بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

الدفعة الخامسة عشر

بحث بعنوان:

تطبيق الاستدامة في التصميم المعماري لمدارس الأساس

(دراسة حالة لبعض مدارس ولاية الخرطوم).

Applying sustainability in architectural design of Basic schools.

(A case study of some schools in Khartoum State).

بحث تكميلي لنيل درجة ماجستير العلوم في العمارة

(تخصص تصميم معماري).

إعداد الباحث:

محمد محي الدين محمد منصور.

إشراف:

د/ منى مصطفى الطاهر.

ديسمبر 2021.

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى:

(قَالُواْ سُبْحَانَكَ لاَ عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ) .

صدق الله العظيم.

سورة البقرة، الآية (32) .

الإهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى أمي التي زودتني بالحنان والمحبة وعلمتني كيف أغدو في الحياة،

وإلى أبي الذي علمني كل المعاني الإنسانية السامية، ولم يبخل علي يوماً بشيء، أقول لهم:

أنتم وهبتموني الأمل والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة.

وإلى إخوتي وأسرتي جميعاً، إلى أهلي وعشيرتي، إلى أساتذتي، إلى زملائي،

ثم إلى كل من علمني حرفاً أصبح سنا برقه يضيء الطريق أمامي.

أهدي هذا البحث المتواضع راجياً من المولى عز وجل أن يجد القبول والنجاح .

الشكر و التقدير

أقل معروف للجزاء الشكر...

فبعد شـكر المـولى عز وجل المتفضل بجليل النعم وعظيم الجزاء، يجدر بي أن أتقدم ببالغ الامتنان وجزيـل العرفان إلى كل من وجهني وعلمني وأخذ بيدي في سبيل إنجاز هذا البحث، وأخص بذلك مشرفتي الدكتورة: منى مصطفى الطاهر.

كما أحمل الشكر والعرفان إلى كل من أمدني بالعلم، والمعرفة، وأسدى ليَّ النصح، والتوجيه وإلى ذلك الصرح العلمي الشامخ متمثلاً في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، وأخص بالذكر كليتي الدراسات العليا و العمارة.

كما أتوجه بالشكر إلى كل من ساندني بدعواته الصادقة أو تمنياته المخلصة...

أشكرهم جميعاً وأتمنى من الله عز وجل أن يجعل ذلك في موازين حسناتهم.

المستخلص

يواجه السودان العديد من التحديات لتحقيق التنمية المستدامة، ومن أبرز هذه التحديات هي مشكلة الطاقة وكفاءة استهلاكها واستغلالها كمورد داعم للتنمية والاقتصاد، وتحدي اعمار البيئة دون التغول والمساس بالانسجام الكوني لخلق الله. وحتى يتحقق ذلك لابد أن يكون المعماري مفكرا، مبدعا ومبتكرا فيصمم لمصلحة الأرض والإنسان. ولأن المدارس معقل النشء، كان لابد من التركيز على تحقيق الاستدامة بالتصميم المعماري لها، وجعل الاستدامة ثقافة سائدة بالمدارس والمناهج التي ستدرس؛ حتى يتشبع التلاميذ بمبدأ الحفاظ على البيئة منذ الصغر، وتطبيق أبعادها عند الكبر، مع استصحاب تلك المفاهيم وجعلها أسلوب حياة لهم، خاصة المفاهيم التي تتعلق بمجالات المياه والطاقة والنفايات.

تتمثل مشكلة البحث في عدم مراعاة المدارس في الخرطوم لمعايير التنمية المستدامة، والإهدار والاستغلال السيئ للطاقة والمياه بواسطة التلاميذ. أما أهداف البحث فتتمثل في محاولة رصد الواقع المعاش للمعالجات البيئية للمدارس بمدينة الخرطوم، مع تحديد المشاكل والعوائق التي تقف أمام تطبيق مبدأ الاستدامة بها، ومن الأهداف المهمة للبحث أيضا فهم التصميم المعماري المستدام للمدارس، والتعرف على تصاميم البلدان التي تبنت نهج الاستدامة في المدارس، والاستفادة من الحلول التي قدمت، مع تقويم المشاكل التي ظهرت. لذا يتبع البحث النهج الوصفي في الجزء النظري منه، والنهج التحليلي في جانب دراسة الحالة للمدارس المستدامة، والذي يتمثل في الملاحظة، المقابلة، الزيارات الميدانية...

يتناول البحث التعرف على واقع المدارس بمدينة الخرطوم، حيث قام الباحث بأخذ عينات مختلفة المناطق والإمكانيات المالية، لتحليلها يدويا مستعينا بقواعد الإحصاء، وتم تقييم مدى تطبيق معايير الاستدامة بها، والتي قام بوضعها الباحث كنتاج لدراسته وتحليله للاستدامة. توصل الباحث في نهاية الدراسة لنتائج عامة، وتوصيات خاصة آملا أن تؤخذ في الاعتبار والتطبيق العملي لها. ختاما قام الباحث بتقديم نموذج مستدام للمدرسة التي تحصلت على أقل نسبة لتحقيق معايير الاستدامة مطبقا فيه المعايير التي وضعها وتقديمه كمقترح يعزز فهم معايير الاستدامة بالدراسة.

Abstract

Sudan faces many challenges to achieve sustainable development, the most prominent of these challenges is the problem of energy and its efficiency and its exploitation as a supporting resource for development and economy, and the challenge of environmental reconstruction without compromise and prejudice to the universal harmony of God's creation. In order to achieve this, the architect must be a thinker, creative and innovative, design for the benefit of the earth and human. Because schools are the stronghold of young people, it was necessary to focus on achieving sustainability with their building architectural design, and making sustainability a dominant culture in the schools and curricula that will be studied, so that applying its dimensions when they grow up, while adopting those concepts and making them a way of life for them, especially those relating to the field of water, energy and waste.

The research problem is that schools do not observe sustainable development standards, and waste of energy and water by pupils. The objectives of the research, are to try monitor the living reality of the environmental treatments of schools in Khartoum, while identifying the problems and obstacles to the application of the principle of sustainability. One of the important objectives of the research is also understand the sustainable architectural design of schools, and to identify the designs of countries that have adopted the approach of sustainability in schools, and to take advantage of the solutions that have been provided, while also assessing the problems that emerged. The research follows the descriptive approach in the theoretical part, and the analytical approach in the applications and case studies of sustainable schools, which represent in observation, interview…

The research was dealt with identify current situation of schools in Khartoum, where the researcher took samples of different areas and financial capabilities, to analyze them manually using the rules of statics, and assessed the extent to which the sustainability standards were achieved. At the end of the study, the researcher reached general results and special recommendation , hoping that they will be taken into account and practical. Finally, the researcher presented a sustainable model for the school that get the lowest rate of achieve sustainability standards, developed and applying the standards, and presenting it as a proposal that enhances application of sustainability standards in the study.

فهرس المواضيع:

العنوان	رقم الصفحة
الآية	أ
الإهداء	ب
الشكر والتقدير	ج
المستخلص (عربي)	د
المستخلص (انجليزي)	هـ
فهرس المواضيع	و
فهرس الصور	ي
فهرس الجداول	م
فهرس المخططات	م
الفصل الأول: مدخل الدراسة	
1-1 مقدمة البحث	1
1-2 مشكلة البحث	2
1-3 فرضية البحث	2
1-4 أهمية البحث	2
1-5 أهداف البحث	3
1-6 منهجية البحث	3
1-7 حدود البحث	3
1-8 الصعوبات التي تواجه البحث	3
الفصل الثاني: الإطار النظري	
2-1 مقدمة	4
2-2 التصميم المعماري	5
2-2-1 أهداف العمارة والتصميم	5
2-2-2 خطوات التصميم المعماري	6
2-3 التصميم المعماري للمدارس	6
2-3-1 واقع التعليم والمدارس في السودان	7
2-3-2 أنواع المدارس في السودان	8

2-3-3 المعايير التخطيطية والتصميمية للمدارس	8
2-3-3-1 المعايير التخطيطية للمدارس	8
2-3-3-2 المعايير التصميمية للمدارس	11
2-4 الاستدامة	19
2-4-1 البعد اللغوي لمفهوم الاستدامة	19
2-4-2 مفهوم الاستدامة عند بعض المعماريين	20
2-4-3 العمارة والبيئة	21
2-4-4 تطور مفهوم الاستدامة والبيئة في العمارة	21
2-4-5 مبادئ التصميم المستدام	22
2-4-6 الأبعاد المحورية للاستدامة	22
2-4-7 أهم التحديات التي يواجهها العالم اليوم	24
2-4-8 مواد البناء المستدامة الصديقة للبيئة	24
2-4-8-1 مميزات استخدام مواد البناء المستدامة	24
2-4-8-2 معايير اختيار مواد البناء المستدامة	25
2-4-8-3 أمثلة لمواد بناء مستدامة	25
2-4-9 بعض المعالجات المعمارية المستخدمة في التصميم المستدام	29
2-5 الخلاصة	39
الفصل الثالث: التصميم المعماري المستدام للمدارس	
3- 1 مقدمة	40
3- 2 مفهوم المدارس المستدامة	40
3- 3 الاستدامة من المنظور التعليمي	40
3- 4 مبادئ المدرسة المستدامة	42
3- 5 مداخل الاستدامة في المدارس	43
3- 6 الأنشطة الطلابية الخضراء	44
3- 7 معايير ريادة الطاقة والتصميم (LEED)	45
3-8 تجارب عالمية وعربية لتحقيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس	46
3- 9 أهداف التنمية المستدامة	57
3- 10 معايير تطبيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس	59
3-11 نموذج لمواصفات تخطيط وتصميم معماري يجعل من المبنى المدرسي مستدام	61

3-12 الخلاصة	62
الفصل الرابع: دراسة تحليلية للتصميم المعماري للمدارس بمدينة الخرطوم	
4-1 مقدمة	63
4-2 حدود منطقة الدراسة	63
4-3 المنهجية المتبعة للتحليل والتقييم	63
4-4 أسباب اختيار مدينة الخرطوم (منطقة الدراسة)	64
4-5 أسس اختيار تلك النماذج	64
4-6 عينة الدراسة	65
4-6-1 المدارس المختارة للدراسة والتحليل	65
4-7 محاور تحليل التصميم المعماري للنماذج المختارة للمدارس بمدينة الخرطوم	65
4-8 تحليل النماذج المختارة	66
4-8-1 تحليل عينات مستوى المدارس ذات النهج والتصميم الأجنبي	66
4-8-2 تحليل عينات مستوى المدارس ذات النهج والتصميم السوداني	88
4-9 موجهات تم التوصل إليها من خلال دراسة الحالة	113
4-10 الخلاصة	114
الفصل الخامس: النتائج والتوصيات	
5-1 مقدمة	115
5-2 النتائج	115
5-3 التوصيات	118
5-3-1 توصيات خاصة بالدولة	118
5-3-2 توصيات خاصة بشأن بالموقع والساحات الداخلية	118
5-3-3 توصيات خاصة بشأن كفاءة الطاقة والمياه	119
5-3-4 توصيات بشأن نموذج دراسة الحالة الذي تحصل على أقل نسبة لمعايير تحقيق الاستدامة	119
قائمة المراجع	127
الملاحق	133

فهرس الصور:

رقم الصورة	العنوان	رقم الصفحة
2- 1	طريقة معالجة موقع المدرسة في حالة وجود طريق سريع	10
2- 2	مدخل مدرسة (st. Edward High School)	11
2- 3	مدخل مدرسة (The Arena School)	11
2- 4	مدخل مدرسة (Spring Ford Area Senior High School)	12
2- 5	التوزيع المتقابل للفتحات الذي يؤمن إضاءة متجانسة	14
2- 6	الأسقف المائلة عملية أكثر للإضاءة	14
2- 7	الاعتبارات الخاصة بالراحة الحرارية	15
2- 8	تنظيم المقاعد والأدراج بالفصل وأبعاد المقاعد والأدراج	16
2- 9	الخرسانة الخشبية	26
2- 10	الحوائط سابقة الصب	27
2- 11	استخدام سقف على طبقتين بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا	30
2-12	السقف من الخارج	30
2- 13	السقف من الداخل	30
2- 14	تشجير فناء بين كتلتين في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا	31
2- 15	زراعة الأسقف في مدينة تشنغدو الصينية	33
2- 16	تفاصيل تركيب الزجاج المزدوج	33
2- 17	نموذج للعزل الحراري للجدران الخارجية بنظام الحوائط المزدوجة	34
2- 18	الطوب المثقوب وطريقة العزل داخل الثقوب	35
2- 19	استخدام كاسرات الشمس الراسية في الواجهة الغربية	36
2- 20	مثال أخر لاستخدام كاسرات الشمس الراسية في الواجهة الغربية	36
2- 21	استخدام كاسرات الشمس الأفقية الثابتة لمعالجة الواجهة الجنوبية	37
2- 22	استخدام البلكونات الأفقية لمعالجة الواجهة الجنوبية	37
2- 23	استخدام المشربية وتطويرها بتقنية حديثة في أبراج البحار بأبوظبي	38
2- 24	استخدام الفتحات بالسقف المستوحاة من المشربيات بمتحف اللوفر	39
3- 1	البيئة المدرسية للمدرسة الخضراء ببالي	47
3- 2	استخدام الطاقة الشمسية بالمدرسة	47

3 -3	استخدام الخيزران في أثاثات المكتبة	48
4 -3	صالة طعام التلاميذ	48
5 -3	الملعب الرياضي بالمدرسة	49
6 -3	ساحة النشاط بالمدرسة	49
7 -3	اهتمام الطلاب بجانب البيئة والزراعة	50
8 -3	بيئة المدرسة من الخارج	51
9 -3	أحواض زراعة التلاميذ بفناء المدرسة	52
10 -3	استخدام ألواح الطاقة الشمسية للحصول على الطاقة للمبنى	52
11 -3	منظور خارجي لمدرسة Aquila	55
12 -3	منظور للمدرسة من الناحية الخلفية	55
13 -3	الأشجار بمدخل المدرسة واستخدام المشربية بطريقة حديثة	56
14 -3	زراعة الأشجار واستخدام المشربيات بصالة القراءة من الداخل	56
1 -4	مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة KICS	66
2 -4	خارطة الطابق الأرضي لمرحلة الأساس بمدرسة (KICS)	67
3 -4	الفراغات الداخلية لمدرسة KICS	68
4 -4	تناغم المبنى مع البيئة الخضراء المحيطة له	68
5 -4	زراعة الأشجار في الفناء الداخلي للمبنى	69
6 -4	استخدام كاسرات الشمس الأفقية للحماية من أشعة الشمس	69
7 -4	استخدام السقف الخرساني وآخر من الحديد لتغطية وحدات التكييف	70
8 -4	الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة	71
9 -4	الحديقة العلمية الملحقة بالمدرسة	72
10 -4	استخدام المواد المحلية في المظلات الخارجية	72
11 -4	مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة KAS	78
12 -4	خارطة فصول القسم الابتدائي بمدرسة KAS	79
13 -4	مدرسة KAS من الداخل	79
14 -4	توضح زراعة الأشجار في الفناء الداخلي للمدرسة	80
15 -4	بروز السقف الجملوني	80
16 -4	الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة	81
17 -4	الحديقة العلمية الملحقة بالمدرسة	82

4- 18	المعالجات التي تم استخدامها في الفناء الخارجي	83
4- 19	مدخل ومسبح المدرسة	83
4- 20	مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة المجلس الأفريقي	89
4- 21	خارطة الطابق الأرضي بالمدرسة	90
4- 22	خارطة الطوابق المتكررة (الأول+ الثاني)	90
4- 23	مدرسة المجلس الأفريقي من الخارج	91
4- 24	مدرسة المجلس الأفريقي من الداخل	91
4- 25	تظليل ممرات الحركة أمام الفصول والمكاتب	92
4- 26	فراغات مدرسة المجلس الأفريقي	92
4- 27	الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة	93
4- 28	مشكلة تسريب مواسير الصرف الصحي بالواجهة الرئيسية	93
4- 29	مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة الجريف غرب (2) بنين	98
4- 30	خارطة الطابق الأرضي بمدرسة الجريف غرب (2) بنين	99
4- 31	مدرسة الجريف غرب (2) بنين من الخارج	99
4- 32	فراغات المدرسة من الداخل	100
4- 33	الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة	101
4- 34	مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة الجريف غرب (3) بنين	105
4-35	خارطة الطابق الأرضي بمدرسة الجريف غرب (3) بنين	106
4- 36	مدرسة الجريف غرب (3) بنين من الخارج	106
4- 37	فصول المدرسة من الداخل	107
4- 38	الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة	108
4- 39	المعالجات التي تم استخدامها في الفناء الخارجي	108
5- 1	مجمل المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها لتحقيق الاستدامة في الموقع	120
5- 2	معالجات خارطة الطابق الأرضي لمدرسة الجريف غرب (2) بنين	120
5- 3	المعالجات التي تم اعتمادها بسور المدرسة لتحقيق الاستدامة	121
5- 4	مناظير للمعالجات والمعايير التي تم اعتمادها لتحقيق الاستدامة	121
5- 5	المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها بالفصول لتحقيق الاستدامة	122
5- 6	المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها بالساحات لتحقيق الاستدامة	122
5- 7	إضافة حديقة علمية بالمدرسة	123

فهرس الجداول:

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
2-1	مدى قرب الموقع من الخدمات وبعده عن مصادر الضوضاء	10
2 -2	مساحة الطالب في الفصل باختلاف الدول	12
2- 3	المساحات الخارجية المطلوبة في المبنى المدرسي للطالب الواحد	19
3 -1	توزيع النقاط لتقييم المباني الخضراء	46
4-1	ثقل ووزن المعايير المستخدمة في تحليل عينة الدراسة	64
4- 2	مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ	73
4- 3	تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة (KICS)	74
4- 4	مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ	83
4- 5	تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة (KAS)	84
4- 6	ملخص تقييم نماذج حالات دراسة المدارس الأجنبية	87
4- 7	مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ	94
4- 8	تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة المجلس الأفريقي	94
4- 9	مساحة الفصل الدراسي وعدد المستخدمين	101
4- 10	تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب(2) بنين	102
4- 11	مساحة الفصل الدراسي وعدد المستخدمين	108
4- 12	تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب(3) بنين	109
4- 13	ملخص تقييم نماذج حالات الدراسة	112
5- 1	تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (2) بنين.	123

فهرس الأشكال:

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
2-1	الأبعاد المحورية للتنمية المستدامة	23
2- 2	تنطيق أماكن الفراغات والأنشطة التي تساهم في جعل المدرسة مستدامة	61
5- 1	نسب مدارس النهج الأجنبي بالسؤال الأول	116
5- 2	نسب مدارس النهج الأجنبي بالسؤال الثاني	116
5- 3	نسب مدارس النهج السوداني بالسؤال الأول	116
5- 4	نسب مدارس النهج السوداني بالسؤال الثاني	117

الفصل الأول: المقدمة:

1-1 مقدمة البحث:

الاستدامة تهتم بالتنمية والأعمار دون التغول على البيئة والانسجام الكوني لخلق الله. من الواجب علينا كمعماريين وضع الجانب البيئي ومبدأ المحافظة عليه من أهم أولويات التصميم المعماري للمشروع والذي سيكون واقع معاش مطبقا به النواحي التي تتناغم مع عمل المنظومة الكونية الربانية وعدم إلحاق الضرر بها.

العمارة المستدامة هي أحد الحلول الملائمة لحل أزمة الطاقة بالخرطوم،. ونجد أنه خلال السنوات الماضية اتجهت الحكومة إلى حث المجتمع إلى ترشيد استهلاك الكهرباء وعدم إهدارها واستغلالها استغلالا أمثل نسبة لما تعاني منه البلاد من شح في كمية الطاقة، ولتقليل الأثر السلبي الذي ينتج عن الانبعاثات التي تنتج من طاقة تشغيل المبنى.

هنالك الكثير من المدارس التي تستهلك الطاقة بدون وعي مستخدميها لترشيد استهلاك الكهرباء؛ نسبة لصغر سنهم وعدم إدراكهم بالمسؤولية وكذلك الاستخدام السيئ من قبل الطلاب المهدر للمياه لذا كان لابد من السعي لمحاولة تحقيق مبدأ الاستدامة بمدارس ولاية الخرطوم نظرا للظروف التي تعاني منها البلاد من نقص في إنتاج وتوليد الطاقة الكهربائية، يمكن الاستعانة بطاقة صديقة للبيئة، واستغلال المياه المهدرة في الري وإعادة تدويرها وهكذا.

تعمل المدارس المستدامة على تبني نهج المحافظة على البيئة والاستغلال الأمثل لمواردها وغرس مفهوم المحافظة على البيئة لدى الطلاب، وتنمية النشء بمفاهيم صحيحة تدعو لتقليل الأثر السلبي على البيئة، من خلال استخدام بدائل طاقة صديقة للبيئة والاستفادة من مياه الصرف الصحي، والتخلص الصحيح من النفايات، وإعادة تدويرها للاستفادة منها.

1-2 مشكلة البحث:

عدم تطبيق الاستدامة ومفاهيمها في حياتنا ومنشئاتنا العمرانية يلحق الضرر بالبيئة التي يتعامل معها الإنسان دون وعي وثقافة للآثار السلبية التي يلحقها بها من خلال ممارساته الخاطئة في إطار التعامل مع الطاقة والتخلص السلبي من النفايات وعدم وضعها في أماكن التجميع الصحيحة ، وكذلك السلوك السيئ الذي يتمثل في إلقاء النفايات وقوارير المياه من خلال نوافذ السيارات.

يمكن أن ندرج مشكلة البحث في عدة نقاط هي:

* عدم وجود مدارس تعمل على توفير الطاقة، مما يتناقض مع مفهوم كفاءة وترشيد استهلاك الطاقة. كذلك عدم وجود مدارس تعمل على الاستفادة من مياه الأمطار، والمياه المهدرة بواسطة التلاميذ من خلال إعادة التدوير والاستخدام.

* ضعف استخدام معالجات صديقة للبيئة لعناصر المبنى، مثلا استخدام الحوائط المزدوجة في الواجهات المعرضة لأشعة الشمس المباشرة، زراعة الفناء الوسطي للكتل البنائية وغيرها من المعالجات التي تساهم في تحقيق الاستدامة من خلال تقليل استهلاك الطاقة سواء في التنفيذ أو التشغيل، مع عدم استخدام المواد المحلية المستدامة في التشييد، حيث لاحظ الباحث ذلك خلال تحليله لعينات الدراسة.

1-3 فرضية البحث:

* تحقيق الاستدامة بالتصميم المعماري للمدارس يساعد على زيادة كفاءة وجودة البيئة الدراسية للتلاميذ والتغلب على الآثار الناتجة من قطوعات الكهرباء بالخرطوم، والتي تتمثل في ارتفاع درجة حرارة الجو وعدم الوصول للراحة الحرارية، الإضاءة الغير كافية ومناسبة لأداء النشاط التعليمي داخل الفصول و البيئة الغير صحية التي لا تساعد على الفهم والاستيعاب.

1-4 أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من خلال تناوله لإحدى المواضيع المهمة والمعاصرة لنا في وقتنا الحاضر والتي أصبحت هاجس لدى العالم أجمع. فالاستدامة فكرة تبنتها معظم الدول المتقدمة، من أجل خلق بيئة سليمة، معافية وقادرة على نبذ الآثار السلبية التي لحقت بالبيئة؛ نتيجة للتطور التكنولوجي في عهدنا الحالي.

1-5 أهداف البحث:

* رصد الواقع المعاش للمعالجات البيئية للمدارس بمدينة الخرطوم.

* تحديد المشاكل والعوائق التي تقف أمام تطبيق مبدأ الاستدامة بمدينة الخرطوم.

* فهم التصميم المعماري المستدام للمدارس، والتعرف على تصاميم البلدان التي تبنت نهج الاستدامة في المدارس، والاستفادة من الحلول التي قدمت مع تقويم المشاكل التي ظهرت.

* تقييم استدامة مباني المدارس في الخرطوم.

1-6 منهجية البحث:

يتبع البحث النهج الوصفي في الجزء النظري منه من خلال الاطلاع على الكتب والمراجع والمجلات المعنية بالدراسة ، والنهج التحليلي في جانب التطبيقات ودراسة الحالة للمدارس المستدامة، من خلال تحليل الباحث للنماذج بناءا على المعايير التي وضعها الباحث من خلال دراسة الإطار النظري مستعينا بمعايير ريادة الطاقة (LEED) ولائحة تنظيم المباني بولاية الخرطوم ، وذلك بإعطاء تقدير جيد في حالة تطبيق النموذج للمعيار، وإعطاء مقبول في حالة تطبيق المعيار بطريقة جزئية وإعطاء ضعيف في حالة عدم استخدام المعيار. ويتبع النهج التحليلي الآتي: الملاحظة – الزيارات الميدانية – المقابلات – تحليل حالات الدراسة– قياس درجات الحرارة.

1-7 حدود البحث:

الحدود المكانية: يقتصر إجراء هذا البحث على مدارس الأساس بمدينة الخرطوم، لعدة مدارس مختلفة المناطق، حيث سيتم التحليل على مستويين، هما: مستوى المدارس الأجنبية الموجودة بالسودان (KICS & KAS) ومستوى المدارس السودانية (مدرسة المجلس الأفريقي للتعليم الخاص ومدرسة الجريف غرب 2 بنين ومدرسة الجريف غرب 3 بنين) مع عمل مقارنات لمدارس كل مستوى على حدا.

الحدود الزمانية: بداية الدراسة: مايو– 2021 / نهاية الدراسة: سبتمبر– 2021.

1-8 الصعوبات التي تواجه البحث:

* نقص في المعلومات عن الاستدامة بالسودان.

* نقص في الدراسات والأبحاث التي تتبنى الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس خاصة.

الفصل الثاني: الإطار النظري:

2-1 مقدمة:

تناول الفصل الأول التعريف بالبحث، حيث بدأ الفصل بمقدمة عامة عن البحث، ثم التعرف عل مشكلة البحث، تلتها فرضيات البحث، بعد ذلك تم التعرف على أهمية البحث، وتأتي أهمية البحث من خلال تناوله لإحدى المواضيع المهمة والمعاصرة لنا في وقتنا الحاضر والتي أصبحت هاجس لدى العالم أجمع. ثم إلى أهداف البحث الأساسية، ومنها إلى المنهجية التي ستتبع خلال الدراسة، حيث يتبع البحث النهج الوصفي في الجزء النظري منه، والنهج التحليلي في جانب التطبيقات ودراسة الحالة للمدارس المستدامة، وذلك من خلال: (الملاحظة – الزيارات الميدانية – المقابلات – تحليل حالات الدراسة – الاطلاع على الكتب والمراجع والمجلات المعنية بالدراسة). بعد ذلك أتت حدود البحث المكانية والزمانية. أخيرا تم التطرق للصعوبات التي تواجه البحث؛ لإدراك التعامل معها بما هو مناسب.

في هذا الفصل سيتم تناول الإطار النظري للبحث من خلال التعرف على ثلاثة مواضيع تضمنها عنوان البحث، والمتمثلة في:

1/ التعريف بالتصميم المعماري وأساسياته.

2/ التعريف بالأسس التخطيطية والتصميمية للمدارس.

3/ التعريف بالاستدامة ومبادئها.

2-2 التصميم المعماري (Architectural Design):

هو عملية يتم فيها وضع السياسة. وتعني السياسة هنا تخصيص القيم في مختلف مجالات التصميم المعماري. (Long, 2014, p 829)

التصميم المعماري يكمن في عملية فنية ومنطقية وعلمية قادرة على تحقيق أشكال وتنظيمات وعمليات من شأنها خلق ساحات مخصصة للإنسان لكي ينفذ أنشطة محددة مثل العيش، والعمل، والاسترخاء، والشفاء، الخ... (عيسوي، 2014، ص1).

من وجهة نظر الباحث يمكن أن يعرف التصميم المعماري بأنه: مفهوم يتعامل مع متغيرات مكانية وزمنية والتي تنعكس للمصمم في صورة البيئة، والثقافة والدين والتي لابد له من مراعاتها، مع ابتكار أشياء جميلة تحقق المنفعة المرجوة عند التشييد والاستخدام. لذا لابد أن يكون المعماري مثقفا وملما بالعلوم الأخرى.

2-2-1 أهداف العمارة والتصميم:

أ/ المنفعة: يصمم المبنى من أجل الإنسان، لذا لا بد من توفير المساحة المناسبة للفراغ، والحلول المناسبة للانتقال بين الفراغات، مع توفير المرافق الحيوية الأساسية.

ب/ الوظيفة: يجب أن يؤدي المبنى الغرض الوظيفي الذي صمم من أجله على أكمل وجه.

ج/ المتانة والديمومة: يصمم المبنى بحيث يكون ثابتا ومتينا يتحمل جميع القوى التي يتعرض لها، وهذا يعتمد على أسلوب البناء والنظام الإنشائي المتبع، والذي يعطي لكل مبنى عمر افتراضي خاص به.

د/ الجمال: وهو أن نعجب ونسر بالمبنى لرؤيته، ويكون حسي أو وظيفي متمما للمنفعة والمتانة.

هـ/ الاقتصاد: وهو شرط أساسي يهدف إلى تحقيق توازن بين الجوانب الرئيسية بحكمة وموضوعية.

و/ البيئة والقيم الإنسانية: يجب أن يؤخذ بالاعتبار كل ما يحيط بالإنسان من مؤثرات طبيعية مثل المناخ، طبيعة التربة وتضاريسها، مع الأخذ في الاعتبار راحة مستخدم المبنى من خلال توفير الاحتياجات الأساسية، والمؤثرات الثقافية والاقتصادية والدينية ووضع اعتبار للعادات والتقاليد.

(Whole Building Design Guide, 2010)

2-2-2 خطوات التصميم المعماري:

أ/ جمع المعلومات: تتضمن دراسة المشاريع المشابهة، وظيفة المشروع، المستخدمين والميزانية.

