

## دراسة تأثير درجة حرارة مياه المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة

[www.doi.org/10.62341/aman2910](http://www.doi.org/10.62341/aman2910)

عبد المطلب عبد الله بن سليم\*<sup>a</sup> محمد أحمد النعيري<sup>b</sup>  
الهندسة المدنية، جامعة مصراتة، ليبيا  
[mottaleb1990salim@gmail.com](mailto:mottaleb1990salim@gmail.com)

### الملخص:

أقيمت هذه الدراسة لغرض دراسة تأثير اختلاف درجات حرارة مياه المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة. نفذت الدراسة على عدد (72) عينة خرسانية على شكل مكعبات بأبعاد (15×15×15) سم باستخدام ثلاث خلطات خرسانية (C35، C30، C25) مقسمة على ثلاث أحواض يحوي كل منها على مياه بدرجات حرارة مختلفة (30، 50، 70) م<sup>0</sup> بالإضافة إلى حوض يحتوي على ماء معالجة عند درجة حرارة الغرفة والتي تتراوح ما بين (21 - 25) م<sup>0</sup> في فترة الدراسة التي أجريت بين شهري أبريل ويوليو لسنة 2024 بإجمالي أربعة أحواض ماء معالجة. حددت (24) عينة لكل مقاومة مقسمة إلى (6) عينات لكل درجة حرارة مياه معالجة، (3) منها تم اختبارها بعمر (7) أيام والعينات (3) الأخرى تم اختبارها بعمر (28) يوم بالإضافة إلى العينات المعالجة عند درجة الحرارة المرجعية (درجة حرارة الغرفة) لمقارنتها مع مقاومة الضغط عند درجات الحرارة الأخرى موضوع البحث. توصلت الدراسة إلى أنه كلما زادت درجة حرارة مياه المعالجة تزداد مقاومة الضغط للخرسانة في عمرها المبكر (7 أيام) وتقل في الأعمار المتأخرة (28 يوم) مقارنة بالعينات التي غمرت في مياه معالجة عند درجة حرارة الغرفة لجميع العينات المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** درجة الحرارة، مياه المعالجة، العمر المبكر، مقاومة الضغط، العينات المرجعية.

## Study of the effect of curing water temperature on the compressive resistance of concrete

<sup>a</sup>Abdumottaleb Abdallah Bin Salim, <sup>b</sup>Mohamed Ahmed Alnoairi  
[mottaleb1990salim@gmail.com](mailto:mottaleb1990salim@gmail.com)

### ABSTRACT

This research aimed to examine the influence of varying curing water temperatures on concrete strength. The study involved (72) cube-shaped concrete specimens, each measuring 15 x 15 x 15 cm, using three different concrete mixes (C25, C30, C35). These specimens were placed in three water basins with temperatures of (30 C<sup>0</sup>, 50 C<sup>0</sup>, and 70 C<sup>0</sup>), along with a basin containing treated water at room temperature (21 – 25) C<sup>0</sup>. The research was conducted from April to July 2024, utilizing a total of four basins of treated water. For each concrete mix, (24) samples were allocated, divided into six samples for each curing water temperature—three tested at (7 days) and three at (28 days). Reference samples treated at room temperature were included for comparative analysis. The findings indicated that while the concrete's compressive strength increased at an early age (7 days) with rising curing water temperatures, it decreased at a later age (28 days) compared to the specimens cured at room temperature.

