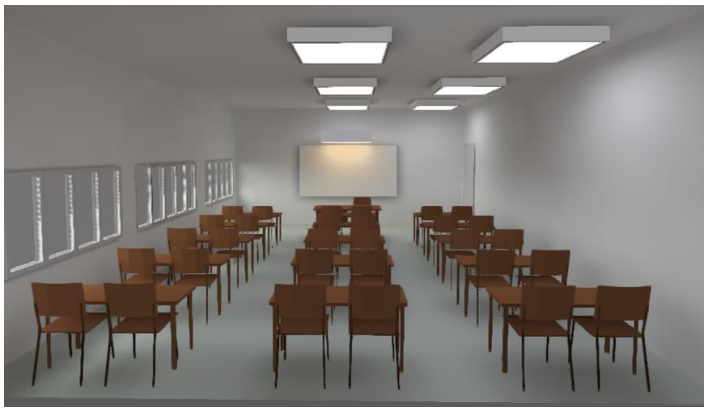
* تبديل اللمبات بلمبات ليد مربعة مقاس (٩٨*٩٨*١٤) سم عدد ٦ وحدات بقوة ٥٤ وات- ٤٥٠٠ لومن و ٣٠٠٠ كلفن مع ملاحظة تشغيل ٤ لمبات فقط عند فترة الظهيرة الساعة ١٢ لزيادة مستويات الإضاءة عند هذه الفترة ويوضح الشكل رقم (١٨) هذه اللمبات وتوزيعها بالفصل.
* إضافة لمبة فوق سبورة الفصل(٦٣*٦٣*١٤) سم بقوة ٣٦ وات – ٣٣٢٠ ليومن و ٣٠٠٠ كلفن، بمسافة ٦٥ سم أسفل السقف كما بالشكل رقم (١٩).
* دهان الحوائط والسقف بلون أبيض بنسب انعكاس ٨٥% وأرضية بيضاء نسبة انعكاس ٦٠%، كما يوضح الشكل رقم (٢٠).



شكل (١٨) : مدرسة التحرير مسقط أفقي للفصل الدراسي يوضح الحل المقترح باستخدام لمبات ليد مربعة الشكل عدد ٦ مقاس٩٨*٩٨*١٤سم بالسقف ولمبة ٦٣*٦٣*١٤ على السبورة



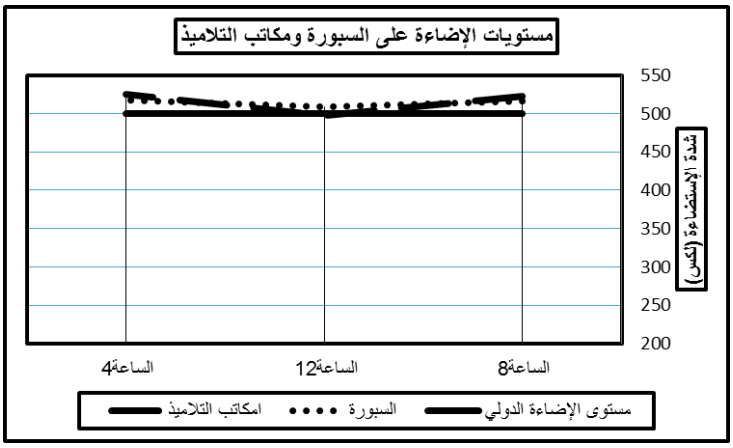

شكل (١٩): مدرسة التحرير قطاع رأسي بالفصل الدراسي يوضح الإضاءة الصناعية لمبات الليد المربعة ٩٨*٩٨*١٤ أما الإضاءة الطبيعية تم الإبقاء على حالة النوافذ الأصلية بأبعاد ١٢٠*٤٠ سم عدد ١٥



شكل (٢٠): مدرسة التحرير منظور داخلي بالفصل الدراسي

## محاكاة الحلول:

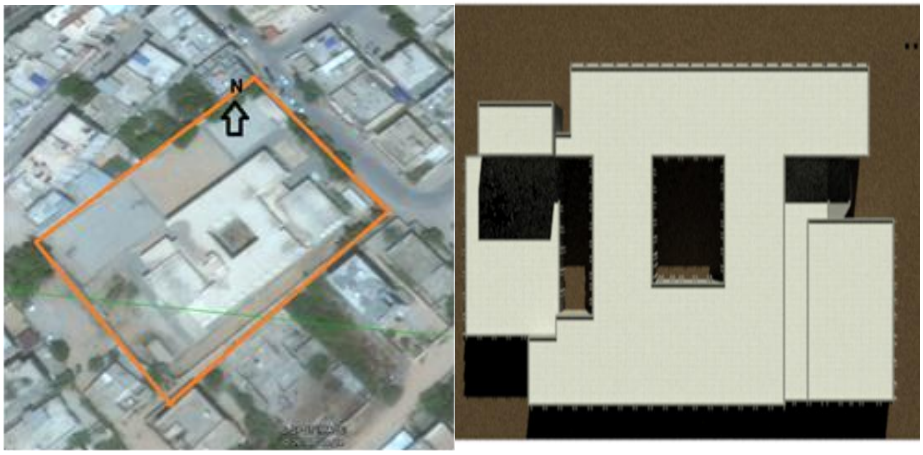
بعد اقتراح الحلول والإصلاحات لتحسين مستويات الإضاءة بالفصل الدراسي تبين نتيجة محاكاتها كما في الشكل رقم (٢١) والذي يوضح مستويات الإضاءة على سطح مكاتب التلاميذ، وكذلك مستويات الإضاءة على سطح سبورة الفصل.



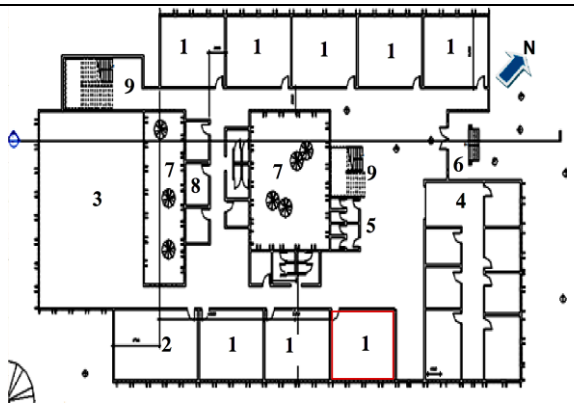

شكل (٢١): مستويات الإضاءة الطبيعية والصناعية في ٢١ ديسمبر – شتاءاً– على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل بعد الحلول المقترحة

## ٦-٢-٢- مدرسة الخلود:

تقع في الجزء الشرقي للمدينة بمحلة لبدة، تصميم مسقط المدرسة من النوع المتضام ذو الفناء الواحد، من المدارس الجاهزة بوحدات مسبقة الصنع أنشأت نهاية ثمانينات القرن الماضي، وتتكون من طابقين نظام ١٢ فصل ويوضح الشكل رقم (٢٢) موقع ومسقط المدرسة والشكل رقم (٢٣) مسقط الدور الأرضي ، وتوضح الأشكال رقم (٢٤، ٢٥) واجهات المدرسة والشكل رقم (٢٦) قطاع رأسي بمبنى المدرسة، وشكل رقم (٢٧) منظور خارجي للمبنى، بينما الشكل رقم (٢٨) يوضح منظور داخلي ومسقط أفقي بالفصل الدراسي بالمدرسة يبين الأثاث الداخلي ووحدات الإضاءة.