ب/ تحليل الموقع: من خلال تحليل المناخ والتضاريس والمحيط الخارجي للوصول إلى العوائق والحلول، المداخل والإطلالات وأماكن الهدوء والإزعاج والتي تحدد مكان كل نشاط بالمشروع.

ج/ وضع برنامج المشروع: يتضمن البرنامج الزمني وخطة الإنشاء.

د/ تطوير البرنامج المقترح.

هـ/ عمل الفكرة المبدئية للتصميم: إعداد التصاميم المبدئية وعرضها على المالك.

و/ تطوير التصميم: تضمين مقترحات المالك وتفصيل أكثر للتصميم.

ز/ التصميم النهائي: إعداد الرسومات النهائية التفصيلية الخاصة بالتشييد والإنشاء.

المصدر (محرم، 2010، ص34- 40).

2-3 التصميم المعماري للمدارس:

المدرسة مؤسسة تربوية اجتماعية بالغة الأهمية والتعقيد في بناء المجتمعات والأجيال؛ كونها تشكل مصدرا أساسيا في تعليم الإنسان وتثقيفه وتساهم في تقدمه وحضارته، ومع ذلك لم تحظ تصاميم بعض المدارس بما تستحق من اهتمام مما ساهم بشكل واضح في تدني البيئة المدرسية وعدم ملائمة الفراغات المعمارية المصممة للمدارس للدراسة، والذي ينعكس بدوره في الشعور بعدم الراحة داخل محيط الفصل الدراسي بالنسبة للطلاب. فالفراغات التعليمية لبعض مدارس الخرطوم غير جاهزة للتحديات المستقبلية ولا تتوافق مع النظام التعليمي العالمي. حيث تحتاج إلى مواكبة مع التكنولوجيا الجديدة واستصحاب التصميم المستدام والجانب البيئي عند عمل تصميم معماري للمدارس.

يمكن أن تعرف المدرسة بأنها نظام متكامل له وظائف اجتماعية محددة في إطار الحياة الاجتماعية فضلا عن وظائف رئيسية تقوم بها، وإحداث بعض التأثيرات مثل تطبيع التلاميذ تطبيعا اجتماعيا.

المصدر(الجميل، وآخرون، 2013، ص113).

وعرفها فريديناند بويسون بأنها مؤسسة اجتماعية ضرورية تهدف إلى ضمان عملية التواصل بين العائلة والدولة من أجل إعداد الأجيال الجديدة ودمجها في إطار الحياة الاجتماعية. أما فريدريك

هايستن فقد عرفها بأنها نظام معقد من السلوك المنظم الذي يهدف إلى تحقيق جملة من الوظائف في إطار النظام الاجتماعي القائم. تعريف شيبمان للمدرسة بأنها شبكة من المراكز والأدوار، التي يقوم بها المعلمون والتلاميذ، حيث يتم اكتساب المعايير التي تحدد لهم أدوارهم المستقبلية في الحياة الاجتماعية (اليافعي ،2007، ص36-38).

2-3-1 واقع التعليم والمدارس في السودان:

عانى السودان منذ عقود طويلة من سياسات تعليمية مختلفة، تختلف بطبيعة الدول التي استعمرته منذ الحكم التركي المصري، وانتهاء بالحكم الثنائي البريطاني المصري للسودان الذي انتهى بإعلان استقلال السودان عام 1956م.

بعد خضوع السودان للحكم التركي المصري عام 1821م قام محمد علي باشا بالاهتمام بجانب التعليم فقد أرسل بعض من مشايخ الأزهر لإقامة مراكز لتعليم القران الكريم والحديث الشريف، والملاحظ أنها كانت مراكز ذات تصميم بسيط أشبه بالغرف مع بعض الخدمات. أما واقع التعليم إبان الحكم الثنائي البريطاني المصري فقد أنشئت في عهده أول مدرستين من قبل الرسالات التبشيرية الأمريكية هما مدرسة (الراهبات) بالخرطوم وسميت مدرسة سانت آن (Sant Ann) والأخرى في مدينة أم درمان سميت مدرسة سانت جوزيف (Sant Joseph) وبحلول عام 1909 بلغ إجمالي المدارس ست مدارس، أربعة للأولاد واثنان للبنات، مبنية من الطوب وذات طابع استعماري.

بعد استقلال السودان شكل إسماعيل الأزهري وزارته الأولى وأعلن ضمن منهاج الوزارة الخاص بالتعليم أن وزارته عازمة على تغيير المناهج الدراسية التي وضعها البريطانيين بما يناسب طبيعة المجتمع السوداني وعاداته وتقاليده لغرس الروح الوطنية لدى أبنائه ، وبدأت المدارس بالانتشار والتوسع إلى أن أصبحت بشكلها الحالي، وغالبية المدارس مواد بنائها من الطوب أو الطين والسقف من هيكل جملوني مغطى بالزنك والبعض الأخر سقفت بالخرسانة المسلحة. (عبد الله، 2020، ص157،159،163).

انتشر التعليم الخاص بالسودان بعد التدهور الكبير الذي شهده التعليم الحكومي جراء زحمة حجرات الدراسة حيث نشأت عشرات المدارس الخاصة بالخرطوم.

2-3-2 أنواع المدارس في السودان:

- تنقسم المدارس في السودان من حيث الجهة المسئولة عنها إلى:

* المدارس الحكومية: تكون الجهة المسئولة عنا الحكومة وتتكفل بكافة مصاريف الدراسة.

* المدارس الخاصة: تتبع للقطاع الخاص وتكون تحت إشراف الأفراد ويتحمل الطالب وأسرته كافة المصاريف.

- تنقسم المدارس في السودان من النواحي التصميمية المعمارية إلى:

* مدارس حكومية أنشئت في فترة التسعينات وما قبلها صممت خصيصا لغرض تعليمي.

* مدارس خاصة أنشئت في فترات مختلفة بعد التسعينات صممت مبانيها لغرض تعليمي.

* مدارس خاصة صممت مبانيها لغرض غير تعليمي، ثم تم تحويل وظيفتها إلى الغرض التعليمي. (عثمان، 2019، ص26).

2-3-3 المعايير التخطيطية والتصميمية للمدارس:

2-3-3-1 المعايير التخطيطية للمدارس:

هي المعايير الصادرة من الهيئة العامة للأبنية التعليمية ووزارة التخطيط العمراني، وتختلف من بلد لآخر.

- معايير تخطيطية خاصة بموقع المدرسة:

يحدد موقع المدرسة سواء كان في مدينة أو في قرية احتياجات الحد الأدنى أو الأقصى اللازم لبناء المدرسة. ومن أهم الاشتراطات الخاصة بموقع المدرسة ما يلي:

* أن يطل موقع المدرسة على شارعين على الأقل لا يقل عرض الشارع الرئيسي عن 10م، والفرعي عن 6م. المصدر (Boman & Enmaker , 2004)

* أن يكون دخول الطلاب عن طريق الشارع الفرعي لتقليل وقوع الحوادث.

* أن يكون الموقع بعيدا عن مصادر الضوضاء والمصانع والملاهي.

* توسط الموقع للخدمات (مستشفيات ، نقاط إطفاء، .....)

* أن تكون المناظر المحيطة بالموقع صحية وغير مسببة لأي تلوث بصري.

يشترط أن يراعى في التخطيط العام توجيه الفصول ناحية الشمال والجنوب، حتى يتم الحصول على تهوية جيدة.

- تحليل الموقع:

يتم لمعرفة ما إذا كان الموقع يلائم إقامة المدرسة أم لا، ويتم من خلال عدة نواحي هي:

* تعيين الموقع: هل هو إقليمي مخصص لخدمة منطقة متسعة ذات كثافة عالية، ومن ثم يجب أن تكون مساحته مناسبة مع العدد الذي ستخدمه، أم مخصص لمنطقة محدودة قليلة الكثافة السكانية ولا داعي للمساحة الكبيرة.

* الظروف المحيطة بالموقع: وتشمل عدة نقاط هي:

أ/ الضوضاء: حيث يتم تحليل أكثر الأماكن ضجيجا ويتم إبعاد فصول الدراسة منها، مع تحديد أكثر الأماكن هدوءا ليتم وضع فصول الدراسة بها.

ب/ الملوثات البيئية: كالمصانع وغيرها والتي لابد من خلو المنطقة منها.

ج/ الطرق المؤدية للمدرسة: يتم تحليلها عن طريق معرفة:

– أنواعها، مرصوفة أم لا؟ – عرضها(أقل عرض 6م).

– المعدل اليومي وساعة الذروة بالشارع لتلافي وقت الزحام ولسلامة التلاميذ من الحوادث.

- معايير تخطيطية عامة:

* يفضل ألا يقل عرض الرصيف الذي يخدم مدخل التلاميذ عن 4م.

* ينبغي الفصل بين مواقف مركبات الزوار والإدارة و باصات التلاميذ .

* لا تزيد المسافة التي يمشيها الطالب عن 500م من المنزل للمدرسة.

* توسيط الموقع للخدمات وإبعاده عن مصادر الضوضاء بمسافات معينة موضحة في الجدول رقم (2–1).

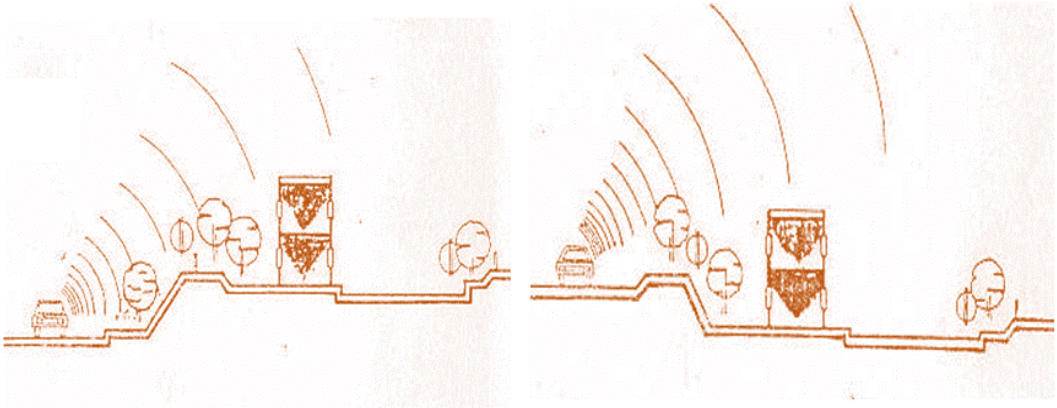
المكان	البعد عن الموقع
مستشفيات ومراكز رياضية	لا تزيد عن ٥٠٠ م
محطات اوتوبيس	لا تزيد عن ٢٠٠ م
مناطق تجارية	لا تزيد عن ١٠ م
محطات بنزين	لا تقل عن ٣٠٠ م
مصانع	لا تقل عن ١ كم
طريق سريع	لا تقل عن ٣٢٠ م

جدول (2-1) يبين مدى قرب الموقع من الخدمات وبعده عن مصادر الضوضاء.

المصدر (https://byarchlens.com/ -designing-schools)

* لا تقل مسافة بعد المدرسة عن الجار عن 3م لعدم وصول الضوضاء إلى المباني المجاورة ولا يقل ارتفاع السور عن 2م.

* في حالة وجود طريق سريع بجانب الموقع يفضل أن يكون الموقع منخفض أو مرتفع وعمل عائق وبناء سور، كما هو موضح في الصورة رقم (2-1).



المدرسة منخفضة عن الطريق المدرسة مرتفعة عن الطريق

صورة (2-1) تبين طريقة معالجة موقع المدرسة في حالة وجود طريق سريع.

المصدر

(http://www.3d2ddesign.com/more_architecture.php?id=29&design=8)

2-3-3-2 المعايير التصميمية للمدارس:

هي تلك المبادئ والمحددات التي من خلالها يستطيع المهندس المعماري أن يصمم تصميم معماري ناجح للمبنى محققا فيه الأصول المعمارية المتعارف عليها عالميا.

- المعايير والاعتبارات التصميمية الخاصة بفراغات المدرسة:

أ/ مدخل المدرسة:

* يجب أن يكون معبر عن نفسه يرحب بالقادم للمدرسة وأن لا يكون على شارع سريع لسلامة التلاميذ، كما هو موضح في الصور رقم (2-2، 2-3، 2-4) والتي تبين مداخل مدارس عالمية تؤكد على الترحيب بالقادمين، مع تمييز منطقة المدخل والوصول إليها مباشرة عن طريق الممر الرئيسي للمدرسة.

* من ألأفضل وجود مدخل خاص بالتلاميذ وآخر للإدارة والزوار؛ حتى يتم التحكم في دخول وخروج التلاميذ، وفصل حركتهم عن حركة الزوار والسيارات.

صورة (2-2) توضح مدخل مدرسة

(st. Edward High School)

صورة (2-3) توضح مدخل مدرسة

(The Arena School)

المصدر (https://www.mexatk.com)

صورة (2–4) توضح مدخل مدرسة Spring Ford Area Senior High School.

المصدر (https://www.mexatk.com)

ب/ الفراغات التعليمية:

1/ الفصول الدراسية:

لكل دولة مساحة إجلاس معينة للتلاميذ داخل الفصل كما هو الحال في الجدول أدناه.

الدولة	المساحة الصفية (م^2)/ طالب	عدد الطلبة	مساحة غرفة الصف (م^2)
الولايات المتحدة	1.96	32	42
ألمانيا	1.72	32	55.25
إنجلترا	1.9	32	60.75
فرنسا	1.96	32	63
تايلاند	1.5	48	54
الهند	1.4	48	43.47
مصر	1.57	35	54.9
الأردن	1.5	36	40.75
اليابان	1.27	40	50.63
فلسطين	1.19	44	50.73

جدول (2–2) يبين مساحة الطالب في الفصل باختلاف الدول

المصدر (اليونسكو، 1998).

تمثل مساحة فراغات الفصول الدراسية حوالي 60- 70% من مساحة الفراغات المغلقة والمكونة للمبنى المدرسي.

في السودان يعطى كل تلميذ مساحة 1.2م2 من المساحة الكلية للفصل وتوصي وزارة التخطيط العمراني في لوائحها بالاتي:

* ألا يقل صافي ارتفاع الفصل عن 3م.

* ألا يزيد عرض الفصل عن 6م.

* ألا تقل مساحة الفصل عن 38م2.

* ألا يزيد بعد آخر مقعد عن السبورة عن 8-9م.

* المسافة بين أول مقعد والسبورة لا تقل عن 2م.

* وجود ممرات آمنة بين الصفوف لضمان عدم اصطدام التلاميذ بالمقاعد.

- توجيه الفصول:

يراعى في اختيار اتجاه الفصول ما يلي:

* الاتجاه الطولي للفصل في الاتجاه الشمالي والجنوبي وذلك للحصول على القدر الكافي من التهوية.

* البعد عن مصادر الضوضاء والتلوث.

- نوافذ الفصول:

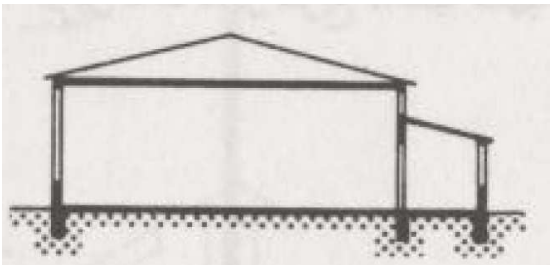
يشترط فيها ما يلي:

* ارتفاع الجلسات بقدر كافي؛ لمنع نظر التلاميذ للخارج وهم جلوس، ويتراوح ارتفاع الجلسة بين 1.2-1.45م.

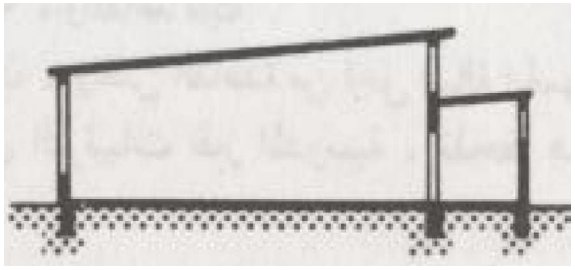
* يراعى أن تكون النوافذ سهلة الفتح والإغلاق بطريقة ميكانيكية سهلة في متناول اليد.

* توزيع النوافذ المتقابلة يؤمن توزيع متجانس للإضاءة، كما هو موضح في الصورة رقم (2-5).

* الأسقف المائلة عملية ومفيدة لأن الإضاءة تكون أكثر تجانسا، كمثال الصورة رقم (2-6).



صورة (2-5) توضح التوزيع المتقابل للفتحات الذي يؤمن إضاءة متجانسة.



صورة (2-6) توضح الأسقف المائلة عملية أكثر للإضاءة./ المصدر (Nufert, p217)

* حماية النوافذ من أشعة الشمس المباشرة، وذلك بإحدى الطرق آلاتية:

1/ تركيب ستائر من القماش أو ستائر معدنية.

2/ تركيب ضلف شمسية. 3/ عمل كاسرات شمس.

* حماية الأسقف من أشعة الشمس بإحدى الطرق الآتية:

1/ استعمال مواد عازلة للحرارة.

2/ استعمال أسقف مزدوجة لعزل الحرارة، مع تهوية الفراغ بين السقفين تهوية مستمرة.

- الإضاءة بالفصول:

يجب الحصول على القدر الكافي من الإضاءة الطبيعية للفصول ومن اشتراطات إضاءة الفصول الآتي:

* أن يكون الضوء كافيا بحيث يعمل على أداء العملية التعليمية على الوجه الأكمل.

* أن يراعى عند توزيع لمبات الإضاءة توزيع منتظم يعمل على عدم حدوث إبهار.

- الراحة الحرارية بالفصول:

هي حالة ذهنية تعبر عن الرضا عن البيئة الحرارية ويتم تقييمها من خلال التقييم الذاتي، فالراحة الحرارية هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرودة أو الحرارة أو مضايقة نتيجة لخلل في

البيئة المحيطة، ويشعر معظم الأشخاص بالفصل بالراحة عند درجة الحرارة المتعارف عليها ضمن المجال 20–22 درجة مئوية، وتختلف بشكل ملحوظ من شخص لأخر حسب اعتبارات معينة كما هو موضح في الصورة رقم (2–7) والتي منها مستوى النشاط والملابس التي يرتديها ودرجة الرطوبة بالجو. المصدر (الديب، 2010، ص14).

صورة (2–7) توضح الاعتبارات الخاصة بالراحة الحرارية.

المصدر (الديب، 2010، ص14).

- الأرضيات:

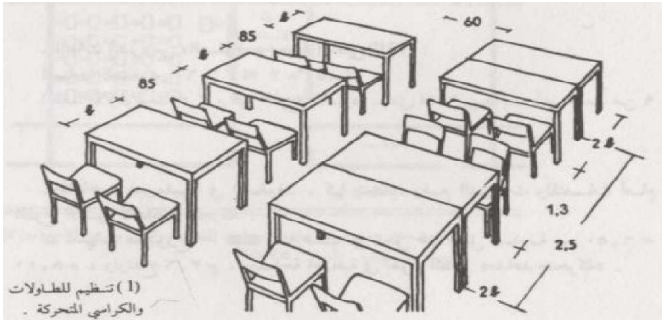
* يشترط أن تكون من مواد مانعة للانزلاق وسهلة الصيانة.

- أثاثات الفصول:

* أدراج التلاميذ، ويوجد منها نوعان:

1/ أدراج ثابتة (المقعد والدرج مثبتين مع بعضهما).

2/ أدراج غير ثابتة (المقعد قائم بذاته على شكل كرسي والدرج على شكل مكتب قائم بذاته)، الصورة (2-8) توضح ذلك مع الأبعاد المناسبة للأدراج والكراسي.



صورة (2-8) توضح تنظيم المقاعد والأدراج بالفصل وأبعاد المقاعد والأدراج.

المصدر كتاب عناصر التصميم والإنشاء المعماري (Nufert, p217).

- منصة المدرس:

* توضع بجوار السبورة، وتكون المسافة بينها وبين أول درج 2م، ويفضل أن تكون من الخشب، ويطلى بلون يتحمل الاستخدام.

2/ المكتبة:

- يشترط فيها ما يلي:

* أن تكون في موقع متوسط بحيث يمكن الوصول إليها بسهولة.

* أن تكون ذات إضاءة وتهوية جيدتين، لتوفير الجو الملائم للقراءة.

* يستحسن وضع المكتبة في الدور الأرضي في حالة تصميم المدرسة على طابقين.

* أن تناسب أثاثات المكتبة الفئات العمرية للتلاميذ.

* يراعى طلاء الحوائط بمادة عازلة للصوت لتوفير الهدوء.

* يراعى طلاء الحوائط بالألوان التي تساعد على الانتباه (أبيض ، بيج،.....).

3/ معمل العلوم:

- وظائف معمل العلوم الأساسية:

* إجراء التجارب ليشاهدها ويستوعبها التلاميذ.

* للشرح في بعض الأحيان.

* تخزين الأدوات والمواد العلمية.

- اشتراطات معمل العلوم:

* أن يكون ذو تهوية مناسبة، تتوافق مع المواد الخطرة المستخدمة في المعمل.

* التزويد بالإضاءة الصناعية المركزة.

* يجهز الحائط الأمامي بسبورة للشرح.

* تأمين المعمل ضد الحوادث والحرائق.

4/ القاعة المتعددة الأغراض:

تستخدم للموسيقى والتمثيل والرسم، وغيرها من النشاطات. من أهم اشتراطاتها:

* ألا تقل عن 120م2.

* يفضل أن تلحق بها شاشة للعرض.

* تزويدها بستائر غامقة اللون في حالة استخدامها للعرض.

* تحتاج إلى تهوية طبيعية لأنها تكتظ بالتلاميذ. (عبد الرحمن، 2016، ص38).

ج/ القسم الإداري بالمدرسة:

- يراعى عند تصميم المكاتب الإدارية التقسيم بطريقة سليمة، ومساحات تلائم وظيفته؛ وذلك لأن المكاتب لها وظيفتان هما:

1- التعامل مع أولياء الأمور وتسوية الشئون الإدارية الخاصة بالمدرسة.

2- متابعة ومراقبة سير العملية التعليمية من خلال ملاحظة التلاميذ.

- عناصر فراغ الإدارة:

1/ مكتب المدير:

يشترط به ما يلي:

* تتراوح مساحته بين 20-30 م2.

* الإضاءة والتهوية الجيدتين.

* أن يكون موقعه أقرب ما يكون للمدخل الرئيسي للمدخل.

* أن تشرف وتطل على باحة التسلية والطابور.

* يحتوي على دورة مياه خاصة.

* يتكون أثاثه من (مكتب- دولاب- مقاعد للزوار). المصدر (Nufert, p223).

2/ مكتب السكرتاريا:

* تتراوح مساحته بين 16-20م2.

* ذو صلة وثيقة بمكتب المدير.

* يتكون أثاثه من(مكتب- دولاب- مقاعد انتظار).

3/ مكاتب أعضاء هيئة التدريس:

يشترط فيها ما يلي:

* أن تكون المساحة مناسبة لعدد الأساتذة المستغلين لها.

* قريبة من الفصول للإشراف.

* لا تطل على ساحة اللعب والتسلية.

* بفضل في المدارس متعددة الطوابق أن يكون بكل دور مكتب للأساتذة؛ لسهولة التعامل مع التلاميذ.

* تتكون أثاثاتها من (مكاتب- كراسي- دواليب)/ المصدر (Nufert, p223) .

د/ الساحات الخارجية:

تحتوي على أماكن جلوس ولعب منتظمة (الملاعب)، وغير منتظمة والتي لها معايير محددة لمساحاتها كما هو موضح في الجدول رقم (2-3) الذي يبين مساحة التلميذ بالملاعب المختلفة.

عناصر المدرسة	المعدل	عدد الطلاب في المدرسة		
	م٢ / للطالب	٢٠٠	٤٠٠	٨٠٠
المبنى	٣.٦	٧٢٠	١٤٤٠	٢٨٨٠
الحديقة / الفناء	٠.٥٠	١٠٠	٢٠٠	٨٠٠
الكرة الطائرة	٢	٤٠٠	٨٠٠	١٦٠٠
كرة القدم	مساحة ثابتة (٥٠× ٩٠)	٤٥٠٠	٤٥٠٠	٤٥٠٠
حركة / وتجوال	١.٥	٣٠٠	٦٠٠	١٢٠٠
مواقف سيارات	١	٢٠٠	٤٠٠	٨٠٠
المجموع		٢م٦٢٢٠	٢م٧٩٤٠	٢م١١٧٨٠
المجموع الكلي	إضافة ١٠%	٢م٦٨٤٢	٢م٨٧٣٤	٢م١٢٩٥٨
مساحة الموقع للطالب		٢م٣٤	٢م٢٢	٢م١٦

جدول (2-3) يوضح المساحات الخارجية المطلوبة في المبنى المدرسي للتلميذ الواحد.

المصدر (اليونسكو، 1998).

2-4 الاستدامة (Sustainability):

تتزايد أهمية فكرة الاستدامة في العالم يوما بعد يوم، إذ لم تقتصر فكرتها على مجال تخصصي بعينه، فاستخدامها صار واسع النطاق ويمكن تطبيقه تقريبا على كل وجه من وجوه الحياة على الأرض. تعد العمارة من أبرز المجالات التخصصية التي يمكن أن نطبق فيها الاستدامة على المستوى النظري والتطبيقي الأكثر التزاما بالاستدامة ومفاهيمها.

2-4-1 البعد اللغوي لمفهوم الاستدامة:

جاء على لسان العرب (ابن منظور):

(دوم) دام الشيء، يدوم ويدام ...وأدامه واستدامة تأتي فيه، وقيل طلب دوامه وأدومه كذلك، واستدمت الأمر إذ تأنيت فيه. استدامة الأمر الأناة.

الاستدامة باللغة الانجليزية (Sustainable) كلمة مشتقة من اللاتينية (Sustinere) ولها أكثر من عشرة معاني، أهمها: الحفاظ، الدعم، التحمل. ويترجمها قاموس ويبستر (Webster dictionary) بأنها (Provide to give Support)ويعتبرها القاموس (Adjective) أي صفة. فكلمة (Sustainable) تصف التنمية بأنها مدعومة أو مستندة على قوة ما تمنحها الاستمرارية. (Webster, 2014) (نعيم، 2014، ص2).

2-4-2 مفهوم الاستدامة عند بعض المعماريين:

هنالك مفاهيم وتعريفات متعددة لمفهوم الاستدامة لدى المعماريين والرواد، والتي تؤكد على الجانب البيئي، والحفاظ على الطاقة. ومن هذه المفاهيم والتعريفات:

- تعريف ويليام ريد (William Reed): يرى بأن المباني الخضراء والمستدامة هي مباني تصمم وتنفذ وتتم إدارتها بأسلوب يضع البيئة في الاعتبار، وبأن أحد اهتمامات المباني المستدامة يظهر في تقليل تأثير المبنى على البيئة، إلى جانب تقليل تكاليف الإنشاء والتشغيل .(Reed, 1992, page43)

- كين يانج (Kien Yeang): ناقش مفهوم العمارة الخضراء والاستدامة من وجهة نظر بيئية، فهو منزعج من تأثير المباني على الأنظمة الطبيعية، ويرى أن العمارة الخضراء والمستدامة يجب أن تقابل احتياجات الحاضر، دون إغفال حق الأجيال القادمة (Yeang, 1995, p11).

- يحيى وزيري عرفها بأنها: عملية تصميم المباني بأسلوب يحترم البيئة مع الأخذ في الاعتبار خفض استهلاك الطاقة والمواد والموارد، مع تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة. وهو يرى أن اتجاه العمارة المستدامة ظهر كرد فعل لمجابهة المخاطر والمشاكل البيئية والصحية، التي نجمت عن المباني التي لم يراع في تصميمها البعد البيئي وأهمية الحفاظ على الطاقة، والموارد الطبيعية. (وزيري، 2003، ص4).

- من وجهة نظر الباحث: العمارة المستدامة هي العمارة التي يتناسب تصميمها مع البيئة المحيطة لها، دون إحداث خلل في طبيعتها، وأسلوب حياة المجتمع، مع مراعاة النواحي الاقتصادية عن طريق ابتكار مواد بناء محلية صديقة للبيئة والمجتمع؛ لخفض تكاليف الإنشاء، مع استصحاب الناحية الجمالية عند التشييد.

2-4-3 العمارة والبيئة:

تعتبر العمارة وقطاع البناء من أكثر القطاعات تأثيرا على البيئة، سواء في استهلاك الموارد والطاقة، أو إنتاج المخلفات وإطلاق الغازات الملوثة للبيئة. أشارت الإحصاءات والدراسات إلى أن العمارة وما تتطلبه من أنشطة في قطاع البناء والتشييد من أكثر الصناعات المستنزفة للموارد الطبيعية، إذ تستهلك في كل عام على مستوى العالم أكثر من نصف الموارد الأولية الطبيعية (ثلاثة مليار طن) من الموارد الأولية (Raw material) كحديد والأسمنت والحجر، وهي نسبة تعادل 40% من إجمالي الاستهلاك العالمي لتلك المواد (Rood man& Lenssen, 1995, p52).

أما بالنسبة للطاقة فان قطاع المباني يستهلك حوالي40-50% من الطاقة في العالم، وحوالي 16% من المياه العذبة. كما أن عمليات صناعة البناء والتشييد المتعددة والمعقدة ينتج عنها ضجيج وتلوث ومخلفات كثيرة، إذ تقدر نسبة المخلفات الإنشائية بنسبة20% من مجموع المواد التي يتم إحضارها للموقع البناء. يمكن للعمارة أن تكون إحدى المجالات الهامة من أجل التحول إلى الاستدامة للتقليل من التأثير السلبي للإنسان على البيئة والتركز عليه قد يكون من أهم الأولويات لتحسين البيئة، ولمعالجة الخلل في النظام البيئي الذي يحدثه الإنسان (سلمان، 2017، ص27).

