Appendix A – Visitors' Statistics

YEARLY	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
VISITORS	294,517	288,875	334,520	293,888	417,540	488,616	526,082	611,907	718,816	632,902	649,861	771,862	910,980
Percentage	-	-1.92%	15.80%	-12.15%	42.07%	17.02%	7.67%	16.30%	17.50%	-12.00%	5.00%		

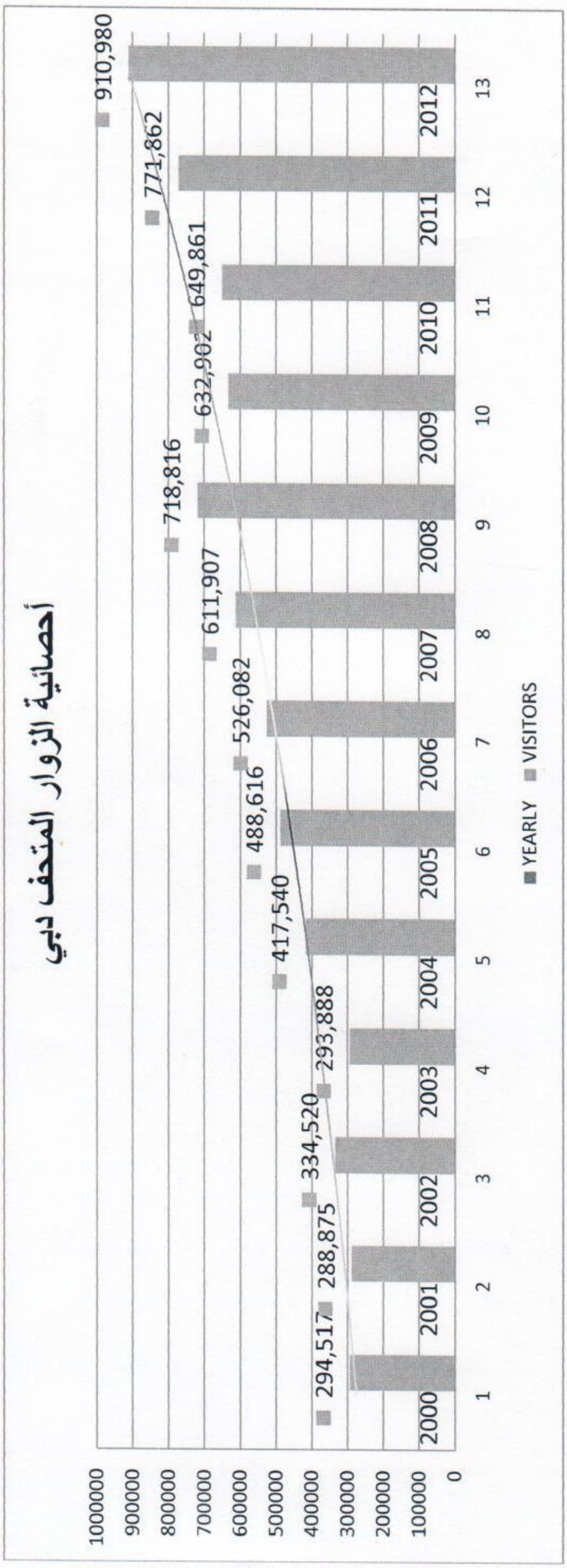


Figure A.1 Visitors' statistics (Dubai Museum)

Appendix B – Dubai Weather Data

Table B.1 Dubai Weather Data (IES-VE APLocate)

	Temperature		Humidity	Solar radiation
	Min. T db (°C)	Max. T db (°C)	T wb at Max. T db (°C)	W/m²
Jan	19.50	28.20	17.50	1202
Feb	22.30	31.10	17.80	1187
Mar	26.60	35.90	18.50	1164
Apr	28.50	39.20	19.80	1130
May	30.40	42.10	21.10	1106
Jun	32.10	43.20	22.40	1092
Jul	34.40	44.20	23.80	1093
Aug	34.50	44.20	23.90	1107
Sep	31.00	41.20	23.20	1136
Oct	27.80	38.20	21.30	1166
Nov	24.00	33.90	19.40	1190
Dec	20.90	30.00	18.70	1204