**Keywords:** Temperature, curing water, early age, compressive strength, reference samples.

## 1. المقدمة:

نظرا للتطور السريع الذي يشهده العالم في مجال البناء، فقد أصبحت الخرسانة أحد أكثر مواد البناء استخداما لما تتيحه من مقاومة للعديد من ظروف الاستخدام المتعددة، فالخرسانة أثناء عمرها الافتراضي تمر بالعديد من الظروف البيئية والجوية والتي تبدي فيها مقاومة مقبولة مقارنة بالعديد من مواد البناء الأخرى، للحصول على خرسانة ذات جودة عالية لا بد أن يتم معالجتها بطريقة جيدة، حيث تعتبر المعالجة بالغمر أكثر طرق المعالجة شيوعا، كما أن المياه المستخدمة في عملية المعالجة تختلف درجة حرارتها من وقت لآخر أثناء فترة المعالجة، وتعتبر درجة حرارة المياه المستخدمة في معالجة الخرسانة بالغمر عاملا حاسما يؤثر على أداء الخرسانة المعالجة، وقد ركزت الأبحاث السابقة في الغالب على تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على مقاومة الضغط للخرسانة. أقيمت العديد من الأبحاث في هذا الجانب فقد قام كل من Metin Husem, Serhat Gozutok في عام (2004) بدراسة تأثير درجات حرارة ماء المعالجة (10، 5، 0، -5) م<sup>0</sup> لعينات اسطوانية بأبعاد (150 × 300) مم على مقاومة الضغط للخرسانة العادية والخرسانة عالية الأداء عند عمر 7 أيام وعمر 28 يوم ومقارنتها بالعينات المعالجة عند درجة الحرارة المرجعية (23) م<sup>0</sup>، حيث توصلت الدراسة إلى انخفاض مقاومة الضغط للعينات المعالجة عند درجات الحرارة المدروسة مقارنة بالعينات القياسية عند درجة (23) م<sup>0</sup> ويزداد هذا الانخفاض بعمر 28 يوم [1]. أما الباحث Bouziadi and et al (2016) فقام بدراسة تأثير درجات حرارة مياه المعالجة المختلفة (20، 35، 50) م<sup>0</sup> على الخصائص الميكانيكية وسلوك الانكماش للخرسانة عالية المقاومة المحتوية على الألياف، حيث توصلت الدراسة إلى أن زيادة درجة حرارة مياه المعالجة أثرت سلبا على انكماش خليط الخرسانة، كما أن استخدام الألياف في الخرسانة حسن الخصائص الميكانيكية لخليط الخرسانة [2]، وفي دراسة مشابهة قام بها Nasir and et al في سنة (2017) فقد تم تحليل تأثير درجات حرارة مياه المعالجة على الخصائص الميكانيكية وسلوك الانكماش للخرسانة العادي والإسمنت البوزولاني. في هذا السياق، تم تغيير درجات حرارة المعالجة إلى 25، 32، 38 و45 م<sup>0</sup>. في الإسمنت البوزولاني، تم استخدام

30% من الرماد المتطاير، 10% من الرماد المتطاير الناعم جداً، 7% من دخان السيليكا، 70% من خبث الفرن العالي و20% من البوزولانا الطبيعية، أشارت نتائج الاختبارات إلى أن أعلى وأدنى قيم للانكماش اللدن لوحظت في الخلطات المعالجة عند درجات حرارة 25 و38 م<sup>0</sup>، على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد درجة الحرارة المثلى على أنها 32 م<sup>0</sup> لكل من الخرسانة التقليدية والخرسانة التي تحتوي على غبار السيليكا، بينما تم تحديد درجة الحرارة المثلى على أنها 38 م<sup>0</sup> للخرسانة التي تحتوي على بوزولانا أخرى من حيث خصائص القوة وسرعة النبضات فوق الصوتية [3]. وفي دراسة أخرى قام بها Hong and et al (2017) بدراسة تأثير مدة المعالجة ودرجات حرارة مياه المعالجة على خصائص القوة لـ polysulfide polymer concrete. في هذا السياق، تم إجراء عدد من التجارب المعملية لدراسة قوة الضغط والانحناء والتماسك للعينات. حيث كانت درجات حرارة المعالجة ومدة المعالجة تتراوح من -10 إلى 60 م<sup>0</sup> ومن 3 ساعات إلى 28 يوماً (672 ساعة)، على التوالي. وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، فإن درجة حرارة مياه المعالجة التي تتجاوز 20 م<sup>0</sup> أثرت سلباً على قوة الضغط والانحناء والتماسك للعينات المدروسة [4]. وفي دراسة حديثة قام بها Ali Mardani and et al (2020) بدراسة تأثير درجات حرارة مياه المعالجة على مقاومة العجينة الاسمنتية. توصلت الدراسة أن درجات حرارة مياه المعالجة الأعلى من 40 م<sup>0</sup> لها أثر سلبي على مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم، كما أنه عند درجة حرارة معالجة 40 م<sup>0</sup> أعطت مقاومة أعلى من مقاومة العينات المعالجة عند درجة حرارة 20 م<sup>0</sup> عند عمر ثلاث أيام [5]. بينما أوضحت دراسة أخرى قام بها K.Abdelli and et al في عام 2022 بدراسة تأثير درجة الحرارة والمنخفضة في العمر المبكر على عملية الإماهة والمقاومة للعجينة الإسمنتية. أظهرت النتائج أن نشاط الإسمنت مشروط بدرجة حرارة مياه المعالجة ومستويات الإحلال [6]. وختاماً في هذا البحث سيتم دراسة تأثير درجات حرارة مياه معالجة الخرسانة (23, 30, 50, 70) م<sup>0</sup> على ثلاث أنواع من الخلطات الخرسانية (C25, C30, C35) على فترتين زمنيتين (7، 28) يوم.