2-4-4 تطور مفهوم الاستدامة والبيئة في العمارة:

إن تاريخ التفكير بالاستدامة مرتبط بشكل كبير بتاريخ الوعي البيئي، وتوجه الإنسان نحو الطبيعة. حيث نجد أن الخبرة التراكمية للإنسان عبر الزمن في سلسلة طويلة من التجربة والخطأ والتعلم، دفعته للتكيف مع البيئة المحيطة مستفيدا من مصادر الطاقة الطبيعية وإيجاد حلول تخطيطية ومعمارية مكنته من التعايش مع ظروف البيئة المحيطة. ارتبط مفهوم الاستدامة بالفكر الإنساني منذ القدم، إلا أن مفهوم الاستدامة لم يدخل الثقافة العامة ويصبح متداولا إلا في العقود الأخيرة. البدايات الحديثة للاستدامة ارتبطت مع نهايات القرن التاسع عشر ومطلع القرن العشرين عند ظهور نظريات إدارة المصادر الطبيعية المتجددة.

إن القوة الحقيقية التي يستند عليها مفهوم الاستدامة نابعة من الدعوة لتكامل النظم الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية. إلى مدة قريبة كان مفهوم الاستدامة عنوانا بشكل منفصل لعدة أنظمة في محاولة لإنقاذ البيئة والموارد الطبيعية إلا أنه تم إدراك أن الجهود الفردية لم تعد كافية لإصلاح الأضرار التي لحقت بالبيئة دون تضافر الجهود بين المنظومات ذات العلاقة. لقد توسع مفهوم الاستدامة وأصبح أكثر شمولية لينضم تحت لوائه كل أفاق الوجود الإنساني.

لقد بدأ مفهوم الاستدامة كمحاولات للحفاظ على الطاقة في حقبة السبعينيات من القرن العشرين، للعودة لاستخدام معالجات التبريد والتدفئة الطبيعية التقليدية، كأبراج الرياح، والفناء الوسطي، والبناء المتضام. لقد مر تطور مفهوم الاستدامة والبيئة في العمارة بعدة مراحل استجابة للمتغيرات الاقتصادية والاجتماعية والتكنولوجية التي شهدها العالم خاصة بعد الثورة الصناعية.

(سلمان، 2017، ص28- 29).

2-4-5 مبادئ التصميم المستدام:

للوصول إلى تصميم مستدام هنالك عدة مبادئ منها ما يلي:

أ/ الاقتصاد في الموارد.

ب/ اختيار المواد منخفضة التأثير السلبي وغير السامة، التي تنتج بشكل مستدام، أو المعاد تدويرها والتي تتطلب معالجتها طاقة قليلة.

ج/ كفاءة الطاقة: استخدام عمليات التصنيع والإنتاج التي تتطلب طاقة أقل في مرحلة التشييد، كذلك مراعاة كفاءة طاقة تشغيل المبنى .

د/ تقليل استهلاك الموارد الطبيعية وهدرها مع إمكانية إعادة الاستخدام والتدوير.

هـ/ أن يكون هدف التصميم المتانة وليس الخلود.

و/ تحويل طريقة الاستهلاك من الملكية الفردية للمنتجات إلى خدمات تقدم للعامة. على سبيل المثال: من سيارة خاصة إلى خدمة مشاركة السيارات العامة.

ز/ ينبغي أن تكون المواد المستدامة من مصادر محلية. (نعيم، 2015، ص143- 144).

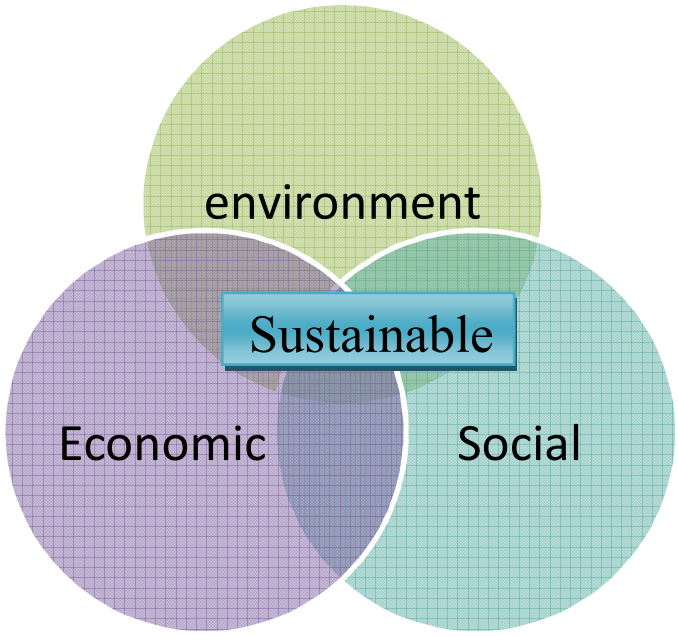
2-4-6 الأبعاد المحورية للاستدامة:

تعد المجالات المتعددة خاصية مشتركة بين التعريفات المختلفة للاستدامة. وتكمن أهمية الاستدامة في العلاقات المتداخلة بين تلك المجالات، حيث تمثل الكفاءة المبدأ الرئيسي في التنمية الاقتصادية المستدامة، وتعتبر العدالة محور التنمية الاجتماعية المستدامة، بينما تؤكد التنمية البيئية المستدامة على المرونة، وقدرة الأرض على تجديد مواردها (الغامدي،2007) وهذه المحاور موضحة في الشكل رقم (2-1) وهي كالتالي:

أ/ **النمو الاقتصادي:** تتمثل التنمية الاقتصادية في تطوير البنية الاقتصادية، وتحقيق العدالة في توزيع الموارد وهي أمر ضروري لتحقيق التنمية الحضرية، حيث تؤدي لرفع الإنتاجية الزراعية وضمان إمداد كاف من المياه، بالإضافة إلى زيادة الكفاءة الاقتصادية والنمو.

ب/ **الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية:**وذلك حفظا للموارد الطبيعية من أجل الأجيال المستقبلية. ولذلك يجب إيجاد حلول متجددة اقتصاديا للحد من استهلاك الموارد، وإيقاف الإضرار التي تلحق بالعناصر البيئية، والاستخدام الحكيم للموارد الطبيعية.

ج/ **التنمية الاجتماعية:** الإبقاء على تماسك المجتمع وقدرته على العمل من أجل تحقيق الأهداف المشتركة من خلال تحقيق العدالة. وينبغي تلبية الاحتياجات الفردية كالصحة والتغذية والمأوى والتعليم، كما ويجب احترام النسيج الثري الذي يمثله التنوع الثقافي والاجتماعي (إسماعيل، 2011، ص36-37).



شكل (2-1) يوضح الأبعاد المحورية للتنمية المستدامة.

المصدر (الموقع الالكتروني لجامة كورنيل، 2010، الحرم الجامعي المستدام).

2-4-7 أهم التحديات التي يواجهها العالم اليوم:

هنالك عدة تحديات تواجه العالم اليوم تم توثيقها في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة لضرورة تناول قضية الاستدامة، واعطائها أهمية خاصة. أهم تلك التحديات:

أ/ التغير المناخي العالمي: ما ينبئ بارتفاع 50 سم في منسوب البحر، وزيادة في التقلبات المناخية.

ب/ فقدان التنوع الحيوي: وهو ما يؤدي لعدم التوازن في في النظام البيئي، حيث يزيد من خطر الكوارث الطبيعية، واشتداد تأثير الاحتباس الحراري.

ج/ النمو السكاني: ما يؤدي لزيادة الضغط على المواردالأساسية. ويقدر أن تكون أكثر من 90% من تلك الزيادة في المناطق الحضرية للدول النامية.

د/ الصحة البشرية: ثلث سكان العالم تقريبا يفتقروا الحصول على الخدمات الصحية وهذا النقص يؤدي الى التلوث والمشاكل البيئية والتي بدورها تؤدي الى العديد من الأمراض.

هـ/ الحصول على الماء النقي: يتنبأ العلماء في عام 2025 أن 1.8 بليون شخص سيعيشون في مناطق بها ندرة مياه (اسماعيل، 2011، ص38).

2-4-8 مواد البناء المستدامة الصديقة للبيئة:

تحتوي مواد البناء المستدامة على موارد متجددة أكثر من الموارد غير المتجددة، وتحافظ على البيئة؛ لأن تأثيرها يكون محدودا على مدى حياة المبنى.فاستدامة المباني في عصرنا الحالي أصبح غاية ملحة ومطلب عالمي للعودة للطبيعة وخفض اثار التلوث على البيئة المحيطة لنا. ومن أهم السبل لتحقيق ذلك استخدام مواد بناء صديقة للبيئة تحدث تأثير كبير في خفض معدلات التلوث والاستهلاك العالي للطاقة في قطاع التشييد والبناء.

2-4-8-1 مميزات استخدام مواد البناء المستدامة:

أ/ خفض تكاليف الصيانة والاحلال على مدى حياة المبنى.

ب/ ترشيد الطاقة.

ج/ تحسين صحة وانتاجية القاطنين.

د/ مرونة غير محدودة في التصميم.

2-4-8-2 معايير اختيار مواد البناء المستدامة:

أ/ كفاءة المصدر: مادة البناء المستدامة المثالية هي التي تنتج من مصدر محلي، وتكون خالية من الانبعاثات والعناصر السامة بصورة تسمح باعادة استخدامها وتدويرها.

ب/ تتم صيانتها بطريقة صحية وامنة.

ج/ ضمان جودتها.

2-4-8-3 أمثلة لمواد بناء مستدامة:

أ/ الطوب الطيني(الطفلي):

مصنوع من الطين ويتم تصنيعه من التربة المحلية، حيث تخلط التربة بالماء، مع استخدام مواد تقوية مثل القش، ثم يضغط المخلوط في قوالب خشبية. تصل مدة التجفيف أحيانا الى عدة أسابيع ونظرا لأنه من مواد طبيعية فانه يتميز بالاستدامة واعادة التدوير وغير سام، وتعتبر المباني المشيدة به من المباني الصحية. يتم ربطها وتماسكه مع بعضها البعض بواسطة مونة طينية، كما ويمكن عمل بياض داخلي وترك الحوائط الخارجية على شكلها الطبيعي أو عمل بياض لها أيضا.

- من مميزات الطوب الطيني:

* رخيص التكلفة.

* انخفاض محتوى الطاقة في تصنيعه.

* عازل ممتاز للصوت.

* سهولة الاستخدام.

* تمتاز مباني الطوب الطيني بمقاومة ممتازة للنيران.

- عيوب الطوب الطيني:

* سهولة التدمير خاصة بواسطة المطر، أو الرياح الشديدة اذا لم يتم حمايتها.

* وزنها ثقيل مما يجعل العمل بها في الأماكن المرتفعة شاقا جدا خاصة في حالة استخدام الطوب ذو الحجم الكبير.

ب/ الألواح الخشبية:

من أكثر المواد شيوعا حول العالم، وهي مرنة وجاهزة للاستعمال، ويتم الحصول عليها من مصادر متجددة. يعتبر الخشب ذو متانة عالية بالنسبة لوزنه. وتعد ألواح الخشب من مواد البناء التي تساعد في الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، بل تمنع انبعاثه في الهواء الجوي.

– يراعى عند استخدام الخشب الأتي:

* هنالك أنواع خشب لا تصلح للتكسية والاستخدام الخارجي مثل خشب الصنوبر حيث يتعرض لهجوم الحشرات والتعفن، بينما على عكس هذا هنالك انواع تصلح للاستخدام الخارجي مثل خشب السرو، حيث يتميز بمقاومة طبيعية ضد الحشرات أو التعفن، مما يجعله مناسبا للاستخدام في الأسوار. وعلى الرغم من ذلك كله يجب حماية الخشب المستخدم في البناء من البيئة الطبيعية بالدهان أو الزيوت أو الورنيش الطبيعي.

ج/ الخرسانة الخشبية:

هي عبارة عن تركيبة من نشارة الخشب والخرسانة، لذلك فان وزنها أخف من الخرسانة العادية، ولكنها أقوى وذات كفاءة أفضل في العزل، وهي موجودة على هيئة طوب، بلوكات وألواح.

– من مميزات الخرسانة الخشبية:

* انتاج حوائط بمعامل مقاومة حرارية يصل الى 3.7 وهي أعلى من معظم مواد البناء.

* يمكن تركيب مسامير القلاووظ أو دق المسامير فيها مباشرة؛ نظرا لزيادة أليافها.

صورة (2– 9) توضح الخرسانة الخشبية.

المصدر (https://byarchlens.com/sustainable-material/)

د/ الحوائط سريعة التركيب (سابقة الصب):

هي ألواح ضخمة سابقة التصنيع لتجميع الحوائط الداخلية والخارجية في وحدات البناء. وتصنع الألواح من الألياف الزجاجية (فايبر جلاس) المقوى بالجبس المقاوم للماء الذي يتم صبه حسب المقاس المطلوب. يبلغ سمك اللوح حوالي 124 ملم وبها تجاويف داخلية تسمح بتركيب الوصلات الصحية والكهربائية كما هو موضح في الصورة رقم (2–10)، وتملأ التجاويف عدا ذلك بمواد عازلة أو مواد مالئة.

– من مميزات الحوائط سابقة الصب:

* كفاءة العزل الحراري عند ملئ الفجوات بمواد عازلة.

* تتحمل النار لمدة ساعة عندما تكون الفجوات فارغة ولمدة 4 ساعات عندما تكون مملوءة.

صورة (2– 10) توضح الحوائط سابقة الصب.

المصدر (https://byarchlens.com/sustainable-material/).

هـ/ الطوب صديق البيئة:

ظهرت في السنين الأخيرة أنواع من الطوب صديق البيئة، وهي تصنع بإعادة تدوير الطوب التقليدي الذي يتم استرجاعه من مواقع هدم المباني، ثم ينظف لإعادة الاستخدام أو قد يكون طوب مصنوع من مواد بديلة، ويتنوع في مكوناته ولكنه يحتوي على مواد من المخلفات مثل: الرماد المتطاير أو الطوب المسحوق، ولا تحتاج هذه الأنواع من الطوب لأفران لتجفيفها ولكنها تكبس وتترك في الهواء لتجف، كما أنها لا تحتاج لاستهلاك كميات كبيرة من الطاقة بخلاف الطوب التقليدي.

و/ الخيزران:

يعتبر الخيزران من أفضل مواد البناء الصديقة للبيئة، حيث أنه لديه معدل توليد ذاتي بشكل مرتفع، ويستمر في الانتشار والنمو دون الحاجة إلى إعادة زراعته بعد الحصاد، كما أن الخيزران عشب معمر وليس خشب.

– من مميزات الخيزران:

* لديه نسبة عالية من القوة.

– من مساوئ الخيزران:

* يحتاج إلى علاج لمقاومة الحشرات والتعفن؛ لأنه يحتوي على نشا يدعو الحشرات بشكل كبير.

* يمكن أن ينتفخ ويتشقق بعد امتصاص الماء.

ز/ صوف الأغنام:

هو بديل للعزل الكيميائي حيث أنه يعزل المبنى تماما ويتطلب طاقة أقل للتصنيع.

– مميزات صوف الأغنام:

* يزيد كفاءة الطاقة، حيث أنه يعمل على خفض طاقة تشغيل المبنى من خلال عزله الجيد للمبنى.

* لا يتحلل بنفس سرعة مواد العزل الأخرى.

* يتجدد بسرعة.

– مساوئ صوف الأغنام:

* ليس العازل الأقل تكلفة.

* يجب معالجته لدرء الحشرات ومنع نمو الفطريات.

المصدر (أبو السعود، 2020 + الباحث).

البناء المستدام والمواد والتقنيات التي تساعد في تحقيق ذلك مهمة جدا حيث أنها تساهم في تقليل استخدام الطاقة وتقليل التلوث الحاصل على البيئة من حولنا، ويجب المفاضلة بين هذه المواد والتقنيات طبقا للجودة والمتانة وإمكانية إعادة تدويرها. فمثلا الخشب من المواد المستدامة المتجددة ولكن الحديد من المواد التي تحتاج لطاقة أكبر لتصنيعه وإنتاجه، وكذلك عند استخدامه في الغلاف الخارجي للمبنى يحتاج لاستعمال عوازل حرارية لأنه يحتفظ ويوصل الحرارة بصورة جيدة.

2-4-9 بعض المعالجات المعمارية المستخدمة في التصميم المستدام:

أ/ استخدام الأسقف المزدوجة (double roof) :

يعتبر السقف من أهم العناصر الهيكلية لأي مبنى؛ إذ أنه يعمل على حماية قاطنيه من الظروف البيئية والجوية المختلفة. وهنالك الكثير من أنواع الأسقف تختلف باختلاف المواد والأحمال والبحور بين الأعمدة وما إلى ذلك. ومن أنواع الأسقف التي تساعد على تحقيق مبدأ الاستدامة الأسقف المزدوجة، حيث تعمل على خفض درجة حرارة المبنى من خلال عكس أشعة الشمس الساقطة عليها وتشتيتها، لذا في الغالب تكون هذه الأسطح بيضاء كما هو الحال في سقف جامعة السودان الموضح في الصورة رقم (2-11)، وقد تكون ذات ألوان داكنة لكنها لا تعكس بنفس كفاءة اللون الأبيض.

- فوائد الأسقف المزدوجة:

* تخفيض عبء طاقة التبريد للمبنى.

* تحسين الصحة البشرية من خلال الحد من تلوث الهواء، وعدم انبعاث الغازات.

* إطالة عمر المبنى؛ وذلك لأنها تحجب أشعة الشمس المباشرة من الوصول للمبنى.

- عيوب الأسقف المزدوجة:

* عالية التكلفة.

* في حالة استخدام ألوان داكنة تعمل على امتصاص الحرارة والاحتفاظ بها.

صورة (2–11) توضح استخدام سقف على طبقتين بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، حيث أن السقف الأساسي (ribbed slab) والسقف العلوي ألواح من الزنك محمولة على أعمدة وأبيام خرسانية./ المصدر (الباحث).

صورة (2–12) توضح السقف من الخارج.

المصدر (الباحث).

صورة (2–13) توضح السقف من الداخل

المصدر (الباحث).

ب/ تشجير الفناء بين الكتل:

الهدف من ذلك الحصول على التظليل للمبنى، ويقصد بالتظليل هنا وجود منشات أو أشجار تحجب أشعة الشمس عن جزء من المبنى، وتعمل على إيجاد فرق في درجات الحرارة على جانبي المبنى وبالتالي إنتاج تيارات هوائية تعمل على زيادة كفاءة فتحات التهوية. وتعد الأشجار أفضل الوسائل لإيجاد ظل حول المبنى في فصل الصيف والتخلص منه طبيعيا في فصل الشتاء. ومثال توضيحي لذلك فناءات جامعة السودان التي تقع بين مباني الكليات التي تم توضيحها في الصورة رقم (2–14).

– فوائد تشجير الفناءات بين الكتل:

* تجديد الهواء داخل المبنى للتخلص من الهواء المشبع بثاني أكسيد الكربون والروائح الكريهة، وتوفير كميات أكبر من الأكسجين.

* تبريد المبنى في الصيف من خلال التخلص من الهواء الداخلي الساخن وإدخال هواء أقل حرارة من خارج المبنى، وذلك بالاعتماد على عناصر التظليل وحركة الرياح حول المبنى.

* توفير التكاليف العالية اللازمة لشراء أجهزة التكييف وتشغيلها.

* المساهمة في حماية البيئة من خلال تقليل الانبعاثات الناتجة عن زيادة استهلاك الطاقة للتبريد.

صورة (2– 14) توضح تشجير فناء بين كتلتين في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

المصدر (الباحث).

ج/ الأسقف الخضراء (Green Roof):

السقف الأخضر هو سقف يغطي سطح المبنى جزئيا أو كليا، بالنباتات والتربة، حيث تزرع في طبقة مزودة بالعزل المائي لمنع تسرب المياه. وقد يشمل ذلك أيضا طبقات إضافية كتصريف المياه ونظام الري. يمثل السقف الأخضر حلا ممتازا لتحسين جودة البيئة، وتأهيل البيئة الحضرية، والحد من احتياجات الطاقة للمباني، وترويض العوامل والظروف المناخية (مياه الأمطار، العواصف، الأتربة، الخ...) المصدر (عبدالمطلب، 2009).

تعتبر الأسقف من مصادر زيادة الحرارة داخل المباني وذلك بسبب امتصاصها للحرارة ونقلها للداخل نظرا لمسطحها الكبير نسبيا مقارنة بالواجهات في المباني متوسطة وقليلة الارتفاع، ولتعرضها لأشعة الشمس شبه العمودية والمباشرة أثناء النهار. وقد وجد أن إحدى الطرق التقليدية للحماية والعزل من أشعة الشمس هو تغطية السقف بطبقة من الطين تكون فعالة بدرجة كبيرة. لذا نجد أن تطبيق الأسقف الخضراء يعتبر من الحلول الجيدة لخفض الحرارة داخل المبنى. وقد تم تطبيق هذه المعالجة في مدينة تشنغدو الصينية كما هو موضح في الصورة رقم (2-15).

- للأسقف الخضراء عدة فوائد منها:

* امتصاص الحرارة (تعمل كعازل حراري).

* امتصاص مياه الأمطار (تعمل كعازل للمياه).

* امتصاص ثاني أكسيد الكربون والمد بالأكسجين.

* امتصاص الغازات والأدخنة في المناطق القريبة من المصانع وأماكن إنتاج الأدخنة.

* تقليل الضوضاء.

* تزيد من عمر المباني. المصدر (عبد المطلب، 2009).

صورة (2– 15) توضح زراعة الأسقف في مدينة تشنغدو الصينية التي تساعد في تحقيق مبدأ الاستدامة وخفض درجات الحرارة في فصل الصيف.

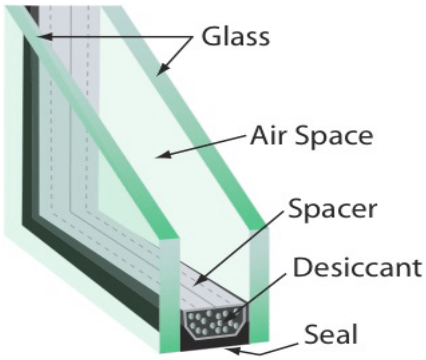
المصدر (هنريكس، 2019).

د/ استخدام الزجاج المزدوج العازل للحرارة والصوت:

يعمل على خفض استهلاك الطاقة والمساهمة في تحقيق مبدأ الاستدامة المتمثل في خفض استهلاك الطاقة. يتكون الزجاج المزدوج من لوحين زجاج على الأقل متوازيين ومثبتين معا، كما هو موضح في الصورة رقم (2–16). والمبدأ الذي تقوم عليه هو إحداث تجويف بين لوحين زجاجيين أو أكثر، حيث يتم ملء التجويف بالهواء الجاف أو بغاز آخر كالأرغون أو الزينون أو الكريبتون. كما يملأ إطار الألمونيوم الفاصل بين اللوحين بحبيبات ماصة للرطوبة.

– من فوائد الزجاج المزدوج:

* عازل جيد للحرارة. * عازل جيد للصوت.



صورة (2– 16) توضح تفاصيل تركيب الزجاج المزدوج.

المصدر (هادي،2018).

و/ البناء بنظام الحوائط المزدوجة:

يتم ذلك عن طريق خلق مسافة بين جدارين ولوضع عازل الحرارة والصوت، حيث يتم الربط بينهما بروابط معدنية، موضحة في الصورة رقم(2-17)، وتكون المسافة المفرغة ما بين4- 10سم.

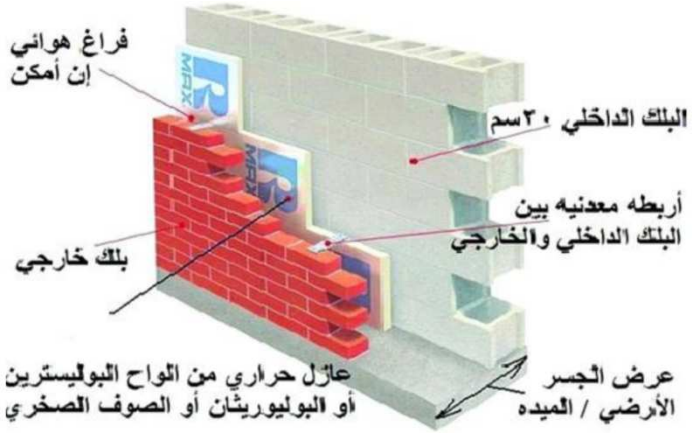
مميزات الحوائط المزدوجة: -

* توفر عزل حراري أفضل من الحوائط العادية.

* لا تسمح بدخول الرطوبة للداخل.

* عازل جيد للصوت.

المصدر (https://civiltoday.com/construction/wall/234-cavity-wall).



صورة (2-17) توضح نموذج للعزل الحراري للجدران الخارجية بنظام الحوائط المزدوجة.
المصدر (الجديد والحمدي، 2018، ص8).

ز/ البناء بالطوب الفخاري المثقوب والمعزول:

حيث يتم عزل الطوبة الواحدة وذلك من خلال وضع قطع البولي ستايرين الممدد أو الصوف الصخري في الفراغات الخاصة بكل طوبة، موضحة في الصورة رقم (2-18).

- من مميزات الطوب الفخاري المثقوب:

* تقليل معدل انتقال الحرارة والصوت خلال جدران المبنى.

* يساعد في توفير الطاقة الكهربائية المستخدمة في تكييف المبنى.

* المحافظة على محتويات المبنى نتيجة لعدم تعرضها لتغيرات كبيرة في درجة الحرارة.

صورة (2–18) توضح الطوب المثقوب وطريقة العزل داخل الثقوب.

المصدر (الجديد والحمدي، 2018، ص8).

ح/ استخدام كاسرات الشمس الأفقية والرأسية:

كاسرات الشمس عبارة عن عناصر تنشأ خصيصا للوقاية من أشعة الشمس، فالهدف الأساسي من وجود كاسرات الشمس هو منع أشعة الشمس من السقوط على الغلاف الخارجي للمبنى، أو النفاذ إلى الفراغات الداخلية عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أعلى من المعدلات المطلوبة لراحة الإنسان. كاسرة الشمس المثالية يجب أن توفر الحماية المطلوبة من أشعة الشمس المباشرة دون حجب الرؤية أو التقليل من فعالية التهوية الطبيعية. وقد تكون كاسرات الشمس أفقية أو رأسية أو كلاهما أو مائلة و متحركة حسب زاوية أشعة الشمس. وتختلف كاسرات شمس كل واجهة عن الأخرى كالآتي:

1/ كاسرات الواجهة الغربية:

هذه الواجهة من أصعب الواجهات في معالجتها الحرارية، حيث أنها تتعرض لأشعة الشمس المباشرة في أعلى درجات حرارتها، لذلك يجب قبل التفكير في الوسائل المعمارية الاصطناعية، التفكير في توجيه المبنى بحيث تقل الفتحات في هذا الاتجاه، ويلزم زيادة سمك الحائط واستخدام حوائط مزدوجة يوجد بينها طبقة عازلة، وأفضل الوسائل المعمارية هو استخدام كاسرات شمس رأسية تتحرك مع زوايا الشمس، كما هو الحال في الصورة رقم (2–19) التي تبين ذلك.

صورة رقم (2–19) توضح استخدام كاسرات الشمس الراسية التي تتحرك مع زوايا الشمس في الواجهة الغربية./ المصدر (المغربي، 2005).

صورة (2–20) توضح مثال آخر لاستخدام كاسرات الشمس الراسية التي تتحرك مع زوايا الشمس في الواجهة الغربية./ المصدر (المغربي، 2005).

2/ الواجهة الجنوبية:

تتعرض الواجهة الجنوبية لأشعة الشمس المباشرة في فترة منتصف النهار، والذي يظهر في الصورة رقم (2-21) حيث تكون زاوية سقوط الشمس مرتفعة في الصيف ومنخفضة في الشتاء. وأفضل الوسائل المعمارية لمعالجة هذه الواجهات هو استخدام كاسرات الشمس الأفقية الثابتة والمتحركة ومن أمثلة هذه المعالجات البلكونات كما هو موضح في الصورة رقم (2-22).

صورة (2-21) توضح استخدام كاسرات الشمس الأفقية الثابتة لمعالجة الواجهة الجنوبية.

المصدر (المغربي، 2005).

صورة (2-22) توضح استخدام البلكونات الأفقية لمعالجة الواجهة الجنوبية من أشعة الشمس.

المصدر (المغربي، 2005).

3/ الواجهة الشرقية:

تتعرض الواجهة الشرقية لحرارة الشمس وإشعاعها لساعات في بداية النهار، ولكنها لا تؤثر إلا تأثيرا ضعيفا؛ نظرا لأن الحوائط والأسقف تكون درجة حرارتها قليلة. ويفضل استخدام كاسرات الشمس الرأسية المائلة باتجاه الشمال./ المصدر (المغربي، 2005).

ط/ إعادة تدوير مياه الصرف:

من المعالجات المستخدمة في التصميم والبناء المستدام إعادة استخدام مياه صرف أحواض الغسيل والاستحمام عن طريق تجميعهم في وحدة معالجة وتحلية ومن ثم إعادة استخدامها في ري الزراعة والنظافة والاستخدامات الأخرى غير الشرب. تعمل إعادة التدوير للمياه والاستفادة منها على ترشيد استهلاك المياه واستغلاله الاستغلال الأمثل وعدم الإهدار له.