Appendix C – Thermal Conditions parameters for Base Model

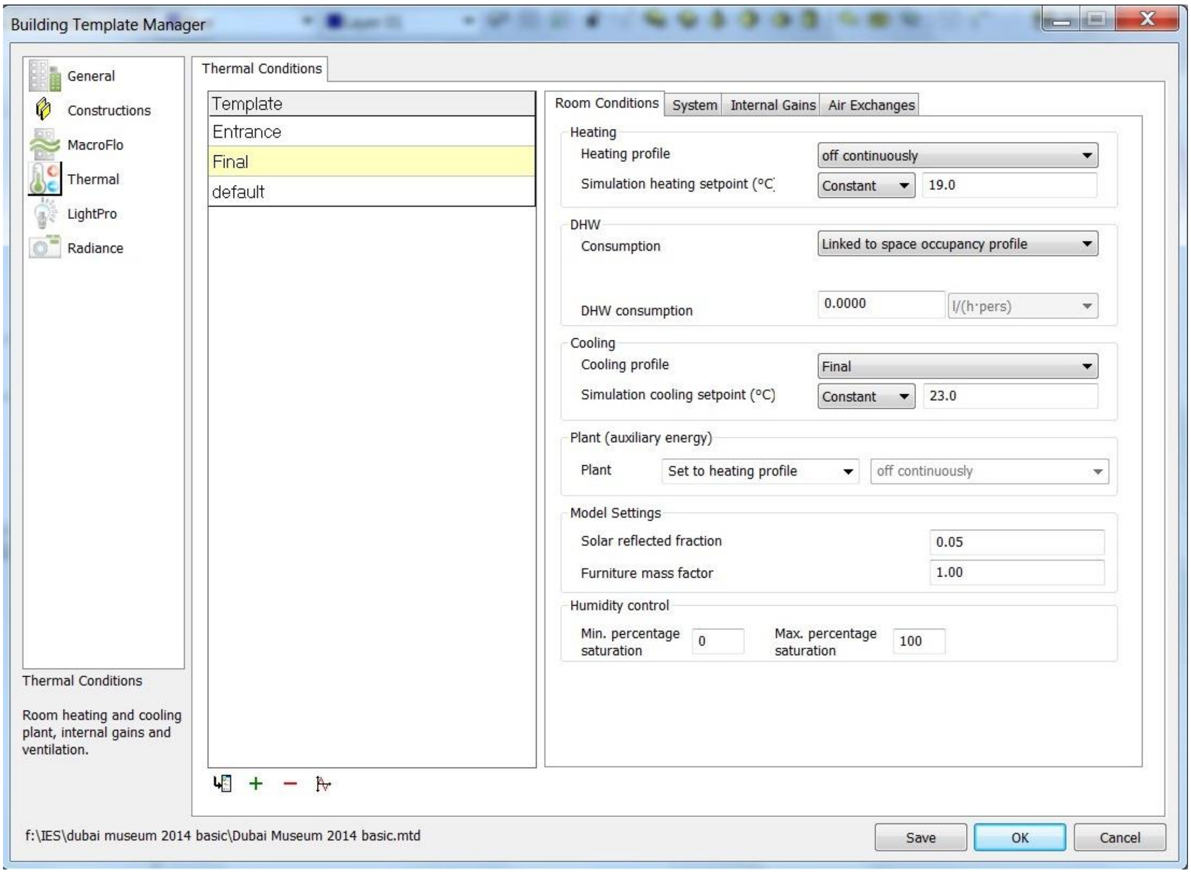


Figure C.1 Room condition parameters (IES-VE)

