المؤتمر العربي
الثاني للمياه
The 2nd Arab
Water Conference
and Exhibition
2014
٢٧ - ٢٩ مايو ٢٠١٤
27-29 May 2014

دراسة بعض العوامل المؤثرة على السلوك الحراري للستائر الاسفلتية في تكتيم السدود

م. سماح محمد

المؤتمر العربي الثاني للمياه
27-29 /أيار - مايو/ 2014
قطر - الدوحة

دراسة بعض العوامل المؤثرة في السلوك الحراري للستائر الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود
(دراسة حالة: سد الصوراني- سورية)

المهندسة سماح حافظ محمد
كلية الهندسة المدنية _ جامعة دمشق

مقدمة

لقد ثبت عالمياً نجاح استخدام البيتون الإسفلتي كعنصر تكتيم في المنشآت المائية، حيث لم يحصل حتى الآن أي فشل لأي طبقة استُخدم فيها البيتون الإسفلتي كعنصر تكتيم، فقد بلغ عدد السدود في العالم التي استُخدم فيها البيتون الإسفلتي لمنع الرشح أكثر من **300** سد، منها في ألمانيا وحدها **63** سد. ويُستخدم البيتون الإسفلتي في تكتيم السدود على شكل ستائر سطحية تغطي السفح الأمامي للسد. ويقترن فشل طبقة التكتيم المستخدمة على شكل ستارة من البيتون الإسفلتي، باستقرار هذه الستارة، والذي عادة ما يتعلق بمقاومة مادة الستارة على القص، والتي ترتبط إلى جانب التحليل الحبي للحصويات، وكمية الإسفلت، ونسبة الفيلر الأميانتي بارتفاع درجة الحرارة، الذي يؤدي إلى تناقص لزوجة المادة، وتراجع فعالية خواصها الميكانيكية، وانخفاض عمرها التشغيلي.

استخدام البيتون الاسفلتي على شكل ستارة أمامية

موضوع البحث

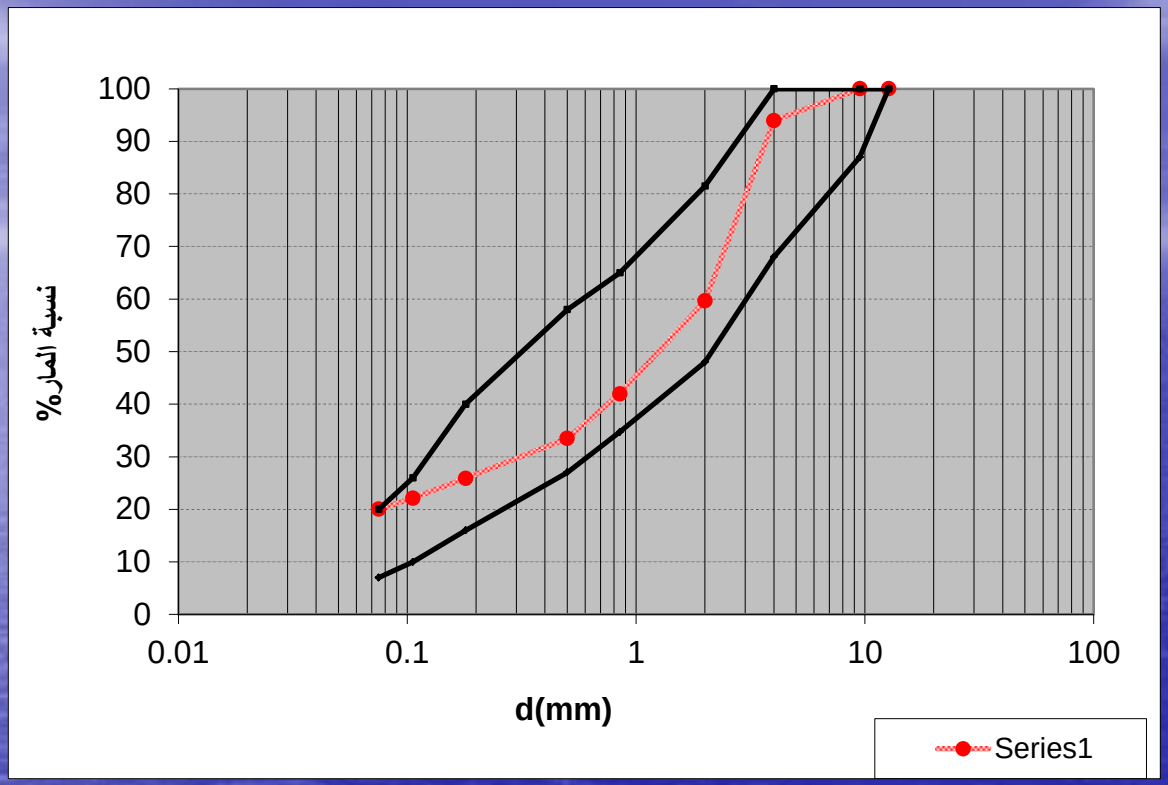
يتعرض البحث بشكلٍ أساسي لدراسة تأثير بعض العوامل على الخلطات الاسفلتية المستخدمة كستائر سطحية لتكتيم السدود، وذلك بإجراء مجموعة من التجارب المخبرية والحقلية على خلطات اسفلتية لتحديد درجة الحرارة العظمى، التي يمكن أن تبلغها الستارة السطحية في الظروف المناخية السورية مع المحافظة على خواصها لمادة لتكتيم. وقد ركز البحث على المحاور الأساسية الاتية:

تصميم خلطات اسفلتية تحقق المواصفات المطلوبة، ودراسة تأثير إضافة مادة الفيبر الأميانتي الى الخلطة على خواصها، ثم دراسة السلوك الحراري للستائر الإسفلتية، وقُيم استقرارها في سد الصوراني الواقع في محافظة طرطوس، وذلك لخلطات إسفلتية استُخدمت في تنفيذ السد. فجرى أولاً تحديد خلطة البيتون الإسفلتي المناسبة، وبعد ذلك حُددت بناءً عليها نسبة البيتومين المثلى فيها، وذلك بتغيير نسبة البيتومين من 8% حتى 9.5%.

دراسة الخلطات الاسفلتية

أُحضرت الحصويات اللازمة لإجراء التجارب من مقلع قرب مدينة اللاذقية، وهي متدرجة من الناعم إلى الخشن، وتحوي المناخل الآتية (0-6mm)و (6-12mm)و (0-12mm)، وقد أخذت عينات منها وأجري التحليل الحبي لها. أما الإسفلت فجرى إحضاره من مصفاة حمص، وأجريت عليه تجارب **الغرز** (بلغت درجة غرز الإسفلت 70-60)، **وتجربة الاستطالة** (وصل طول العينات إلى أكثر من 158cm ولم تنقطع)، **وتجربة الكرة والحلقة** (كانت النتيجة الوسطية 58 درجة مئوية). بعد ذلك أجريت على الحصويات التي اختير منها خلطتان، واحدة أضيف اليها الفيبرالأميانتي، وأُبقيت الثانية بدون فيبر أميانتي تجربة الإهتراء، وتجربة تحديد الوزن النوعي، وتجربة المكافئ الرملي. ثم أُضيف الى الخلطتين الإسفلت بالمواصفات المذكورة سابقاً.

التحليل الحبي لخلطة الحصويات المستخدمة



الوزن النوعي (kg/cm^3)	المكافئ الرملي (%)	تجربة الاهتراء (%)
2.6	90.84	14.4

الوزن النوعي (kg/cm^3)	المكافئ الرملي (%)	تجربة الاهتراء (%)
2.6	76.28	33.32

نتائج التجارب المجراة للخلطة بدون اضافة مادة الفيبر
مع تغيير نسبة الإسفلت مع عدد الضربات 30 ضربة

V_{fb} (%)	V_a (%)	V_{ma} (%)	الكثافة (kg/cm^3)	الانسياب	الثبات	عدد الضربات	نسبة الإسفلت (%)
80.392	4.267	21.759	2.252	4.813	7.73	30	8.0
86.784	2.852	21.582	2.27	6.037	7.719	30	8.5
92.312	1.66	21.597	2.282	8.17	7.372	30	9.0
95.456	1.002	22.042	2.281	10.557	7.024	30	9.5

نتائج التجارب المجراة للخلطة مع اضافة مادة الفيبر
وتغيير نسبة الإسفلت مع عدد الضربات 30 ضربة

Vfb (%)	Va (%)	Vma (%)	الكثافة (kg/cm^3)	الانسياب	الثبات	عدد الضربات	نسبة الإسفلت (%)
91.536	1.97	19.33	2.27	5.88	11.49	30	8
93.231	1.371	20.164	2.279	5.893	10.909	30	8.5
98.365	0.3318	20.305	2.281	7.353	9.7945	30	9
96.360	0.787	21.631	2.279	10.4833	8.261	30	9.5

يُلاحظ من الجدولين السابقين أن نسبة الإسفلت 9% بالنسبة للخلطتين المدروستين تحقق أكبر كثافة رص، كما أن نسبة الفراغات الهوائية ضمن الحدود المطلوبة مخبرياً، لذلك اعتمدت هذه النسبة للخلطات من أجل إجراء التجارب الأخرى عليها. وبعد تحديد نسبة الإسفلت الفضلى 9% للخلطتين مقابل عددٍ من الضربات يساوي 30 ضربة على كل وجه.