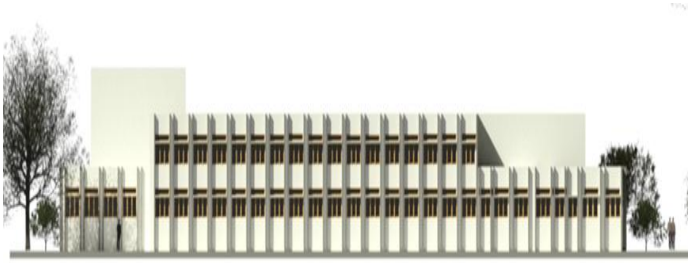

شكل (٢٢) : مدرسة الخلود الموقع العام وشكل كتلة المبنى[19]



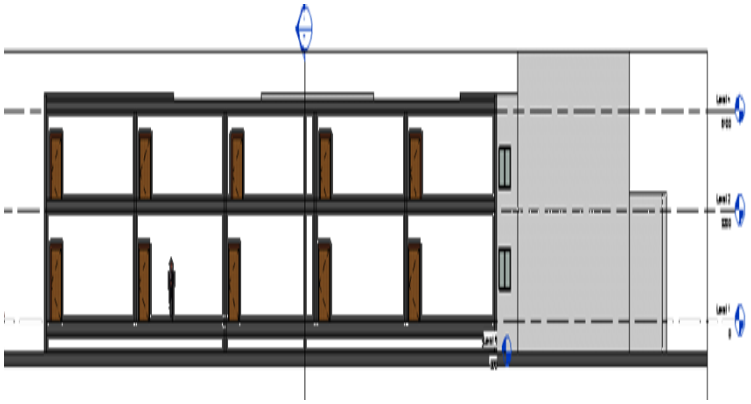

١- فصل دراسي ٤- الإدارة ٧- منور
٢- معمل ٥- مرافق ٨- مكاتب معلمين
٣- مكتبة ٦- المدخل الرئيسي ٩- سلالم الحركة

شكل (٢٣): مدرسة الخلود مسقط الدور الأرضي

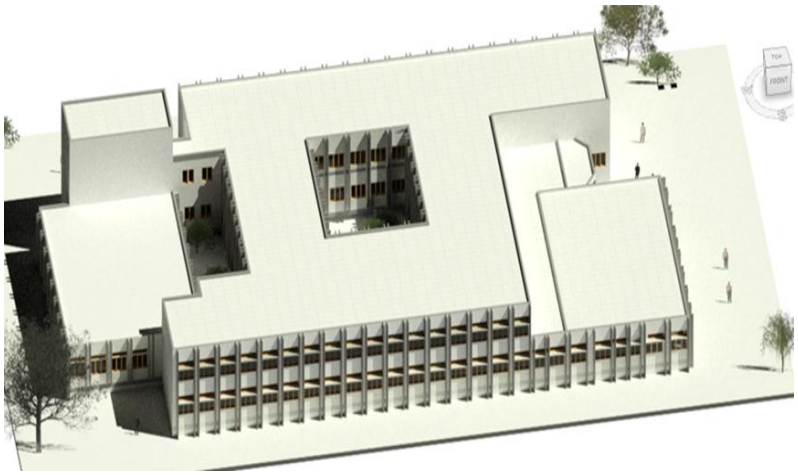
شكل (٢٤): مدرسة الخلود واجهة أمامية (شمالية شرقية)



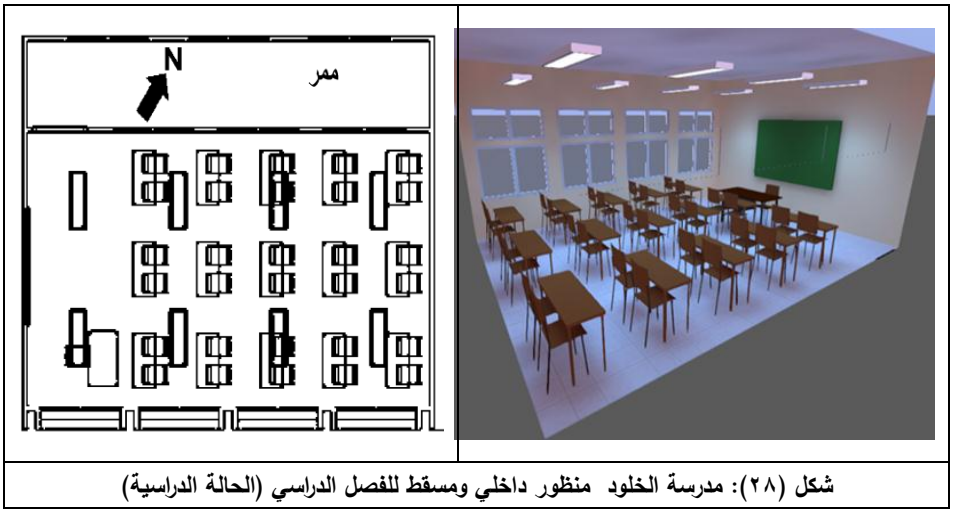
شكل (٢٥): مدرسة الخلود واجهة جنوبية شرقية (الفصول الدراسية)



شكل (٢٦): مدرسة الخلود قطاع رأسي بالفصول الدراسية

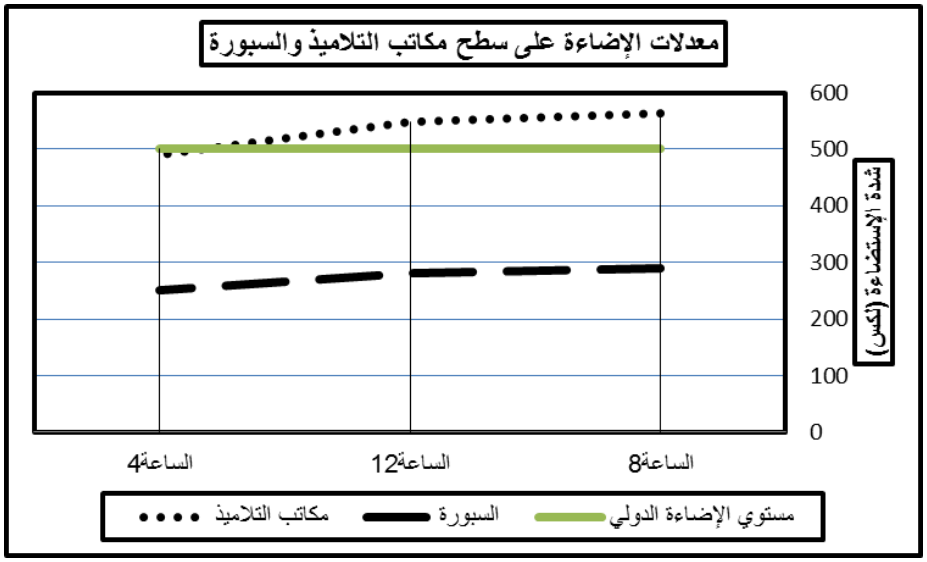


شكل (٢٧): مدرسة الخلود منظور علوي لمبنى المدرسة




شكل (٢٨): مدرسة الخلود منظور داخلي ومسقط للفصل الدراسي (الحالة الدراسية)

وتشير نتائج محاكاة العينة أن المستويات على سطح مكاتب التلاميذ جيدة وتحقق المستوي الدولي للإضاءة ونسب التباين جيدة، إلا أنه هناك نسب إبهار عالية على المكاتب نتيجة أن الإضاءة الصناعية المتدلية من السقف تجاوزت المعدل الدولي المسموح به وهو ١٩ ْ، ويشير الشكل رقم (٢٩) إلى مستويات الإضاءة على مكاتب التلاميذ بالفصل. وعلى سطح سبورة الفصل تأتي المستويات أقل من المستوى المطلوب بالرغم من أن نسبة التباين جيدة ومعدلات الإبهار جيدة ويوضح الشكل رقم (٢٩) هذه المستويات.