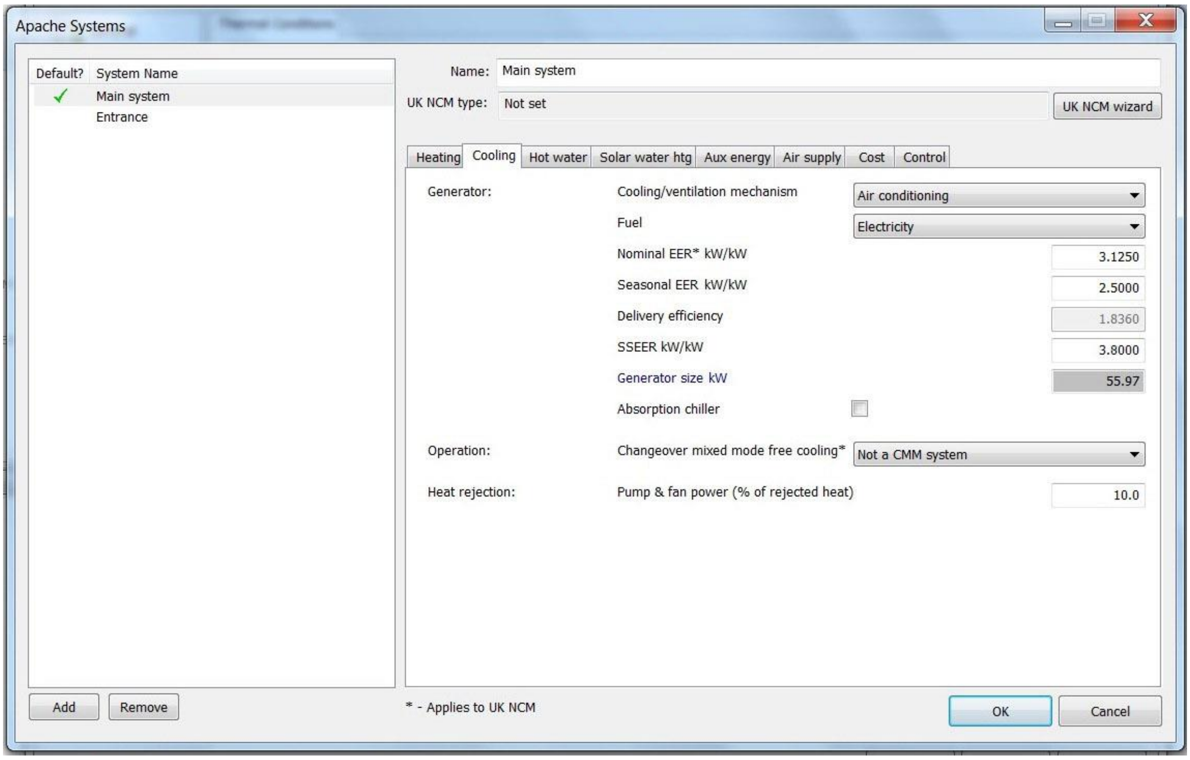


Figure C.2 System parameters (cooling) (IES-VE)

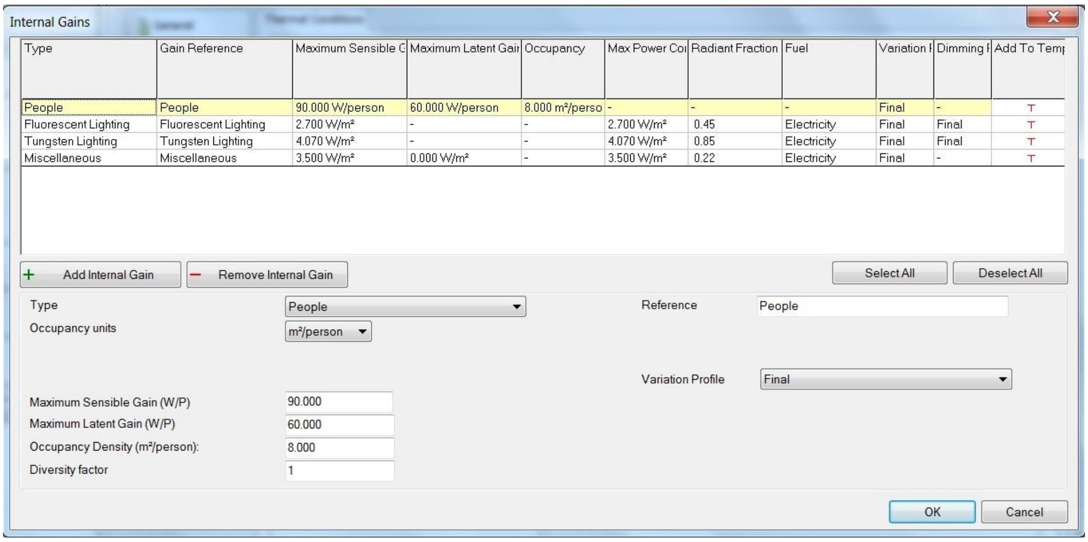


Figure C.3 Internal gain (people) (IES-VE)