العوامل المدروسة	الخلطة (A)مع وجود فيبر اميانتي	الخلطة (B)بدون فيبر اميانتي	(المواصفات الألمانية [Wapro402.1973
مقاومة الانضغاط (R_{20}(Kg/cm^2)	55.09	38	R20>30
مقاومة الانضغاط R_{50} (Kg/cm^2)	20.1	15	R50>15
معامل الثبات الحراريK_t	2.73	2.53	Kt>2.5
معامل المرونةK_e	2.295	2.64	Ke<2.8
الفراغات الهوائيةVa%	1.66%	0.33%	Va%<(1.5-2.3)%
الثبات(Kn)	8.17	9.79	الثبات <6
الانسياب(mm)	7.7	7.3533	الانسياب<8
الكثافةgr/cm^3	2.282	2.2857	
التشرب	0.30%	0.22%	التشرب<% 1.5
الانتفاخ	0.05%	0.22%	الانتفاخ<0.5%

نلاحظ أن الخلطتين تحققان كافة الشروط المنصوص عليها في المواصفات الألمانية ولكن الخلطة التي لم نضف لها مادة الفيبر الأميانتي أعطت نسبة فراغات أفضل وكثافة أعلى مع الأخذ بعين الاعتبار تحقيق المواصفات الأخرى وهذا يشير إلى ان إضافة مادة الفيبر الأميانتي لم تعط تحسيناً كبيراً للخلطة

موازنة الطاقة لستارة اسفلتية

استناداً على قانون إنحفاظ الطاقة يكون مجموع التيارات الواردة الى الستارة او الصادرة عنها يساوي الصفر

$$Q+B+K+V=0$$

B: تيار الاشعاع الارضي

K: تيار الطاقة بالتبادل

Q: الاشعاعات الشمسية المباشرة الواردة الى السطح و المنعكسة عنه (A) والإشعاعات بالإصدار (E) والقابلة او العائدة Gw والمنتشرة (D)

V : تيارات الطاقة المستهلكة بالتبخر.

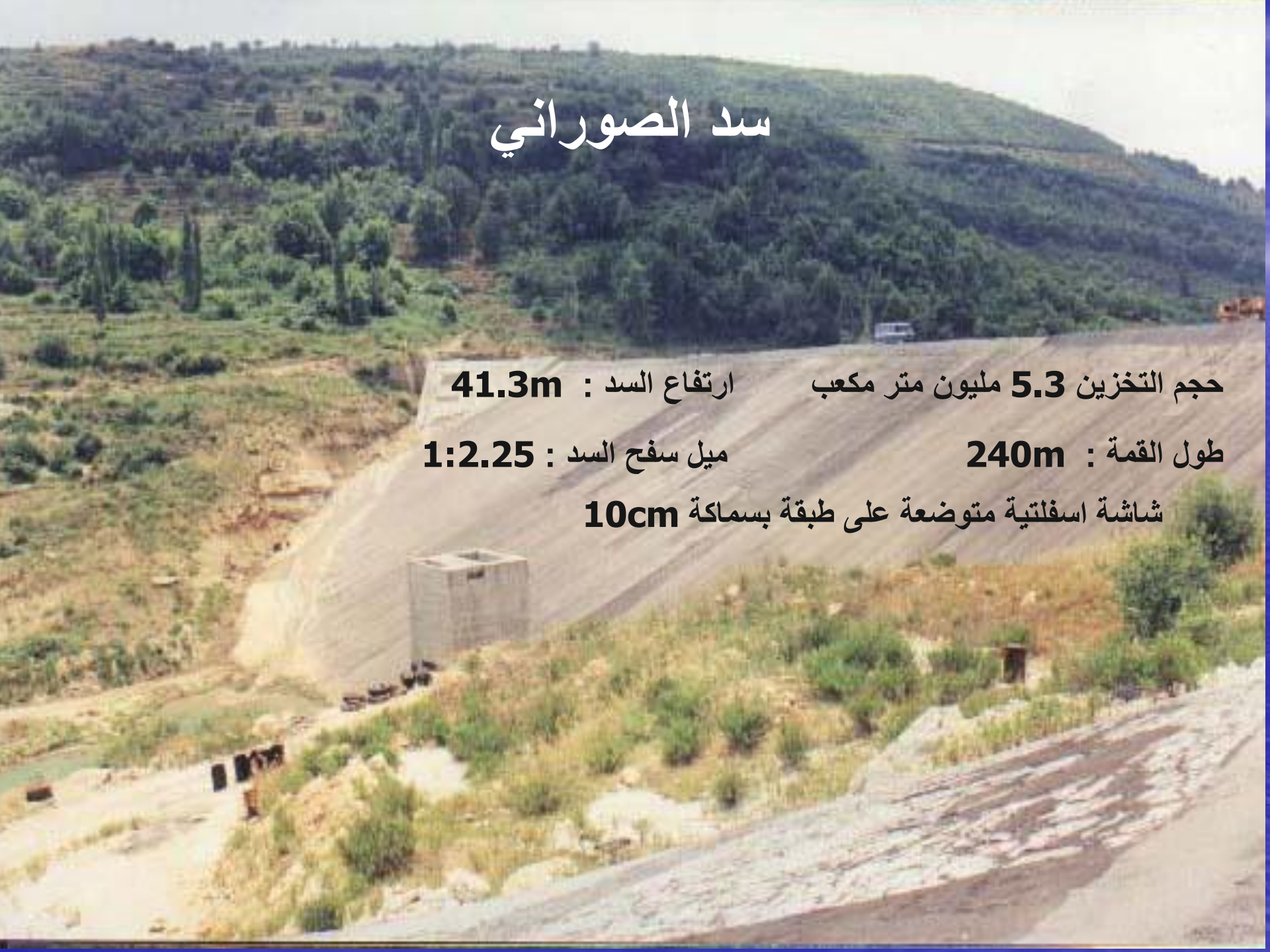
التي يلزم لحلها حساب سبعة تيارات طاقة خلال فترة الحساب Δt، وهي الإشعاعات الشمسية المباشرة ذات الأمواج القصيرة كإشعاعات واردة (I)، والإشعاعات الجوية المنتشرة ذات الأمواج القصيرة كإشعاعات واردة D، والتي تشكل مع الإشعاعات المباشرة الإشعاعات الكلية، والإشعاعات المنعكسة من سطح الستارة A كإشعاعات مرتدة، أو مبتعدة عن الستارة، والإشعاعات المنبعثة من الستارة بالإصدار في مجال الأمواج الطويلة E، والإشعاعات الواردة إلى الستارة من الغلاف الجوي والمنطقة المحيطة، والتي تُسمى الإشعاعات الراجعة أو المقابلة G_w، وهي ذات أمواج طويلة، والتبادل الحراري بين الستارة، والهواء المحيط بالتلامس K، ويكون هذا من الستارة إلى الهواء والعكس، وتيار الطاقة الأرضي النافذ إلى باطن الأرض (غالباً نهاراً)، والصادر عن الأرض (غالباً ليلاً) B.

هذا وقد حُلت المعادلة السابقة، والعلاقات المرتبطة بها باستخدام برنامج وُضع خصيصاً لهذا الغرض، وهو يتضمن حل معادلة فورييه بلغة (Visual Basic)، ويعطي درجات الحرارة في الستارة الإسفلتية العادية ذات اللون الأسود على السطح عند أي عمق مطلوب، وكذلك منحنيات تغير الحرارة عند أعماق مختلفة وعند أزمنة مختلفة، وكذلك منحنيات تغير الحرارة عند عمق معين بتغير الزمن، وكذلك تأثير تغير اللون، وتأثير التغطية بالبيتون الاسمنتي على خواص الستارة.

سد الصوراني

يقع سد الصوراني في منطقة الجبال الساحلية على بعد 51km من محافظة طرطوس، وعلى ارتفاع 344m فوق سطح البحر، وقد أُنشأ لتأمين مياه الشرب لسكان المناطق المجاورة. ونظراً لعدم توافر المواد الغضارية في منطقة الانشاء من جهة، ولانخفاض كلفة الانشاء استخدام البيتون الاسفلتي بالنسبة لكلفة البيتون العادي لأغراض التكتيم، فقد استُخدم البيتون الاسفلتي في جسم السد كعنصرٍ مانعٍ للرشح. يبلغ ارتفاع السد 41.3m، وحجم تخزينه 5.10 مليون مترٍ مكعب من المياه، وهو سد ركامي مزود بستارة اسفلتية أمامية تتكون من طبقة واحدة تبلغ سماكتها 10cm، وهي تستند على طبقة صرف سماكتها 10cm أيضاً، وذات تدرج حبي (0-25)mm.

سد الصوراني



حجم التخزين 5.3 مليون متر مكعب ارتفاع السد : 41.3m

طول القمة : 240m ميل سفح السد : 1:2.25

شاشة اسفلتية متوضعة على طبقة بسماكة 10cm

ولإتمام الدراسة أُعدت ساحة تجريبية قرب موقع سد الصوراني نُفذت عليها ستارة إسفلتية بميل يساوي الميل التصميمي لسفح السد الأمامي، وذلك لبيان تأثير أشعة الشمس، ووضع طريقة التنفيذ المتبعة بالحسبان. وللحصول على أعلى درجة حرارة للستارة في الساحة التجريبية تم تنفيذ الساحة التجريبية باتجاه الجنوب، حيث تتعرض بذلك إلى أطول فترة سطوع شمسي ممكنة، وتم تقسيم الساحة التجريبية إلى جزأين، وقُسم سطح كل جزءٍ إلى نصفين، وطلي النصف الأول باللون الأبيض الألوميني، وتُرك النصف الآخر دون طلاء، وذلك بهدف استقراء مدى الانخفاض الحاصل بدرجة الحرارة بسبب الطلاء الأبيض، ولهذه الغاية رُكبت حساسات لقياس الحرارة، وقُرئت درجات الحرارة على مدى ستة أشهر.