شكل (٢٩): مدرسة الخلود معدلات الإضاءة الطبيعية والصناعية خلال الفترة من ٨ صباحا – ٤ مساءا في ٢١ ديسمبر – شتاءا مع التوجيه جنوب غرب على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل الدراسي

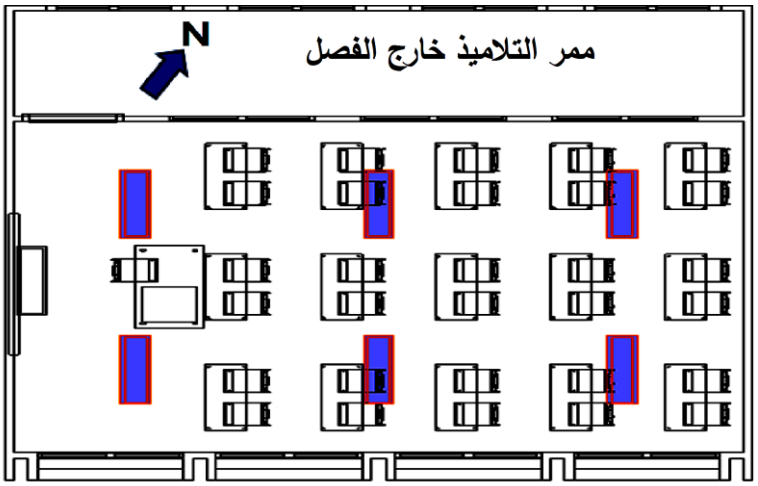
## الحلول المقترحة:

* استخدام عدد ٦ لمبات فلورسنت معلقة (١٢٤*٣٣٢*٦.٥) سم بدلاً من ٨ لتقليل المستويات العالية وحد الإضاءة غير مطلوبة.

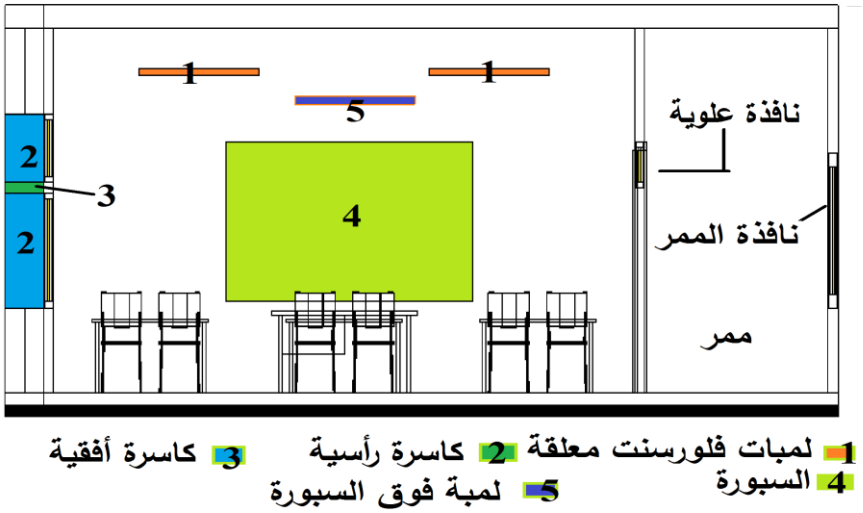
* وضع لمبة معلقة فوق السبورة من نفس لمبات الفلورسنت لرفع مستويات إضاءة السبورة كما بالمسقط والقطاع بالشكل رقم (٣٠) والشكل رقم (٣١).

* تقليل نسب انعكاس الحوائط لتصبح ٥٠% بدلا من ٧٠%، وتقليل نسبة انعكاس السقف إلي ٦٠% بدلا من ٨٠%.

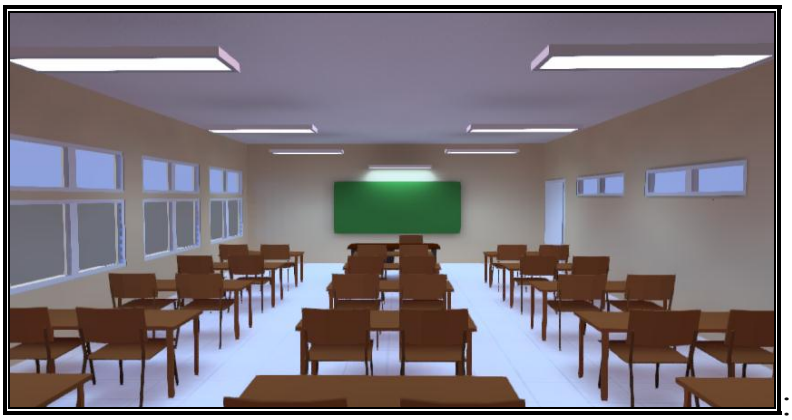
* زيادة نسبة انعكاس الأرضية لتصبح ٩٠% بدلاً من ٦٠% لزيادة الإضاءة على سطح السبورة، كما بالشكل رقم (٣٢).




شكل (٣٠): مدرسة الخلود المسقط الأفقي للفصل ويوضح الحلول المقترحة باستخدام عدد ٦ لمبات فلورسنت معلقة (١٢٤*٣٣٢*٦.٥) ولمبة معلقة فوق السبورة مع الإبقاء على حالة الاضاءة الطبيعية من حيث الشبابيك والكاسرات



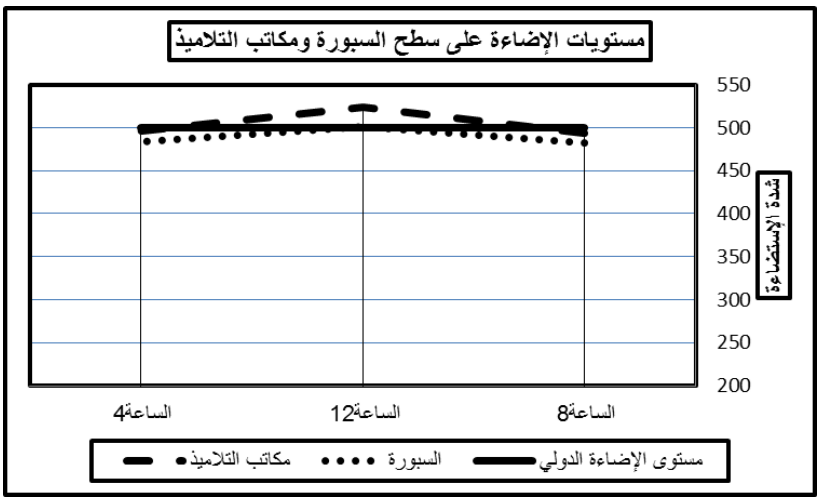

شكل (٣١): مدرسة الخلود قطاع رأسي بالفصل الدراسي باتجاه السبورة يوضح لمبات الفلورسنت المعلقة بالسقف ولمبة فوق السبورة ونوافذ الفصل وكاسرات الشمس