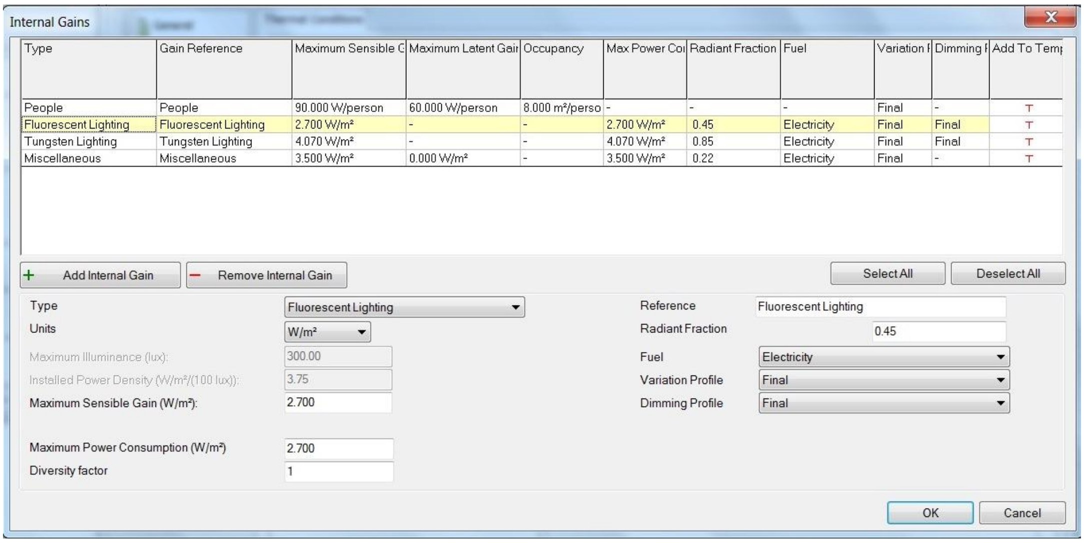
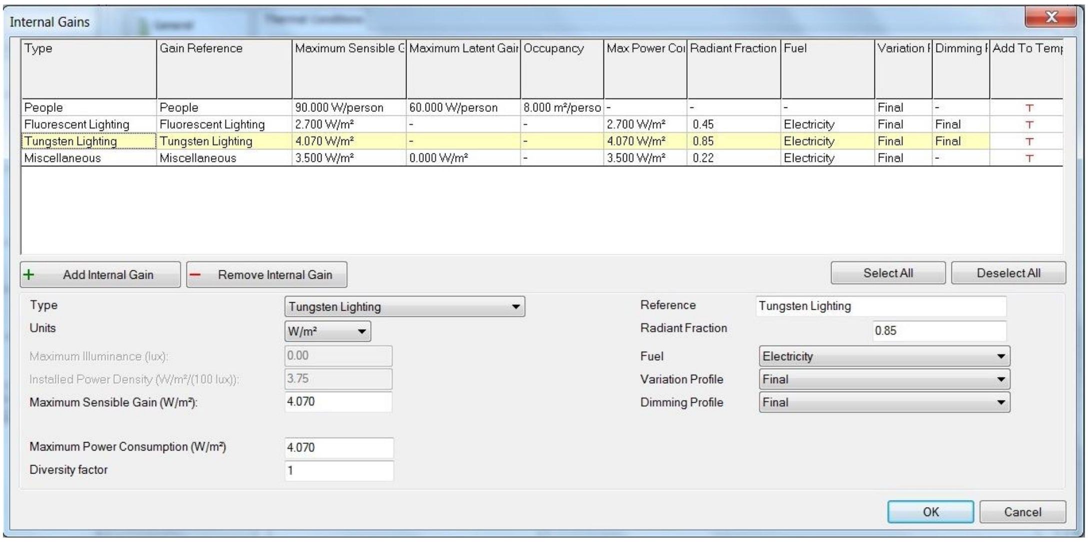


Figure C.4 Internal gain (fluorescent) (IES-VE)

Figure C.5 Internal gain (tungsten) (IES-VE)