معايرة النموذج

الساحة التجريبية:

القسم الاول : سماكة طبقة الصرف او الاساس 10 cm

- سماكة الطبقة الكتيمة (20cm) على طبقتين كل منهما 10cm
- نصف هذا الجزء طلي بطلاء ألوميني ونصف دون طلاء

القسم الثاني: سماكة طبقة الصرف او الاساس .(10cm)

- سماكة الطبقة الكتيمة 16cm.
- نصف طلي بطلاء ألوميني ونصف دون طلاء.

وضع مقاييس حرارة عند عدة اعماق

تم تركيب حساسات لقياس الحرارة لهذا النصف على الأعماق الاتية:
2cm, 7.5cm,12.5cm اعتباراً من سطح الستارة، وتم قراءة الحرارة مدة 6 أشهر

27/5/2001	
الساعة	درجة الحرارة
22	19
23	19.2
0	19.9
1	19
2	19.8
3	20
4	21.4
5	25.6
6	27.2
7	29.5
8	29.8
9	31.4
10	31.2
11	32.6
12	33.4
13	32
14	30.9
15	31.6
16	30.1
17	28.2
18	26.4
19	24.4
20	25.6
21	24.4

تم تسجيل الحرارة فكانت أعلى حرارة 27/5/2001 وكانت تعادل 58 درجة مئويةعند الساعة الثانية ظهراً على عمق 2cm.وهي تعادل على السطح61درجة مئوية

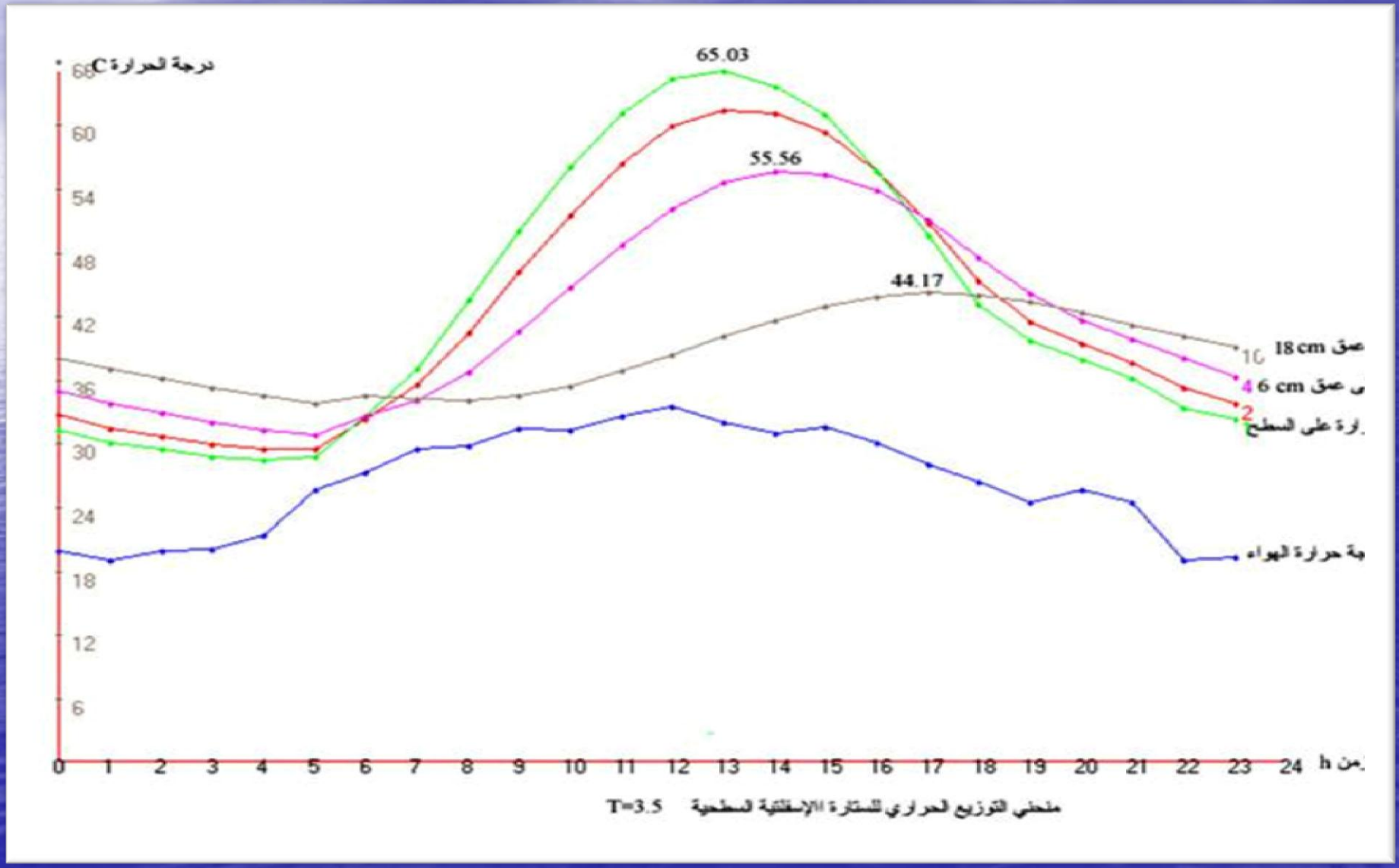
- حسب معطيات المنطقة :

$$\alpha = 24^{o} \qquad P / P_{o} = 0.99 \qquad \varphi = 34.52$$

$$a = 0.0028545 m^{2} / \sec$$

معامل تعكير الجو	درجة الحرارة على سطح الستارة عند الساعة(12)ظهراً	درجة الحرارة على سطح الستارة عند الساعة(2)ظهراً
T=2.0	64.81	68.82
T=2.5	63.65	67.63
T=3.0	62.55	66.24
T=3.5	61.44	65.02

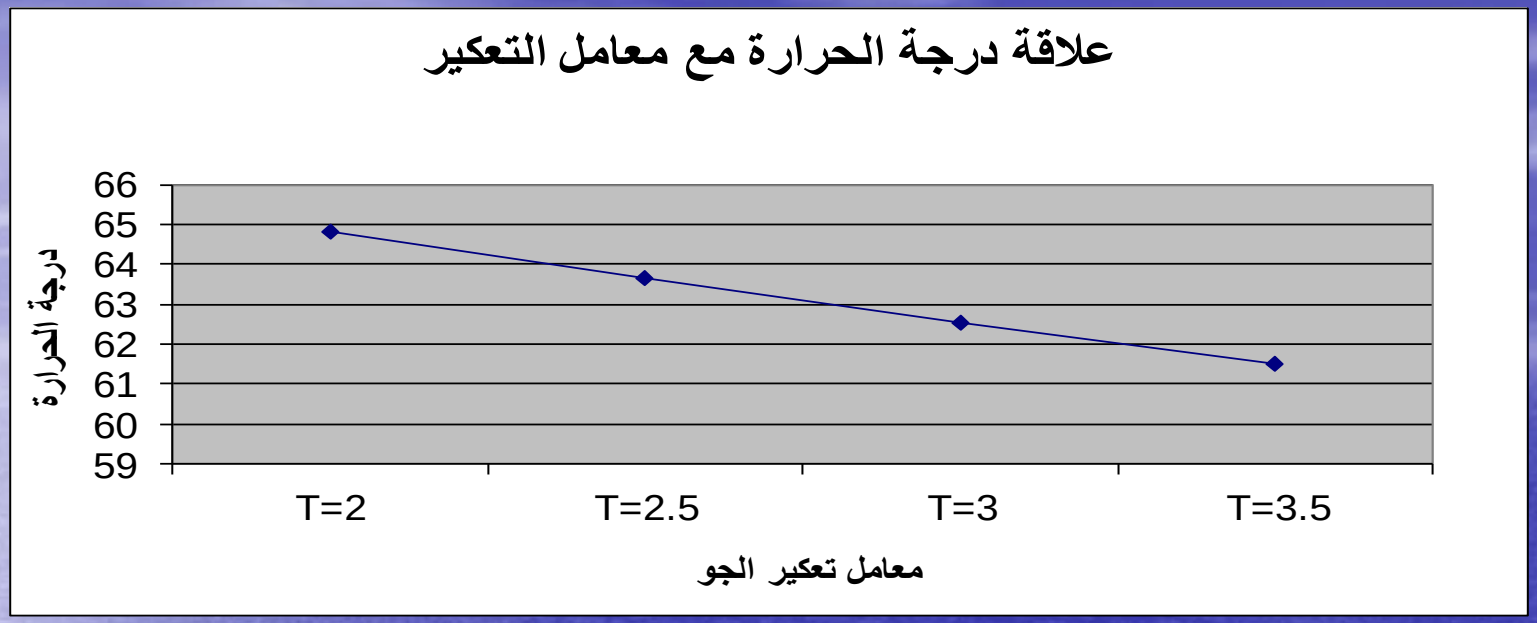
التوزيع الحراري للستارة الاسفلتية السطحية وفق البرنامج الساعة الثانية ظهراً