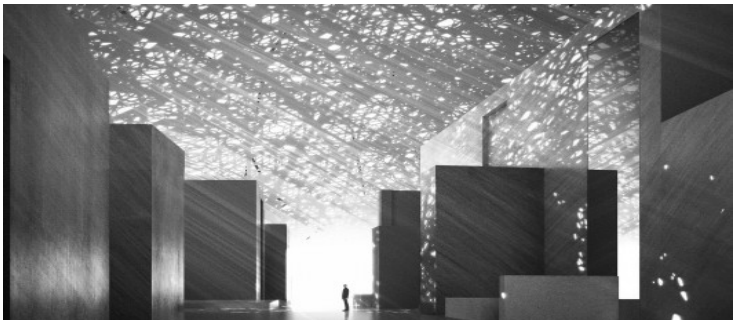
ي/ استخدام المشربيات بطرق مبتكرة وحديثة:

المشربية عبارة عن فتحات منخلية شبكية وخشبية ذات مقطع دائري تفصل بينها مسافات محددة ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي دقيق وبالغ التعقيد وتعمل على ضبط الهواء والضوء وتوفير الخصوصية. في العصر الحديث تمت إعادة استخدام المشربية عن طريق تطويرها من ناحية الشكل والمواد وتم استخدامها على واجهات واسعة وطويلة مثل الأبراج العالية ذات الواجهات الزجاجية لتقليل أشعة الشمس المباشرة والتحكم فيها وما إلى ذلك. وأيضا من الأسباب التي أدت لاستخدام المشربيات في الأبراج والمباني العالية أنها تستخدم لإبراز الهوية المحلية ولغرض الزينة كذلك.

من أمثلة استخدام المشربية بتقنية حديثة أبراج البحار بأبوظبي والتي تم توضيحها في الصورة رقم (2-23) حيث تعتمد المشربية على التقنية في عملها. مثلا عندما تكون أشعة الشمس مباشرة عليها تنغلق أجزاء المشربية وعندما تنحجب عنها تتفتح تلقائيا لمد المبنى بالإضاءة الطبيعية.

صورة (2-23) توضح استخدام المشربية وتطويرها بتقنية حديثة في أبراج البحار بأبوظبي

المصدر (https://www.syr-res.com/article/4456.html).



صورة (2-24) توضح استخدام الفتحات بالسقف المستوحاة من المشربيات على عدة طبقات بمتحف اللوفر في أبوظبي.

المصدر (https://www.syr-res.com/article/4456.html).

2-5 الخلاصة:

تناول الفصل الإطار النظري للبحث من خلال التعرف على المواضيع التي تضمنها عنوان البحث بدءا بالتعريف بالتصميم المعماري الذي يحتوي على شقين هما التصميم و المعماري (العمارة)، ثم بعد ذلك تم التعرف على أهداف العمارة، وأسس وعناصر التصميم المعماري، وصولا إلى خطوات التصميم المعماري.

بعد ذلك تم التعريف بالمدرسة والوظائف الاجتماعية لها، ومن ثم دراسة واقع التعليم بالسودان منذ الحق الاستعمارية إلى عهدنا الحالي، ومن ثم تم التعرف على أنواع المدارس بالسودان بناءا على الجهة المسئولة عنها وعلى الاعتبارات والنواحي التصميمية لها. بعدها تم تناول المعايير التخطيطية والتصميمية للمدارس في ولاية الخرطوم، والاشتراطات الخاصة بموقع المدرسة، وتحليل موقع المدرسة، والاعتبارات التصميمية الخاصة بفراغات المدرسة الأساسية، ومكونات القسم الإداري، والساحات الخارجية، ونسبة كل تلميذ من الساحة الخارجية.

في الجزء الأخير من الفصل، وبعد أن تم التعرف على التصميم المعماري ومبادئه، تم تناول تعريف الاستدامة ومفهوم الاستدامة عند بعض المعماريين، بعدها تم التطرق إلى موضوع العمارة والبيئة وتطور مفهوم الاستدامة والبيئة في العمارة، بعد ذلك تم التعريف بمبادئ التصميم المستدام، والأبعاد المحورية للاستدامة.أيضا تم التعرف على أهم التحديات التي يواجهها العالم اليوم. أخيرا تم تناول مواد البناء الصديقة للبيئة وبعض المعالجات المعمارية المستخدمة في التصميم المستدام.

سوف يتم في الفصل القادم التركيز على منهجية الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس، والتعرف على تجارب عربية وعالمية لتحقيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس، إلى أن يتم الخروج بمبادئ ومعايير للتصميم المستدام للمدارس بمدينة الخرطوم.

الفصل الثالث: التصميم المعماري المستدام للمدارس:

3-1 مقدمة:

أدى تطور مفهوم الاستدامة إلى الالتفات ناحية التعليم والى تأهيل الجيل الناشئ للتعامل مع هذا المفهوم الذي يُعول عليه الكثير لمواجهة تحديات المستقبل في كافة المجالات من التنمية والإنتاج. فظهرت الدعوات التي تدعو إلى تطوير التعليم بحيث يمكن تأدية هذه الوظيفة مع استصحاب جانب البيئة التعليمية فظهرت (المدارس المستدامة).

يقول مدير فريق التقرير العالمي لرصد التعليم باليونسكو: (إذا أردنا الحصول على كوكب أكثر اخضرارا ومستقبل مستدام فعلينا أن نطالب نظمنا التعليمية بأكثر من نقل المعرفة، إننا بحاجة إلى أن نركز في مدارسنا على آفاق اقتصادية بيئية واجتماعية تساعد على تكوين مواطنين يتمتعون بقدرات كبيرة وكفاءة عالية). واليه تضيف المديرة العامة لليونسكو ايرينا بوكوفا:(لابد من تحقيق تغيير جذري بشأن دور التعليم في تحقيق التنمية لأن للتعليم تأثيرا كبيرا على رفاهية الأفراد من جهة، ومستقبل مجتمعاتنا من جهة أخرى). وبالفعل لقيت هذه الدعوات أصداء تطبيقية لافتة رغم أن كثيرا منها لا يزال في طور الاختبار والتجربة. (البغدادي، 2019).

3-2 مفهوم المدرسة المستدامة:

للمدرسة المستدامة عدة مفاهيم وتعريفات، ومن هذه المفاهيم ما يلي:

المدرسة المستدامة تعمل على إعداد الشباب نحو معيشة مستدامة مدى الحياة من خلال عملية التدريس والسلوكيات يوما بعد يوم. وتضع المدرسة المستدامة قيمة عالية لصالح رفاهية تلاميذها والبيئة المدرسية حيث تعتبر مكان عظيم للتعلم ولتعزيز الثقة بالنفس للتلاميذ للوصول إلى مستويات عالية من الانجاز.(Department of Education in U.K, Framework , 2008)

تعرف اللجنة التعاونية للمدارس ذات الكفاءة (HPS, 2002) المدرسة عالية الأداء أنها: المرافق التي تعمل على تحسين وتطوير البيئة التعليمية وذلك من خلال الاقتصاد في استهلاك الطاقة والموارد والمال.

وفي مفهوم آخر: المدرسة المستدامة لا تحتضن مفهوم الاستدامة فقط ولكن في حد ذاتها أداة تعليمية لتحقيق الاستدامة .(Innovative Design, 2009)

التصميم المستدام للمدرسة هو التصميم الذي يوفر بيئة مادية أفضل للطلاب والموظفين وبتكاليف أقل على مختلف المراحل (The Brendle Group, 2005).

3-3 الاستدامة من المنظور التعليمي:

يمكن أن تعرف تعريف مبسط بأنها: منهجية تعليم وتعلم متعددة التخصصات تغطي الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتكاملة في المنهج الدراسي الرسمي وغير الرسمي، بحيث تساعد الخريجين على تعزيز معارفهم ومواهبهم وخبراتهم لأداء دور مؤثر في تحقيق التنمية المستدامة.

لكي يتحقق مفهوم التنمية المستدامة على أرض الواقع لابد من إتباع مجموعة معايير واشتراطات معتمدة من قبل الهيئات والمنظمات التعليمية الدولية بعضها يتعلق بمواصفات المباني والمنشات المدرسية، وبعضها يتعلق بتطوير المناهج ودمج قضايا التنمية المستدامة فيها، والبعض الآخر يتعلق بالممارسات والأنشطة التي يتفاعل معها التلاميذ.

وفي إطار التقييم وقياس ما حققته المدرسة المستدامة من أهداف ثمة ما يعرف بـ(البصمة البيئية) وهي أداة تستخدم فيها مبادئ حسابية لقياس الموارد التي يتم استغلالها واستهلاكها، وكذلك متطلبات استيعاب ما يتخلف عن مجموعة بشرية ما، وإعادة تدوير المخلفات مع الإشارة إلى أن البصمة البيئية في المؤسسة التعليمية تشتمل على الفائض في الطاقة المستخدمة والفضاء أو المساحة للبنى التحتية وما يستهلك من موارد وخدمات بيئية. وتزداد أهمية النظر بشكل مطرد إلى البصمة البيئية كونها أهم الأدوات لقياس عامل الاستدامة. حيث يُسترشد بقياساتها في توجيه المجتمع والمؤسسات والحكومات للاستفادة من الموارد على نحو أكفأ. والمؤشر الايجابي للبصمة البيئية لدى جموع الطلاب يظهر من خلال توافق سلوكياتهم الحياتية مع مصادر المياه والطاقة، والحد من استهلاكها ومدى إسهامهم في حماية البيئة من التلوث، وكيفية التخلص الآمن من النفايات أو إعادة تدويرها، والحفاظ على الصحة العامة وصون الحياة الطبيعية، وحفظ حق الأجيال القادمة من الموارد الطبيعية. (البغدادي، 2019).

3-4 مبادئ المدرسة المستدامة:

هنالك عدة مبادئ وقواعد يستند عليها مفهوم المدرسة المستدامة، وقد أشير لها في دراسة حول المدارس والاستدامة نشرت على الموقع الالكتروني لوزارة التربية والتعليم في بريطانيا(2008) ومن أهم تلك المبادئ:

أ/ تخفيض تكاليف التشغيل، ويتحقق ذلك من خلال:

* تصميم المدرسة لتحقيق أكبر قدر من الكفاءة المناخية، وذلك من خلال التصميم الضيق والشريطي لفتحات الإضاءة والتهوية، ومعالجتها بكاسرات الشمس المناسبة، مع زراعة الأشجار.

* استخدام نظام الطاقة المتجددة، مثلا طاقة الشمس.

* استخدام المواد والمنتجات التي تساهم في تقليل أعمال الصيانة.

* استراتيجيات الحفاظ على المياه، وإعادة الاستخدام لمياه الغسيل .

* إنشاء طرق آمنة للمشاة.

ب/ تحسين الأداء الأكاديمي، ويتحقق ذلك من خلال:

* تعزيز جودة الهواء الداخلي، مثلا استخدام حساسات لقياس نسبة الكربون في الجو.

* المباني التي تعلم الاستدامة.

* تعزيز العناصر المستدامة في الفراغات التعليمية.

* الاستفادة من التصميم المستدام للموقع لتعزيز المنهج الدراسي.

ج/ حماية البيئة، ويتحقق ذلك من خلال:

* استخدام تكنولوجيا الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

* استخدام منتجات البناء المحلية والملائمة للبيئة.

* تنفيذ استراتيجيات الحفاظ على المياه.

* تعزيز بدائل المواصلات الأقل تلويثا.

* دمج واستخدام أنظمة إعادة تدوير النفايات.

د/ التصميم الموجه نحو الصحة والأمن والراحة، ويتحقق ذلك من خلال:

* توظيف الاستراتيجيات التي تعزز جودة الهواء في الأماكن المغلقة.

* تعزيز مسارات حركة آمنة.

* استراتيجيات لتعزيز الراحة الحرارية والبصرية والصوتية.

هـ/ دعم قيم المجتمع، ويتحقق ذلك من خلال:

* تصميم المدرسة بما يتوافق مع تاريخ وثقافة المكان.

* دمج المدارس في المجتمع المحلي.

* تثقيف المجتمع حول الاستدامة.

3-5 مداخل الاستدامة في المدارس:

يمكن للمدارس دخول حيز الاستدامة من ثمانية مداخل كما وضعها (Shipley, 2009) وذلك لمساعدة المدارس ومن فيها من تلاميذ ومدرسين للارتقاء بمدرستهم لتصبح مدرسة مستدامة، وهذه المداخل هي:

أ/ **الطاقة والمياه:** فتقليل كمية الطاقة والمياه التي تستهلكها المدرسة تمكنها من الاستفادة في توفير التكاليف وتحسين نوعية البيئة المحيطة بالتلاميذ. فالمدرسة المستدامة تبرز للتلاميذ والمجتمع ككل القضايا المتعلقة بكفاءة الطاقة (الإضاءة، الأجهزة، أنظمة التكييف) واستخدام الطاقة المتجددة، وترشيد استهلاك المياه وتجميع مياه الأمطار والاستفادة منها (Ministry of Education,U.K, 2008).

ب/ المواد الغذائية: فالنظام الغذائي الغير صحي يسهم في السمنة والصحة المتدهورة فضلا عن ضعف التركيز والأداء. وفي المقابل المدرسة المستدامة التي تتكفل بتقديم الغذاء الصحي يمكنها تقديم الفوائد الغذائية بالإضافة إلى أنها تحسن فهم التلاميذ بالنسبة للمواد الغذائية ومصادرها. فتقديم الطعام الصحي من مصادر مستدامة يشكل تحديا للمدارس، إضافة إلى أنها تعمل على حماية البيئة وتدعم المنتجين والموردين المحليين. (Government office for London, 2007)

ج/ النفايات: يمكن معالجتها من خلال الاستهلاك المستدام، فالمدرسة المستدامة تقلل التكاليف وتدعم السوق المنتج للبضائع عالية الجودة.

د/ المباني وفناء المدرسة: تصمم المباني المدرسية وتتم إدارتها بشكل يعزز قدرتها لتعليم التلاميذ مبادئ الاستدامة (Shipley, 2009).

هـ/ الاندماج والمشاركة: يمكن أن تعمل المدارس كمراكز للتعلم والتغيير وتعزيز تماسك المجتمع عن طريق جو المدرسة المرحب والذي يعزز مشاركة الجميع ومساهمتهم، وغرس قيم احترام حقوق الإنسان والحريات والثقافات والتعبير الإبداعي بغض النظر عن الثقافة والعمر (Harris, 2008).

و/ النقل وحركة المرور: يتم طرح بدائل للنقل أكثر صحة وأقل خطورة وتلوث مثل: تشجيع المشي، والنقل الجماعي وعدم استخدام المركبات إلا عند الضرورة القصوى (Harris, 2008).

ز/ رفاهية المجتمع: يمكن أن تلعب المدارس بحكم موقعها المركزي في المجاورة السكنية كمراكز للتعلم والتحفيز من أجل التغيير في المجتمع المحلي. وتتيح لهم تجربة كيفية اتخاذ القرارات، وكيفية تطوير المهارات التطبيقية التي تدعم الدراسة في الفصول (Ministry of Education, U.K, 2008).

ح/ البعد الشامل: تهتم المدارس المستدامة بتطوير نظرة عالمية ومسئولة للتلاميذ على أساس المشاركة بتأثير سلوكياتهم وقيمهم الشخصية على التحديات العالمية (Ministry of Education, U.K, 2008)

3-6 الأنشطة الطلابية الخضراء:

يمكن للتلاميذ في المدارس المستدامة المساهمة في تحقيق الاستدامة من خلال عدة أنشطة منها:

أ/ **المشاركة في تطبيق مفهوم إعادة تدوير النفايات،** ويتحقق ذلك من خلال تخصيص إدارة المدرسة لمكان يجمع ويصنف فيه التلاميذ النفايات الصالحة لإعادة التدوير والتصنيع مثل:قوارير البلاستيك، الزجاج، علب الألمونيوم والورق.

ب/ توجيه التلاميذ نحو ترشيد استخدام الطاقة والمياه، واستخدام تقنيات التواصل الحديثة في تبادل الخبرات مع المدارس التي حققت تقدما على صعيد الاستدامة.

ج/ الرحلات البيئية الميدانية تعد من الأنشطة المهمة وذلك بالانضمام إلى أعمال الكشافة ومعسكرات التخييم التي تزيد من ارتباط الطالب بالبيئة وترقى بمستوى احترامه لها. وهنالك العديد من المجالات والأنشطة الصيفية وغير الصيفية التي يمكن للتلاميذ ممارستها داخل وخارج المدرسة لدعم مفهوم الاستدامة. (البغدادي، 2019).

د/ عمل مبادرات للتلاميذ تحثهم على التشجير والزراعة وعدم قطع الأشجار، مثل مبادرة تشجير فناء المدرسة، أو مبادرة تشجير مدخل ورصيف المدرسة الخارجي، وغيرها من الأنشطة الخضراء (الباحث).

3-7 معايير ريادة الطاقة والتصميم (LEED):

(LEED) هو اختصار لـ Leadership in Energy and Environmental Design هذا المعيار تم تطويره بواسطة هيئة المباني الخضراء الأمريكية، وتم البدء بتطبيقه عام 1994 إلى الآن. يتم منح شهادة (LEED) للبناء الأخضر للمشاريع المتميزة في تطبيقات العمارة المستدامة الخضراء في الولايات المتحدة، وهذا النظام نظام توعوي غير ملزم صادر عن هيئة المباني الخضراء الأمريكية U.S Green Building Council (USGBC) ويعتبر (روبرت واتسون) الأب الروحي للمباني الخضراء، وهو عضو ومؤسس في الهيئة المباني الخضراء الأمريكية منذ أوائل التسعينات. إن معايير (LEED) تهدف إلى إنتاج بيئة مشيدة أكثر خضرة ومباني ذات أداء اقتصادي أفضل، وهذه المعايير التي يتم تزويد المعماريين والمهندسين والمطورين والمستثمرين بها تتكون من قائمة بسيطة من المعايير المستخدمة في الحكم على مدى التزام المبنى بالضوابط الخضراء. وتعطى شهادات (LEED) على أربعة مستويات موضحة في الجدول رقم (3-1) وهي:

أ/ مصدق Certified النقاط بين (40-49%).

ب/ الفضي Silver النقاط بين (50-59%).

ج/ الذهبي Gold النقاط بين (60-79%).

د/ البلاتيني Platinum النقاط من 80% فما فوق.

	تصميم وإنشاء المباني	المباني القائمة
المجال	النقاط	
الموقع المستدام	26	26
كفاءة استخدام المياه	10	14
الطاقة والغلاف الجوي	35	35
المواد والمصادر	14	10
جودة البيئة الداخلية	15	15
المجموع	100	100
النقاط الإضافية		
الإبداع	6	6
الأولوية الجغرافية	4	4
المجموع	10	10
المجموع الكلي	110	110

جدول (3-1) يوضح توزيع النقاط لتقييم المباني الخضراء.

المصدر (زيد، نظام التقييم LEED، المباني الخضراء).

3-8 تجارب عالمية وعربية لتحقيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس:

تبنت الكثير من الدول مفهوم الاستدامة وطبقته في مبانيها وأنظمتها، ومن هذه التجارب التي تمت في مجال التعليم:

أ/ **التجربة الإندونيسية:** بدأت اندونيسيا الاتجاه نحو تطبيق المدارس المستدامة منذ عام 2009، إلا أن المشروع ظل يواجه العديد من الصعاب خاصة على صعيد التمويل، ولم تتطور المناهج خاصة في المراحل الأولى من التعليم بما يحقق معايير الاستدامة على نحو متكامل، ومن ثم لم تنجح التجربة بالصورة المأمولة، ولكن بعد أن قدمت الحكومة الاندونيسية بعض الحوافز لتشجيع القطاع الخاص على المشاركة نجحت التجربة وظهرت سلسلة ما يعرف بـ(المدارس الخضراء) التي تتوزع على مناطق متفرقة من الأرخبيل الاندونيسي. ومن الأمثلة الناجحة للمدارس المستدامة المدارس التي قام بإنشائها رجل أعمال اندونيسي في جزيرة بالي، حيث حصدت إحدى مدارسه على جائزة المدرسة الأكثر اخضرارا في العالم. هذه الجائزة التي تمنح من قبل المركز الأمريكي للمدارس الخضراء. إلا أنه يؤخذ على هذه المدرسة رسوم الدراسة العالية التي تقدر بحوالي

10 آلاف يورو في السنة. يتعلم الأطفال في هذه المدرسة مفهوم الاستدامة وحماية البيئة. وأتت تسمية المدرسة بـ(المدرسة الخضراء)؛ نسبة لأنها صديقة للبيئة حيث استخدم في بنائها الخيزران والعشب الأخضر والطين، يتبين ذلك في الصورة رقم (3–1) ولم يتم استخدام الأسمنت إلا في أجزاء بسيطة من الأساسات، وكما هو موضح في الصورة رقم (3–2) فان المدرسة تعمل بالطاقة الشمسية الصديقة للبيئة.

صورة (3–1) توضح البيئة المحيطة بالمدرسة الخضراء ببالي.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3–2) توضح استخدام الطاقة الشمسية بالمدرسة.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3–3) توضح استخدام الخيزران في أثاثات المكتبة.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3–4) توضح صالة طعام التلاميذ.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3–5) توضح الملعب الرياضي بالمدرسة.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3–6) توضح ساحة النشاط بالمدرسة.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

صورة (3-7) توضح اهتمام الطلاب بجانب البيئة والزراعة.

المصدر (https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali)

ب/ التجربة اليابانية: والتي تعرف بنظام (توكاستو) التربوي، الذي تناوله بالتفصيل تقرير يحمل عنوان(عالم التوكاستو) صادر عن جامعة طوكيو، ويشير إلى أنه نظام تتوسع فيه المجالات والأنشطة الصيفية وغير الصيفية التي تستهدف تنمية الشعور بالجماعة والمسئولية لدى الطلاب تجاه المجتمع والبيئة المدرسية المحيطة، وتحقيق التنمية المتوازنة بين الجوانب الاجتماعية والبيئية والأكاديمية، بحيث تتراكم الخبرات والمهارات لدى الطلاب منذ مراحل تعليمهم الأولى لكي يكونوا متمتعين بقدر عال من الشخصية الإنسانية المتزنة والمتكاملة (البغدادي، 2019). ومن أبرز ما يميز تجربة التوكاستو الآتي:

1- تركز على جميع مهارات التلميذ من خلال التوسع في الأنشطة بدلا من المناهج، وإلغاء كل شيء يخص الحفظ والتلقين واستبداله بمهارات الإبداع والتفكير.

2- تتيح للتلاميذ ممارسة العمل الجماعي وتحديد الأدوار، التي تؤدي إلى بناء الشخصية وتدعو إلى ممارسة الأنشطة البيئية والتعريف بها.

3- تسعى لجعل المدرسة والفصل الدراسي مجتمعا واحدا، وزيادة انتماء التلاميذ إلى المدرسة والبيئة المحيطة بهم. المصدر (شوقي، 2019).

ج/ تجربة أمريكا اللاتينية: تم بناء أول مدرسة عامة مستدامة في أمريكا اللاتينية في بلدة ساحلية في مقاطعة كانيلونس بأورغواي. حيث يتعلم التلاميذ الممارسات البيئية، وتنمية التزامهم بالحفاظ على الموارد الطبيعية للكوكب. تم تشييد المبنى في سبعة أسابيع فقط، المسئول عن إنشاء هذه المدرسة هو المعماري الأمريكي مايكل رينولدز، الذي كرس خلال العقود الماضية جهوده لبناء مشاريع مستدامة. حيث استخدم ما يقرب من 60% من المواد المعاد تدويرها في بنائه مثل: العلب البلاستيكية، والزجاجية والكرتون ، و40% من المواد التقليدية. يستخدم المبنى ألواح شمسية كما هو موضح في الصورة رقم (3-10) للحصول على الطاقة ولديه نظام تجميع ومعالجة لمياه الأمطار للاستهلاك البشري في الخدمة والري. للمبنى نوافذ ضخمة تسمح له بالاستفادة القصوى من ضوء النهار. وتم تصميم الهيكل ليتحمل درجات الحرارة المتفاوتة، ويسمح تصميمه خلال فصل الصيف بتدوير الهواء النقي بطريقة طبيعية عن طريق بعض الأنفاق التي تصل حتى الفصول الدراسية، وفي الشتاء تغلق هذه القنوات.

المصدر .(Jaramillo, 2018, Latin American Post, V21252)

صورة (3-8) توضح بيئة المدرسة من الخارج.

المصدر (https://via.news/south-america/first-self-sustainable-school-latin-america/).

صورة (3–9) توضح أحواض زراعة التلاميذ بفناء المدرسة.

المصدر (https://via.news/south-america/first-self-sustainable-school-latin-america/)

صورة (3–10) توضح استخدام ألواح الطاقة الشمسية للحصول على الطاقة للمبنى.

المصدر (https://via.news/south-america/first-self-sustainable-school-latin-america/)

مواصلة للتجارب في البلدان العربية:

د/ مدارس الحس البيئي بالمملكة العربية السعودية: نظرا لأن أطفال اليوم هم شباب الغد فقد أطلقت جمعية البيئة السعودية برنامج(مدرسة الحس البيئي) بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، ويشمل البرنامج عدد من المدارس ورياض الأطفال. يعتبر هذا البرنامج أحد البرامج التي تنفذها الجمعية في إطار الإستراتيجية الخاصة بالتوعية والتثقيف للمجتمع بالبيئة لإنشاء أجيال أكثر وعيا للحفاظ على البيئة وأسلوب الحياة الخضراء، من خلال مجموعة من الأنشطة المدرسية البيئية، والربط بين المناهج التعليمية عن طريق المعلمين والمعلمات المدربين على أيدي خبراء وطنيين ودوليين في الجمعية بالمفاهيم والمهارات البيئية الأزمة لإنجاح هذا البرنامج.

* لمدارس الحس البيئي عدة أهداف منها:

1/ زيادة معرفة المعلمين بقضايا البيئة المختلفة بشكل عام مع الاهتمام بالقضايا البيئية المحلية بشكل خاص.

2/ تفعيل دور المدرسة والمعلم والتلميذ في خدمة البيئة والمجتمع.

3/ زيادة معرفة التلاميذ وتعزيز قدراتهم في مجال المحافظة على البيئة من أجل تحقيق تنمية مستدامة.

4/ الربط بين المناهج التعليمية والتعليم غير الرسمي لعمل أنشطة خارج حدود المنهج الدراسي (القرني،2011).

مدرسة الحس البيئي هي برنامج دولي للتعليم البيئي يهدف إلى رفع وعي التلاميذ بقضايا التنمية المستدامة من خلال العمل في الصفوف المدرسية والمدرسة والمجتمع. تعمل على تشجيع التلاميذ لاتخاذ دور فاعل في إدارة مدارسهم لفائدة البيئة، حيث يتم القيام بالخطوات العملية لتقليل الأثر البيئي للمدرسة بإتباع أنظمة الإدارة البيئية مثل (EMAS) مخطط الإدارة والتدقيق البيئي- المقاييس الدولية (ISO14001). ومن الأنشطة التي تمارس في مدارس الحس البيئي:

1/ فصل النفايات العضوية عن البلاستيكية والورقية والزجاجية في حاويات خاصة، لتعويد الطلاب على فصل النفايات والتعامل معها في المدرسة، وتشجيعهم لفعل ذلك في منازلهم.

2/ تدريس التلاميذ ورش عمل عن كيفية إعادة استخدام وتدوير النفايات.

3/ مبادرات غرس الأشجار وإعطائهم مسؤولية رعايتها.

4/ تحويل النفايات العضوية إلى سماد طبيعي واستخدامها في الزراعة (مدونة أوراق خضراء).

هـ/ تجربة دولة الأمارات العربية المتحدة (مبادرة المدارس المستدامة): في إطار سعي دولة الأمارات العربية المتحدة إلى توفير بيئة مستدامة بهدف الحفاظ على البيئة، أطلقت الدولة مؤخرا مبادرة المدارس المستدامة التي تسعى إلى جنب العديد من المبادرات الأخرى التي تعمل على تحقيق السلام البيئي والحفاظ على الموارد الطبيعية.

* أهداف مبادرة المدارس المستدامة:

1/ تمكين التلاميذ من التواصل مع المجتمع.

2/ بناء القدرات المدرسية في مجال تدقيق ورصد التأثيرات البيئية وإدارتها بأفضل الأساليب المتاحة.

3/ توفير الفرصة للمعلمين لتعلم أساليب ومهارات جديدة لنقل التعليم البيئي في الفصول الدراسية. (مبادرة المدارس المستدامة في الإمارات، مدونة ماي بيوت الإماراتية).

4/ تواصل التلاميذ بالبيئات المختلفة من خلال الرحلات البيئية الميدانية.

أطلقت مبادرة المدارس المستدامة عام 2009، بالشراكة مع دائرة التعليم والمعرفة في أبو ظبي، حيث تتيح للتلاميذ استكشاف البيئة والتعرف على أساليب يمكنهم من خلالها تقليل بصماتهم البيئية. وتقوم المدارس بتقييم أدائها البيئي في خمسة محاور مختلفة هي:

1/ الهواء. 2/ الماء.

3/ التربة. 4/ الطاقة.

5/ النفايات.

* ومن أمثلة المدارس التي سعت لتطبيق مفهوم الاستدامة بالأمارات العربية المتحدة، مدرسة (Aquila) الموضحة في الصورة رقم (3-11) وهي مدرسة بريطانية تم افتتاحها عام 2018.

صورة (3-11) توضح منظور خارجي لمدرسة Aquila.

المصدر (/https://www.theaquilaschool.com/ar)

صورة (3-12) توضح منظور للمدرسة من الناحية الخلفية.

المصدر (/https://www.theaquilaschool.com/ar)

صورة (3-13) توضح الأشجار بمدخل المدرسة واستخدام المشربية بطريقة حديثة.

المصدر (/https://www.theaquilaschool.com/ar)

صورة (3-14) توضح زراعة الأشجار و استخدام المشربيات بصالة القراءة من الداخل.