شكل (٣٢): مدرسة الخلود منظور داخلي للفصل

## محاكاة الحلول:

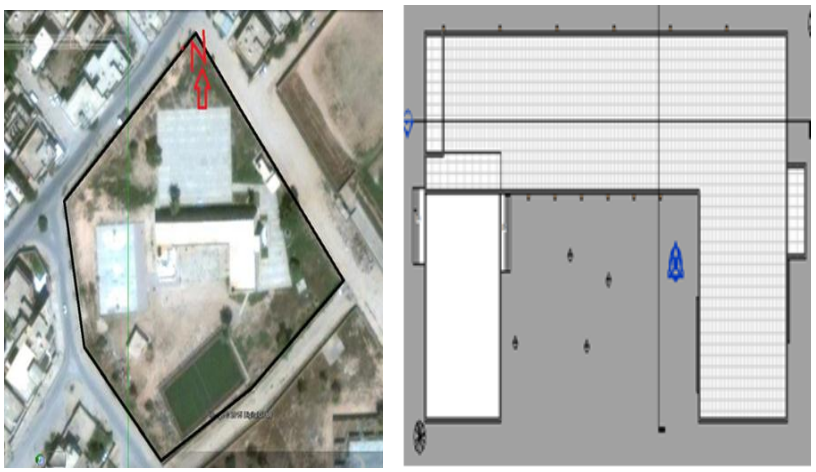
في الشكل رقم (٣٣) نتائج محاكاة الحل المقترح لتحسين مستويات الإضاءة على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل الدراسي .



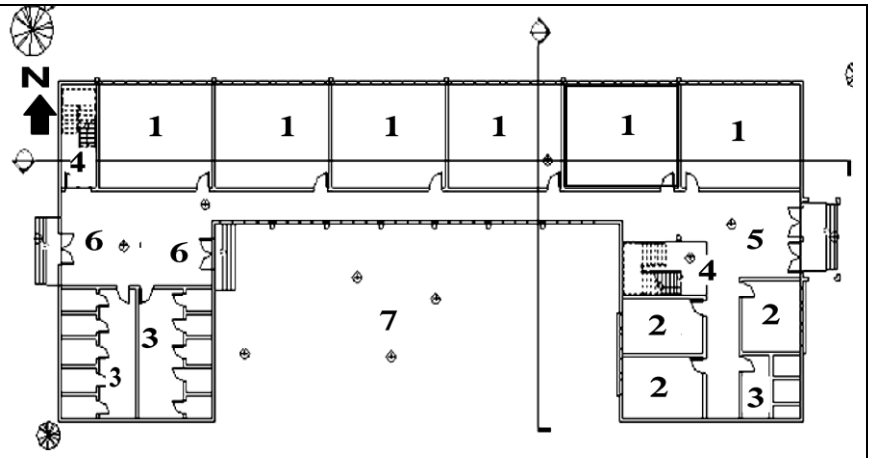

شكل (٣٣): معدلات الإضاءة الطبيعية والصناعية خلال الفترة من ٨ صباحاً – ٤ مساءاً في ٢١ ديسمبر شتاءاً مع التوجيه جنوب غرب على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل الدراسي

### ٦-٢-٣- مدرسة فاطمة الزهراء:

تقع المدرسة في الشمالي الغربي من المدينة، أنشأت في سبعينات القرن العشرين، مسقط المدرسة على شكل حرف L مكونة من طابقين كما في شكل رقم (٣٤)، تحتوي على ١٢ فصل دراسي مقسمة على دورين شكل رقم (٣٥)، توجيه الفصول الدراسية ناحية الشمال كما بالشكل رقم (٣٤) ويوضح الشكل رقم (٣٦) واجهة مبنى المدرسة (الفصول الدراسية) بينما الشكل رقم (٣٧) يوضح قطاع رأسي بالمبنى والفصول الدراسية ويوضح الشكل رقم (٣٨) مناظير خارجية لكتلة مبنى المدرسة.



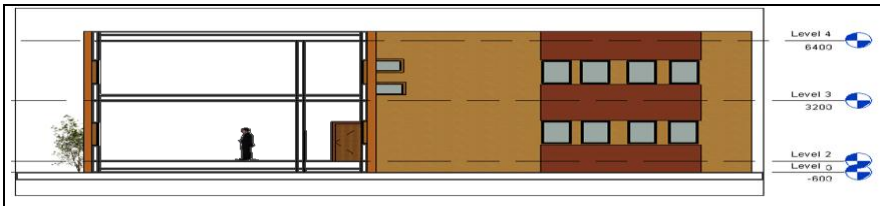
شكل (٣٤): مدرسة فاطمة الزهراء الموقع العام وكتلة المبنى والتوجيه الشمالي للكتلة [١٩]




١- فصل دراسي ٣- مرافق ٥- مدخل رئيسي ٧- ساحة المدرسة
٢- مكاتب إدارية ٤-سلالم ٦- مدخل جانبي

شكل (٣٥): مدرسة فاطمة الزهراء مسقط الدور الأرضي يوضح فراغات المبنى وتوجيه الفصول الدراسية

شكل (٣٦): مدرسة فاطمة الزهراء واجهة شمالية (الفصول)