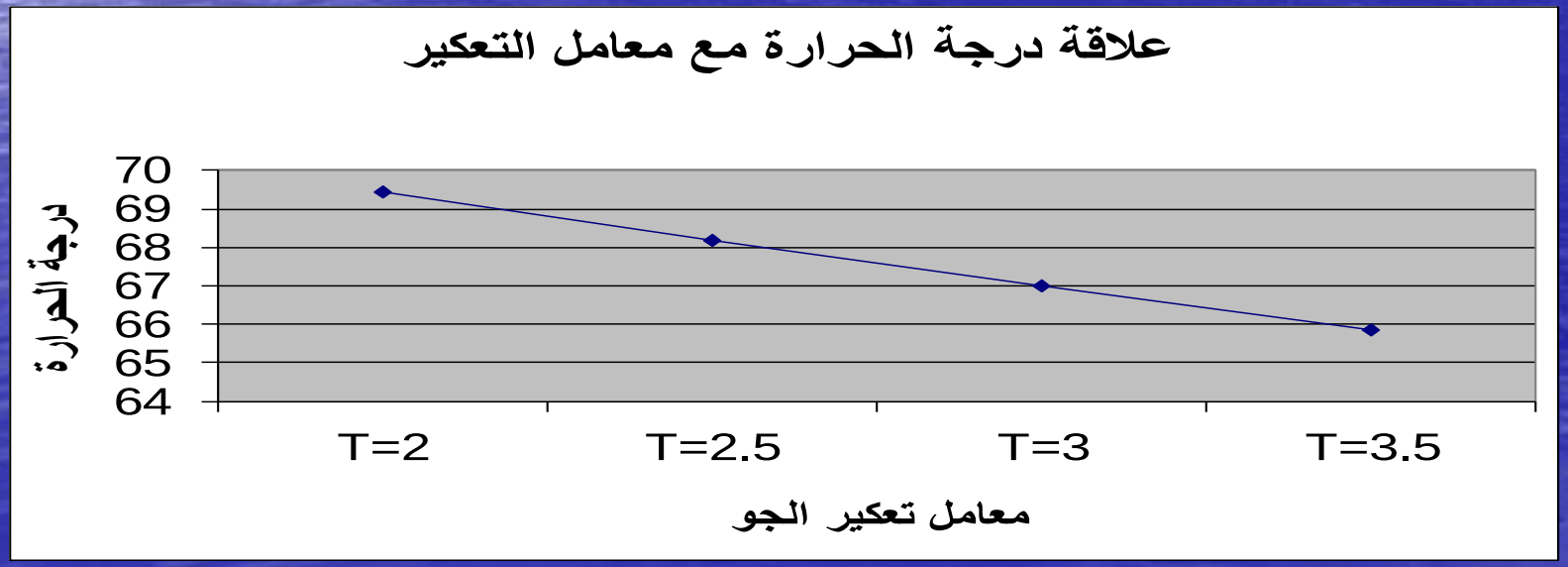
هكذا وُجد أن أقرب درجة حرارة محسوبة بالبرنامج لدرجة الحرارة المقاسة هي الموافقة لمعامل التعكير T=3.5، و هي تساوي (61.4Cº) وهي مساوية لدرجة الحرارة المقاسة. وهكذا تمت معايرة النموذج.

دراسة تأثير معامل التعكير:T : يعبر معامل تعكير الجو عن محتوى الهواء من بخار الماء والشوائب وثاني اوكسيد الكربون ويكون في المدن والمناطق الآهلة أعلى منه في المناطق الداخلية وبكون في المناطق المرتفعة عن سطح البحر اقل منه في المناطق الساحلية .

معامل تعكير الجو	درجة الحرارة على سطح الستارة عند الساعة(12)ظهراً	درجة الحرارة على سطح الستارة عند الساعة(2)ظهراً
T=2.0	64.81	68.82
T=2.5	63.65	67.63
T=3.0	62.55	66.24
T=3.5	61.44	65.02



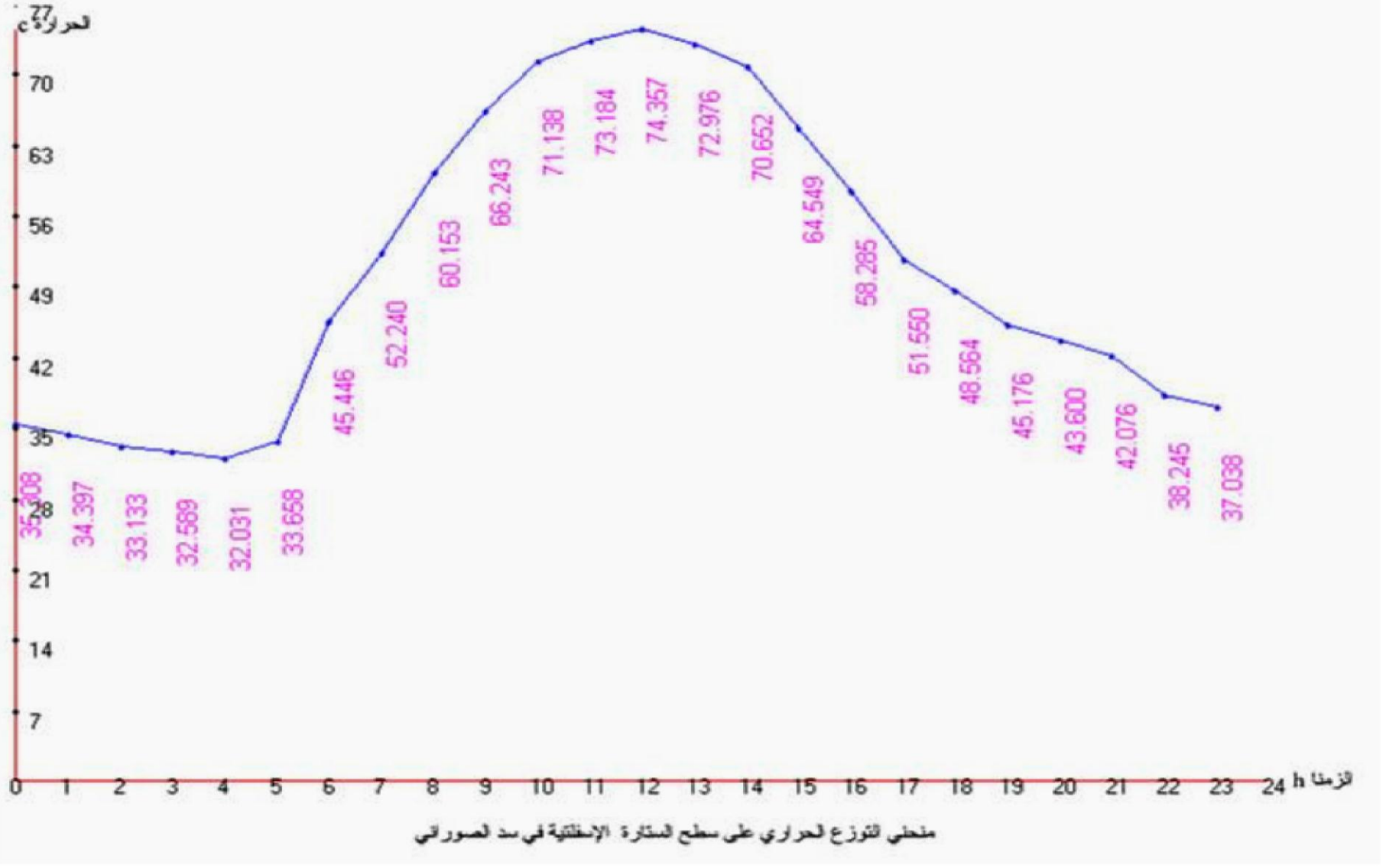
علاقة درجة الحرارة مع معامل التعكير في حالة (Af=0) للستارة في الساحة التجريبية عند الساعة (الثانية عشرة ظهراً)، والساعة (الثانية ظهراً).



حساب أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية في سد الصوراني

حُسبت أعلى درجة حرارة يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية المتوضعة على سطح السد، مع الوضع بالحسبان معطيات الدخل الموافقة للسد حيث، سماكة الستارة الإسفلتية المتوضعة على الوجه الأمامي للسد هي (10cm) كطبقة كتيمة، و(10cm) كطبقة نفوذة، وباعتبار أن تغيرات درجة الحرارة تصبح مهملة على عمق(30cm) أسفل الستارة فتصبح السماكة الكلية التي يُحسب معامل توصيلها الحراري هي (50cm)، و معامل الانتقال الحراري الوسطي الفعال للستارة يساوي (a= 0.002676). ومع الوضع بالحسبان أن اتجاه الستارة الإسفلتية السطحية في سد الصوراني هو شرقي، لذلك فان زاوية سمت الستارة (A_f=270º)، و زاوية الانحراف الشمسي (δ =23.45 º) ، وقد أُخذ عدة قيم لمعامل التعكير، وذلك للحصول على أعلى درجة حرارة ممكنة، مع العلم أن معامل التعكير الناتج من معايرة النموذج هو(3.5). وبعد مراجعة المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق تم الحصول على أعلى درجة حرارة لمدينة طرطوس من عام (1957) إلى عام(2000) فكانت (41 cº) سنة (1969)، ولكن لعدم توافر القراءات الساعية في تلك السنة أُخذت درجة الحرارة العظمى، التي يتوافر لها قياسات ساعية، وهي (40.4 cº) في (30/9/1999).