المصدر (/https://www.theaquilaschool.com/ar)

3-9 أهداف التنمية المستدامة The Sustainable Development Goals (SDGs):

تم اعتماد أهداف التنمية المستدامة والمعروفة أيضا باسم الأهداف العالمية من قبل الأمم المتحدة في عام 2015 باعتبارها دعوة عالمية للعمل من أجل القضاء على الفقر، وحماية الكوكب، وضمان تمتع جميع الأشخاص بالسلام والازدهار بحلول عام 2030. وهذه الأهداف هي:

أ/ القضاء على الفقر	No Poverty
ب/ انعدام الجوع	Zero hunger
ج/ الصحة الجيدة	Good Health and Well being
د/ جودة التعليم	Quality Education
هـ/ المساواة بين الجنسين	Gender Equality
و/ المياه النظيفة والصرف الصحي	Clean Water and Sanitation
ز/ طاقة نظيفة وبأسعار معقولة	Affordable and Clean Energy
ح/ العمل اللائق والنمو الاقتصادي	Decent work and Economic Growth
ط/ الابتكار في الصناعة والبنية التحتية	Industry, Innovation and infrastructure
ي/ تقليل عدم المساواة	Reduced inequalities
ك/ المدن والمجتمعات المستدامة	Sustainable Cities and Communities
ل/ الاستهلاك والإنتاج المسئولان	Responsible Consumption and Production
م/ العمل المناخي	Climate Action
ن/ الحياة تحت الماء	Life below Water
س/ الحياة على الأرض	Life on Land
ع/ العدالة والسلام والمؤسسة القوية	Peace, Justice and Strong Institution

ف/ الشراكة من أجل الأهداف Partnership for the Goals

المصدر (UNDP, 2015)

* يمكن تطبيق عدة نقاط من أهداف التنمية المستدامة بالتصميم المعماري للمدارس، وهي:

أ/ الصحة الجيدة: يتحقق ذلك من خلال البيئة التي ستوفرها المدرسة للتلاميذ، والتي ستكون صحية وذات هواء نقي متجدد خالي من الغازات والانبعاثات الضارة والملوثات التي تنتج من مواد غير صديقة للبيئة، كذلك عن طريق الحصول على التهوية والإضاءة الطبيعية اللازمة لأداء النشاط التعليمي بصحة جيدة داخل الفصل الدراسي، وذلك من خلال التصميم الضيق والشريطي لفتحات الإضاءة والتهوية، ومعالجتها بكاسرات الشمس المناسبة، مع زراعة الأشجار في المحيط الخارجي.

ب/ جودة التعليم: يتحقق ذلك من خلال دراسة التلاميذ مناهج تعنى بالبيئة والمحافظة عليها، مع مواكبتها لمعايير التعليم العالمية الحديثة التي تحقق مفهوم جودة التعليم.

ج/ المياه النظيفة والصرف الصحي: يتحقق ذلك من خلال معالجة المياه بالمدرسة، وترشيد الاستهلاك من قبل التلاميذ والاستفادة من مياه الصرف الصحي وإعادة تدويرها عن طريق توفير وحدات معالجة للاستفادة منها مرة أخرى في ري الأشجار، الحدائق وأعمال النظافة.

د/ المجتمعات المستدامة: يتحقق هذا الهدف عن طريق جعل مجتمع المدرسة مترابط ومتكافل؛ لتحقيق مبادئ الاستدامة والتي منها الجانب الاجتماعي، الذي يحث على المشاركة في مبادرات تحقيق الاستدامة بين التلاميذ داخل محيط المدرسة مثل: زراعة الأشجار، إعادة تدوير النفايات، وغيرها من المبادرات الخضراء.

هـ/ الاستهلاك والإنتاج المسئولان: يتحقق ذلك عن طريق تحقيق مبدأ الحفاظ على الموارد الغير متجددة والاحتفاظ بها للأجيال القادمة، وتبني مفهوم إعادة الاستخدام والتدوير للمواد مرة أخرى، مع ترشيد استهلاك الطاقة والمياه.

3-10 معايير تطبيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس:

خلاصة للدراسات التي قام بها الباحث مستعينا بمعايير ريادة الطاقة والتصميم، والمعلومات التي تم استخراجها من المراجع والمواقع والمدونات العلمية، تم اقتراح معايير من قبل الباحث لتطبيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس، وهذه المعايير كالأتي:

أ/ محددات بيئية للموقع:

هنالك محددات بيئية خارج المدرسة تحكم البيئة داخلها، وتساعد في تطبيق مفهوم الاستدامة، ويمكن إيجاز هذه المحددات في النقاط التالية:

1/ أن يكون موقع المدرسة بعيدا عن مصادر التلوث.

2/ سلامة الطرق المؤدية للمبنى، وذات أمان بالنسبة للتلاميذ.

3/ تشجير الطرق وممرات التلاميذ المحيطة للمبنى؛ لتهيئة التلاميذ من الخارج قبل الدخول للمبنى المدرسي.

4/ زراعة الأشجار على محيط السور؛ لعمل حاجز طبيعي يحمي من مختلف الانبعاثات الغازية، والملوثات الجوية، وكمصدات للرياح والأتربة.

ب/ مواصفات ومعايير فناء المدرسة:

1/ أن يكون ذو تصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.

2/ التنظيم والتنسيق الزراعي له بحيث يوفر بيئة صحية للتلاميذ والحصول على أماكن ظليلة ذات هواء نقي يساعد التلاميذ على تأدية أنشطتهم المختلفة.

3/ العناية بالملاعب الرياضية من حيث الأرضيات الخضراء التي تعمل على امتصاص صدمات التلاميذ بها، مع تشجير محيط الملاعب بحيث تسمح بممارسة النشاط الرياضي في أوقات مختلفة.

4/ الاهتمام بالحديقة المدرسية التي يمارس بها التلاميذ العديد من الوظائف التعليمية والبيئية.

5/ توفير مكان مخصص لدفن بقايا النباتات وإعادة استخراجها للاستخدام كسماد عضوي للأشجار بالمدرسة.

ج/ مواصفات مباني المدرسة:

1/ أن تكون مواد البناء من مواد متجددة وغير ناضبة .

2/ أن تكون مواد البناء من مواد معاد تدويرها إذا أمكن ذلك.

3/ أن تكون مواد البناء من مواد صديقة للبيئة ولا تحدث أي أثر سلبي.

4/ تصميم المبنى بمعالجات للحرارة وأشعة الشمس الغير مرغوب فيها.

5/ تزويد المبنى بنظام لتجميع مياه الأمطار للاستفادة منها في الري والنظافة.

6/ التوجيه الصحيح للمبنى للاستفادة القصوى من التهوية والإضاءة الطبيعية.

د/ مواصفات الفصول والقاعات الأخرى:

1/ أن تكون ذات إضاءة طبيعية كافية؛ لتوفير الطاقة التي تستخدم للإنارة الصناعية.

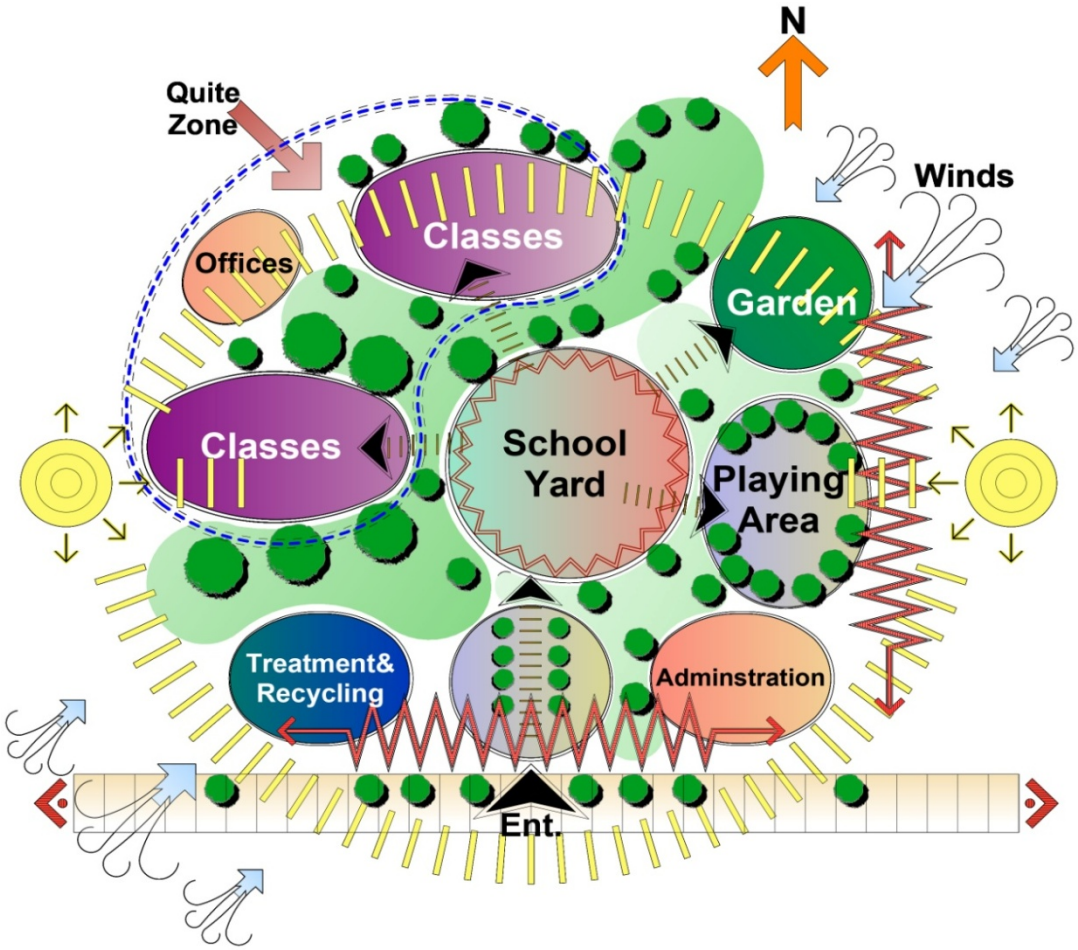
2/ أن تكون ذات تهوية طبيعية وفتحات مناسبة لتحقيق ذلك، وبها معالجات في حالة الفتحات بالواجهات التي تسمح بدخول أشعة الشمس المباشرة.

3/ أن تكون ذات ألوان جدران مناسبة للنشاط الذي سيمارس داخل القاعة وأن تكون مبهجة وخالية من المواد العضوية.

4/ عزل الفصول وأماكن القراءة عن الضوضاء.

5/ تزويد دورات المياه بأدوات تحد من استهلاك المياه.

3-11 نموذج لمواصفات تخطيط وتصميم معماري يجعل من المبنى المدرسي مستدام:



شكل (3-1) نموذج تنطيق يوضح ترتيب أماكن الفراغات والأنشطة التي تساهم في جعل المدرسة مستدامة./ المصدر (الباحث).

هنالك عدة اعتبارات ومواصفات تخطيطية وتصميمية على مستوى التشكيل الكتلي لفراغات المدرسة تجعل من المبنى المدرسي مستدام؛ أي أنه يمكن ترتيب وتصميم الكتل البنائية للمدرسة بطريقة تساعد على جعل المبنى المدرسي مستدام، تم توضيح ذلك في الشكل رقم (3-1) والذي يوضح تنطيق للفراغات والأنشطة المختلفة للمدرسة. حيث أنه يتم الدخول عن طريق الرصيف الخارجي إلى مدخل واستقبال المدرسة، منه إلى الباحة الرئيسية، والتي يكون بها ممر رئيسي لحركة التلاميذ وعلى محيطه أشجار تساعد في تأكيد الممر وتظليله، إضافة لتلطيف الجو وتجديده. يمكن ربط بعض المكاتب الإدارية التي تتعامل مباشرة مع الزوار وأولياء الأمور، لفصل حركة الزوار عن حركة التلاميذ داخل المدرسة. بعد ذلك يتم الانتقال إلى ساحة تجمع التلاميذ التي يؤدى بها النشاط الصباحي، والتي يمكن أن تحد بمكاتب إدارية؛ لإدارة النشاط ومراقبة سلوك وأداء التلاميذ. بعد ذلك

يتم التوجه للفصول الدراسية، والتي لها العديد من الاعتبارات تجعل منها محققة للاستدامة كما تم ذكرها في المعايير سابقا؛ وذلك لتحقيق أهم مبدأ من مبادئ الاستدامة وهو مبدأ الحفاظ على الطاقة، عن طريق توفير طاقة التكييف والطاقة المهدرة في الإضاءة الصناعية. ويراعى أيضا زراعة الأشجار الظليلة على محيط الفصول الدراسية؛ حتى ترمي بظلالها عليها والتي تساهم في توفير تكلفة العزل الحراري. يتم فصل ساحات النشاط وأماكن اللعب الخارجية عن الفصول الدراسية، ووضعها في مناطق مهيأة بها ميادين خضراء تكون كأرضية آمنة للعب التلاميذ، مكتظة بالأشجار الظليلة التي تعمل أيضا على تجديد الهواء وتوفير الأوكسجين، وجعل الميادين ظليلة لممارسة الأنشطة التي تكون في منتصف النهار الحار. أيضا من الاعتبارات توفير ركن خاص بالأنشطة الخضراء والأنشطة الخاصة بزراعة وتشجير حديقة ومحيط المدرسة والتي تدار بواسطة الطلاب مباشرة؛ لغرس الجانب البيئي في أنفسهم. وتتخلل الكتل البنائية للمدرسة أماكن لتجميع النفايات والتي تصنف إلى: أماكن تجميع نفايات البلاستيك، أماكن تجميع بقايا الطعام والمخلفات العضوية وأماكن تجميع الأوراق؛ وذلك لإعادة تدويرها والاستفادة منها مرة أخرى.

3-12 الخلاصة:

تناول الفصل الثالث التصميم المعماري المستدام بالنسبة للمدارس بشكل خاص، بعد أن تم تناول الاستدامة بشكل عام في الفصل السابق. حيث تطرق الفصل لمعرفة مفهوم الاستدامة من المنظور التعليمي، ومن ثم التعرف على مبادئ المدرسة المستدامة، والمداخل التي يتم عن طريقها تحقيق الاستدامة بالمدارس والمتمثلة في: الطاقة، المياه، النفايات، المواد الغذائية، المباني وفناء المدرسة، الاندماج والمشاركة ، النقل وحركة المرور، رفاهية المجتمع والبعد الشامل. بعد ذلك تم التعرف على الأنشطة الطلابية الخضراء التي تساعد في تحقيق مفهوم الاستدامة، ومنها تم الانتقال إلى معرفة معايير ريادة الطاقة والتصميم (LEED)، بعد ذلك تم التطرق لبعض التجارب العالمية والعربية التي تعنى بالاستدامة في المدارس، ومنها: التجربة الاندونيسية، التجربة اليابانية، وتجربة أمريكا اللاتينية، وعربيا تم التعرف على تجربة المملكة العربية السعودية، تجربة دولة الإمارات العربية. بعد هذه التجارب تم التعرف على أهداف التنمية المستدامة.

ختاما لهذا لفصل وللدراسات والمباحث التي تطرق لها تم الخروج بمعايير لتطبيق الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس، والمتمثلة في: المحددات البيئية للموقع، مواصفات ومعايير فناء المدرسة، مواصفات مباني المدرسة، ومواصفات الفصول والقاعات. وتم تقديم نموذج لمواصفات تخطيط وتصميم معماري يجعل من المبنى المدرسي مستدام.

الفصل الرابع : دراسة تحليلية للتصميم المعماري للمدارس بمدينة الخرطوم:

4-1 مقدمة:

تعتمد وزارة التربية والتعليم المعايير التصميمية للمدارس التابعة لها بالتعاون مع وزارة التخطيط العمراني، حيث تتجدد تلك المعايير من فترة إلى أخرى.

في هذا الفصل ستتم دراسة تحليلية لنماذج مدارس بمدينة الخرطوم، وسيكون تحليل وتقييم الدراسة بناءا على معايير تحقيق الاستدامة بالتصميم المعماري للمدارس التي كانت خلاصة لدراسة الباحث بالفصل الثالث، والتي نتجت من معايير (LEED) ولائحة البناء بولاية الخرطوم، إضافة إلى المعايير التي طبقت في نماذج مدارس البلدان الأخرى.

4-2 حدود منطقة الدراسة:

تم اعتماد مدينة الخرطوم وأخذ نماذج مدارس بمناطق مختلفة منها، وهذه المناطق هي: منطقة الحي الراقي، منطقة الامتداد الجديد، منطقة أركويت ومنطقة الجريف غرب.

4-3 المنهجية المتبعة للتحليل والتقييم:

تتبع الدراسة النهج التحليلي المتمثل في:

أ/ الملاحظة. ب/ الزيارات الميدانية.

ج/ المقابلات الفردية (مدراء المدارس+ معلمين+ عينة عشوائية من التلاميذ).

د/ تحليل الباحث للنماذج بناءا على المعايير التخطيطية والتصميمية التي تمت دراستها **في الفصل الثاني**، أيضا المعايير التي قد استخلصها من معايير (LEED) ونماذج البلدان الأخرى في **الفصل الثالث** والمتمثلة في: (المحددات البيئية للموقع، مواصفات ومعايير فناء المدرسة، مواصفات مباني المدرسة والفصول والقاعات). وذلك بإعطاء تقدير جيد في حالة تطبيق النموذج للمعيار، وإعطاء مقبول في حالة تطبيق المعيار بطريقة جزئية وإعطاء ضعيف في حالة عدم استخدام المعيار، وسيتم إعطاء ثقل لمعايير تطبيق الاستدامة عن المعايير التخطيطية والتصميمية والتي تم الخروج بها من لائحة البناء بولاية الخرطوم، حيث ستضاعف نسبة معايير الاستدامة؛ حتى يكون لها وزن مؤثر في حساب النسبة العامة لتطبيق معايير الاستدامة، كما هو موضح في الجدول التالي:

تقدير المعيار	ثقل المعيار التخطيطي والتصميمي	ثقل معيار الاستدامة
جيد	10 درجات	20 درجة
مقبول	5 درجات	10 درجات
ضعيف	0 درجة	0 درجة

جدول (4–1) يوضح ثقل ووزن المعايير المستخدمة في تحليل عينة الدراسة./ المصدر (الباحث).

– نسبة التقييم النهائي للنموذج = المجموع الجبري لقيم تطبيق المعايير بالنموذج * 100

المجموع الكلي لقيم المعايير.

حيث أنه سيتم التقييم ل:

أ/ المعايير التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.

ب/ المعايير التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.

ج/ معايير تصميم فناء وساحات المدرسة.

4–4 أسباب اختيار مدينة الخرطوم (منطقة الدراسة):

أ/ تعتبر الخرطوم العاصمة وحاضرة السودان.

ب/ قلة الدراسات التي تعنى بالاستدامة في المدارس.

ج/ السعي والمساهمة في إيجاد حلول لتصميم المدارس بحيث تتكيف مع مشكلة انقطاع التيار الكهربائي، ومشكلة إهدار المياه والاستغلال السيئ لها من قبل التلاميذ بمدارس المدينة.

د/ معايشة الباحث لمدينة الخرطوم، ودرايته ببعض المدارس بالمدينة.

4–5 أسس اختيار تلك النماذج:

تم اختيار تلك النماذج بناءا على:

أ/ بيئة وثقافة المدرسة: حيث تختلف بيئة وثقافة المدارس الأجنبية عن السودانية.

ب/ الموقع العام: هنالك 3 مدارس تقعان بالقرب من شوارع رئيسية بمدينة الخرطوم و2 في وسط حي سكني.

ج/ المساحة العامة للمدرسة، ومدى تلبيتها للمتطلبات الوظيفية.

د/ التصميم المعماري للمباني ومدى توفر المتطلبات الوظيفية والفراغية التي تساعد في جودة التعليم.

هـ/ المرحلة الدراسية: حيث تشترك كل المدارس المختارة في أنها مدارس مرحلة الأساس.

4-6 عينة الدراسة:

4-6-1 المدارس المختارة للدراسة والتحليل:

تم اختيار 5 نماذج لمدارس بمدينة الخرطوم، حيث سيتم تحليلها على مستويين، هما مستوى المدارس ذات النهج والتصميم الأجنبي، ومستوى المدارس ذات النهج والتصميم السوداني، وتم تقسيم دراسة وتحليل النماذج على مستويين حتى يتم عقد مقارنة في نهاية تحليل عينات كل مستوى على حدا، والتي لا بد أن تكون عينات متجانسة حتى لا تعطي تباين في النتائج والتحليل نظرا للفرق الشاسع بين عينات المستويين. وهذان المستويان هما:

1/ مستوى المدارس ذات النهج والتصميم الأجنبي ولها عينتين دراسيتين هما:

أ/ مدرسة مجتمع الخرطوم العالمية Khartoum International Community School (KICS)

ب/ مدرسة الخرطوم الأمريكية Khartoum American School (KAS)

2/ مستوى المدارس ذات النهج والتصميم السوداني، وله ثلاث عينات هن:

أ/ مدرسة المجلس الأفريقي للتعليم الخاص (مدرسة عمر بن عبد العزيز الأساسية بنين).

ب/ مدرسة الجريف غرب (2) بنين. ج/ مدرسة الجريف غرب (3) بنين.

4-7 محاور تحليل التصميم المعماري للنماذج المختارة للمدارس بمدينة الخرطوم:

سيتم التعريف بكل مدرسة وتوضيح الموقع الخاص بها والمكونات الفراغية؛ حتى تتضح الصورة للعناصر التصميمية لكل مدرسة، ومن ثم تقييم الاستدامة في التصميم المعماري لها من حيث كفاءة استخدام المياه، الطاقة، المواد والمصادر، النفايات، البيئة الداخلية والخارجية للمدرسة.

4-8 تحليل النماذج المختارة:

4-8-1 تحليل عينات مستوى المدارس ذات النهج والتصميم الأجنبي:

أ/ مدرسة مجتمع الخرطوم العالمية Khartoum International Community School (KICS):

- الموقع:

تقع المدرسة بالحي الراقي جنوب الخرطوم، جنوب شارع مدني مباشرة.

- تاريخ الإنشاء:

تم إنشاء KICS عام 2004، والتي صممت من قبل شركة كويتية.

- المساحة الكلية للمدرسة:

تبلغ مساحة المدرسة 5 فدان.

- المداخل:

يوجد بالمدرسة مدخل واحد فقط من الناحية الشمالية، كما هو موضح في الصورة رقم (4-1) يفتح على شارع فرعي.

صورة (4-1) توضح مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة KICS./ المصدر (Google Earth).

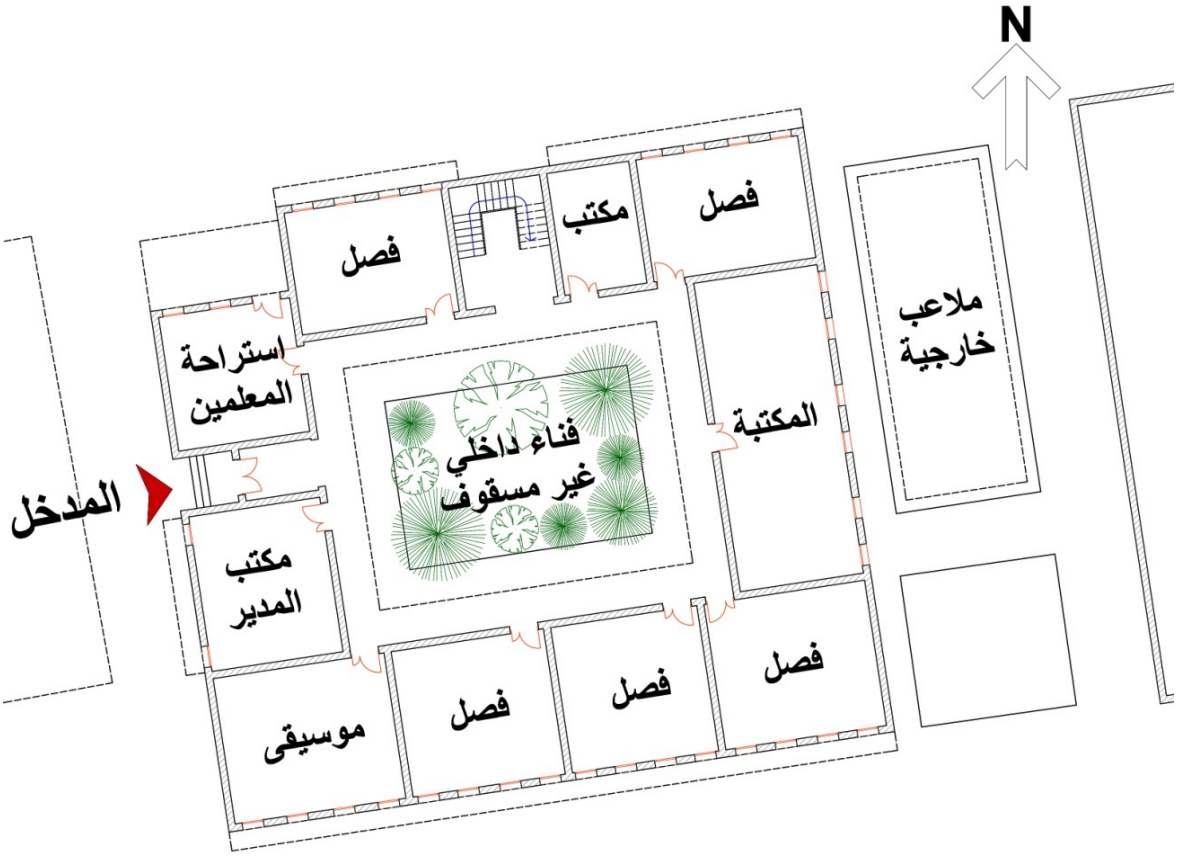
- المرحلة الدراسية التي سيتم تحليلها بالمدرسة:

مرحلة التعليم الأساسي Primary Section

- من عمر 6- 10 سنة.

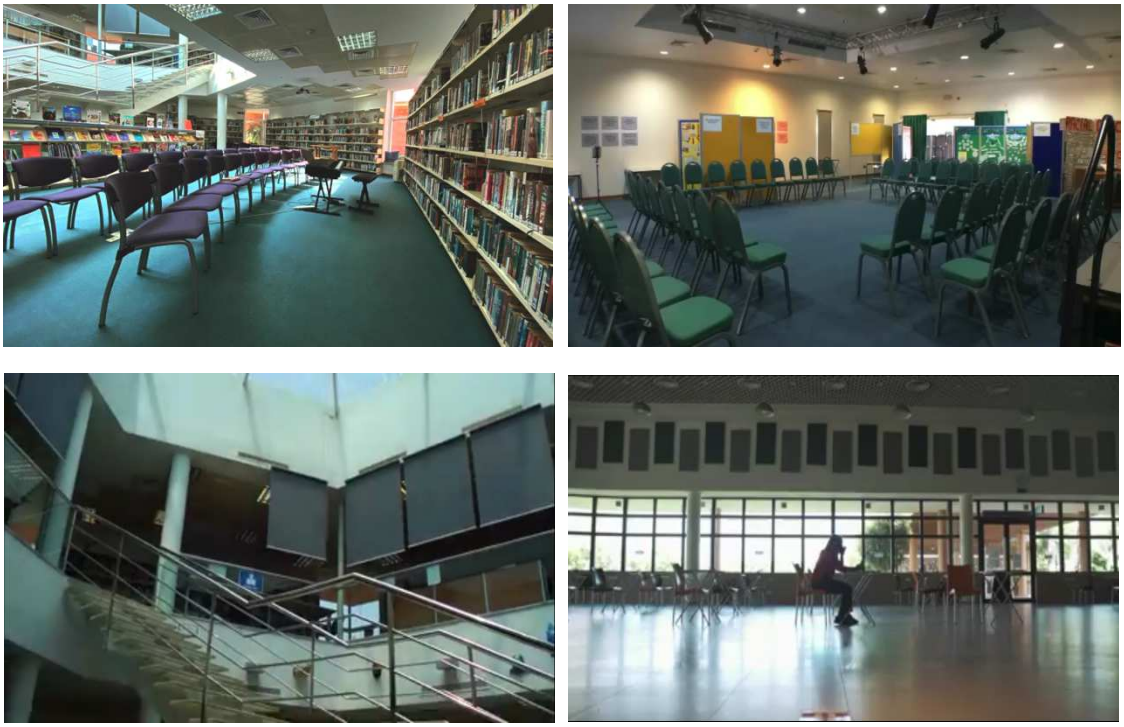
* المكونات الفراغية للمرحلة الأساسية:

يحتوي المبنى الخاص بالتعليم الأساسي على طابقين+ بدروم، به الفراغات الآتية: عدد 8 فصول دراسية، مكتبة، قاعة متعددة الأغراض، مكاتب للأساتذة، مكتب للمدير،معمل حاسوب صالة رياضية، صالة موسيقى، دورات مياه، استراحة أساتذة. أما البدروم يحتوي على: مخازن للأثاث والكتب ومعدات النظافة.



صورة (4-2) توضح خارطة الطابق الأرضي لمرحلة الأساس بمدرسة (KICS).

المصدر (الباحث).



صورة (4-3) توضح الفراغات الداخلية للمدرسة.

المصدر (http://www.kics.sd).

صورة (4-4) توضح تناغم المبنى مع البيئة الخضراء المحيطة له.

المصدر (http://www.kics.sd).

- مواد البناء:

تم بناء الجدران والفواصل الداخلية من الطوب الأحمر مع استخدام الطوب الحراري في الواجهات، وقد تم استعمال الخرسانة المسلحة في السقوفات.

- المعالجات التي تم اعتمادها لمعالجة الحرارة بالمباني:

أ/ تمت زراعة الفناء الداخلي المكشوف Inner Court Yard

صورة (4-5) توضح زراعة الأشجار في الفناء الداخلي للمبنى.

المصدر (http://www.kics.sd).

ب/ حماية النوافذ باستخدام كاسرات شمس أفقية، كما هو موضح في الصورة رقم (4-5).

صورة (4-6) توضح استخدام كاسرات الشمس الأفقية للحماية من أشعة الشمس.

المصدر (الباحث).

ج/ السقف المزدوج.

صورة (4-7) توضح استخدام السقف الخرساني وآخر من الحديد لتغطية السقف ووحدات التكييف المصدر (http://www.kics.sd).

د/ العزل الحراري للسقوفات.

هـ/ طلاء غلاف المبنى الخارجي بألوان فاتحة نسبيا.

و/ المسطحات المائية.

- نسبة التغطية للمساحة المبنية:

تبلغ حوالي 30%.