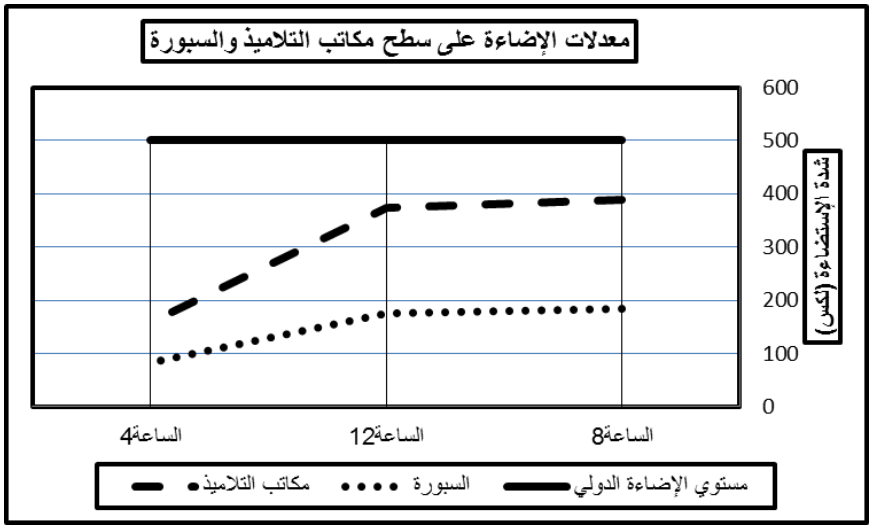



شكل (٣٧): مدرسة فاطمة الزهراء قطاع رأسي بمبنى المدرسة يوضح ارتفاع الأدوار

شكل (٣٨): مدرسة فاطمة الزهراء مناظير خارجية للمبنى توضح كتل المبنى

من خلال عملية المحاكاة لعينة الفصل الدراسي سجلت مستويات الإضاءة على سطح مكاتب التلاميذ أعلى مستوى لها عند الساعة الثامنة صباحاً، بقيمة ٣٨٩ لكس وانخفضت قليلاً عند الساعة الثانية عشر ظهراً فكانت ٣٧٣ لكس، محققة تبايناً جيداً خلال الفترة من ٨–١٢ ، بينما انخفضت بشكل كبير عند الساعة الرابعة مساءاً، فكانت ١٥٩ لكس، وبنسبة تباين كبيرة خلال الفترة من ١٢–٤ بعد الظهر ويظهر الشكل رقم (٣٩) معدل هذه المستويات، ولم تصل مستويات الإضاءة إلى المستوى المطلوب وهو ٥٠٠ لكس. أما على سطح سبورة الفصل فجاءت مستويات الإضاءة متدنية جدا تحت ٢٠٠ لكس مسجلة ١٨٣ لكس عند الساعة الثامنة صباحًا في أعلي قيمة لها، وبقيمة ٨٣ لكس عند الساعة الرابعة مساءاً وكانت فترة التباين من الساعة الثامنة صباحًا حتى الثانية عشر ظهراً جيدة، بينما سجلت فترة تباين عالية من الساعة الثانية عشر ظهراً حتى الرابعة مساءاً، وفي جميع

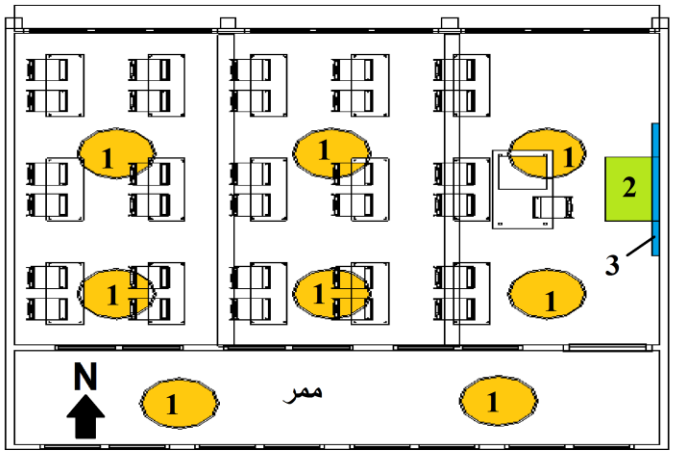
فترة المحاكاة لم تصل مستويات الإضاءة إلى المستوى الدولي المطلوب كما في شكل رقم (٣٩).




شكل (٣٩): معدلات الإضاءة الطبيعية والصناعية خلال الفترة من ٨ صباحا – ٤ مساءا في ٢١ ديسمبر – شتاءا مع التوجيه الشمالي على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل الدراسي

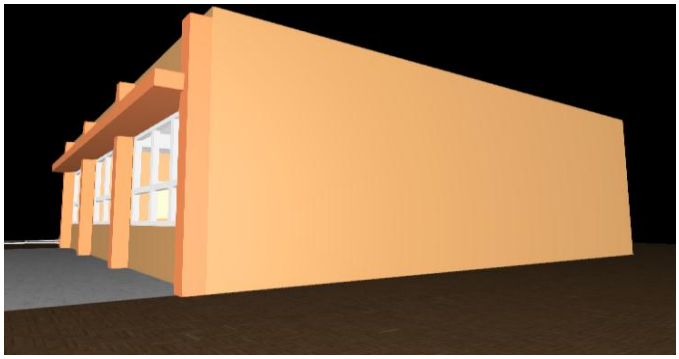
## الحلول المقترحة :

* استبدال لمبات الفصل بلمبات ليد دائرية (٩٨*٩٨*١٤) سم بعدد ٦ لمبات قوة ٧٢ وات و ٥٠٠٠ ليومن كما بالشكل رقم (٤٠).
* إضافة لمبة علي السبورة (٦٣*٦٣*١٤) سم بقوة ٣٦ وات و ٤٠٠٠ ليومن.




شكل (٤٠): مدرسة فاطمة الزهراء مسقط أفقي للفصل مدرسة الخلود المسقط الأفقي للفصل ويوضح الحلول المقترحة باستخدام عدد ٦ لمبات فلورسنت معلقة (٩٨*٩٨*١٤)) ولمبة معلقة فوق السبورة (٦٣*٦٣*١٤) سم

*** إستحداث كاسرة طولية فوق الشبابيك ببروز ٥٠ سم كما بالشكل رقم (٤١).**



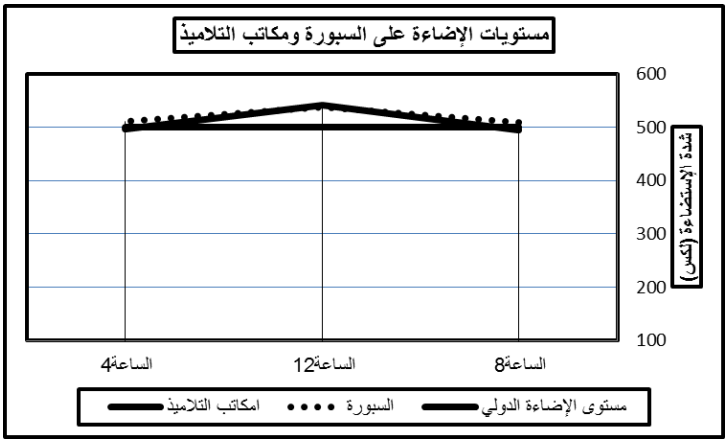
شكل (٤١): مدرسة فاطمة الزهراء منظور خارجي للفصل الدراسي

*** دهان الفصل باللون الأصفر بنسبة انعكاس ٧٠%، وأرضية بيضاء ٧٠%، والسقف أبيض بنسبة إنعكاس ٦٠% كما بالشكل رقم (٤٢).**

شكل (٤٢): مدرسة فاطمة الزهراء منظور داخلي للفصل

## محاكاة الحلول:

يوضح الشكل رقم (٤٣) نتيجة محاكاة مستويات إضاءة سطح مكاتب التلاميذ وكذلك مستويات إضاءة سبورة الفصل بعد الحلول المقترحة.