منحني توزع درجة الحرارة على سطح الستارة الإسفلتية في سد الصوراني



دراسة تأثير لون الستارة على درجة حرارة سطح الستارة

دُرس تأثير تغيير لون الستارة على درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن يصل إليها سطح الستارة في حال تم تغيير لون الستارة، وبالتالي تغيير معامل عكس الستارة (ro).وهويعبر عن الاشعة المنعكسة عن سطح الستارة،ويؤخذ كنسبة من الاشعة الكلية.

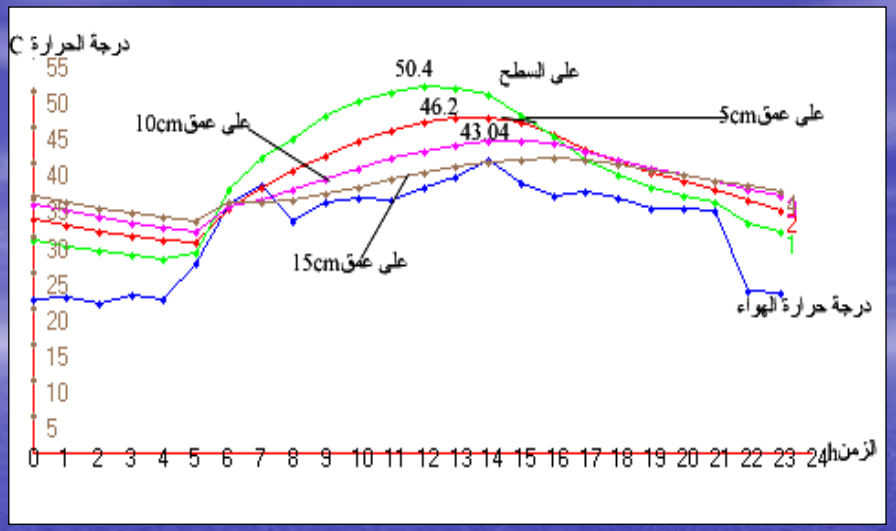
حالة وضع طلاء ذي لون أبيض:

أُدخلت المعطيات الخاصة بالساحة التجريبية مع إعطاء قيم مختلفة ل(r_o).

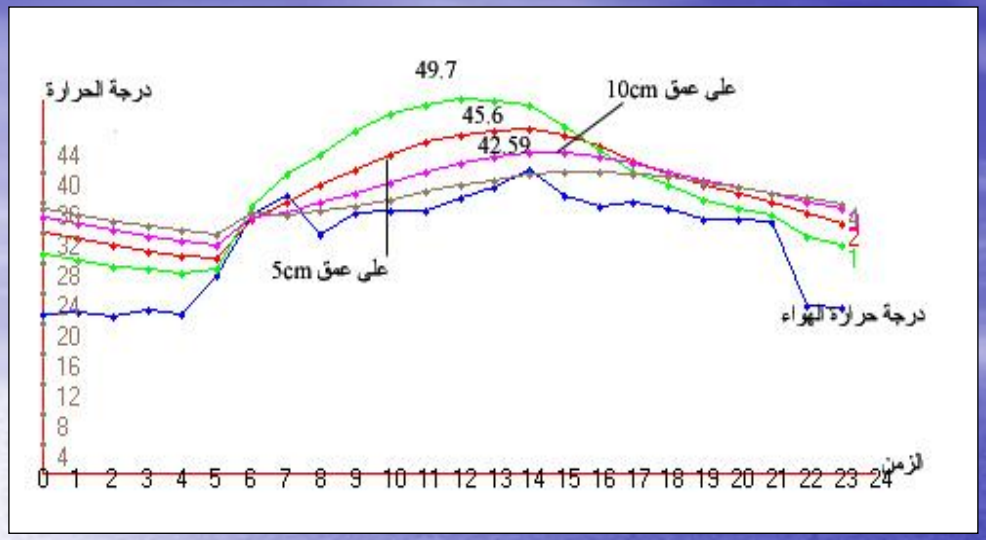
قيم ro (عامل عكس الستارة)	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.13	0.12	0.1
درجة الحرارة على سطح الستارة في الساحة التجريبية.	44.13	47.46	50.63	53.78	56.95	59.13	59.43	60.00

يُلاحظ من الجدول أن قيمة معامل عكس الستارة للسطوح الفاتحة **(0.6)** يؤدي إلى خفض درجة الحرارة العظمى على سطح الستارة الإسفلتية في الساحة التجريبية بنحو **17** درجة مئوية

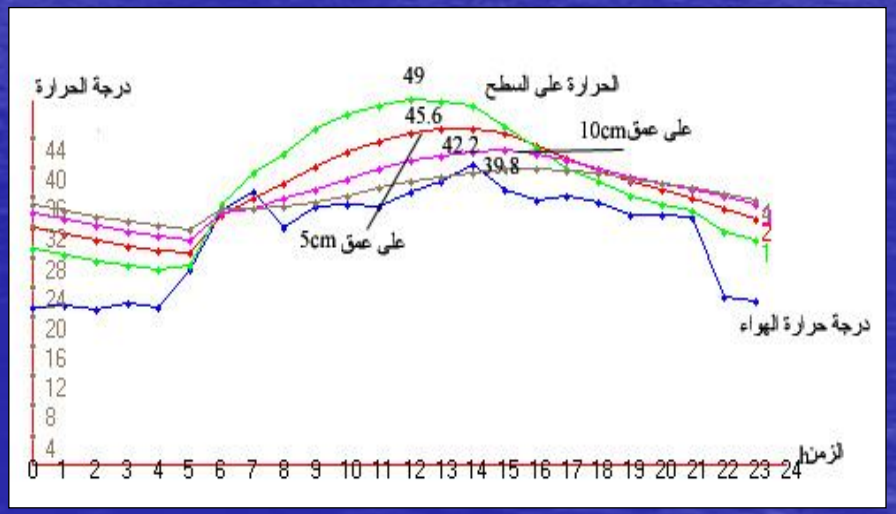
معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة في السد.	50.4	49.7	49.0	48.3



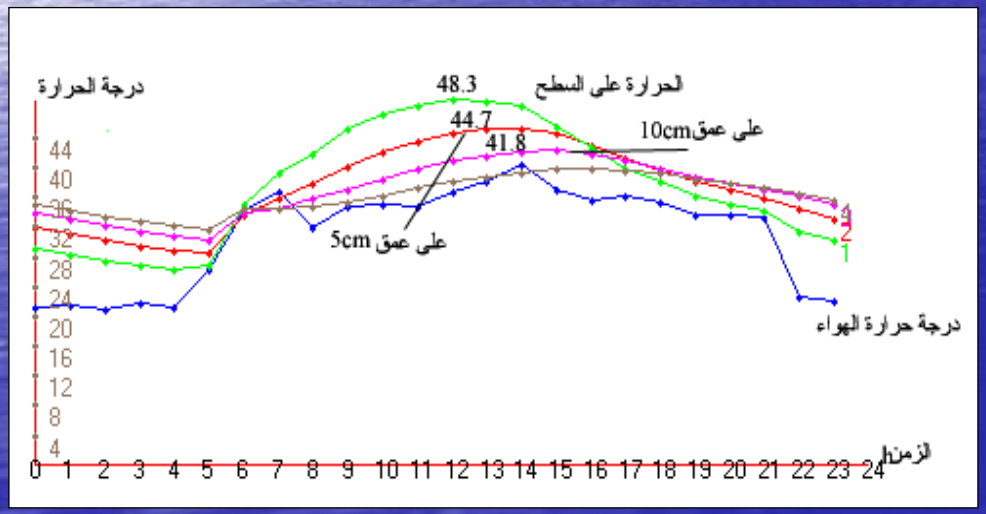
التوزع الحراري في الستارة الإسفلتية في حال (r_o=0.6) و T=2.



التوزع الحراري في الستارة الإسفلتية عند أعماق مختلفة (r_o=0.6) و T=2.5.



التوزع الحراري في الستارة في حال (r_o=0.6) وT=3.