## 2. منهجية الدراسة:

تتمثل المنهجية المتبعة في هذه الدراسة في إجراء تجارب عملية على عدد (72) عينة من مكعبات خرسانية بمقاس 15سم × 15سم × 15سم بمقاومات مختلفة شملت 25 ن/مم<sup>2</sup> و 30 ن/مم<sup>2</sup> و 35 ن/مم<sup>2</sup> ومدى تأثير مقاومة الضغط لهذه الخلطات بتغيير درجات حرارة مياه المعالجة (23، 30، 50، 70) م<sup>0</sup> ودراسة تأثير هذا التغيير على مقاومة الضغط. قسمت على أربع درجات حرارية لمياه المعالجة والتي كان نصيب كل مقاومة منها (24) عينة مقسمة على الأربع درجات المدروسة، حيث تم تجهيز العينات في معمل كلية الهندسة جامعة مصراتة باستخدام الخلاطة المعملية. وضعت العينات في اليوم التالي للصب في أحواض المعالجة ذات درجات الحرارة المذكورة لمدة (28) يوم مع ملاحظة ان نصف العينات اختبرت عند عمر (7) أيام والنصف الآخر عند عمر (28) يوم في أحد المعامل الموثوق في نتائجها بالمدينة. جهزت العينات من اسمنت الاتحاد العربي للمقاولات العامة ورمل ناعم من أحد محاجر منطقة زريق بأطراف المدينة وركام خشن من إحدى الكسارات العاملة في الجنوب الشرقي لمدينة مصراتة.



شكل 1: الاسمنت المستخدم في تجهيز العينات

هذه الدراسة أجريت على خرسانة منتجة من اسمنت شركة الاتحاد العربي للمقاولات العامة ومن ركام خواصه موضحة في الجداول التالية:

تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م

جدول 1 : نتائج اختبار تحديد الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الخشن

	العينة (1)	العينة (2)	
WT .IN AIR SATURATED SURFACE DRY. (A) g	1029.1	1032.5	
WT .IN AIR OF OVEN DRY SAMPLE, (B) g	1017.8	1021.2	
WT .OF SAMPLE IN WATER. (C) g	642.9	645.5	Average
BULK SP Gr. B/(A-C)	2.635	2.639	2.637
BULK SP Gr. A/(A-C) (S.S.D.)	2.665	2.668	2.666
APPARENT SP.Gr -B/(B-C)	2.715	2.718	2.716
ABSORPTION PERCENT (A-B/B)*100	1.11	1.11	1.11

كما يبين الجدول 2 نتيجة اختبار تعيين معامل الصدم للركام الخشن والذي أجري وفقا للمواصفة (BS 812-Part 112: 1990).