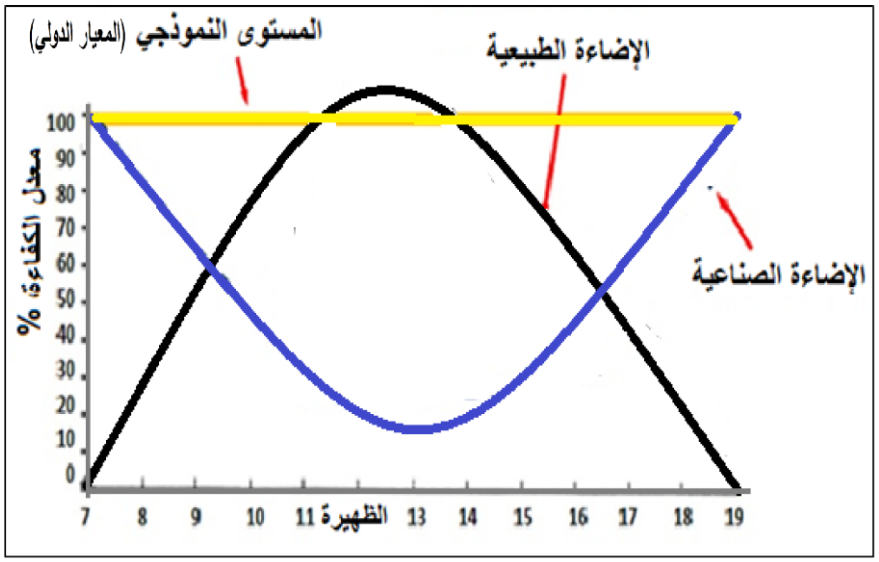



شكل (٤٣): معدلات الإضاءة الطبيعية والصناعية خلال الفترة من ٨ صباحا – ٤ مساءا في ٢١ ديسمبر– شتاءا مع التوجيه الشمالي على سطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل الدراسي

## ٧- إستراتيجيات تحسين الأداء البصري داخل الفصل الدراسي :

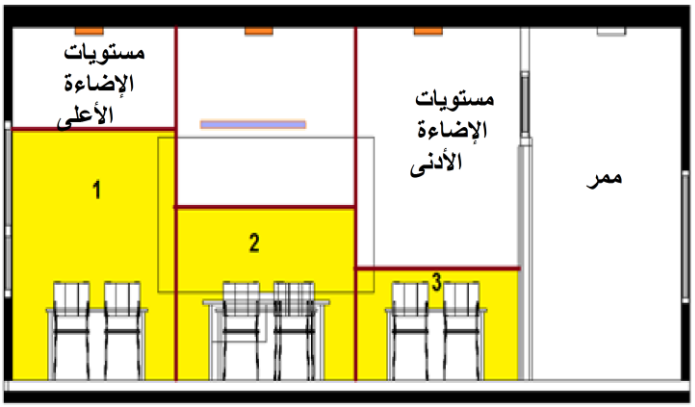
يبين الشكل رقم (٤٤) سلوك الإضاءة الطبيعية والصناعية داخل الفصل الدراسي ومستوى الإضاءة الأمثل لكامل الإضاءة حيث تزداد مستويات الإضاءة الطبيعية في فترة

الظهيرة عنها في الصباح والمساء وبالتالي فان تقليل مستويات الإضاءة الصناعية في فترة الظهيرة وزيادة مستويات الإضاءة الصناعية في فترة الصباح والمساء سيحقق توازن في مستويات الإضاءة بالفصل الدراسي ويعطي تكاملا بين مصدري الإضاءة.




شكل (٤٤): إستراتيجية الإضاءة مجتمعة ويوضح الأوقات التي تزداد فيها مستويات الإضاءة النهارية (عند الظهيرة) والأوقات التي تقل فيها الإضاءة النهارية (الصباح والمساء) وأيضاً كيفية استخدام الإضاءة الصناعية في أوقات المستويات المتدنية للإضاءة بالفراغ والمستويات العالية لتحقيق تكامل يصل بالمستويات للحدود الدولية

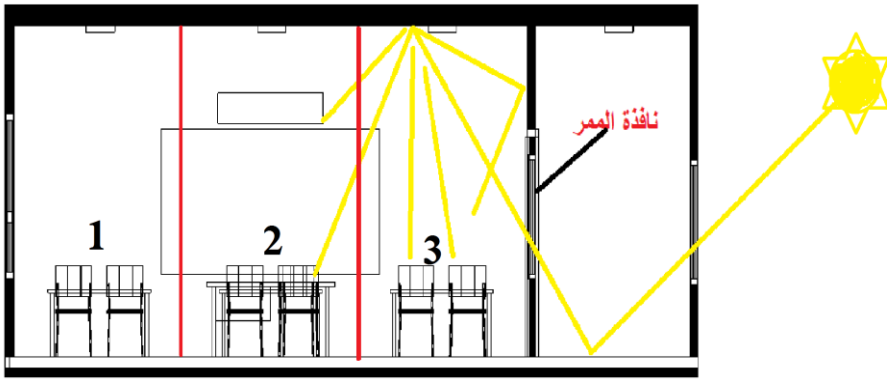
والشكل رقم (٤٥) يوضح الإضاءة السائدة داخل فراغ الفصل الدراسي، حيث المستويات العالية بجوار نوافذ الفصل الرئيسية منطقة رقم (١)، والمنطقة (٢) تمثل المستويات المتوسطة من حيث كميات الإضاءة بالفصل، بينما المنطقة (٣) هي مستويات الإضاءة الأدنى في الفصل حيث هي المنطقة ذات القصور الأكبر.




شكل (٤٥): الإضاءة السائدة بالفصل الدراسي (الشكل العام) حيث ثبات الإضاءة الصناعية وعدم تباث الإضاءة الطبيعية المنتشرة بالفصل حيث الصف (١) بأعلى مستويات إضاءة لقربه من النافذة والصف (٢) بأقل مستويات لبعده عن النافذة الرئيسية

### ٧-١- نافذة الممر:

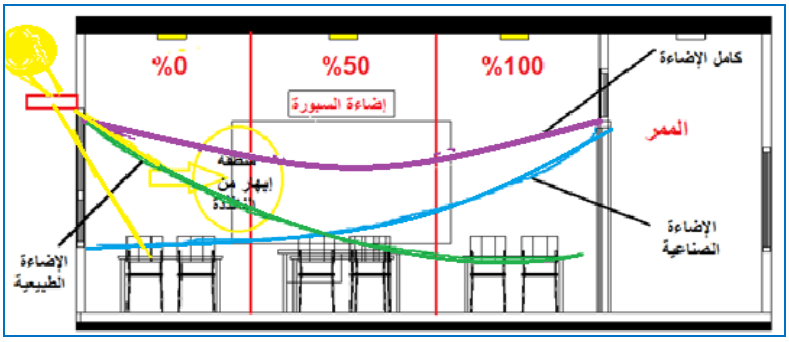
يمكن رفع مستويات الإضاءة الطبيعية في المنطقة ذات مستويات الإضاءة الأدنى بالفصل من خلال جعل شبابيك الفصل المطلة على الممر بحجم أكبر وجلسة شباك أقل بحيث يتم إدخال ضوء النهار إلى الفصل من خلالها بشكل أكبر، كما هو موضح بالشكل رقم (٤٦).




شكل (٤٦): إستراتيجية معالجة الإضاءة بالمنطقة الحرجة (٣) بالفصل الدراسي

### ٧-٢- موازنة معدلات الإضاءة الصناعية:

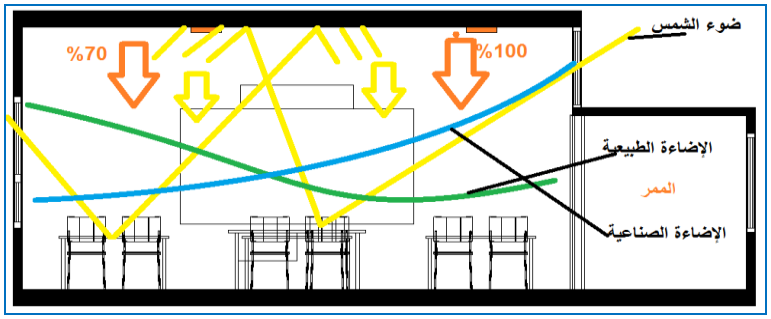
يتم من خلال هذه الإستراتيجية تقليل مستويات الإضاءة الصناعية بنسب متفاوتة في المناطق الثلاث بالفصل الدراسي حيث الكمية الأقل في منطقة المستويات الأعلى عند الشبابيك والأعلى عند منطقة جانب الممر والمتوسطة في وسط الفصل كما يوضح الشكل رقم (٤٧).