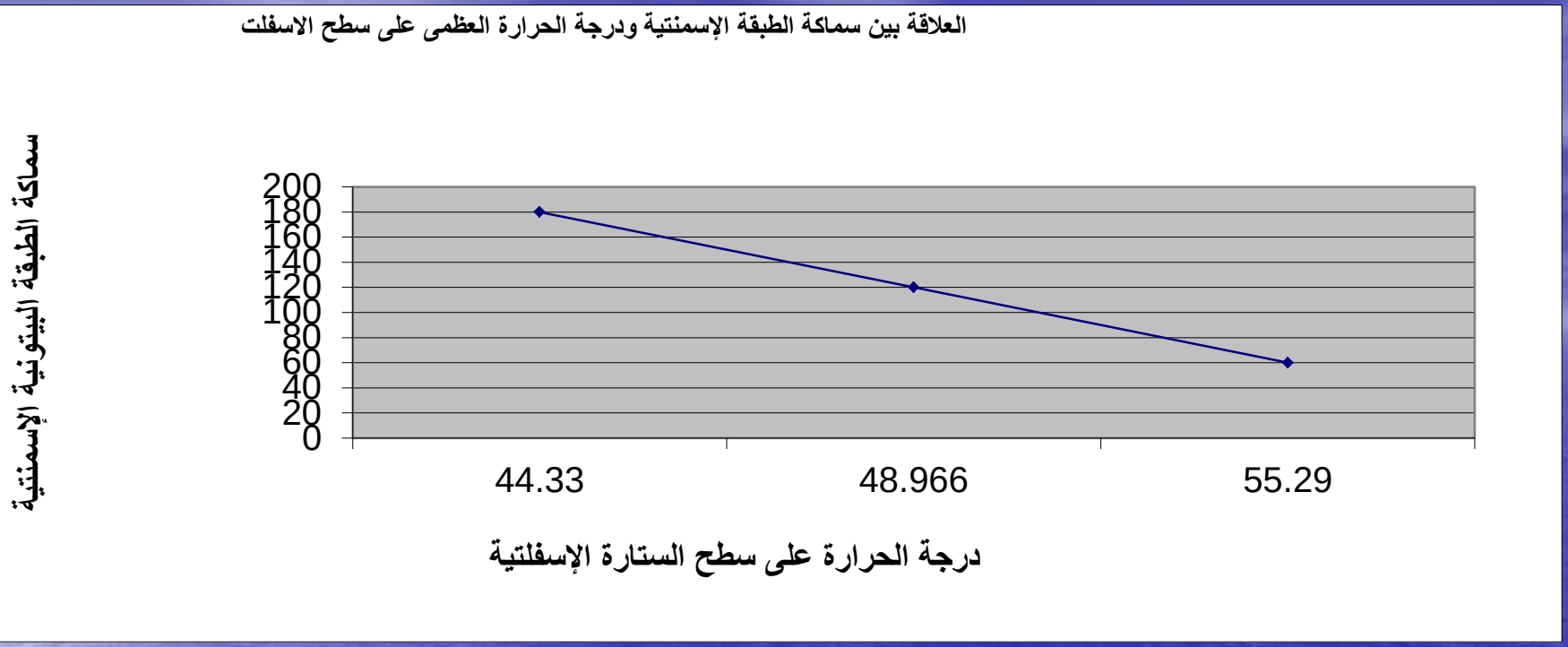
التوزع الحراري في الستارة الإسفلتية عند أعماق مختلفة في حال (r_o=0.6) وT=3.5.

حالة وضع طبقة بيتونية فوق الستارة الإسفلتية

دُرس تأثير وضع طبقة من البيتون الإسمنتي فوق الستارة الإسفلتية السطحية على الظروف الحرارية داخل الستارة الإسفلتية . ولهذا الغرض حُسبت درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الغطاء البيتوني، وكذلك على سطح الغطاء الإسفلتي في يوم (30/9/1999)، وبأخذ قيمة معامل عكس الطبقة البيتونية الإسمنتية (r_0=0.35)، أما قيمة معامل الإنبعاثية أو الإصدار الحراري، فأخذت (ε=0.95)، وأعطيت قيم مختلفة لمعامل تعكير الجو (T)، وأجريت الحسابات من أجل عدة سماكات للبيتون الإسمنتي:

(δ=180mm و δ=120mm , δ=60mm)

سماكة الطبقة الإسمنتية (a=0.0027710427)	δ=60mm			
معامل تعكير الجو	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة Cº	62.601	61.708	60.867	60.000
درجة الحرارة على سطح الإسفلتCº	55.290	54.609	53.962	53.361



وكما رأينا سابقاً أن درجة الحرارة العظمى المتوقعة في منطقة سد الصوراني وفق حسابات البرنامج المطور هي (74.9) درجة مئوية، وهي موافقة لمعامل تعكير للجو(T=2)، وبوجود تغطية بيتونية بسماكة (60mm) تبلغ درجة الحرارة على سطح الإسفلت (55.2) درجة مئوية، أي بانخفاض نحو 19.7درجة مئوية، أما بالنسبة لسماكة التغطية البيتونية (120mm)، فإن درجة الحرارة العظمى تبلغ على سطح الإسفلت 48.966 درجة مئوية، أي بانخفاض بلغ 25.934 درجة مئوية ، ومن أجل (δ=180mm)، فإن قيمة الانخفاض بدرجة الحرارة وصلت الى 30.50 درجة مئوية.

يُستنتج مما سبق أن وضع تغطية بيتونية فوق الستارة الإسفلتية يخفض من درجة حرارة سطح الستارة الإسفلتية بشكل كبير.

حالة طلاء الطبقة البيتونية المتوضعة فوق الستارة الإسفلتية بطلاء فاتح

جرت دراسة مدى انخفاض درجة الحرارة على سطح الستارة الإسفلتية، فيما لو تم وضع طبقة بيتونية ذات سماكات مختلفة، وتم طلاء هذه الطبقة بلون فاتح (أبيض r_o=0.6).

درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي(المطلي) بسماكة (60mm)

معامل التعكير T	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجةالحرارة على سطح الستارة C°	52.10	51.40	50.78	50.26
درجةالحرارة على سطح الإسفلتC°	46.98	46.40	46.00	45.63

درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي(المطلي) بسماكة 120mm

معامل التعكير T	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة C°	52.4	51.7	51.1	50.5
درجة الحرارة على سطح الإسفلتC°	42.5	42.20	41.88	41.58

درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي(المطلي) بسماكة 180mm

معامل التعكيرT	T=2.0	T=2.5	T=3.0	T=3.5
درجة الحرارة على سطح الستارة Cº	51.57	50.89	50.27	49.68
درجة الحرارة على سطح الإسفلتCº	40.23	39.98	39.72	39.60

يُلاحظ مما سبق أن درجة الحرارة على سطح الطبقة البيتونية الإسفلتية انخفضت أحياناً إلى أكثر من 8 درجات مئوية.

دراسة تأثير أخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة

في كل الحسابات السابقة تم إدخال قيمة وسطية لمعامل الانتقال الحراري (a)، وسنقوم بالحساب بأخذ معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة، وذلك بهدف معرفة مدى تأثير تغير قيمة معامل الانتقال الحراري على درجة الحرارة.

1- حالة الستارة البيتونية الإسفلتية بدون طلاء: تم إدخال معامل الانتقال الحراري الوسطي في الحسابات السابقة (a=0.0026767)، وتم الحصول على النتائج الموضوعة في الجدول، أما الآن فسيتم حساب درجة الحرارة العظمى الموقعة على سطح الستارة، مع الأخذ بالاعتبار معامل الانتقال الحراري لكل طبقة.

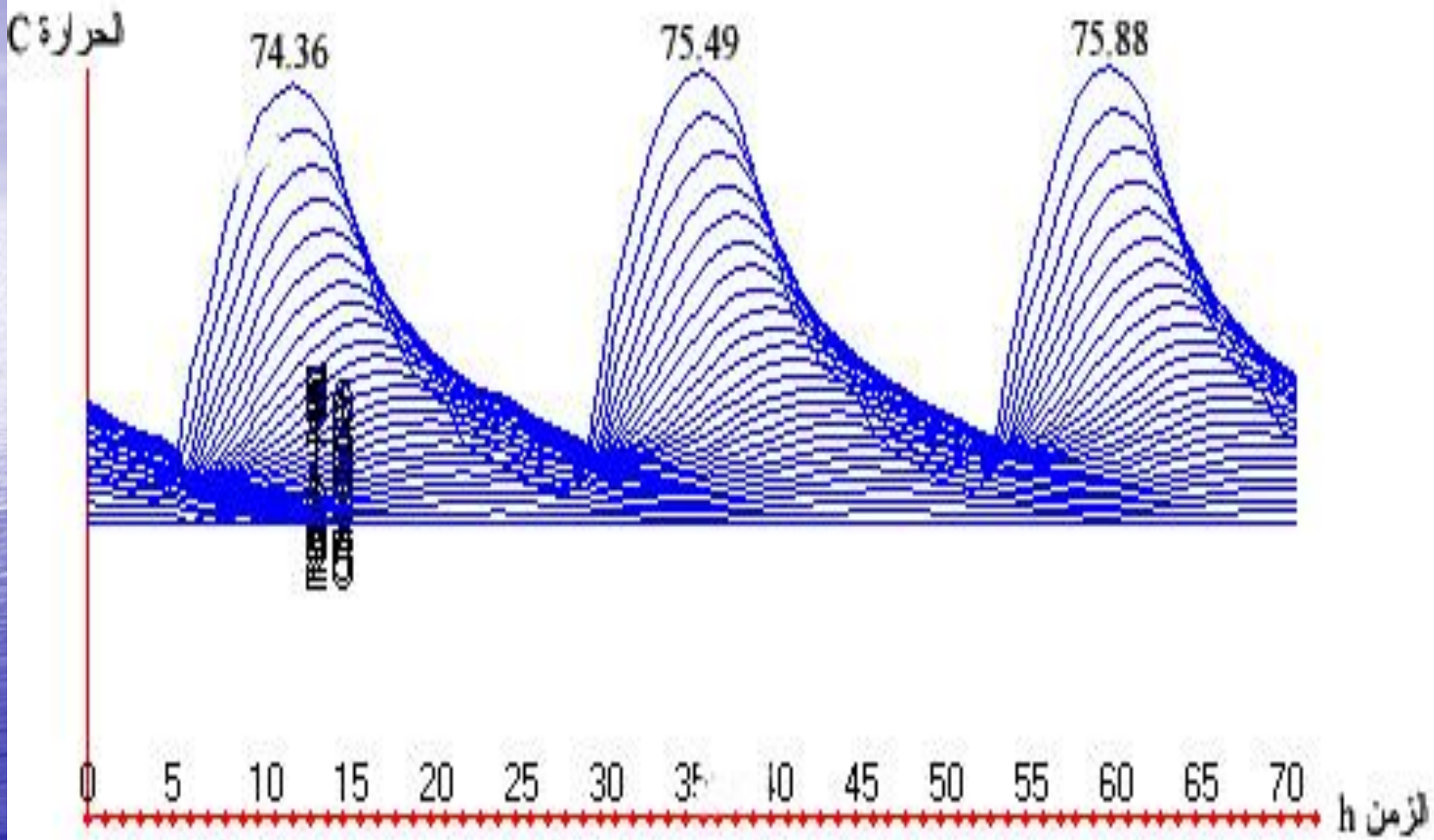
معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة Co	75.7	74.2	73.0	71.9