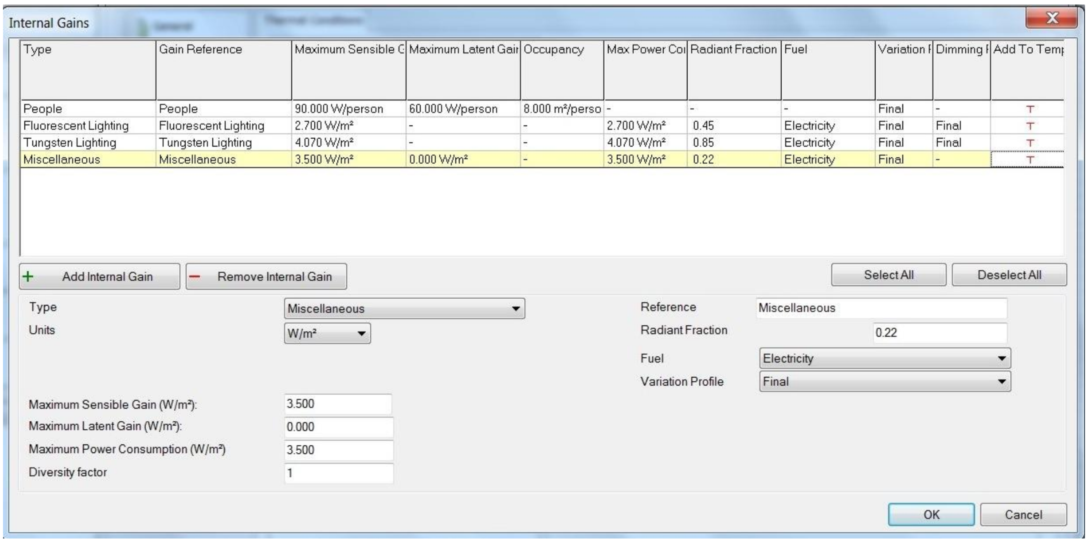


Figure C.6 Internal gain (miscellaneous) (IES-VE)

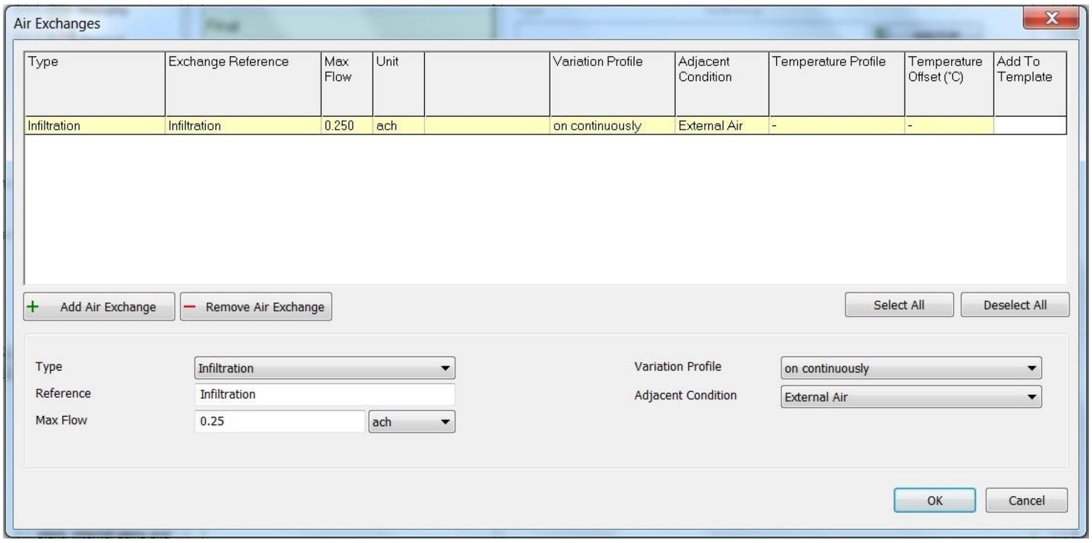


Figure C.7 Air Exchanges (IES-VE)