شكل (٤٧): موازنة مستويات الإضاءة بالفصل الدراسي عن طريق التحكم في كمية الإضاءة الصناعية على صفوف التلاميذ والحد من الإبهار على السبورة والصف القريب للنوافذ باستخدام الكاسرة الأفقية

### ٧-٣- معالجة قصور ضوء النهار باستخدام نافذة فوق الممر تطل على الخارج مباشرة:

من خلال مستوى أقل لسقف الممر وجعل نافذة رئيسية تطل على الخارج بدل الممر ليكون للفصل الدراسي جانبين من النوافذ مما يحسن مستويات الإضاءة والأداء البصري بالفراغ كما بالشكل رقم (٤٨).

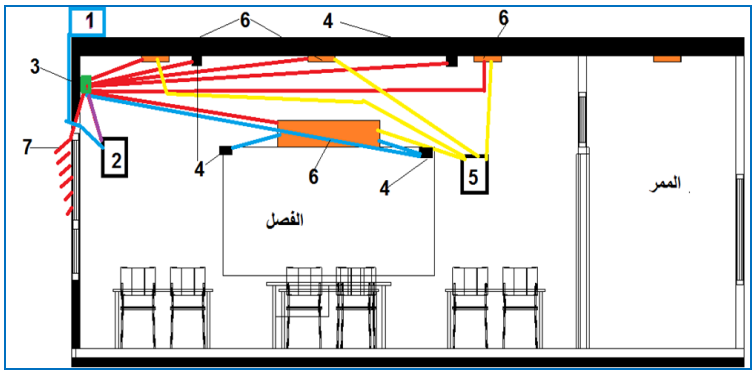



شكل (٤٨): المعالجة باستخدام نافذة فوق الممر تطل على الخارج لزيادة كمية الإضاءة الطبيعية وجعل الإضاءة الصناعية على جانبي الفصل بنسبة ٧٠%،١٠٠%

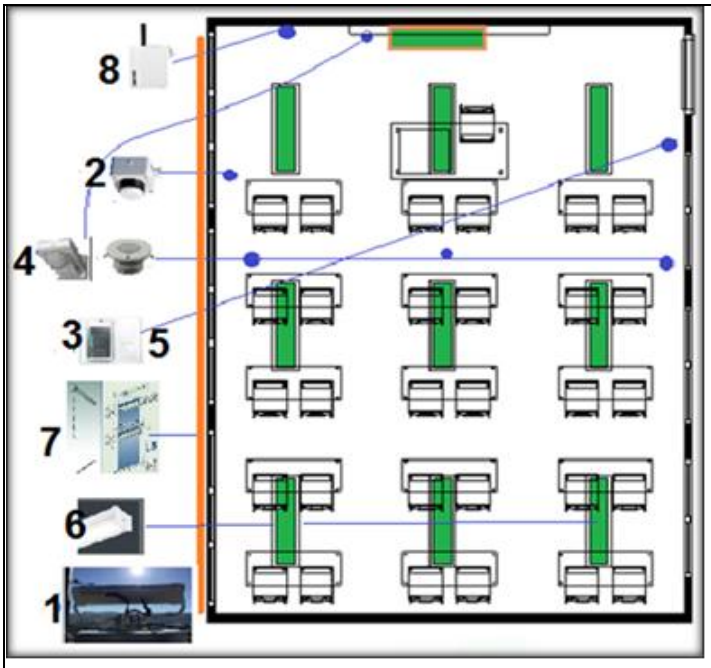
## ٧-٤- منظومة التحكم في الإضاءة:

عمل منظومة للتحكم في مستويات الإضاءة داخل الفصل الدراسي بواسطة أجهزة الاستشعار الحساسة التي تقرأ مستوى الإضاءة على مستويات السبورة ومكاتب التلاميذ ويتم التحكم عن طريق قراءة حالة الإضاءة الداخلية ومعالجتها من خلال رفع أو خفض هذه المستويات من خلال وحدات التحكم التي تعطي الأوامر بزيادة أو خفض الإضاءة الطبيعية أو الصناعية بواسطة وحدات الإضاءة الليد أو الستائر الإلكترونية على الشبابيك وتعمل المنظومة الداخلية إلكترونياً أو يدوياً وبواسطة معلومات تتلاقاها من منظومة خارجية تقرأ حالة المناخ والإضاءة الخارجية ويوضح الشكل رقم (٤٩) والشكل رقم (٥٠) مكونات هذه المنظومة وهى:

١- جهاز التحكم وقراءة المناخ البيئي الخارجي .
٢- منظومة البيانات لنظام الإضاءة الداخلي والخارجي .
٣- نظام التحكم الإلكتروني بمنظومة الإضاءة الداخلية .
٤- أجهزة استشعار الإضاءة لسطح مكاتب التلاميذ وسبورة الفصل .
٥- نظام التحكم اليدوي بالإضاءة الداخلية .
٦- وحدات الإضاءة .
٧- ستائر إلكترونية .
٨- جهاز الإرسال .




شكل (٤٩): منظومة التحكم في إضاءة الفصل الدراسي حيث يتم التحكم في زيادة وتقليل مستويات الإضاءة الطبيعية بواسطة التحكم في كاسرات وستائر النوافذ والتحكم في الإضاءة الصناعية بمنظومة إلكترونية




شكل (٥٠): مكونات منظومة التحكم بالإضاءة للفصل الدراسي المكونة من:

١- جهاز يقرأ حالة المناخ الخارجي والخارج
٢- منظومة بيانات الإضاءة بالداخل
٣- نظام التحكم بمنظومة الإضاءة الداخلية
٤- أجهزة الاستشعار للإضاءة
٥- نظام التحكم اليدوي بالإضاءة الداخلية
٦- وحدات الإضاءة
٧- ستائر إلكترونية
٨- جهاز الإرسال

## ٨- الخلاصة والتوصيات :

### أولاً: الحالات الدراسية :

في هذه الدراسة تم وضح الحلول للعينات التي تم دراستها في الحالات الدراسية التطبيقية لكافة أنواع المدارس بمنطقة الدراسة ومحاكاة هذه الحلول ببرنامج DAILUX للتحقق من صحتها وتحقيقها لمستويات الإضاءة المطلوبة والتي نصت عليها منظمات الإضاءة الدولية في الفصول الدراسية، وقد تضمنت عينة الدراسة المدارس التالية : مدرسة الخلود، ومدرسة فاطمة الزهراء، ومدرسة التحرير، وقد تضمنت الحلول الدهانات بالألوان

الفاتحة (الأبيض والأصفر) للحوائط والأسقف واستخدام النوافذ الإضافية وكذلك استخدام أرضيات ذات مستويات انعكاس عالية، وكذلك استخدام لمبات الليد على مسافات تصميمية محددة ، بالإضافة إلى مراعاة الألوان المختلفة للأثاث للوصول إلى الراحة البصرية وأفضل مستويات إضاءة . ثم تم مراعاة مستويات إضاءة سبورة الفصل بعد الحلول المقترحة.