وهكذا وُجد أن الفرق بين درجتي الحرارة لا يزيد عن درجة واحدة، وهذا يعني أن حساب درجة الحرارة على سطح الستارة الإسفلتية باستخدام معامل التوصيل الحراري الوسطي مقبول.

2-حالة الستارة البيتونية الإسفلتية مع طلاء على سطحها: لقد وُجد أن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية مع طلاء في حال في حالة أخذ معامل التوصيل الحراري الموافق لكل طبقة، فإن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية كما في الجدول:

معامل التعكير T	2	2.5	3	3.5
درجة الحرارة Co	48.9	48.2	47.6	47

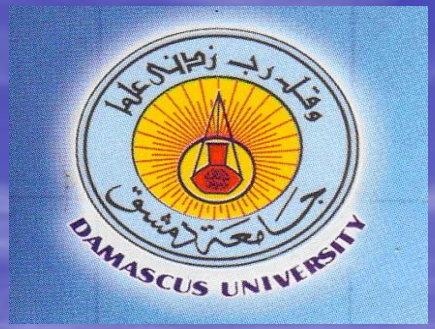
يُلاحظ من مقارنة النتائج أن الفرق بين القيمتين صغير جداً



منحنيات التوزع الحراري للستارة الإسفلتية في سد الصوراني في حالة استمرار حرارة الهواء العظمى ثلاثة أيام

النتائج

- ✓ يُعد البيتون الإسفلتي مادة تكتيم فعالة لما يتمتع من مواصفات، ولاسيما الكتامة.
- ✓ لم تؤد مادة الفيبر الأميانتي إلى تحسين أداء الخلطة بشكل كبير.
- ✓ إن طلاء الستارة بمادة ذات لون فاتح (أبيض) أدى إلى خفض درجة حرارة الستارة بمقدار 20 درجة مئوية تقريباً، ويتوقف مقدار خفض الحرارة تبعاً لدرجة اللون، ودقة تنفيذ الطلاء.
- ✓ إن وضع تغطية بيتونية إسمنتية فوق الستارة الإسفلتية خفض من درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن يصل إليها سطح الستارة الإسفلتية بشكل كبير قد يصل إلى أكثر من 25 درجة مئوية، ويتناسب الانخفاض لدرجة الحرارة طرداً مع سماكة التغطية.
- ✓ إن وضع طلاء فوق الطبقة البيتونية الإسفلتية يخفض حرارة الإسفلت بشكل ملحوظ قد يصل إلى ثماني درجات مئوية على سطح الستارة الاسفلتية.
- ✓ إن حساب درجات الحرارة بإدخال معامل الانتقال الحراري الوسطي لكامل الستارة الإسفلتية يعطي نتائج جيدة، والفرق بين قيمها، وبين نتائج الحسابات في حال إدخال معامل الانتقال الحراري الموافق لكل طبقة فرق بسيط يمكن تجاهله، حيث لم يتجاوز درجة مئوية واحدة.
- ✓ إن درجة الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية ترتفع مع انخفاض معامل التعكير.

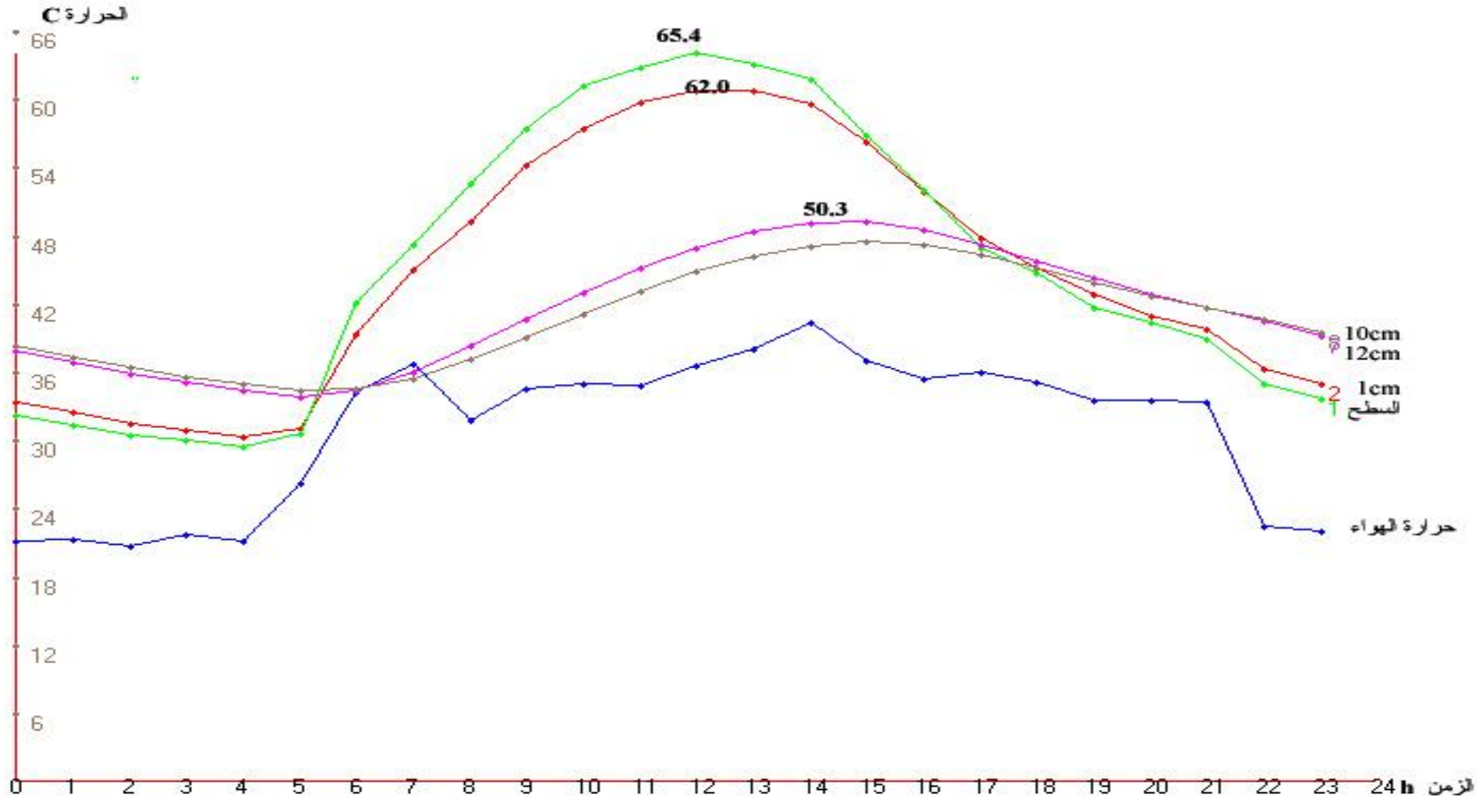


شكراً جزيلاً

لحسن

إصغائكم

التوزع الحراري في الستارة الإسفلتية في سد الصوراني عند أعماق مختلفة بوجود تغطية بيتونية بسماكة (12cm).



درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (180mm) وعلى سطح الستارة الإسفلتية على عمق(180mm).

	سماكة الطبقة الإسمنتية	δ180mm= (a=0.00277687)
معامل تعكير الجو	درجة الحرارة على سطح الستارة C°	درجة الحرارة على سطح الإسفلتC°
T=2.0	62.11	44.33
T=2.5	61.22	43.96
T=3.0	60.37	43.61
T=3.5	59.56	43.26

درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (120mm) وعلى سطح الستارة الإسفلتية على عمق(120mm).

سماكة الطبقة الإسمنتية	δ=120mm	(a=0.00277427)
معامل تعكير الجو	درجة الحرارة على سطح الستارةCº	درجة الحرارة على سطح الإسفلتCº
T=2.0	63.1	48.966
T=2.5	62.5	48.50
T=3.0	61.2	47.80
T=3.5	60.3	47.40

حالة وضع طبقة بيتونية فوق الستارة الإسفلتية:

درجة الحرارة المحسوبة على سطح طبقة البيتون الإسمنتي ذات السماكة (60mm) وعلى سطح الستارة الإسفلتية على عمق(60mm).