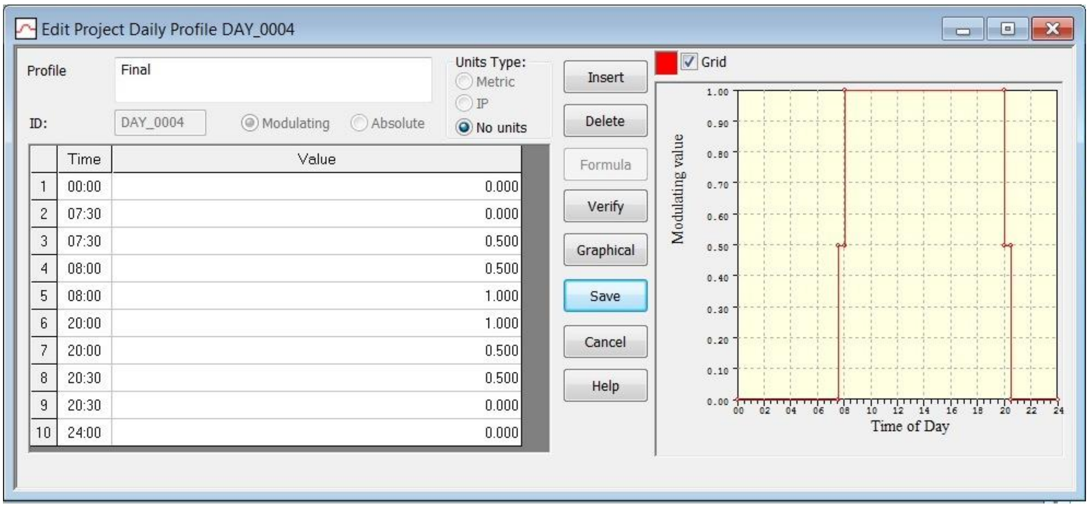


Figure C.8 Daily profile (IES-VE)

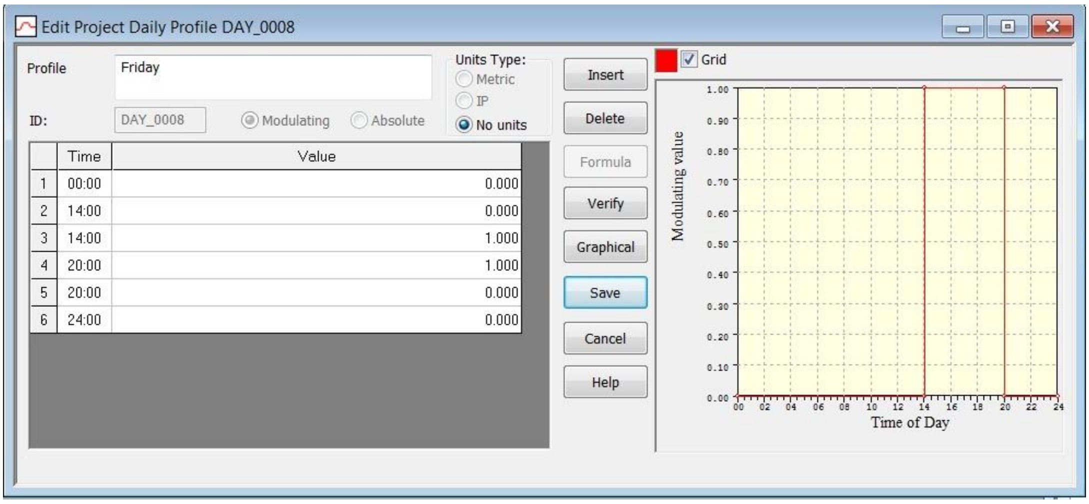


Figure C.9 Friday profile (IES-VE)