جدول 2: نتائج اختبار تعيين معامل الصدم للركام الخشن

Test sample	Mass of dry sample A(g)	Mass Passing Sieve (2.36 mm) B(g)	Impact value 100×B/A(%)
	636.4	52.2	8.2
	639.6	51.5	8.1
Average			8.1

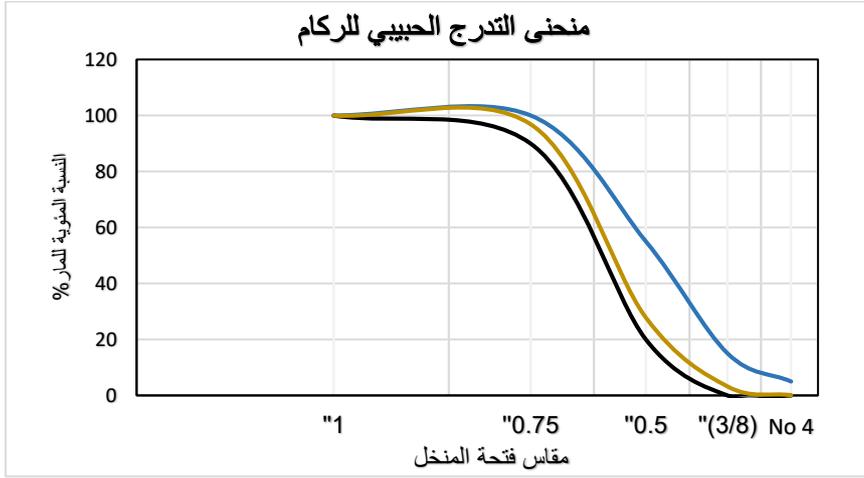
كما يبين الجدول 3 نتيجة اختبار التدرج الحبيبي للركام والذي أجري وفقا للمواصفة

ASTM Designation C136-01

جدول 3: يبين نتيجة نتائج التحليل المنخلي للركام المستخدم في الخلط

Sieve	1.5''	1''	3/4''	1/2''	3/8''	No4	Pan
Retained (g)	0	0	230	5058	1803	231.0	7
Retained %	0	0	3.1	69	24.6	3.2	1
Passing %	100	100	96.9	27.8	3.2	0.1	0

كما يبين الشكل 2 تدرج عينة الركام المستخدم في الخلطات



شكل 2 : تدرج عينة الركام المستخدم مع حدود المواصفة

كما يبين الجدول 4 كميات ومكونات الخلطة للمتر المكعب للمقاومات مجال الدراسة

جدول 4: كميات ومكونات الخلطة للمتر المكعب للمقاومات مجال الدراسة

نوع الخلطة	كمية الاسمنت (Kg/m <sup>3</sup> )	كمية الركام (Kg/m <sup>3</sup> )	كمية الرمل (Kg/m <sup>3</sup> )	كمية ماء الخلط (Liter/m <sup>3</sup> )
C25	300	1100	650	205
C30	350	1005	759	175
C35	390	1100	720	170

تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م



شكل 3: غسل الركام الخشن قبل استخدامه



شكل 4: مراحل خلط العينات بواسطة الخلاطة المعملية

تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م

بعد إجراء عملية خلط وصب وتجهيز العينات ومعالجتها بطريقة الغمر لمدة 28 يوما في الدرجات الحرارية لمياه المعالجة في الأحواض التي أعدت خصيصا لهذا البحث والموضحة بالشكل (5).



شكل5: الحوض المستخدم في معالجة العينات وبداخله منظم الحرارة



شكل6: العينات موزعة على أحواض مياه المعالجة ذات درجات الحرارة المختلفة

### 3. النتائج :

بعد الانتهاء من معالجة العينات من كل صنف لدرجة حرارة مياه معالجة، نقلت العينات إلى أحد المعامل المعتمدة في مدينة مصراتة للقيام بتحديد مقاومة الضغط لكل صنف من العينات المدروسة بواسطة جهاز تحديد مقاومة الضغط للخرسانة كما هو موضح بالأشكال (7،8):