- التشطيب والمعالجات للفراغات من الداخل:

- الألوان: تم استخدام ألوان مبهجة داخل الفراغات الدراسية مثل: اللون السماوي، الأخضر والبنفسج الفاتح.

- العزل: تم استخدام عوازل حرارة بالأسقف، كذلك تم استخدام عوازل صوت داخل فراغات الدراسة والمكتبة والقاعة المتعددة الأغراض.

– الإضاءة: تمت الاستعانة بالإضاءة الطبيعية والصناعية معا، مع تبني مبدأ الشفافية لربط البيئة الداخلية بالبيئة الخارجية.

– التهوية: تم توجيه فراغات الدراسة في اتجاه الرياح من الناحية الشمالية والجنوبية، مع ذلك تم استخدام نظام التكييف المركزي المدعم بأجهزة استشعار داخل الفصول لقياس درجة حرارة الكربون بالفراغ.

- بيئة المحيط الخارجي وساحات اللعب:

تحتوي البيئة الخارجية للمدرسة والتي تظهر في الصورة رقم (4–8) على: ساحات ظليلة للعب، ساحة مسقوفة للاحتفالات والتخاريج، 4ملاعب رياضية (ملعب كرة القدم، ملعب كرة السلة، ملعب التنس وملعب الكرة الطائرة) ، ساحة الفطور، مسبح خارجي، مسرح مكشوف. ملحق بالمدرسة من الناحية الشمالية لها حديقة علمية خاصة لتعليم التلاميذ، موضحة في الصورة رقم (4–9) والتي يتم الاهتمام بها وزراعتها بواسطة التلاميذ.

صورة (4–8) توضح الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة.

المصدر (http://www.kics.sd).

صورة (4–9) توضح الحديقة العلمية الملحقة بالمدرسة.

المصدر (الباحث).

- مساحة التلميذ بالفناء الخارجي:

تبلغ مساحة التلميذ بالفناء الخارجي 40م2.

- المعالجات التي تم اعتمادها بالفناء الخارجي:

– زراعة الفناء الخارجي بالأشجار الظليلة للحماية من أشعة الشمس.

– الاستعانة بالمظلات المغطاة بالزنك والمعالجة بالعوازل للساحات الخارجية وأماكن الاحتفال.

– استخدام القش والحصير اللذان يعتبران من المواد المحلية لسقف بعض أماكن الجلوس.

صورة (4–10) توضح استخدام المواد المحلية في المظلات الخارجية.

المصدر (http://www.kics.sd).

- مساحة الفراغات الرئيسية وعدد المستخدمين:

اسم الفراغ	المساحة المخصصة (م2)	متوسط عدد التلاميذ بالفراغ	العدد المعياري
الفصل الدراسي	54	20	28
القاعة المتعددة الأغراض	360	200	250
المكتبة	100	30	40
قاعة الموسيقى	55	20	25
معمل الحاسوب	100	20	35
المسرح الخارجي	700	180	250
المسبح	375	–	–

جدول (4–2) يبين مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ.

المصدر (الباحث).

ستتم الاستفادة من دراسة مساحة الفراغات في معرفة مدى مطابقة الفراغات للمعايير التصميمية للفراغات بناء على لائحة البناء بولاية الخرطوم والمعايير العالمية التصميمية لفراغات المدرسة، ولحساب نسبة مساحة التلميذ بالفراغ و هل مساحة الفراغ كافية لعدد التلاميذ الذي يستوعبه النشاط أم لا.

- الجدول (4–3) يوضح تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة لمدرسة (KICS) والتي استنتجها الباحث في الفصل الثالث من خلال دراسة معايير ريادة الطاقة والتصميم (LEED) وقوانين البناء بولاية الخرطوم، ودراسة نماذج مدارس لدول أخرى طبقت فيها نهج الاستدامة وسيتم التحليل على ثلاث مستويات هي: معايير البيئة المحيطة، معايير فراغات المدرسة الداخلية، معايير الساحات الخارجية.

سيتم الإشارة لمعايير الاستدامة المؤثرة بخط غامق **(Bold)** والتي لها وزن مضاعف عن المعايير التصميمية والتخطيطية الأخرى. حيث سيعطى المعيار جيد وزن (10) درجات في حالة المعايير التخطيطية والتصميمية، بينما يعطى وزن (20) درجة في حالة معايير الاستدامة. كذلك المعيار مقبول يعطى (5) درجات في حالة المعايير التخطيطية والتصميمية، بينما يعطى (10) درجات في حالة معايير الاستدامة. أما المعيار ضعيف فيعطى (0) درجة في كلا الحالتين.

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	يبعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	•		
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	يطل الموقع على شارع فرعي.	•		
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**تم تشجير الرصيف والممر الخارجي للمدرسة واستخدام النخيل عند المدخل.**	•		
4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**تم تشجير جزء من محيط السور للحماية من الانبعاثات.**		•	
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية				.%85.7	
ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام التكييف المركزي+ المراوح.	•		
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك للإضاءة	•		

	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات محمولة على سقف مستعار موزعة حسب اشتراطات الإضاءة.	•		
3-معالجة الصوتيات	البعد عن مصادر الضوضاء	تم فصل الفراغات التعليمية عن مصادر الضوضاء بالمدرسة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	تم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.	•		
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	تمت زراعة أشجار+ كاسرات أفقية+ مظلات خارجية.	•		
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر والحراري، الألمونيوم، والقش؛ بحيث لا تحدث أثر سلبي للبيئة.**	•		
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**وجود مبادرات تحث على ترشيد كهرباء الإضاءة والتكييف (زراعة الفناء الداخلي+ كاسرات الشمس الأفقية).**	•		
7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه لكن لا توجد معالجة وإعادة تدوير للاستفادة منها مرة أخرى للري والنظافة.**		•	
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**لم تتم الاستفادة من مياه الأمطار.**			•

9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف2م وآخر صف8.5م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	يتنوع الأثاث ليناسب كل مرحلة دراسية.	•		
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 12 تلميذ ، مساحة الفرد 2م2.	•		
11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الألمونيوم للأبواب والشبابيك بحيث تسهل نظافته ولا يحدث أثر سلبي.	•		
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	السماوي، الأخضر والبنفسج الفاتح	•		
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام الموكيت +البورسلين.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية				%86.9.	
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	توجد ساحات وملاعب واسعة ونصيب الفرد 40م2.	•		
2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**تحتوي المدرسة على الميادين والساحات الخضراء التي تعمل كأرضية آمنة للعب.**	•		

3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**توجد أشجار ظليلة بالساحات، توفر بيئة صحية تساعد التلاميذ على تأدية أنشطتهم المختلفة.**	•		
4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة تحتوي على مسرح للأنشطة.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ يلائم البيئة الخارجية.	•		
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من النجيلة، الممرات من الحجر الطبيعي والأسمنتي، المظلات من مواد محلية صديقة للبيئة.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				.%100	
المتوسط لمعايير تطبيق الاستدامة على المستويات الثلاث				.%90.8	

جدول (4-3) تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة (KICS)/ المصدر (الباحث).

ب/ مدرسة الخرطوم الأمريكية Khartoum American School (KAS):

- الموقع:

تقع المدرسة بمدينة الخرطوم، بمنطقة امتداد الدرجة الثالثة.

- تاريخ الإنشاء:

تم إنشاء KAS عام 1957.

- المساحة الكلية للمدرسة:

تبلغ مساحة المدرسة 10 فدان.

- المداخل:

يوجد بالمدرسة مدخل واحد فقط من الناحية الشمالية، كما هو موضح في الصورة رقم (4- 11) يفتح على شارع فرعي.

صورة (4- 11) توضح مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة KAS.

المصدر (Google Earth).

- المرحلة الدراسية التي سيتم تحليلها بالمدرسة:

مرحلة التعليم الابتدائي

- من عمر 5- 9 سنة.

- المكونات البنائية والفراغية للمدرسة:

تتكون المدرسة من21 مبنى تشتمل على: 26 فصل دراسي، مختبر علوم، مكتبة، معملين للحاسوب، غرفة الفنون والموسيقى، مكتب الممرضة، ساحة مغطاة للاحتفالات، كشكين للطعام، ساحتين للعب، ملعب كرة السلة (مغطى)، ملعب كرة الطائرة، مسبح، ورش صيانة.

صورة(4–12) توضح خارطة فصول القسم الابتدائي بمدرسة (KAS)./ المصدر (الباحث).

صورة (4–13) توضح مدرسة (KAS) من الداخل.

المصدر (http://www.krtams.org)

- مواد البناء:

تم بناء الجدران والفواصل الداخلية من الطوب الأحمر، وقد تم استعمال سقف الجملون المغطى بالزنك في السقوفات.

- المعالجات التي تم اعتمادها لمعالجة الحرارة بالمباني:

أ/ تمت زراعة محيط المباني من الخارج والفناء الداخلي المكشوف بالأشجار.

صورة (4-14) توضح زراعة الأشجار في الفناء الداخلي للمدرسة.

المصدر (http://www.krtams.org).

ب/ استخدام مظلات في الممرات الداخلية.

ج/ حماية الفتحات والنوافذ من أشعة الشمس المباشرة عن طريق إبراز السقف الجملوني المائل حتى يلقي بظلاله على النوافذ ويعمل ككاسرة أفقية لها، كما هو موضح بالصورة رقم (4-15).

صورة (4-15) توضح بروز السقف الجملوني.

المصدر (http://www.krtams.org).

- نسبة التغطية للمساحة المبنية:

تبلغ حوالي 50%.

- التشطيب والمعالجات للفراغات من الداخل:

– الألوان: تم استخدام اللون البيج بالفصول الدراسية والبنفسج في قاعة الفنون.

– التشطيب: تم تشطيب الأرضيات بالسيراميك، واستخدام نوافذ من الألمونيوم.

– العزل: تم استخدام عوازل حرارة بالسقف الجملوني، كذلك تم استخدام عوازل صوت داخل فراغات الدراسة.

– الإضاءة: تمت الاستعانة بالإضاءة الطبيعية والصناعية معا، حيث تم استخدام نوافذ ذات فتحات كبيرة نسبيا.

– التهوية: تم توجيه المباني بحيث تكون أضلاعها الطولية في اتجاه الرياح من الناحية الشمالية والجنوبية، مع استخدام المراوح ووحدات التكييف.

- بيئة المحيط الخارجي وساحات اللعب:

تحتوي البيئة الخارجية للمدرسة والتي تظهر في الصورة رقم (4–16)على: ساحات ظليلة للعب، ساحة مسقوفة للاحتفالات والتخاريج، 2 ملعب رياضي (ملعب كرة السلة وملعب الكرة الطائرة)، ساحة الفطور، مسبح خارجي. ملحق بالمدرسة حديقة علمية صغيرة خاصة لتعليم التلاميذ موضحة في الصورة رقم (4–17) والتي يظهر فيها التلاميذ وهم يغرسون ويهتمون بالأشجار.

صورة (4–16) توضح الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة.

المصدر (http://www.krtams.org).

صورة (4-17) توضح الحديقة العلمية الملحقة بالمدرسة.

المصدر (http://www.krtams.org).

- مساحة التلميذ بالفناء الخارجي:

تبلغ مساحة التلميذ بالفناء الخارجي 40م2.

- المعالجات التي تم اعتمادها بالفناء الخارجي:

- زراعة الفناء الخارجي بالأشجار الظليلة للحماية من أشعة الشمس والتي تظهر جليا في الصورة رقم (4- 18).

- الاستعانة بالمظلات المغطاة بالزنك والمعالجة بالعوازل للساحات الخارجية وأماكن الاحتفال.

- استخدام القش والحصير اللذان يعتبران من المواد المحلية لسقف بعض أماكن الجلوس.

صورة (4-18) توضح المعالجات التي تم استخدامها في الفناء الخارجي.

المصدر (http://www.krtams.org).

صورة (4-19) توضح مدخل ومسبح المدرسة.

المصدر (http://www.krtams.org).

- مساحة الفراغات الرئيسية وعدد المستخدمين:

اسم الفراغ	المساحة المخصصة (م2)	متوسط عدد التلاميذ بالفراغ	العدد المعياري
الفصل الدراسي	70	13	36
المكتبة	150	26	60
قاعة الموسيقى	120	13	36
قاعة الفنون	70	13	36
معمل العلوم	120	13	36
معمل الحاسوب	100	13	36
المسبح	300	-	-

جدول (4-4) يبين مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ.

المصدر (الباحث).

- الجدول أدناه يوضح تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة (KAS):

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	الضوضاء من شارع محمد نجيب (غرب).		•	
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	يطل مدخل الموقع على شارع فرعي.	•		
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**تشجير جزئي للرصيف والممر الخارجي للمدرسة.**		•	
4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**تم تشجير جزء من محيط السور للحماية من الانبعاثات.**	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية			.%78.5		
ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام وحدات التكييف + المراوح.	•		
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك إضاءة حسب الاشتراطات.	•		

	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات محمولة على سقف مستعار موزعة حسب اشتراطات الإضاءة.	•		
3-معالجة الصوتيات	البعد عن مصادر الضوضاء	تم فصل الفراغات التعليمية عن مصادر الضوضاء داخل المدرسة.		•	
	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	تم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.	•		
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	تمت زراعة أشجار+ كاسرات أفقية+ مظلات خارجية.	•		
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر والحراري، الألمونيوم، والقش؛ بحيث لا تحدث أثر سلبي للبيئة.**	•		
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**وجود مبادرات تحث على ترشيد كهرباء الإضاءة والتكييف (زراعة الفناء الداخلي+ كاسرات شمس أفقية).**	•		
7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه لكن لا توجد معالجة وإعادة تدوير للاستفادة منها مرة أخرى للري والنظافة.**		•	
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**لم تتم الاستفادة من مياه الأمطار.**			•

9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف2م وآخر صف 9م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	يتنوع الأثاث ليناسب كل مرحلة دراسية.	•		
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 13 تلميذ ، مساحة الفرد 2.8م2.	•		
11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الألمونيوم للأبواب والشبابيك بحيث تسهل نظافته ولا يحدث أثر سلبي.	•		
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	البيج والبنفسج.	•		
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام الموكيت +السيراميك.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية				%84.7.	
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	توجد ساحات وملاعب واسعة ونصيب الفرد 40م2.	•		
2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**تحتوي المدرسة على الميادين والساحات الخضراء التي تعمل كأرضية آمنة للعب.**	•		

3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**توجد أشجار ظليلة بالساحات، توفر بيئة صحية تساعد التلاميذ على تأدية أنشطتهم المختلفة.**	•		
4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة للنشاط الصباحي.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ يلائم البيئة الخارجية.	•		
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من النجيلة، الممرات من الحجر الطبيعي والأسمنتي، بعض المظلات من مواد محلية صديقة للبيئة.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				%100.	
المتوسط لمعايير تحقيق الاستدامة على المستويات الثلاث				%87.7.	

جدول (4-5) تحليل وتقييم معايير الاستدامة بمدرسة (KAS)/ المصدر (الباحث).

- **ملخص تقييم نماذج الحالات الدراسية:**

الحالات الدراسية	الحالة(1)	الحالة(2)
معايير الاستدامة التخطيطية	%85.7	%78.5
معايير الاستدامة التصميمية	%86.9	%84.7
معايير الاستدامة للساحات	%100	%100
متوسط المعايير	%90.8	%87.7

جدول (4-6) يوضح ملخص تقييم نماذج حالات دراسة المدارس الأجنبية./ المصدر (الباحث).

- **مقارنة بين عينات مدارس النهج الأجنبي المختارة بالدراسة:**

من خلال تحليل الباحث لعينتي الدراسة، تم التوصل إلى نسبة تطبيق كل عينة دراسية لمعايير الاستدامة، والتي كان قد وصل لها الباحث في الفصل السابق، ويمكن عمل مقارنة بين العينتين على النحو التالي:

* نجد أن المدرسة التي تحصلت على متوسط نسب عالي لمعايير تطبيق الاستدامة بالمدارس الأجنبية هي (KICS) التي تحصلت على نسبة 90.8% لمتوسط معايير الاستدامة، ونعزي ذلك للإمكانيات المالية للمدرسة، ولأنهم راعوا قواعد تصميم المدارس المستدامة، ولتبنيهما مبادئ الاستدامة والحفاظ على البيئة والطاقة والموارد الغير متجددة، والذي يعتبر نهج تبنته الدول المتقدمة في التصميم المعماري لمدارسها.

* نجد أن مدرسة (KAS) تحصلت على متوسط نسب 87.7%، واذا أردنا عمل مقارنة تحليلية للعينتين، سنلاحظ أن مدرسة (KICS) تحصلت على نسبة معايير 85.7% من ناحية الموقع والاشتراطات التخطيطية المستدامة، بينما تحصلت مدرسة (KAS) على نسبة 78.7%، ويمكن أن نعزي ذلك لوقوع مدرسة (KAS) بمنطقة ذات ضوضاء عالية نسبيا،؛ وذلك بسبب وقوع شارع محمد نجيب لها من الناحية الغربية. كذلك إذا قارنا نسب الناحية التصميمية والحلول المستدامة نجد أن مدرسة (KICS) تحصلت على النسبة الأعلى والتي تبلغ 86.9% بينما تحصلت مدرسة (KAS) على نسبة 84.7% ونجد أن النسبتين متقاربتين نسبة لتقديم المدرستين حلول تصميمية مستدامة ولمراعاتهم قواعد التصميم المعماري من ناحية تصميم الفراغات الدراسية وملائمتها لعدد المستخدمين لها وتقديم حلول مستدامة لمعالجة الحرارة بالفراغات مما ينتج عنه توفير في الطاقة المستهلكة في التكييف وتكلفة العزل، وذلك من خلال استخدام كاسرات الشمس والفراغات الداخلية الظليلة بالأشجار، وغيرها من المعالجات المستدامة التي تم التطرق لها خلال تحليل النماذج بالدراسة.

4-8-2 تحليل عينات مستوى المدارس ذات النهج والتصميم السوداني:

أ/ مدرسة المجلس الأفريقي للتعليم الخاص (مدرسة عمر بن عبد العزيز الأساسية بنين):

- الموقع:

تقع المدرسة بمدينة الخرطوم، بمنطقة أركويت- شمال شارع القسم الشرقي.

- تاريخ الإنشاء:

تم إنشاء المدرسة عام 2017م.

- المساحة الكلية للمدرسة:

تبلغ مساحة المدرسة 3600م2.

- المداخل:

يوجد بالمدرسة مدخل واحد فقط من الناحية الغربية، كما هو موضح في الصورة رقم (4-20) يفتح على شارع فرعي.

صورة (4-20) توضح مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة المجلس الأفريقي.

المصدر (Google Earth).

- المراحل الدراسية بالمدرسة:

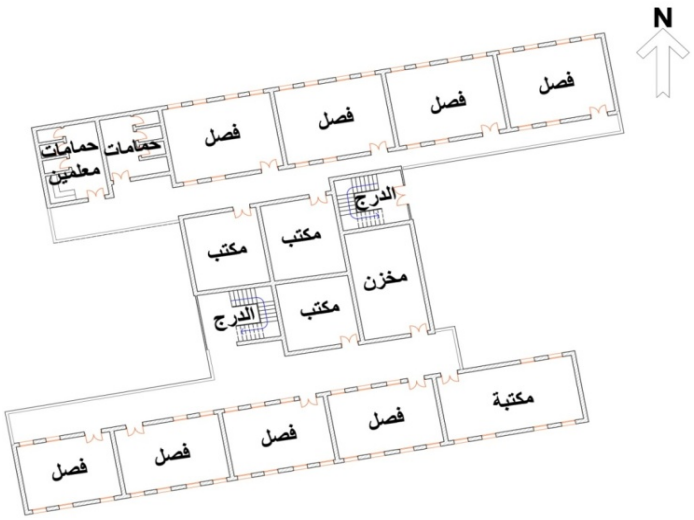
توجد بالمدرسة مرحلة واحدة فقط هي مرحلة التعليم الأساسي.

- من عمر 6- 14 سنة.

- المكونات البنائية والفراغية للمدرسة:

تتكون المدرسة من مبنى رئيسي على شكل حرف (H) عبارة عن أرضي+ طابقين. به 24 فصل دراسي، مكتبة، درجين، مكتب للمدير، مكتب للوكيل، مكاتب أساتذة، مخزن، دورات مياه. ملحق بالمدرسة من الناحية الشمالية مباني للخدمات، عبارة عن: بوفيه، مصلى ومخزن. توجد بالمدرسة 3 ساحات، واحدة مع مدخل المدرسة من الجهة الغربية، أخرى في الناحية الشرقية تستغل لأداء الطابور الصباحي والثالثة من الناحية الشمالية مع الخدمات.

صورة(4-21) توضح خارطة الطابق الأرضي بالمدرسة./ المصدر (الباحث).



صورة(4-22) توضح خارطة الطوابق المتكررة (الأول+ الثاني)/ المصدر(الباحث).

صورة (4-23) توضح مدرسة المجلس الأفريقي من الخارج.

المصدر (الباحث).

صورة (4-24) توضح مدرسة المجلس الأفريقي من الداخل.

المصدر (الباحث).

- مواد البناء:

تم بناء الجدران والفواصل الداخلية من الطوب الأحمر، وقد تم استعمال الخرسانة المسلحة في السقوفات.

- المعالجات التي تم اعتمادها لمعالجة الحرارة بالمباني:

تمت معالجة الحرارة بواسطة تظليل ممرات الحركة الممتدة أمام الفصول الدراسية والمكاتب بنفس السقف الخرساني للفصول والتي ظهرت في الصورة رقم (4-25)، ولم تتم معالجات للتظليل أو لتلطيف الجو من زراعة لمحيط المبني من الخارج والفناء الداخلي المكشوف، حيث أن المدرسة لا تحتوي على أي نوع من الأشجار.

صورة (4-25) توضح تظليل ممرات الحركة أمام الفصول والمكاتب.

المصدر (الباحث).

- نسبة التغطية للمساحة المبنية:

تبلغ حوالي 60%.

- التشطيب والمعالجات للفراغات من الداخل:

- الألوان: تم استخدام اللون البيج بالفراغات الداخلية.

- التشطيب: تم تشطيب الأرضيات بالسيراميك، واستخدام نوافذ من الألمونيوم بها قريل من الحديد، والتي تظهر في الصورة رقم (4-26).

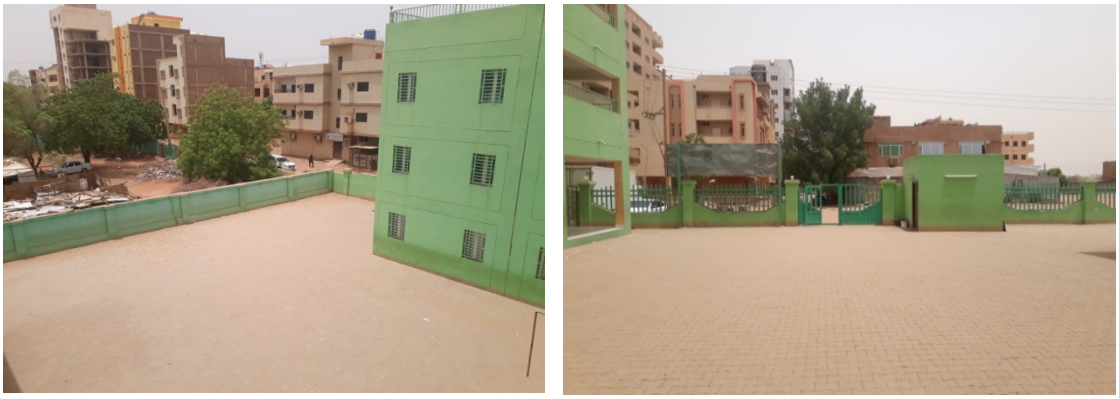
- الإضاءة: تمت الاستعانة بالإضاءة الطبيعية والصناعية معا، حيث تم استخدام 7 نوافذ+ لمبات فلوريسنت بطول 4 قدم للإضاءة الصناعية.

- التهوية: تم توجيه المبني بحيث تكون أضلاعه الطولية في اتجاه الرياح من الناحية الشمالية والجنوبية، مع استخدام عدد مروحتين+ 2 وحدة تكييف بكل فصل.

صورة (4-26) توضح فراغات مدرسة المجلس الأفريقي./ المصدر (الباحث).

- بيئة المحيط الخارجي وساحات اللعب:

تحتوي البيئة الخارجية للمدرسة على: ساحة للطابور، ساحة الفطور وساحة مع المدخل، ولا توجد أي معالجات للحرارة بساحات المدرسة، من تشجير وتظليل بالمظلات وغيرها، كما هو الحال في الصورة رقم (4-27) والتي تظهر فيها الملاعب الخارجية بدون أشجار، ومن غير معالجات مستدامة. تم تشطيب أرضية الساحات بالانترلوك الأسمنتي والذي يعتبر أرضية غير آمنة للعب.



صورة (4-27) توضح الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة./ المصدر (الباحث).

صورة (4-28) توضح مشكلة تسريب مواسير الصرف الصحي بالواجهة الرئيسية.

المصدر (الباحث).

- مساحة التلميذ بالفناء الخارجي:

تبلغ مساحة التلميذ بالفناء الخارجي 10م2.

- مساحة الفراغات الرئيسية وعدد المستخدمين:

اسم الفراغ	المساحة المخصصة (م2)	متوسط عدد التلاميذ بالفراغ	العدد المعياري
الفصل الدراسي	56	32	28
المكتبة	56	28	28

جدول (4-7) يبين مساحة الفراغات وعدد المستخدمين بالفراغات الرئيسية الخاصة بالتلاميذ

المصدر (الباحث).

- الجدول أدناه يوضح تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة المجلس الأفريقي:

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	جنوب المدرسة ورش تسبب ضوضاء			•
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	يطل مدخل الموقع على شارع فرعي.	•		
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**لا يوجد تشجير للرصيف والممر الخارجي للمدرسة.**			•
4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**لا يوجد تشجير على محيط السور يحمي من الانبعاثات.**			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية			.%28.5		

ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام وحدات التكييف + المراوح.	•		
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك إضاءة حسب الاشتراطات.	•		
	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات فلوريسنت بالسقف موزعة حسب اشتراطات الإضاءة.	•		
3-معالجة الصوتيات	البعد عن مصادر الضوضاء	تم فصل الفراغات التعليمية عن مصادر الضوضاء نسبيا داخل المدرسة.		•	
	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	لم يتم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.			•
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	لم يتم زراعة أشجار أو استخدام معالجات مستدامة.			•
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر، الألمونيوم، الخرسانة المسلحة والحديد**		•	
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**لا توجد مبادرات تحث على ترشيد كهرباء الإضاءة والتكييف.**			•

7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**لا توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه، ولا توجد معالجة وإعادة تدوير للاستفادة منها مرة أخرى للري والنظافة.**			•
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**لم تتم الاستفادة من مياه الأمطار.**			•
9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف2م وآخر صف7م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	يناسب الأثاث مرحلة معينة فقط.		•	
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 32 تلميذ، مساحة الفرد 1.4م2.	•		
11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الألمونيوم للأبواب والشبابيك بحيث تسهل نظافته ولا يحدث أثر سلبي.	•		
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	البيج	•		
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام السيراميك.		•	
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية			%52.1.		
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	لا توجد ساحات وملاعب واسعة .			•

2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**لا تحتوي المدرسة على الساحات الخضراء التي تعمل كأرضية آمنة للعب.**			•
3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**لا توجد أشجار ظليلة بالساحات توفر بيئة صحية تساعد التلاميذ على تأدية أنشطتهم المختلفة.**			•
4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة يؤدى بها النشاط الصباحي.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	لا يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ في الساحات يلائم البيئة الخارجية.			•
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من الانترلوك.			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				.%12.5	
المتوسط لمعايير تحقيق الاستدامة على المستويات الثلاث				.%31	

جدول (4-8) تحليل وتقييم معايير تطبيق الاستدامة بمدرسة المجلس الأفريقي/ المصدر (الباحث).

ب/ مدرسة الجريف غرب (2) بنين:

- الموقع:

تقع المدرسة بمدينة الخرطوم، بمنطقة الجريف غرب- الشيطة، تقاطع شارع الشرقي مع محطة المدارس.

- تاريخ الإنشاء:

تم إنشاء المدرسة في ستينيات القرن الماضي، ولكن تمت إزالة المباني القديمة وإحلال مباني جديدة مكانها عام 2014.

- المساحة الكلية للمدرسة:

تبلغ مساحة المدرسة 2700 م2.

- المداخل:

يوجد بالمدرسة مدخلان، كما هو موضح بالصورة رقم (4-29)، واحد من الناحية الشمالية يفتح على شارع فرعي، والآخر من الناحية الشرقية يفتح على شارع رئيسي.

صورة (4-29) توضح مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة الجريف غرب (2) بنين.

المصدر (Google Earth).