## ثانياً: معالجة أوجه القصور في الإضاءة بشكل عام:

أوضحت الدراسة العديد من النتائج العامة المتعلقة بمعالجة أوجه القصور في الإضاءة داخل الفصل الدراسي وكان من أهم هذه النتائج الأتي :

* من أجل معالجة مشكلة مستويات الإضاءة هناك أكثر من إستراتيجية يمكن إتباعها لحل هذه المعضلة.

* إستراتيجية تعتمد على نافذة الممر: حيث يمكن رفع مستويات الإضاءة الطبيعية في المنطقة ذات مستويات الإضاءة الأدنى بالفصل من خلال جعل شبابيك الفصل المطلة على الممر بحجم أكبر وجلسة شباك أقل بجيت يتم إدخال ضوء النهار إلى الفصل من خلالها بشكل أكبر.

* إستراتيجية موازنة معدلات الإضاءة الصناعية : يتم من خلال هذه الإستراتيجية تقليل مستويات الإضاءة الصناعية بنسب متفاوتة في المناطق الثلاث بالفصل الدراسي حيث الكمية الأقل في منطقة المستويات الأعلى عند الشبابيك والأعلى عند منطقة جانب الممر والمتوسطة في وسط الفصل.

* إستراتيجية معالجة قصور ضوء النهار تعتمد على استخدام نافذة فوق الممر تطل على الخارج مباشرة من خلال مستوى أقل لسقف الممر وجعل نافذة رئيسية تطل على الخارج بدل الممر ليكون للفصل الدراسي جانبين من النوافذ مما يحسن مستويات الإضاءة والأداء البصري بالفراغ.

* وكذلك خلصت الدراسة إلى إمكانية عمل منظومة للتحكم في مستويات الإضاءة داخل الفصل الدراسي بواسطة أجهزة الاستشعار الحساسة التي تقرأ مستوى الإضاءة على مستويات السبورة ومكاتب التلاميذ ويتم التحكم عن طريق قراءة حالة الإضاءة الداخلية ومعالجتها من خلال رفع أو خفض هذه المستويات من خلال وحدات التحكم التي تعطي الأوامر بزيادة أو خفض

الإضاءة الطبيعية أو الصناعية بواسطة وحدات الإضاءة الليد أو الستائر الإلكترونية على الشبابيك وتعمل المنظومة الداخلية إلكترونياً أو يدوياً وبواسطة معلومات تتلاقاها من منظومة خارجية تقرأ حالة المناخ والإضاءة الخارجية.

## التوصيات:

١- ضرورة الاهتمام بالراحة البصرية للطلاب في مختلف مراحل التعليم.
٢- ضرورة الاهتمام باستخدام لمبات الليد لما لهذا النوع من اللمبات من مميزات اقتصادية وبيئية.
٣- ضرورة العمل على الاستفادة من الدراسة الحالية في معالجة القصور في مستويات الإضاءة بالمدارس داخل نطاق منطقة الدراسة وعند تصميم الفصول الدراسية بالمدارس الجديدة.
٤- يجب التوسع في هذه الدراسة لدراسة حالات قاعات المحاضرات في الجامعات ومراكز التدريب، والاستفادة بما توصلت إليه هذه الدراسة.
٥- تطبيق هذه الدراسة على باقي المدارس في منطقة الدراسة ، وذلك للوصول إلى أفضل النتائج من ناحية الإضاءة والراحة .
٦- مراعاة المعايير التصميمية الخاصة بالإضاءة والمتمثلة في تحقيق المستويات التي نصت عليها المنظمات الدولية عند القيام بتصميم الفصول الدراسية.

## المراجع:

١- وائل رأفت هلال، التصميم الداخلي والخارجي للمسارات التجارية السياحية وعلاقتها بالبيئة في جنوب الوادي، رسالة ماجستير، جامعة حلوان، كلية الفنون الجميلة، قسم التصميم الداخلي والأثاث،(١٩٩٩) .

2- Belal Abdelatia,: Daylighting Strategy for Sustainable Schools Higher National School of Architecture and Landscape Architecture of Bordeaux, France, 2009.

٣- محمد، حنان صبحي، "إعادة تشكيل العمارة الداخلية للمباني القديمة باستخدام التقنية العالية"، ماجستير، كلية الفنون الجميلة، جامعة حلوان، ٢٠٠٤.

4- Jim Brodrick ,SSL positing, U.S. Department of Energy ( June 2016).

٥- البـاز، منيـر عبـد القـادر، الفـراغ الـداخلي للمبـاني ذات القيمـة فـي إطـار علميـة إعادة التوظيف، الجامعة الإسلامية، غزة، ٢٠٠٤.

6- Accounting for the Uncertainty Related to Building Occupants with Regards to Visual Comfort: A Literature Survey on Drivers and Models, Rune Korsholm Andersen , and Stefano Corgnati , Department of Energy, Polytechnic of Turin, Torino, Italyit, (6 February 2016).

7- Solid-State Lighting, R&D Plan, Prepared for: Solid-State Lighting Program ,Building Technologies Office, Office of Energy ,Efficiency and, U.S. Department of Energy ( June 2016).p15,35.

8- Apiparn Borisutt,: The Impact of Light Including Non-Image Forming Effects on Visual Comfort" Doctoral Programe in environment, federal polytechnic of Lausanne, The faculty of natural environment, agricultural and Built, 2013.

9- https://in.pinterest.com/ (May 2016).

10- Apiparn Borisutt, The Impact of Light Including Non-Image Forming Effects on Visual Comfort" Doctoral Programe in environment, federal polytechnic of Lausanne, The faculty of natural environment, agricultural and Built. 2013.

١١- اللجنة الدائمة لإعداد الكودة العربية الموحدة، الكودة العربية الموحدة لتصميم وتنفيذ المباني، كودة أعمال الإنارة،المركز القومي لبحوث وإسكان البناء،جمهورية مصر العربية،٢٠٠٩ .

١٢- مجلة الموسوعة العربية، الإضاءة، المجلد الثاني، ٢٠١٢.

13- Michael Wigginton and Jude Harris. Intelligent Skins. Burlington: Architectural Press, Elsevier,٢٠٠٢.

14-https://www.dial.de /(Jun 2013).

١٥- بولسيرفيس- إستشارات هندسية مكتب المشاريع البلدية، إقليم طرابلس، الخمس المخطط الشامل، فاديكو وارسو، بولندا، ٢٠٠٠.

١٦- مكتب التعداد والإحصاء، الخمس، النشرة الدورية لمكتب التعداد والإحصاء، الخمس، ليبيا، ٢٠١٠.

١٧- مكتب التربية والتعليم، قسم التعليم الأساسي، منشورات وزارة التربية والتعليم، الخمس، ليبيا،٢٠١٣.

18- https://www.meteoblue.com/ar/weather/fprecast/modelclimate (may 2016) ٦

19- google earth .