شكل 7: اختبار مقاومة الضغط لمكعب خرساني للعيينة C25



شكل 8 : نمط الانهيار لعينة معالجة بماء عند  $70^{\circ}\text{C}$

تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م

وبعد إجراء الاختبار على جميع العينات تحصلنا على مقاومة العينات مجال الدراسة والتي أدرجت في الجداول التالية لكل صنف على حدة:

جدول 5 نتائج مقاومة الضغط للخطة C25

متوسط المقاومة بعمر 28 يوم (Mpa)	المقاومة بعمر 28 يوم (Mpa)	متوسط المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	درجة الحرارة C <sup>0</sup>
27.5	27	20	20	23 C <sup>0</sup>
	28		19	
	27.5		21	
26	26	20.2	20	30 C <sup>0</sup>
	25		20	
	26.5		20.5	
25.8	25	20.5	21	50 C <sup>0</sup>
	26		20	
	26.5		20.5	
25.5	25.5	20.9	20	70 C <sup>0</sup>
	25		21	
	26		22	

تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م

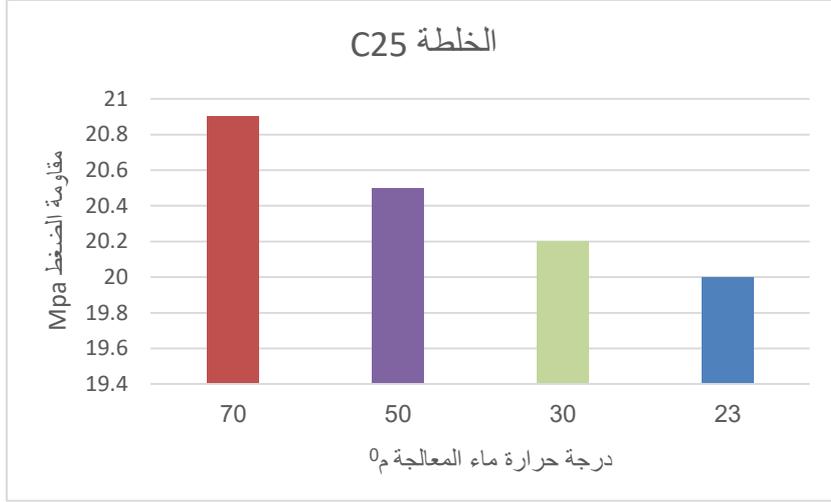
جدول 6: نتائج مقاومة الضغط للخلطة C30

متوسط المقاومة بعمر 28 يوم (Mpa)	المقاومة بعمر 28 أيام (Mpa)	متوسط المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	درجة الحرارة C <sup>0</sup>
38	37.5	27	26.5	23 C <sup>0</sup>
	36.5		25.5	
	39		28	
37.2	38.5	29.5	28.5	30 C <sup>0</sup>
	37.5		29.5	
	35.5		30.5	
35.2	35.5	30.3	31	50 C <sup>0</sup>
	36.5		28.5	
	36.5		31.5	
33.4	33	31.2	31.5	70 C <sup>0</sup>
	33		30	
	34		32	

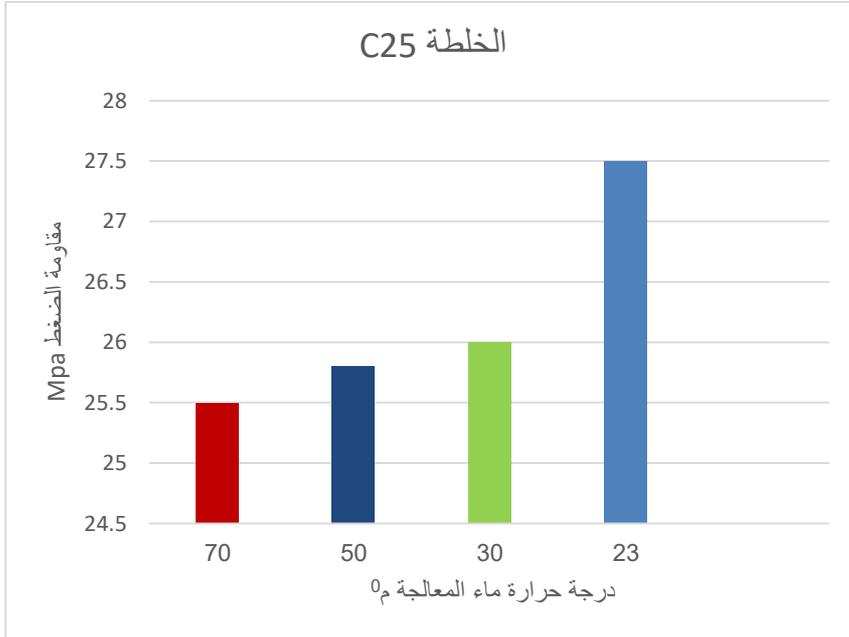
تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م