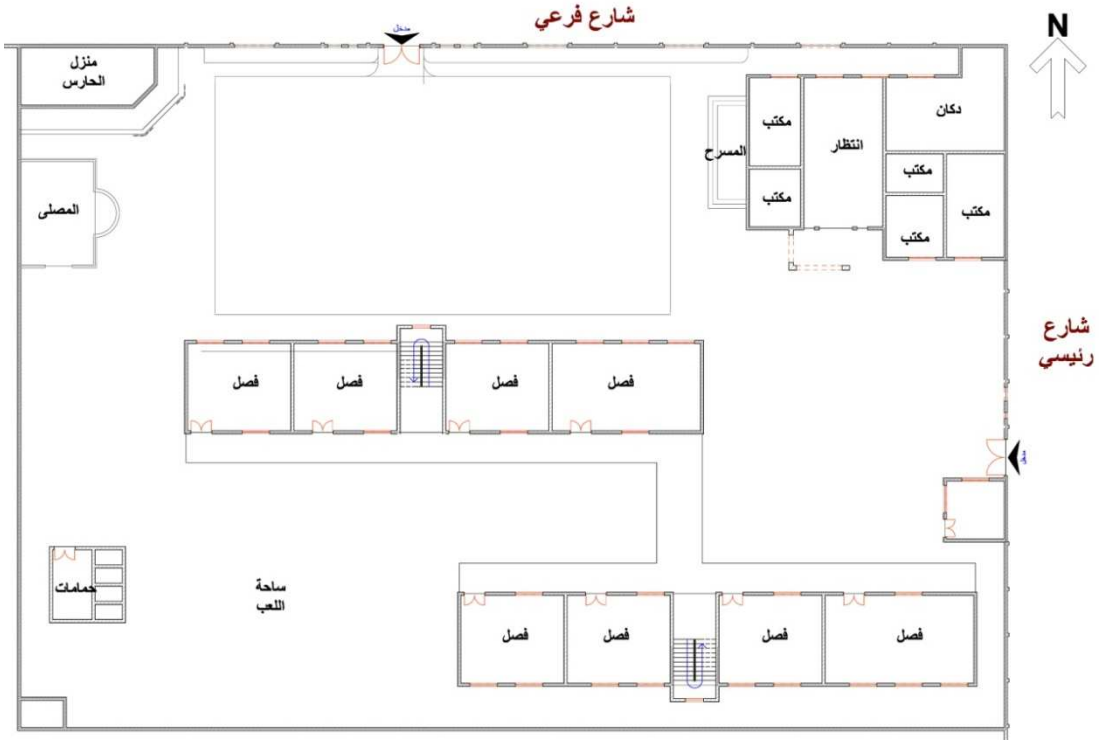
- المراحل الدراسية بالمدرسة:

توجد بالمدرسة مرحلة واحدة فقط هي مرحلة التعليم الأساسي.

- من عمر 6- 14 سنة.

- المكونات البنائية والفراغية للمدرسة:

تتكون المدرسة من مبنى رئيسي يشتمل على: 8 فصول دراسية، درجين، ممرات الحركة، ملحق بالمبنى الرئيسي كتل بنائية أخرى تحتوى على الإدارة، مصلى، منزل الغفير، مخزن ودورات مياه. ملحق بالمدرسة دكاكين استثمارية من الناحية الشمالية الشرقية. كما توجد بالمدرسة 3 ساحات.



صورة(4-30) توضح خارطة الطابق الأرضي بمدرسة الجريف غرب (2) بنين.

المصدر (الباحث).

صورة (4-31) توضح مدرسة الجريف غرب (2) بنين من الخارج./ المصدر (الباحث).

- مواد البناء:

تم بناء الجدران والفواصل الداخلية من الطوب الأحمر، وقد تم استعمال الخرسانة المسلحة في السقوفات.

- المعالجات التي تم اعتمادها لمعالجة الحرارة بالمباني:

تمت معالجة الحرارة بواسطة تظليل ممرات الحركة الممتدة أمام الفصول الدراسية والمكاتب بنفس السقف الخرساني للفصول، ولم تتم معالجات للتظليل أو لتلطيف الجو من زراعة لمحيط المبني من الخارج والفناء الداخلي المكشوف.

صورة (4-32) توضح فراغات المدرسة من الداخل.

المصدر (الباحث).

- نسبة التغطية للمساحة المبنية:

تبلغ حوالي 45%.

- التشطيب والمعالجات للفراغات من الداخل:

- الألوان: تم استخدام اللون السماوي مع الرمادي للتشطيب من الداخل.

- التشطيب: تم تشطيب الأرضيات بالبلاط الأسمنتي العادي، واستخدام نوافذ من الألمونيوم بها قريل خارجي من الحديد.

– الإضاءة: تمت الاستعانة بالإضاءة الطبيعية والصناعية معا، حيث تم استخدام عدد 5 نوافذ ، بالإضافة إلى لمبات بالسقف.

– التهوية: تم توجيه المباني بحيث تكون أضلاعها الطولية في اتجاه الرياح من الناحية الشمالية والجنوبية، مع استخدام مروحتين بالسقف.

- بيئة المحيط الخارجي وساحات اللعب:

تحتوي البيئة الخارجية للمدرسة على 3 ساحات مكشوفة، تم التشطيب بالانترلوك الأسمنتي، كما هو موضح في الصورة رقم (4–28)، والملاحظ فيها عدم وجود مسطحات خضراء للعب التلاميذ، وكذلك افتقار الساحات للأشجار والمظلات الظليلة.

صورة (4–33) توضح الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة.

المصدر (الباحث).

- مساحة التلميذ بالفناء الخارجي:

تبلغ مساحة التلميذ بالفناء الخارجي 15م2.

- مساحة الفراغات الرئيسية وعدد المستخدمين :

اسم الفراغ	المساحة المخصصة(م2)	متوسط عدد التلاميذ بالفراغ	العدد المعياري
الفصل الدراسي	42	36	24

جدول (4–9) يبين مساحة الفصل الدراسي وعدد المستخدمين/ المصدر (الباحث).

- الجدول أدناه يوضح تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (2) بنين:

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	ضوضاء نسبية من الشوارع المحيطة		•	
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	مدخل التلاميذ على شارع فرعي والأساتذة على شارع رئيسي.		•	
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**لا يوجد تشجير للرصيف والممر الخارجي للمدرسة.**			•
4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**لم يتم تشجير محيط السور.**			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية			.%35.7		
ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام المراوح.		•	
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك إضاءة حسب الاشتراطات.	•		

	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات سقف غير كافية.		•	
3-معالجة الصوتيات	البعد عن مصادر الضوضاء	بعض الفصول تطل على ساحة اللعب.		•	
	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	لم يتم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.			•
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	لم يتم زراعة أشجار فقط مظلات للمر.		•	
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر، الألمونيوم، والحديد.**		•	
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**لا توجد مبادرات تحث على ترشيد استهلاك الكهرباء**			•
7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**لا توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه.**			•
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**لم تتم الاستفادة من مياه الأمطار.**			•
9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف1.6م وآخر صف 7م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	لا يناسب الأثاث كل المراحل الدراسية.		•	
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 36 تلميذ ، مساحة الفرد 0.9م2.			•

11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الألمونيوم للأبواب والشبابيك.	•		
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	السماوي مع الرمادي.		•	
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام البلاط الأسمنتي العادي.			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية				.%43.4	
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	لا توجد ساحات وملاعب واسعة ونصيب الفرد 15م2.			•
2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**لا تحتوي المدرسة على الميادين الخضراء.**			•
3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**لم تتم زراعة الأشجار الظليلة بالساحات.**			•
4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة للنشاط الصباحي.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	لا يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ.			•
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من الانترلوك.			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				.%12.5	
المتوسط لمعايير تحقيق الاستدامة على المستويات الثلاث				.%30.5	

جدول (4- 10) تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (2) بنين.

المصدر (الباحث).

ج/ مدرسة الجريف غرب (3) بنين:

- الموقع:

تقع المدرسة بمدينة الخرطوم، بمنطقة الجريف غرب– الشيطة.

- تاريخ الإنشاء:

تم إنشاء المدرسة في عام 1964.

- المساحة الكلية للمدرسة:

تبلغ مساحة المدرسة 4500 م2.

- المداخل:

يوجد بالمدرسة مدخل واحد فقط من الناحية الشمالية، كما هو موضح في الصورة رقم (4–34) يفتح على شارع فرعي.

صورة (4–34) توضح مجاورات، مدخل ومكونات مدرسة الجريف غرب (3) بنين.

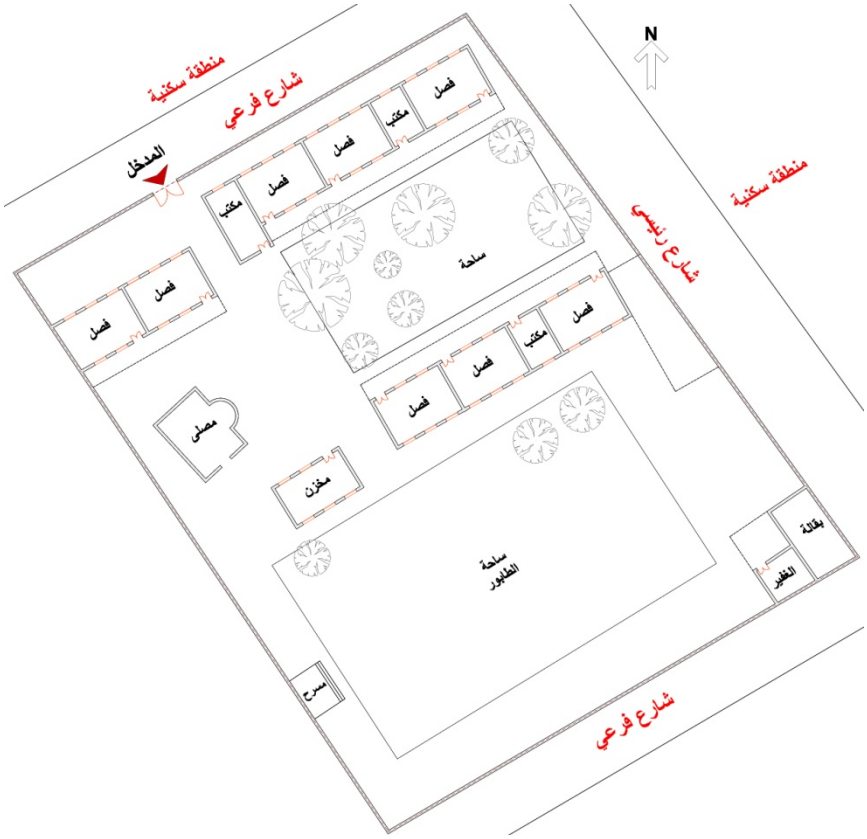
المصدر (Google Earth).

- المراحل الدراسية بالمدرسة:

مرحلة التعليم الأساسي، من عمر 6– 14 سنة.

المكونات البنائية والفراغية للمدرسة:

تتكون المدرسة من عدة مباني، مبنيين كل مبنى به 3 فصول+ مكتب، ممرات الحركة، مصلى، منزل الغفير، مخزن ودورات مياه. ملحق بالمدرسة دكاكين استثمارية من الناحية الجنوبية الشرقية. كما توجد بالمدرسة ساحتين.



صورة (4-35) توضح خارطة الطابق الأرضي بمدرسة الجريف غرب (3) بنين/المصدر(الباحث).

صورة (4-36) توضح مدرسة الجريف غرب (3) بنين من الخارج./ المصدر (الباحث).

- مواد البناء:

تم بناء الجدران والفواصل الداخلية من الطوب الأحمر، وقد تم استعمال هيكل حديدي مغطى بالزنك في السقوفات.

- المعالجات التي تم اعتمادها لمعالجة الحرارة بالمباني:

تمت معالجة الحرارة بواسطة تظليل ممرات الحركة الممتدة أمام الفصول الدراسية والمكاتب بمظلات، وتمت معالجات للتظليل ولتلطيف الجو من زراعة لمحيط المبني من الخارج والفناء المكشوف بين المباني.

- نسبة التغطية للمساحة المبنية:

تبلغ حوالي 35%.

- التشطيب والمعالجات للفراغات من الداخل:

– الألوان: تم استخدام اللون البني مع البيج للتشطيب من الداخل، كما هو موضح في الصورة رقم (4–37) والتي تظهر فيها الفصول من الداخل.

– التشطيب: تم تشطيب الأرضيات بالبلاط الأسمنتي العادي، واستخدام نوافذ من الألمونيوم بها قريل خارجي من الحديد.

– الإضاءة: تمت الاستعانة بالإضاءة الطبيعية والصناعية معا، حيث تم استخدام عدد 5 نوافذ ، بالإضافة إلى لمبات بالسقف.

– التهوية: تم توجيه المباني بحيث تكون أضلاعها الطولية في اتجاه الرياح من الناحية الشمالية والجنوبية، مع استخدام مروحتين بالسقف.

صورة (4– 37) توضح فصول المدرسة من الداخل/ المصدر (الباحث).

- بيئة المحيط الخارجي وساحات اللعب:

تحتوي البيئة الخارجية للمدرسة على ساحتين، ساحة اللعب الأرضية من النجيلة، أما ساحة الطابور الأرضية من التراب.

صورة (4- 38) توضح الساحات الخارجية والملاعب بالمدرسة.

المصدر (الباحث).

- المعالجات التي تم اعتمادها بالفناء الخارجي:

- زراعة الفناء الخارجي بالأشجار الظليلة للحماية من أشعة الشمس.

- الاستعانة بالمظلات المغطاة بالزنك للساحات الخارجية.

صورة (4- 39) توضح المعالجات التي تم استخدامها في الفناء الخارجي.

المصدر (الباحث).

- مساحة التلميذ بالفناء الخارجي:

تبلغ مساحة التلميذ بالفناء الخارجي 25م2.

- مساحة الفراغات الرئيسية وعدد المستخدمين :

اسم الفراغ	المساحة المخصصة(م2)	متوسط عدد التلاميذ بالفراغ	العدد المعياري
الفصل الدراسي	48	36	26

جدول (4-11) يبين مساحة الفصل الدراسي وعدد المستخدمين / المصدر (الباحث).

- الجدول أدناه يوضح تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (3) بنين:

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	ضوضاء نسبية من الشوارع المحيطة		•	
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	مدخل التلاميذ على شارع فرعي.	•		
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**يوجد تشجير جزئي للرصيف والممر الخارجي للمدرسة.**		•	
4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**لم يتم تشجير محيط السور.**			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية				%50.	
ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام المراوح.		•	
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك تساعد في الإضاءة.	•		
	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات سقف غير كافية.		•	

	البعد عن مصادر الضوضاء	بعض الفصول تطل على ساحة اللعب.		•	
3-معالجة الصوتيات	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	لم يتم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.			•
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	تمت زراعة أشجار وعمل مظلات للمر.	•		
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر والحديد.**		•	
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**لا توجد مبادرات تحث على ترشيد استهلاك الكهرباء**			•
7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**لا توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه.**			•
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**لم تتم الاستفادة من مياه الأمطار.**			•
9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف1.6م وآخر صف 8 م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	لا يناسب الأثاث كل المراحل الدراسية.		•	
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 36 تلميذ ، مساحة الفرد 1.2م2.		•	

11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الحديد للأبواب والشبابيك.			•
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	البني مع البيج.		•	
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام البلاط الأسمنتي العادي.			•
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية				.%43.4	
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	توجد ساحتين، نصيب الفرد 25م2.		•	
2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**تحتوي المدرسة على ميدان واحد فقط به مسطح أخضر.**		•	
3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**تمت زراعة الأشجار الظليلة.**	•		
4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة للنشاط الصباحي.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	لا يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ.			•
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من النجيلة والتراب.		•	
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				.%62.5	
المتوسط لمعايير تحقيق الاستدامة على المستويات الثلاث				.% 51.9	

جدول (4-12) تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (3) بنين.

المصدر (الباحث).

- **ملخص تقييم نماذج الحالات الدراسية:**

الحالات الدراسية	الحالة(أ)	الحالة(ب)	الحالة(ج)
معايير الاستدامة التخطيطية	%28.5	%35.7	%50
معايير الاستدامة التصميمية	%52.1	%43.4	%43.4
معايير الاستدامة للساحات	%12.5	%12.5	%62.5
متوسط المعايير	%31	%30.5	%51.9

جدول (4- 13) يوضح ملخص تقييم نماذج حالات الدراسة./ المصدر (الباحث).

- **مقارنة بين عينات الدراسة المختارة:**

من خلال تحليل الباحث لعينات دراسة النهج والتصميم السوداني الثلاث، تم التوصل إلى نسبة تطبيق كل عينة دراسية لمعايير الاستدامة، والتي كان قد وصل لها الباحث في الفصل السابق، ويمكن عمل مقارنة بين العينات الثلاث على النحو التالي:

* نجد أن مدرسة المجلس الأفريقي للتعليم الخاص والتي تحصلت على متوسط نسبة 31% لم تتبنى نهج ومعايير الاستدامة؛ نسبة لعدم الوعي بالجانب البيئي وضرورة الحفاظ على الموارد الغير متجددة وعدم الانتباه لضرورة ترشيد استهلاك الكهرباء والطاقة التي تستهلك لتشغيل المبنى، حيث تم تشييد المبنى المدرسي على شكل طوابق دون مراعاة للجانب البيئي وجانب الاستدامة، حيث لاحظ الدارس عدم وجود أي أشجار ظليلة داخل فناء المدرسة أو خارجها، كذلك عدم وجود معالجات للحماية من أشعة الشمس المباشرة ولأماكن لعب وساحات التلاميذ.

* نجد أن مدرسة الجريف غرب (2) بنين تحصلت على أقل نسبة لمتوسط معايير تطبيق الاستدامة والتي تبلغ 30.5% حيث أنها لم تتبنى نهج ومعايير الاستدامة؛ لضعف الإمكانيات والتمويل المقدم من الحكومة تجاه هذه المدرسة وعدم وعي المصمم المعماري لها بالجوانب البيئية المستدامة، مع إتباعه نهج التصميم التقليدي المتبع لإنشاء المدارس الحكومية.

* نجد أن مدرسة الجريف غرب (3) بنين تحصلت على أعلى نسبة بين عينات الدراسة الثلاث والتي تبلغ 51.9% وبالرغم من عدم حداثة مبانيها إلا أن المدرسة بها بعض الحلول المستدامة المتمثلة في الحماية من أشعة الشمس المباشرة عن طريق استخدام المظلات أمام الفصول وزراعة

الأشجار على محيط مباني الفصول الدراسية من الناحية الجنوبية، مع استخدام الفناءات الداخلية الظليلة التي تحسن من كفاءة البيئة الدراسية في حالة قطوعات الكهرباء، وبالرغم من الإمكانيات المالية الضعيفة للمدرسة، إلا أن الجهد الشعبي لشباب الحي ساهم في عمل مبادرات تشجير وتظليل للمدرسة والارتقاء بها من الناحية البيئية بحيث تقاوم البيئة الدراسية الآثار الناتجة من قطوعات الكهرباء المتكررة.

* قام الباحث باختيار النموذج الذي تحصل على أقل نسبة لمعايير تحقيق الاستدامة وطبق وأدخل به هذه المعايير وقدمها كمقترح في الملاحق المرفقة في نهاية الدراسة.

4-9 موجهات تم التوصل إليها من خلال دراسة الحالة:

توصل الباحث من خلال دراسة وتحليل الحالة إلى عدة موجهات يمكن أن تساعد في جعل التصميم المعماري للمدارس مستدام وهي:

* ضرورة عمل فناء داخلي يتوسط الكتل البنائية للمدرسة.

* ضرورة تشجير ساحات المدرسة لحصول التلاميذ على البيئة الصحية والظليلة.

* ضرورة عمل حاجز اخضر من الأشجار في السور من الداخل والخارج؛ للحماية من الانبعاثات الضارة.

* ضرورة استخدام المواد المحلية الصديقة للبيئة لتقليل التكلفة وللتكيف مع البيئة المنشاة بها المدرسة.

4-10 الخلاصة:

توصل الباحث إلى أهمية تطبيق واستخدام معايير الاستدامة في المباني التعليمية وبصفة خاصة في المدارس؛ حيث تساعد في تقليل الاستهلاك العام للطاقة، مما ينتج عنه التقليل من أعباء الحكومة لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى.

قام الباحث بتلخيص الفصل الرابع في النقاط التالية:

* ابتدأ الفصل بمقدمة عامة ومن ثم التعرف على المنهجية العلمية والطريقة البحثية المتبعة لتقييم الاستدامة في التصميم المعماري للمدارس، وذلك من خلال معرفة عينة الدراسة، أسس اختيار النماذج ومحاور معايير التقييم، ومن ثم تم التعرف على النماذج المختارة من خلال التعريف بها، تحديد موقعها، مواد البناء الخاصة بإنشائها والمعالجات التي تم اعتمادها للفراغات الداخلية والفناء الخارجي. في نهاية كل نموذج تم إلحاق جدول للتحليل والتقييم لمدى تحقق الاستدامة بالمدارس.

* اشتراك معظم المدارس التي تمت دراستها في استخدام الطوب الأحمر للحوائط، والخرسانة المسلحة والزنك للسقوفات.

* إهمال سور ومحيط المدرسة وعدم تشجيره، إما كاملا أو جزئيا.

* وجود الحديقة العلمية في المدارس التي تتبع النهج الأجنبي وعدم وجودها في المدارس السودانية.

* انعدام المسطحات المائية والخضراء بطريقة مثالية في المدارس ذات النهج السوداني.

* نظام تقليدي في تصريف مياه الأمطار، وعدم وجود شبكات وقنوات لتجميع مياه الأمطار.

* لا يتم تجميع النفايات وتجهيزها لإعادة الاستخدام والتدوير.

* لا يوجد ربط بين البيئة الداخلية والخارجية عدا مدرسة مجتمع الخرطوم.

* استخدام ساحة الطابور لأداء الأنشطة الأخرى في المدارس التي تتبع النهج السوداني.

* استخدام مواد بناء محلية وصديقة للبيئة في المدارس الأجنبية بالساحات ومناطق اللعب.

* عدم ملائمة مواد تشطيب وأثاث الحديقة الخارجية في مدارس النهج السوداني.

* لا توجد كفاءة استخدام للمياه والطاقة من قبل التلاميذ.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات:

5-1 مقدمة:

توصل الباحث بعد الدراسة النظرية التي قام بها في الفصول الأولى للبحث، والدراسة التحليلية بالفصل السابق لعدد خمس حالات دراسية لمدارس ذات نهج أجنبي وسوداني إلى نتائج وتوصيات كخلاصة للبحث سيتطرق لها الباحث بالتفصيل في هذا الفصل.

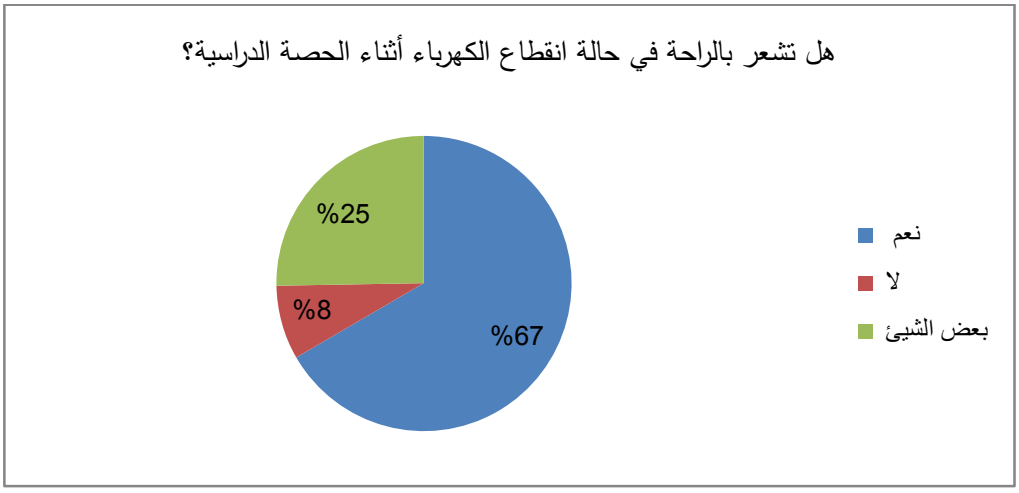
5-2 النتائج:

1- توصل الباحث إلى إثبات الفرضية التي تطرق لها ووضعها في الفصل الأول والتي تقول: تحقيق الاستدامة بالتصميم المعماري للمدارس يساعد على زيادة كفاءة وجودة البيئة الدراسية للتلاميذ والتغلب على الآثار الناتجة من قطوعات الكهرباء بالخرطوم، والتي تتمثل في ارتفاع درجة حرارة الجو وعدم الوصول للراحة الحرارية، الإضاءة الغير كافية ومناسبة لأداء النشاط التعليمي داخل الفصول و البيئة الغير صحية التي لا تساعد على الفهم والاستيعاب؛ عن طريق التصميم الجيد للفتحات والمعالجات المستدامة لها، واستخدام العناصر التي تساعد في تلطيف الجو الحار من تشجير واستخدام لكاسرات الشمس الأفقية وما إلى ذلك. وقد تم إثبات هذه الفرضية عن طريق النسب التي تحصل عليها الدارس من خلال السؤالين المباشرين لعينة عشوائية من تلاميذ عينات الدراسة، وكان السؤالين كالأتي:

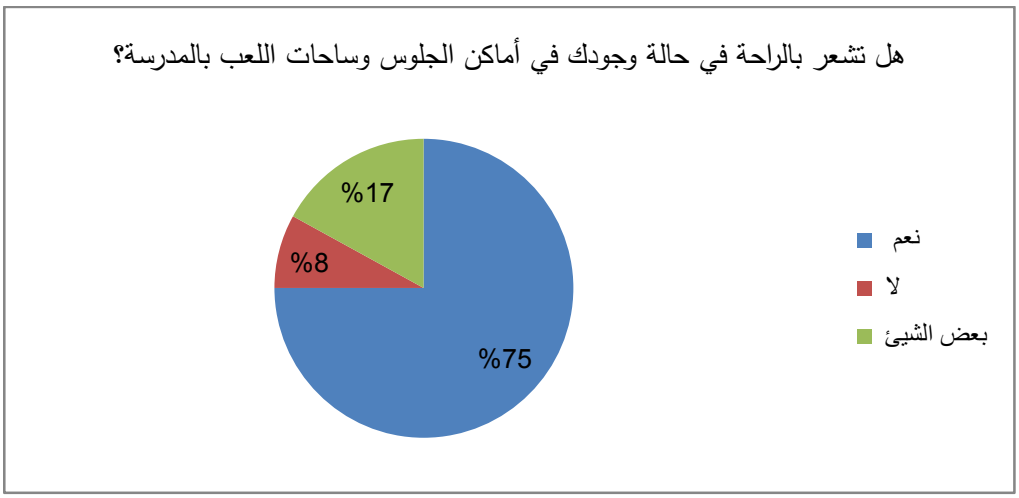
أ/ هل تشعر بالراحة في حالة انقطاع الكهرباء أثناء الحصة الدراسية؟ وكانت الإجابة إما بالنفي أو الإيجاب أو بعض الشيء.

ب/ هل تشعر بالراحة في حالة وجودك في أماكن الجلوس وساحات اللعب بالمدرسة؟ وكانت الإجابة أيضا إما بالنفي أو الإيجاب أو بعض الشيء.

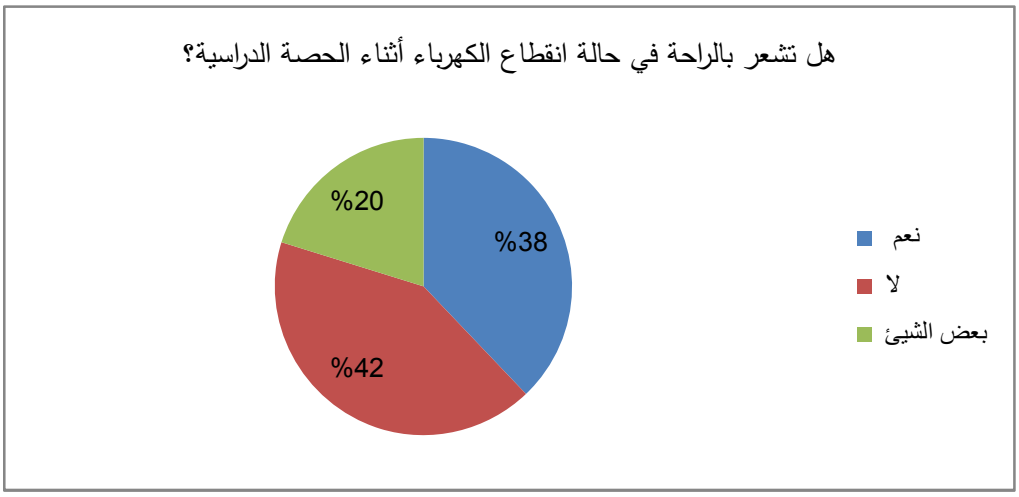
سيتم استعراض نتائج العينات على مستوى مدارس النهج الأجنبي التي طبقت معايير الاستدامة وقواعد التصميم البيئي الجيد بنسبة كبيرة وعلى مستوى مدارس النهج السوداني كما هو موضح في أشكال تحليل نتائج الاستبيان المصغر التالية:



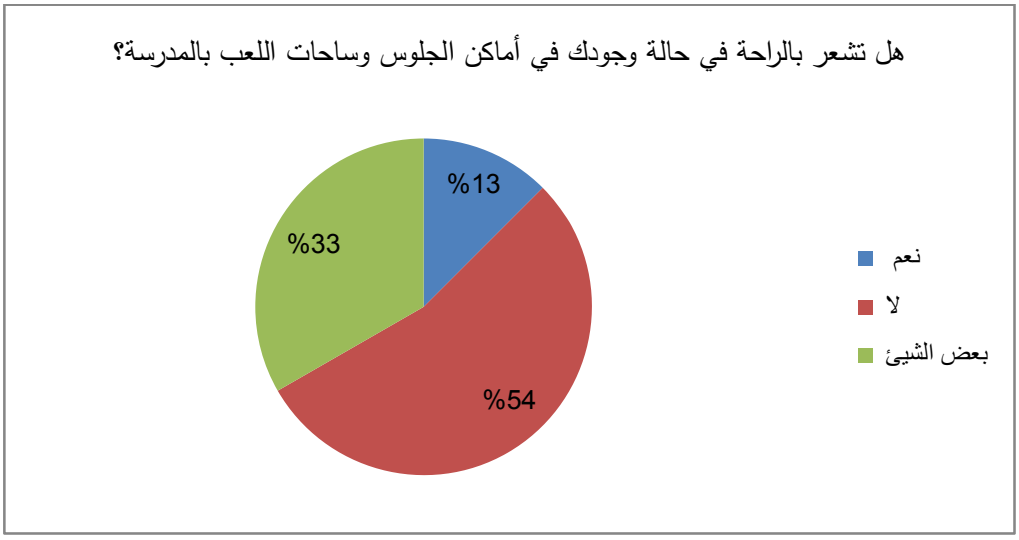
شكل (5-1) يوضح نسب مدارس النهج الأجنبي بالسؤال الأول./ المصدر (الباحث).