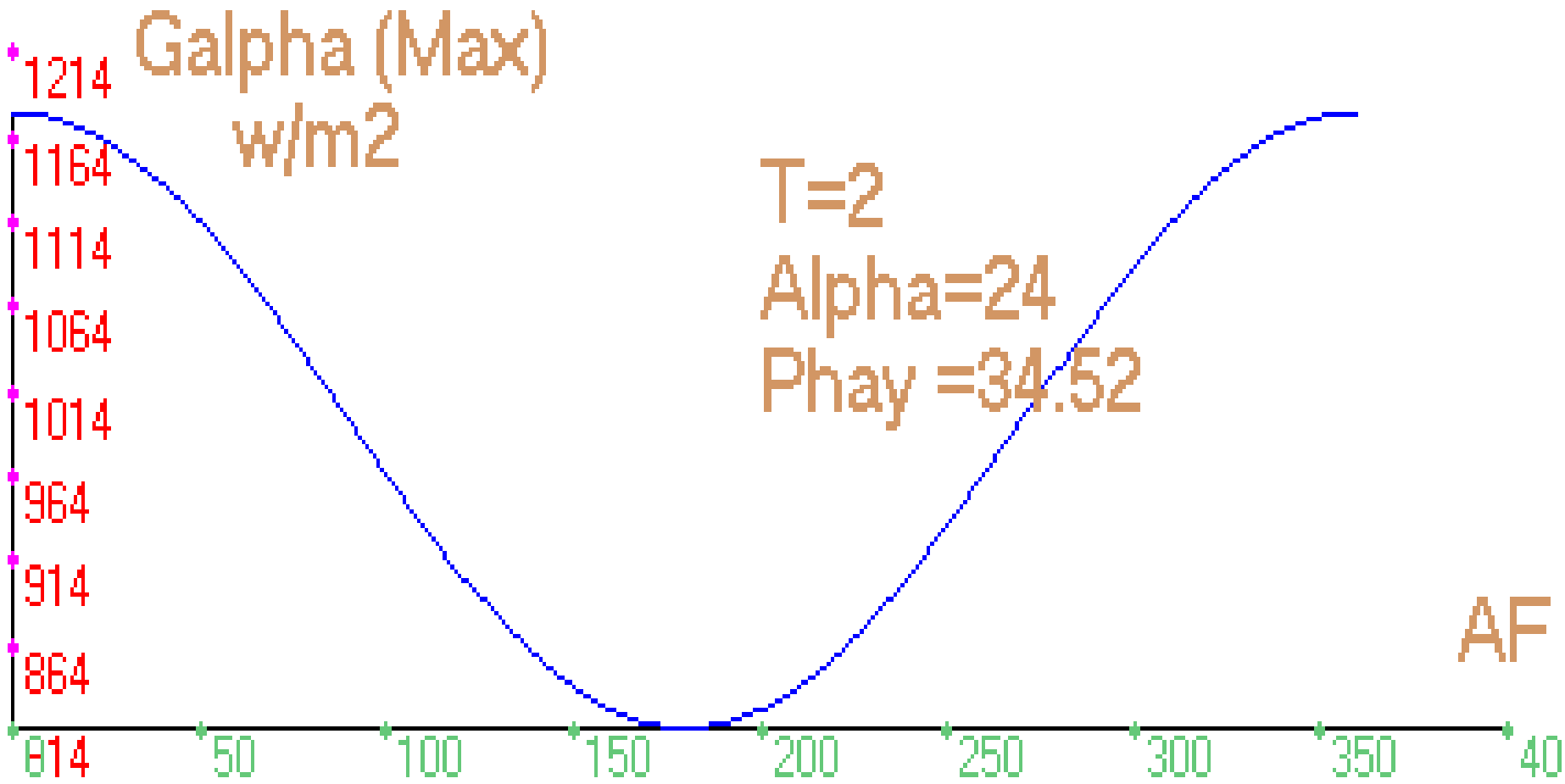
سماكة الطبقة الإسمنتية δ=60mm		(a=0.0027710427)
معامل تعكير الجو	درجة الحرارة على سطح الستارة C°	درجة الحرارة على سطح الإسفلت C°
T=2.0	62.601	55.290
T=2.5	61.708	54.609
T=3.0	60.867	53.962
T=3.5	60.000	53.361

دراسة تأثير تغيير لون الستارة:

ro	درجة الحرارة المحسوبة على سطح الستارة Cº
0.6	44.132
0.5	47.446
0.4	50.63
0.3	53.78
0.2	56.95
0.15	58.511
0.14	58.82
0.13	59.13
0.12	59.43
0.1	60

نلاحظ مما سبق أن قيمة معامل عكس الستارة للسطوح الفاتحة (0.6) يؤدي إلى خفض درجة الحرارة العظمى على سطح الستارة الإسفلتية في الساحة التجريبية يساوي نحو(17)

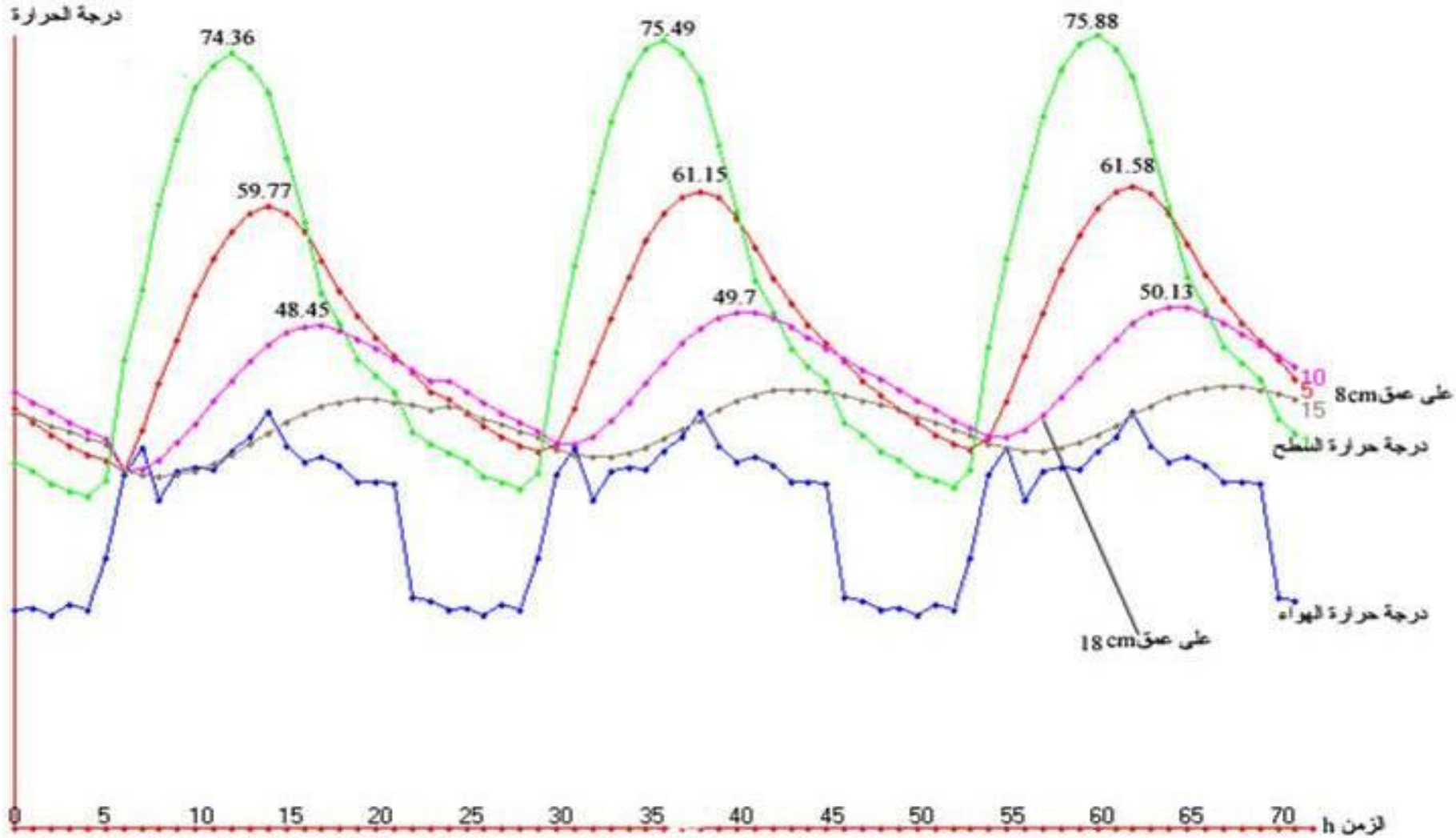
نجد أنه بتغيير سمت الستارة نستطيع تخفيض لدرجة الحرارة قد يصل حتى (10) درجة مئوية وأن أعلى درجة حرارة تكون عند قيمة Af=0.



- دراسة تأثير تغيير سمت الستارة Af

Af	درجة الحرارة العظمى على السطح
0	68.7
45	67.9
90	65.7
135	61.1
180	58.4
225	60.8
270	66.0
315	68.0
360	68.7

منحني التوزع الحراري للستارة الإسفلتية السطحية في سد الصوراني في حال استمرار حرارة الهواء العظمى ثلاثة أيام متتالية .



منحني التوزع الحراري في حالة استمرار الحرارة العظمى ثلاثة أيام متتالية للستارة الإسفلتية السطحية في سد الصوراني