جدول 7: نتائج مقاومة الضغط للخلطة C35

متوسط المقاومة بعمر 28 يوم (Mpa)	المقاومة بعمر 28 يوم (Mpa)	متوسط المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	المقاومة بعمر 7 أيام (Mpa)	درجة الحرارة C <sup>0</sup>
54	55	39.5	41	23 C <sup>0</sup>
	53.5		37.5	
	53.5		40	
48.7	50	40.3	41	30 C <sup>0</sup>
	49		39	
	47		41	
48.3	46.5	42	43	50 C <sup>0</sup>
	49.5		43	
	49		40	
45.7	46	44	44	70 C <sup>0</sup>
	46.5		45.5	
	44.5		42	

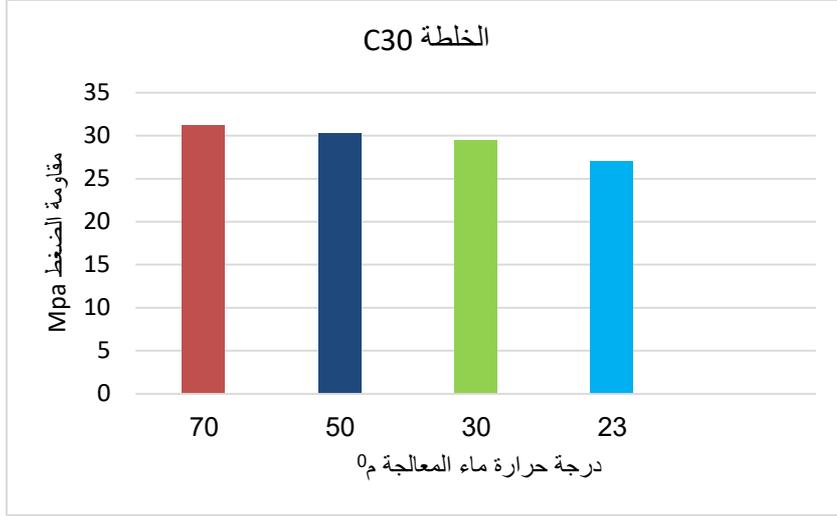


شكل 9: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C25 بعمر 7 أيام

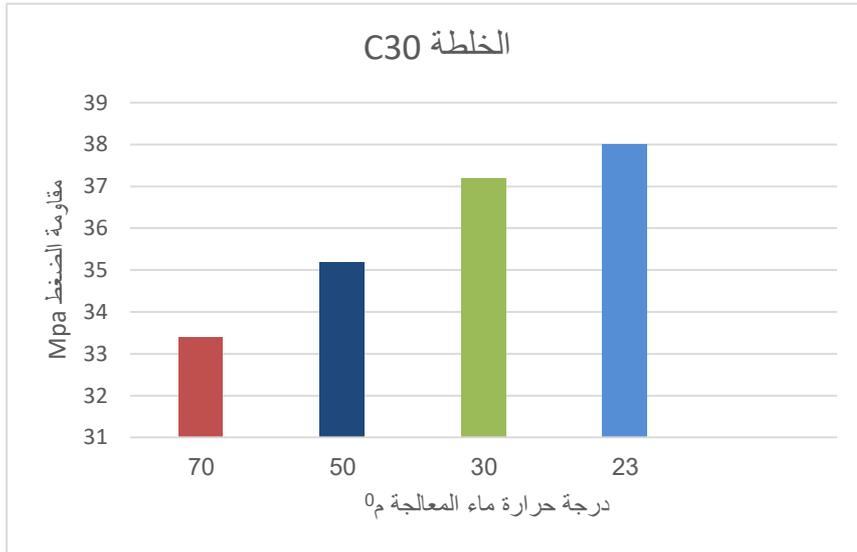


شكل 10: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C25 بعمر 28 يوم

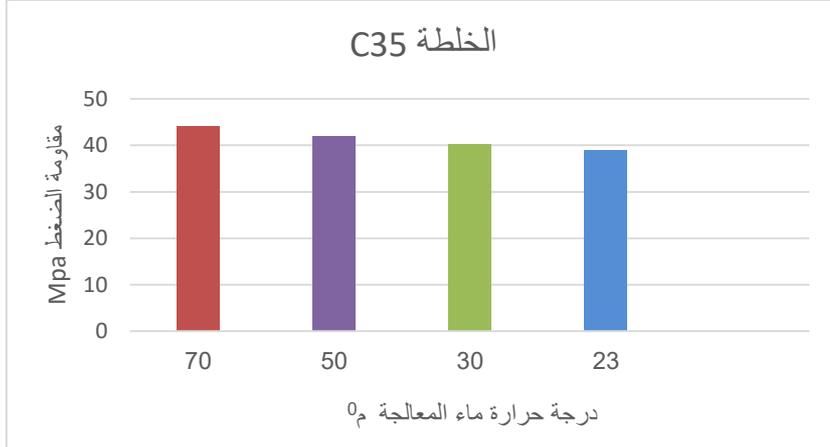
تم استلام الورقة بتاريخ: 2024/10/2 م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/10/29 م



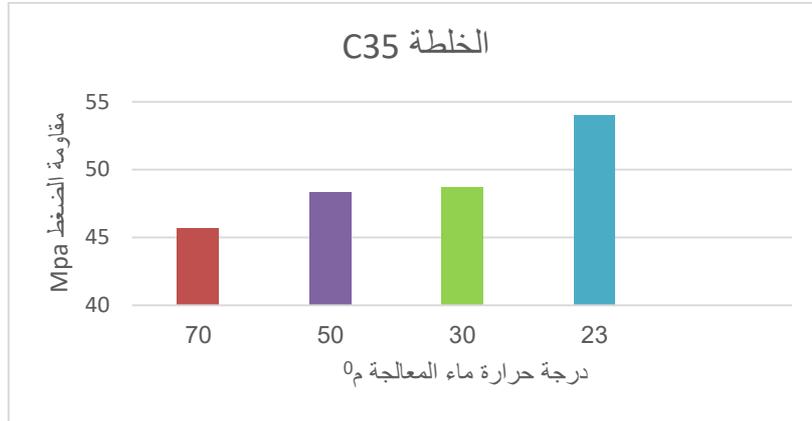
شكل 11: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C30 بعمر 7 أيام



شكل 12: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C30 بعمر 28 يوم



شكل 13: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C35 بعمر 7 أيام



شكل 14: تأثير درجة حرارة ماء المعالجة على الخلطة C35 بعمر 28 يوم

#### 4. المناقشة:

توضح النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة أن معالجة الخرسانة بمياه معالجة عند درجات حرارة مختلفة تسبب في ارتفاع مقاومة الضغط للعينات بالعمر المبكر (7) أيام مقارنة بالعينات المعالجة بمياه عند درجة حرارة الغرفة. وذلك بسبب أن ارتفاع درجة

حرارة المياه يزيد من سرعة عملية الإماهة للإسمنت بسبب الحرارة مع توفر الرطوبة، بينما المعالجة عند العمر المتأخر (28) يوم تسبب في انخفاض مقاومة الضغط للعينات المعالجة عند الدرجات المرتفعة مقارنة بالعينات المعالجة عند درجة حرارة الغرفة، وهذا الأمر يعزى إلى أن زيادة درجة حرارة مياه المعالجة يساهم بالحصول على مقاومة ضغط في وقت مبكر وأن استمرار ارتفاع الحرارة يؤثر سلباً على مقاومة الخرسانة النهائية [2].