شكل (5-2) يوضح نسب مدارس النهج الأجنبي بالسؤال الثاني./ المصدر (الباحث).



شكل (5-3) يوضح نسب مدارس النهج السوداني بالسؤال الأول./ المصدر (الباحث).



شكل (5-4) يوضح نسب مدارس النهج السوداني بالسؤال الثاني./ المصدر (الباحث).

نلاحظ أنه من خلال النتائج التي تحصل عليها الباحث من خلال سؤاله لعينة من تلاميذ المدارس بالدراسة إثبات لصحة الفرضية بالبحث، وتأكيد على أن تطبيق الاستدامة والاهتمام بالبيئة المدرسية وتوفير متطلبات الراحة الحرارية والظل يساعد في خلق بيئة دراسية جيدة للتلاميذ لأداء نشاطهم التعليمي في ظل ظروف انقطاع الكهرباء بالبلاد عامة.

2- توصل الباحث إلى أهمية استخدام معايير الاستدامة بالمدارس حيث تعمل على تقليل الاستهلاك العام للطاقة وترشيد استهلاك المياه؛ مما ينتج عنه تقليل العبء الواقع على الدولة لتوفير الطاقة اللازمة.

3- يمكن استخدام نظام الخلايا الشمسية حيث أن مدينة الخرطوم تعتبر من المناطق الملائمة لتطبيق نظام الطاقة الشمسية كبديل لطاقة المياه.

4- المدارس الخاصة مهيأة من الناحية الصناعية بالنسبة للإضاءة والتهوية، ولكنها تفتقر للجانب البيئي والساحات المفتوحة الظليلة المشجرة على عكس المدارس الحكومية والمدارس الأجنبية.

5- ضعف الوعي والإلمام بالنواحي البيئية والمستدامة من قبل المصممين المعماريين للمدارس الحكومية والخاصة بالسودان.

5-3 التوصيات:

بعد دراسة الوضع الحقيقي والراهن للمدارس بمدينة الخرطوم، توصل الباحث إلى عدة توصيات تساعد في الحث على تطبيق مفهوم الاستدامة بمدارس ولاية الخرطوم، وهي:

5-3-1 توصيات خاصة للدولة:

* أن تتبنى الدولة المشاريع المهتمة بالبيئة، مع اشتراط المعايير البيئية والمستدامة في التصميم المعماري للمدارس؛ لترشيد استهلاك الطاقة، والاستغلال الأمثل للموارد والمياه.

* تكوين وعمل لجنة مختصة تتألف من فريق بحثي متكامل في مجال التصميم المستدام في المدارس؛ لرفع كفاءة المدارس سواء كانت مدارس جديدة، أو إعادة تأهيل مدارس قائمة بالفعل.

* إعادة هيكلة للمعايير والاشتراطات الخاصة بتصميم المدارس؛ لتحسين كفاءتها.

* الاستفادة من التجارب العالمية والعربية التي طبقت معايير المدارس المستدامة، والبدء من حيث انتهى الآخرون في التجربة والتطبيق، مع محاولة التطوير لهذه التجارب.

5-3-2 توصيات خاصة بشأن الموقع والساحات الداخلية:

* إدراج الفناءات الداخلية الظليلة، مع تشجيع التنوع في عناصرها.

* استخدام مواد بناء صديقة للبيئة، ولا تحدث أي أثر سلبي لها.

* إدراج مفهوم الحديقة العلمية التي تنمي مفهوم الاستدامة والحفاظ على البيئة لدى التلاميذ.

* ضرورة تغيير التصميم النمطي ومواد البناء على حسب طبيعة مناخ وموقع كل مدرسة.

* تجميع الكتل البنائية حول الساحات والحدائق ذات الأشجار الظليلة.

* التوجيه الجيد للمباني داخل الموقع، بناء على حركة الشمس والرياح.

* تشجير السور المدرسي من الداخل والخارج.

* إدراج المسطحات المائية بجانب المسطحات الخضراء؛ لتلطيف الجو.

* زراعة الأشجار على جانبي مسارات الحركة الداخلية.

* توفير مظلات من مواد محلية صديقة للبيئة كالقش والحصير.

5-3-3 توصيات خاصة بشأن كفاءة الاستخدام الأمثل للطاقة والمياه:

* الاستفادة من الإضاءة الطبيعية واستغلالها على أمثل وجه؛ لتقليل الاحتياج للإضاءة الصناعية، مما ينتج عنه توفير طاقة التشغيل لها. وذلك عن طريق الفتحات المناسبة لدخول الضوء الطبيعي، وأن توزع على جانبي الفراغ الدراسي.

* استخدام كاسرات الشمس الأفقية أعلى النوافذ وكذلك الأشجار التي تلقي بظلالها على الفصول وتمنع دخول أشعة الشمس المباشرة.

* استخدام الطاقة الشمسية كبديل لطاقة المياه عن طريق الخلايا الكهروضوئية.

* استخدام قنوات ومواسير لتجميع مياه الأمطار في خزانات خاصة، والاستفادة منها في أعمال الري والنظافة.

5-3-4 توصيات بشأن نموذج دراسة الحالة الذي تحصل على أقل نسبة لمعايير تحقيق الاستدامة:

تحصلت مدرسة الجريف غرب (2) بنين على أقل نسبة لمعايير تطبيق الاستدامة، والتي تبلغ 30.5% على الرغم من أنها حديثة الإنشاء، ونعزي أسباب عدم تطبيق الاستدامة فيها إلى ضعف الوعي والإلمام بالنواحي البيئية والمستدامة من قبل المصممين المعماريين، إضافة إلى اعتماد الوزارة نماذج محددة في إنشاء المدارس الحكومية، والتي لم يحصل لها تطوير بمرور الوقت.

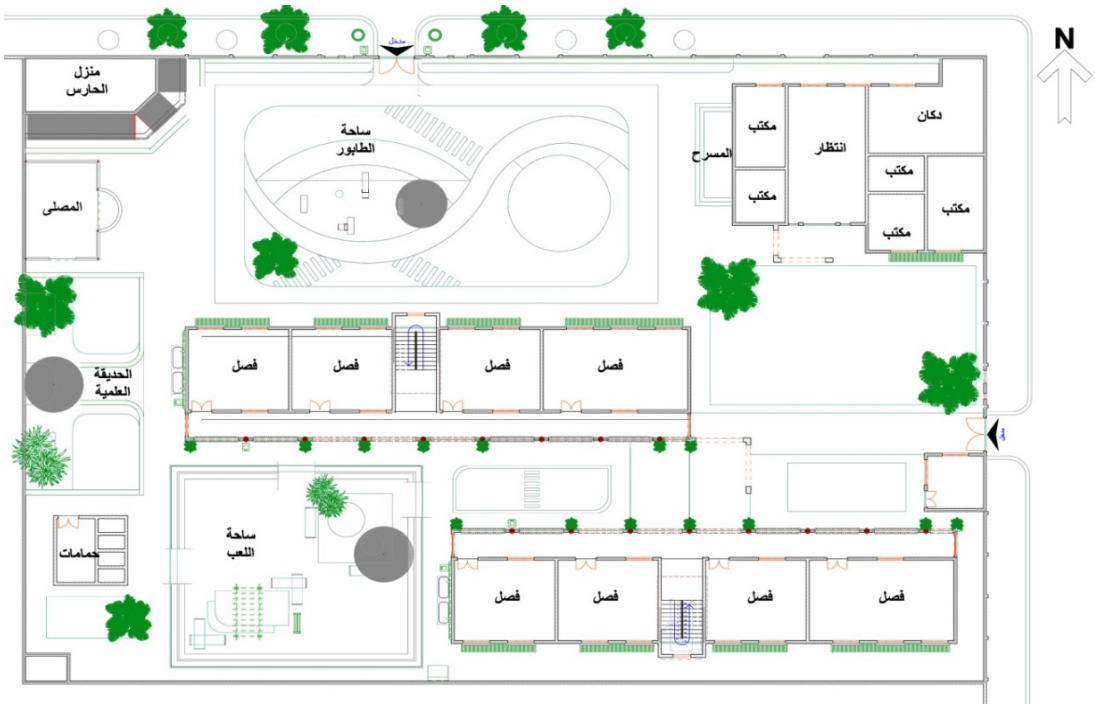
* سيتم إدراج معايير الاستدامة بالنموذج على النحو التالي:

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع:

يتحقق ذلك عن طريق الاهتمام بسور ورصيف المدرسة والطرق المؤدية إليها، عن طريق زراعة الأشجار؛ لعمل حاجز طبيعي يحمي من مختلف الانبعاثات الغازية، والملوثات الجوية.

صورة (5–1) توضح مجمل المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها لتحقيق الاستدامة في الموقع.

المصدر (الباحث).



صورة (5–2) توضح معالجات خارطة الطابق الأرضي لمدرسة الجريف غرب (2) بنين.

المصدر (الباحث).

صورة (5-3) توضح المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها بسور المدرسة لتحقيق الاستدامة.
المصدر (الباحث).

ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة:

ترتكز على عدة مفاهيم منها: استخدام مواد بناء محلية صديقة للبيئة ولا تحدث أي أثر سلبي، مع عمل معالجات للحرارة وأشعة الشمس الغير مرغوب فيها، إضافة إلى تزويد المبنى بنظام لتجميع مياه الأمطار للاستفادة منها في الري والنظافة. أما بالنسبة للساحات الخارجية فيجب أن تستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية، والتنظيم والتنسيق الزراعي لها بحيث توفر بيئة صحية للتلاميذ وللحصول على أماكن ظليلة ذات هواء نقي يساعد التلاميذ على تأدية أنشطتهم المختلفة.

صورة (5-4) توضح مناظير للمعالجات والمعايير التي تم اعتمادها لتحقيق الاستدامة.
المصدر (الباحث).

تمت المحافظة على شكل الشبابيك الموجودة بالوضع الراهن للاستفادة منها في التهوية والإضاءة، مع عمل معالجات لها عن طريق استخدام كاسرات شمس أفقية أعلى الشبابيك، كما هو موضح في الصورة رقم (5-3) والتي تحد من دخول أشعة الشمس المباشرة إلى الفصول الدراسية.

صورة (5-5) توضح المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها بمباني الفصول لتحقيق الاستدامة.

المصدر (الباحث).

صورة (5-6) توضح المعالجات والمعايير التي تم اعتمادها بالساحات لتحقيق الاستدامة.

المصدر (الباحث).

تم إدراج حديقة علمية في الجزء الغربي من المدرسة، كما هو موضح في الصورة رقم (5-4)، والتي تساعد في توطيد مفهوم الاستدامة والاهتمام بالبيئة في نفوس التلاميذ، ولتدريبهم على مهارات وأساليب غرس الأشجار، مع الاستفادة منها كفراغ يدرس فيه حصص الفنون والأنشطة الخارجية؛ للتحفيز والإلهام الذهني للتلاميذ.

صورة (5-7) توضح إضافة حديقة علمية بالمدرسة./ المصدر (الباحث).

- سيتم تقييم تطبيق معايير الاستدامة مرة أخرى بعد عمل التعديلات اللازمة من قبل الباحث، وسيتم التقييم عن طريق جدول المعايير للتأكد من تطبيق المدرسة على نسبة من المعايير كما هو موضح في الجدول (5-1) أدناه:

أ/ معايير الاستدامة التخطيطية التي تعنى بالبيئة المحيطة للموقع.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1- البعد عن مصادر التلوث	بعد الموقع عن مصادر التلوث البيئي	لا تحيط بالموقع ملوثات بيئية.	•		
	بعد الموقع عن مصادر الضوضاء.	ضوضاء نسبية من الشوارع المحيطة		•	
2- سلامة وأمان الطرق المؤدية للمدخل	بعد مدخل التلاميذ عن الطرق الرئيسية.	مدخل التلاميذ على شارع فرعي والأساتذة على شارع رئيسي.		•	
3- التشجير للرصيف الخارجي	**تشجير الرصيف والممرات الخارجية لتهيئة التلاميذ قبل الدخول للمدرسة.**	**يوجد تشجير للرصيف والممر الخارجي للمدرسة.**	•		

4- تشجير محيط السور	**تشجير السور لعمل حاجز طبيعي.**	**لم يتم تشجير محيط السور.**	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التخطيطية			.%85.7		
ب/ معايير الاستدامة التصميمية التي تعنى بمباني وفراغات المدرسة.		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-جودة التهوية	التهوية الطبيعية	توفر شبابيك للتهوية الجيدة بالفراغات.	•		
	التهوية الصناعية	استخدام المراوح.		•	
2-جودة الإضاءة	الإضاءة الطبيعية	توجد شبابيك إضاءة حسب الاشتراطات.	•		
	الإضاءة الصناعية	استعمال لمبات سقف كافية.		•	
3-معالجة الصوتيات	البعد عن مصادر الضوضاء	بعض الفصول تطل على ساحة اللعب.		•	
	استخدام معالجات مستدامة+ عوازل	سيتم استخدام عوازل للفراغات التعليمية.	•		
4-معالجة الحرارة	توجيه الفتحات	تم توجيه الفتحات في الاتجاه الصحيح الذي لا يسمح بدخول الحرارة المباشرة.	•		
	استخدام معالجات مستدامة	سيتم زراعة أشجار وعمل مظلات للمر.	•		
5-مواد البناء	**مواد بناء صديقة للبيئة**	**تم استخدام الطوب الأحمر، الألمونيوم، والحديد.**	•		
6-كفاءة استخدام الطاقة	**الاستغلال الأمثل للكهرباء**	**توجد مبادرات تحث على ترشيد استهلاك الكهرباء**	•		

7- كفاءة استخدام المياه	**الاستغلال الأمثل للمياه**	**توجد مبادرات تحث على عدم إهدار المياه.**		•	
8-تجميع مياه الأمطار	**الاستفادة منها في الري+ النظافة**	**سيتم الاستفادة من مياه الأمطار.**	•		
9- التصميم الجيد للفراغ الدراسي	بعد أول صف وآخر صف عن السبورة	يبعد أول صف1.6م وآخر صف 7م.	•		
	مناسبة الأثاث لكل مرحلة دراسية	يناسب الأثاث كل المراحل الدراسية.	•		
10-سعة الاستيعاب	نصيب التلميذ لا يقل عن 1.4م2.	متوسط عدد التلاميذ بالفصل 28 تلميذ ، مساحة الفرد 1.2م2.		•	
11-تصميم الفتحات(الأبواب+ النوافذ)	أبواب وشبابيك من مواد جيدة	تم استخدام الألمونيوم للأبواب والشبابيك.	•		
	وجود نوافذ على جهتين	توجد نوافذ في الاتجاه الشمالي والجنوبي.	•		
12-مواد التشطيب	الألوان المناسبة	البيج	•		
	الأرضيات الآمنة والسهلة التنظيف.	تم استخدام أرضيات آمنة للتلاميذ.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة التصميمية			.%86.9		
ج/ معايير الاستدامة في تصميم فناء وساحات المدرسة		مدى مطابقة المعيار	التقييم		
			جيد	مقبول	ضعيف
1-استيعاب حركة التلاميذ	التصميم يستوعب حركة التلاميذ اللا متناهية.	توجد ساحات وملاعب ونصيب الفرد 15م2.		•	
2-التنظيم والتنسيق الأخضر	**مسطحات خضراء للعب**	**لا تحتوي المدرسة على الميادين الخضراء.**	•		
3-الأشجار الظليلة	**زراعة الأشجار لتنقية وتلطيف الجو**	**لم تتم زراعة الأشجار الظليلة بالساحات.**	•		

4-ساحة الطابور	ساحة تستوعب النشاط الصباحي	توجد ساحة للنشاط الصباحي.	•		
5- المتطلبات الوظيفية والجوانب البيئية	توفير أثاث للحدائق وأماكن الجلوس+ التصميم الجيد لها	يوجد أثاث مناسب لجلوس التلاميذ.	•		
6-مواد التشطيب	الأرضيات للملاعب والممرات+ المظلات	الأرضيات من النجيلة.	•		
التقييم الكلي لمعايير الاستدامة في تصميم فناء المدرسة				%93.7.	
المتوسط لمعايير تحقيق الاستدامة على المستويات الثلاث				%88.7.	

جدول (5-1) تحليل وتقييم تطبيق معايير الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (2) بنين.

المصدر (الباحث).

* بالنظر للجدول أعلاه نلاحظ ارتفاع نسبة متوسط معايير تحقيق الاستدامة بمدرسة الجريف غرب (2) بنين إلى 88.7% بعد أن كانت 30.5%، ونعزي ارتفاع نسبة متوسط المعايير إلى المعالجات التي قام بها الباحث بداية من الاهتمام بسور ورصيف المدرسة من الخارج وتهيئة التلاميذ قبل الدخول لحرم المدرسة، مرورا بالمعالجات التي تمت لمباني وفراغات الدراسة المتمثلة في استخدام الطوب في الواجهات وكذلك استخدامه في تشكيل جدران ممرات الحركة أمام الفصول واستخدام كاسرات الشمس من الناحية الجنوبية والشمالية لمنع وصول أشعة الشمس المباشرة إلى داخل فصول الدراسة، كذلك تم تشجير محيط الفصول الدراسية حتى تلقي الأشجار بظلالها على جدران وسقوفات الفصول مما يسهم في تلطيف الجو، إضافة إلى زراعة وتشجير ساحات المدرسة والاهتمام بالأثاث الخارجي وأماكن الجلوس، مع إدراج الحديقة العلمية من الناحية الغربية والتي تساهم في رفع وعي التلاميذ بالبيئة، وتساعدهم في ممارسة نشاطاتهم الخضراء وعمل مبادراتهم من تشجير وتنسيق لحدائق المدرسة وغيرها.

علاوة على ذلك قام الباحث بإضافة خزانات لتجميع مياه الأمطار للاستفادة منها في أعمال الري والنظافة، مع استخدام الخلايا الكهروضوئية التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي وضعها الباحث في سقف المبنى.

قائمة المراجع:

أولا/ المراجع العربية:

1. اسماعيل، سمر يوسف، 2011، استراتيجيات تحقيق الاستدامة في التصميم العمراني للمدارس، الجامعة الاسلامية– غزة.

2. الحاج، محمد أحمد علي، 2003، أصول التربية، ط2، دار المناهج، عمان.

3. الجديد والحمدي، منصور بن عبد العزيز– ناصر بن عبد الرحمن، 2018، أثر العوازل الحرارية في الحوائط على الأداء الحراري للمباني في مدينة الرياض، قسم العمارة وعلوم البناء– كلية العمارة والتخطيط– جامعة الملك سعود– الرياض– المملكة العربية السعودية.

4. الجميل،علي/ العمري، أحمد/ و الياسي، تارا، 2013، تأهيل المدارس العراقية وفق متطلبات الاستدامة الاجتماعية، مجلة الهندسة، العدد 19، ص113، جامعة الموصل.

5. الديب، آية سالم حافظ، 2010، التصميم البيومناخي كإحدى مبادئ التنمية المستدامة لخلق فراغ داخلي معاصر، جامعة الاسكندرية– مصر.

5. .السواط، علي بن محمد، 2005، الاستدامة كمدخل لتعزيز دور المهندسين السعوديين في بناء الاقتصاد الوطني، ندوة بعنوان" المهندس ودوره في بناء الاقتصاد الوطني"، مركز الملك

فهد الثقافي، الرياض.

6. الغامدي، عبد الله بن جمعان، 2007، التنمية المستدامة بين الحق في استغلال الموارد الطبيعية والمسئولية عن حماية البيئة، قسم العلوم السياسية– جامعة الملك سعود، المملكة العربية

السعودية.

7. اليافعي، عبد اللطيف، 2007، أسس وتصميم المدارس، مركز الأبحاث، القاهرة.

8. اليونسكو، 1998، قسم السياسة التربوية والتخطيط، المنشآت التربوية معاييرها ومقاييسها، التصميم والبناء والتكاليف.

9. سلمان، مها صباح، 2017، التوجهات الحديثة للعمارة المستدامة، جامعة بغداد.

10. عبد الرحمن، رانيا عز الدين، 2016، تحسين الأداء الحراري بالمباني المدرسية باستخدام مفهوم المدارس الخضراء المستدامة، كلية الدراسات العليا، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

11. عبد الله، نغم أكرم، 2020، تاريخ التعليم في السودان 1899-1964، مجلة الدراسات التربوية والعلمية، العدد السادس عشر، كلية التربية- الجامعة العراقية.

12. عثمان، محمد جعفر حسين، 2019، أثر الوظيفة على تصميم الحيز المعماري المستدام في مدارس الأساس بمدينة الخرطوم بحري، كلية الدراسات العليا، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

13. عيسوي، حسن، 2014، كتاب التصميم المعماري، جامعة الأردن.

14. كتاب عناصر التصميم والإنشاء المعماري (Nufert)

15. محرم، ياسر عثمان، 2010، مقدمة في التصميم المعماري، جامعة عين شمس- مصر.

16. نعيم، محمد علي علي مسعود، 2014، الاستدامة والعمارة(المفاهيم والأبعاد التطبيقية)، كلية الهندسة- جامعة صنعاء.

17. نعيم، محمد علي علي مسعود، 2015، التصميم المستدام من التنظير إلى التطبيق، المجلة العراقية لهندسة العمارة، المجلد 30- عدد2.

18. وزيري، يحيى، 2003، التصميم المعماري الصديق للبيئة- نحو عمارة خضراء، مكتبة الهندسة المعمارية- الجزائر.

ثانيا/ المراجع الأجنبية:

1. Government office for London, 2007, Creating Sustainable School in London.

2. Harris, alma, 2008, leading sustainable schools, Specialist Schools And

Academies Trust, England.

3. Innovative Design, 2008, Reedy Fork Elementary School.

4. Long, Marshall, 2014, Architectural Acoustics(second edition).5. Reed, William G., 1992, The integrative design guide to green Building.

5. Rood man, David Malin& Lenssen, Nicholas, 1995, A building Revolution: How Ecology and health concerns are transforming construction.

6. Shipley, John, 2009, Strategy for Sustainable Schools in Newcastle upon Tyne, Newcastle City council.

7. The Brendle Group, Inc., 2005, with assistance from The Institute for the Built Environment, Sustainable Design Guidelines, Colorado.

8. Yeang, kien Lee,1995, Designing With Nature- The Ecological Basis For Architectural Design, Malaysia.

ثالثا/ المراجع الالكترونية:

1. الموقع الالكتروني لمدارس أكويلا البريطانية بالإمارات ، متوفر على الرابط:

https://www.theaquilaschool.com/ar/ تاريخ الوصول: يوليو 2021

2. الموقع الالكتروني لمدرسة (KAS) متوفر على:

http://www.krtams.org تاريخ الوصول: أغسطس 2021

3. الموقع الالكتروني لمدرسة (KICS) متوفر على:

http://www.kics.sd تاريخ الوصول: أغسطس 2021

4. موقع الباحثون السوريون، بسام الخلف، استخدام المشربيات في الواجهات المعمارية الحديثة، (الكتروني) متوفر على:

https://www.syr-res.com/article/4456.html تاريخ الوصول: يوليو 2021

5. موقع الظل (Shade)، ألاء المغربي، كاسرات الشمس، (الكتروني) متوفر على:

https://shade.ms/100-2005 تاريخ الوصول: يوليو 2021

6. موقع بعدسة معماري، عزة رضا أبو السعود، أسس تصميم المدارس (بناء الأجيال والعقول)، (الكتروني) متوفر على الرابط:

https://byarchlens.com/ -designing-schools تاريخ الوصول: يوليو 2021

7. موقع بي بي سي، مارثا هنريكس، 2019، كيف تواجه الحر بدون أجهزة التكييف، (الكتروني) متوفر على:

https://www.bbc.com/arabic/vert-fut-49449673 تاريخ الوصول: يوليو 2021

8. موقع سعورس، نعيمة القرني، 2011، تطبيق مدارس الحس البيئي في 5 مدن سعودية لتحقيق أهداف برنامج بيئتي علم أخضر وطن أخضر، العدد 121466، (الكتروني) متوفر على الرابط:

https://www.sauress.com/alnadwah/121466. تاريخ الوصول: يوليو 2021

9. موقع صحيفة أخبار الوطن، د.طارق شوقي، 2019، معلومات عن نظام التوكاستو بالمدارس اليابانية، متوفر على الرابط:

https://m.elwatannews.com/news/details/2381879?__cf_chl_jschl_tk62620e85de747e45fbb5217952a5552e62a6954a-1625246989-0-AbuwTrVdVjDymw0yrxhrtqKMDJ2QE8lRPOAmkLKE2gBN3NinLBupYeb_oUvhVyrGE9UsmnM5KL4Rn568jXjyyz1jIz

تاريخ الوصول: يوليو 2021

10. موقع زراعة نت، محمد عبدالسلام عبدالمطلب، 2009، أهمية الأسقف الخضراء– حدائق بابل هذا الزمان، (الكتروني) متوفر على الرابط:

https://www.zira3a.net/articles/green-roofs.html تاريخ الوصول: يوليو 2021

11. موقع مجلة القافلة، فاطمة البغدادي، أكتوبر 2019، المدارس المستدامة الصديقة للبيئة، متوفر على الرابط:

https://qafilah.com/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D8%B3%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%8F%D8%B3%D8%AA%D8%AF%D8%A7%D9%85%D8%A9%D8%A7%D9%84%D8%B5%

تاريخ الوصول: يوليو 2021

12. موقع مقال، رندا عبد الحميد، 2020، أسس التصميم وعناصره، (الكتروني) متوفر على الرابط:

https://mqaall.com/design-principles-elements/ تاريخ الوصول: يوليو 2021

13. موقع مكساتك، صور تصميمات مدارس من الداخل والخارج (الكتروني) متوفر على الرابط:

https://www.mexatk.com/%D8%B5%D9%88%D8%B1%D8%AA%D8%B5%D9%85%D9%8A%D9%85%D8%A7%D8%AA%D9%88%D8%A7%D8%B4%D9%83%D8%A7%D9% تاريخ الوصول: يوليو 2021

14. موقع هادي للزجاج، الزجاج المزدوج العازل، السعودية– جدة ، (الكتروني) متوفر على:

http://www.hadi4glass.com/2018/02/blog-post_21.html?m=1

تاريخ الوصول: يوليو 2021

15. Boman, E., & Enmarker, I, 2004, Factors Affecting Pupils' Noise Annoyance in School: The Building and Testing of Models. Environment and Behavior, 36(2), 207–228, (online). Available at: https://psycnet.apa.org/record/2004-11221-003. Accessed: July 2021.

16. Civil Today website, Cavity wall- Advantages of cavity walls, Tanzila Bhuiyan, (online) Available at:

https://civiltoday.com/construction/wall/234-cavity-wall, Accessed: 2021.

17. Cornell university, Cornell university campus, available at :

http://www.sustainablecampus.cornell.edu, Accessed: July 2021.

18. Department of education-UK, publication, available on:

https://www.education.gov.uk/publications, Accessed: July 2021.

19. Design objectives, Whole Building Design Guide, (online) available at: http://wbdg.org/design-objectives. Accessed: July 2021.

20. Getty images website, Green school Bali, (online) available at: https://www.gettyimages.com/photos/green-school-bali. Accessed: July 2021.

21. Heylighen, A., G. ,2000, In case of architectural design Critique and praise of Case-Based Design in architecture ,"Katholieke university, (Online), Available at : https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/75789/1/heylighenphd.pdfopenbaar. Accessed: July 2021.

22. Latin American Post, 2018 , Where is the first 100% sustainable school in Latin America, Krishna Jaramillo , V21252, (online). Available at: https://latinamericanpost.com/21252-where-is-the-first-100-sustainable-school-in-latin-america Accessed: July 2021.

23. Montevideo, Uruguay(via news), A model to follow: First self - sustainable school of Latin America, Cecilia Demartini (online) available at: https://via.news/south-america/first-self-sustainable-school-latin-america/ Accessed: July 2021.

24. United Nations Development Programme (UNDP)Site, What are the Sustainable Development Goals, (online) Available at:

https:/www.undp.org/sustainable-development-goals Accessed: July 2021.

الملاحق:

مباني المدارس

(٢٢) ١/ **نسب التغطية والارتفاعات والارتدادات :-**

أ- للقطع التي لا تزيد عن ٢٠٠٠م٢ لا تزيد نسبة البناء عن ٦٠% .

ب-تترك المباني عن الجار الملاصق شمالي او جنوبي بما لا يقل عن ٣م والشرقي والغربي بما لا يقل عن ١.٥م .

ج- لا يزيد الارتفاع عن ارضي وطابق أول لمدارس الأساس وارضي+٣طوابق للمدارس فوق مرحلة الأساس وللمساحات التي تزيد عن ٢٠٠٠م٢ تحدد سلطات التخطيط العمراني نسب البناء والارتفاعات والارتدادات .

د- لا يقل ارتفاع صافي ارتفاع الفصل عن ٣أمتار .

٢/ مساحة الوحدات :-

تحسب مساحة الفصل الدراسي بواقع ١م٢ لكل تلميذ .

٣/اشتراطات خاصة :-

أ- يجب توفير مرحاض لكل ٢٠ تلميذ ويجب ان لا تقل المساحة عن ٢م٢ .

ب- يجب توفير مرحاض لكل ٥-١٠ معلم ومعلمة علي ان لا تقل المساحة عن ٢م٢ .

ج- النوافذ بالادوار العليا والبلكونات تقفل بقرلات وحواجز .

د-يجب توفير عدد ٢موقف عربة لكل فصل اساس .

هـ- يجب توفير عدد ٥مواقف عربات لكل فصل ثانوى .

و-يسمح بعمل غرفة للمستخدمين (الحارس) بمساحة لاتتجاوز (٣٠م٢) كغرفة وحمام .

ملحق (1) اشتراطات مباني المدارس / لائحة تنظيم البناء بولاية الخرطوم.