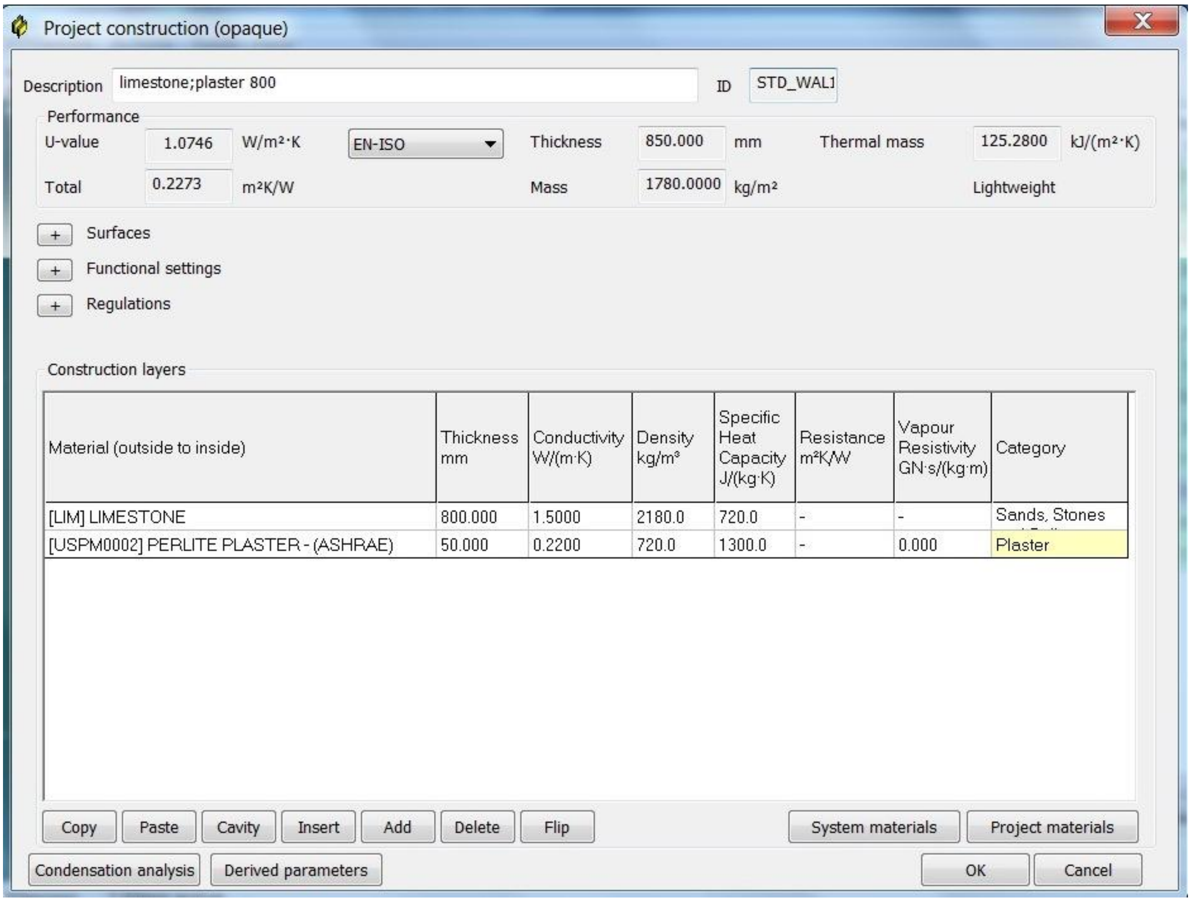


Figure C.10 Construction template for external wall – 800mm thick. (IES-VE)