#### 5. الاستنتاجات:

- أ. تلعب درجة حرارة مياه المعالجة دوراً مهماً في معدل اكتساب مقاومة الضغط للخرسانة.
- ب. رفع درجة حرارة مياه معالجة الخرسانة يساعد في زيادة مقاومة الضغط للخرسانة في العمر المبكر حتى (7) أيام.
- ج. يمكن الوصول لمقاومة الخرسانة المطلوبة في وقت مبكر وذلك برفع درجة حرارة مياه المعالجة للخرسانة.
- د. يجب عدم رفع درجة حرارة مياه معالجة الخرسانة بعد 7 أيام من صبها وذلك لأن ذلك يعود بالأثر السلبي على المقاومة.
- هـ. ارتفاع درجة حرارة مياه المعالجة له أثر سلبي على المقاومة النهائية للخرسانة.

#### 6. الخلاصة:

توصلت هذه الدراسة إلى أن معالجة الخرسانة بالغمر في مياه معالجة ذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة يساهم بتحسين مقاومة الضغط للعينات عند العمر المبكر للمعالجة، وكلما زادت درجة حرارة مياه المعالجة كلما زادت مقاومة الضغط للخرسانة في الأيام الأولى من المعالجة؛ حيث أنه في الخلطة الخرسانية C25 ازدادت مقاومة الضغط للخرسانة عند غمرها بمياه معالجة عند درجات الحرارة (30، 50، 70) م<sup>0</sup> بمقدار (1% و 2.5% و 4.5%) على الترتيب، في حين أن الخلطة الخرسانية C30 كانت نسبة الزيادة فيها بمقدار (9.25% و 12.22% و 15.55%) على الترتيب، بينما في الخلطة الخرسانية C35 كانت نسبة الزيادة بمقدار (2.02% و 6.3% و 11.39%) على الترتيب، وذلك في سبعة أيام من عمر العينات، في حين أن عملية

استمرار معالجة الخرسانة بمياه ذات درجات حرارة مرتفعة أدت إلى انخفاض المقاومة النهائية للخرسانة مقارنة بالعينة المرجعية (العينة المعالجة عند درجة حرارة الغرفة).

#### 7. المراجع:

- [1]. Metin Husem, Serhat Gozutok. (2005). The effects of low temperature curing on the compressive strength of ordinary and high performance concrete, Volume 19, Issue 1, February 2005, Pages 49-53.
- [2]. Bouziadi, F., Boulekbache, B., & Hamrat, M. (2016). The effects of fibres on the shrinkage of high-strength concrete under various curing temperatures. *Construction and Building Materials*, 114, 40-48.
- [3]. Nasir, M., Al-Amoudi, O. S. B., & Maslehuddin, M. (2017). Effect of placement temperature and curing method on plastic shrinkage of plain and pozzolanic cement concretes under hot weather. *Construction and Building Materials*, 152, 943-953.
- [4]. Hong, S. (2017). Influence of Curing Conditions on the Strength Properties of Polysulfide Polymer Concrete. *Applied Sciences*, 7(8), 833.
- [5]. Ali MARDANI and et al. (2020). EFFECT OF WATER CURING TEMPERATURE ON COMPRESSIVE STRENGTH DEVELOPMENT AND WATER ABSORPTION CAPACITY OF MORTAR MIXTURES. *Sigma J Eng & Nat Sci* 38 (1), 2020, 135-148.
- [6]. Abdelli, K., Deboucha, W., Leklou, N., Alengaram, U. J., & Oudjit, M. N. (2022). Effect of curing temperature on the early and later ages behaviour of Metakaolin blended cement mortars: hydration heat and compressive strength. *Australian Journal of Civil Engineering*, 22(1), 94–107. <https://doi.org/10.1080/14488353.2022.2131949>.