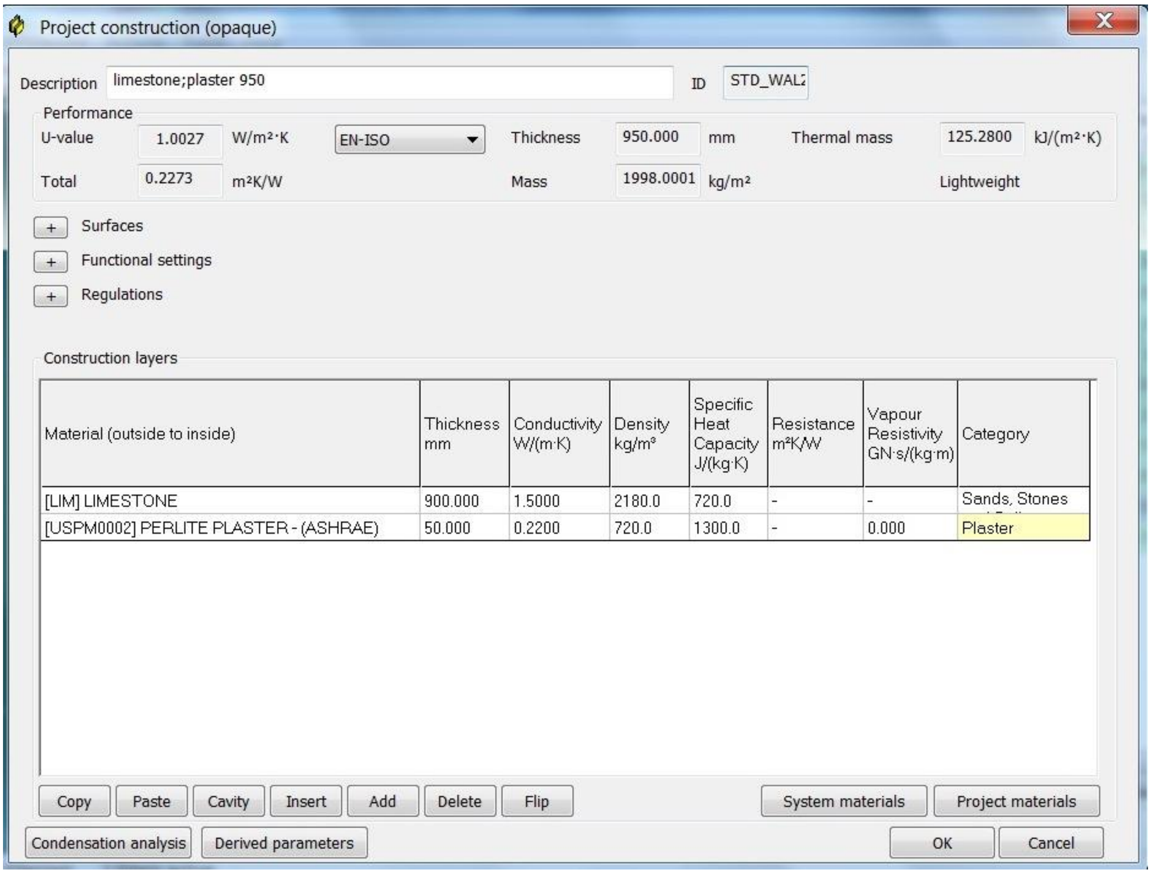


Figure C.11 Construction template for external wall – 950mm thick. (IES-VE)

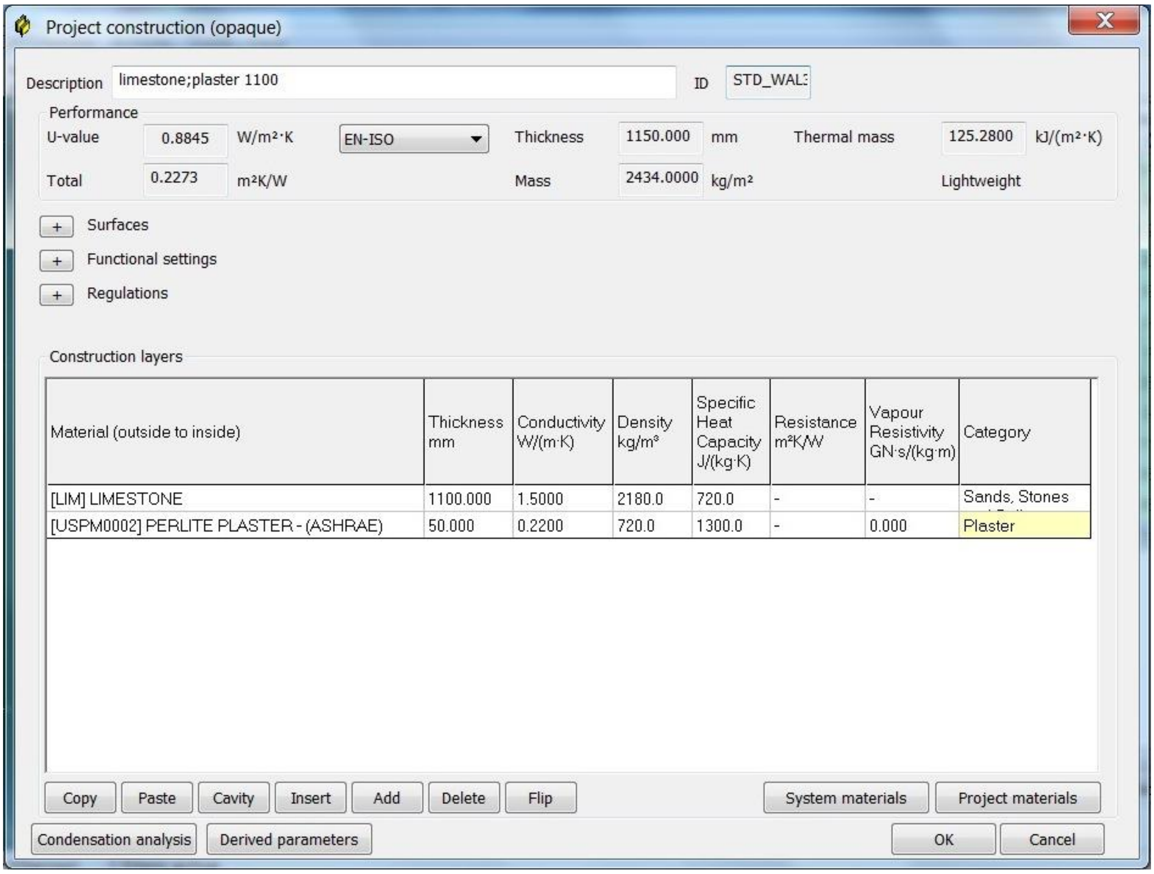


Figure C.12 Construction template for external wall – 1100mm thick. (IES-VE)

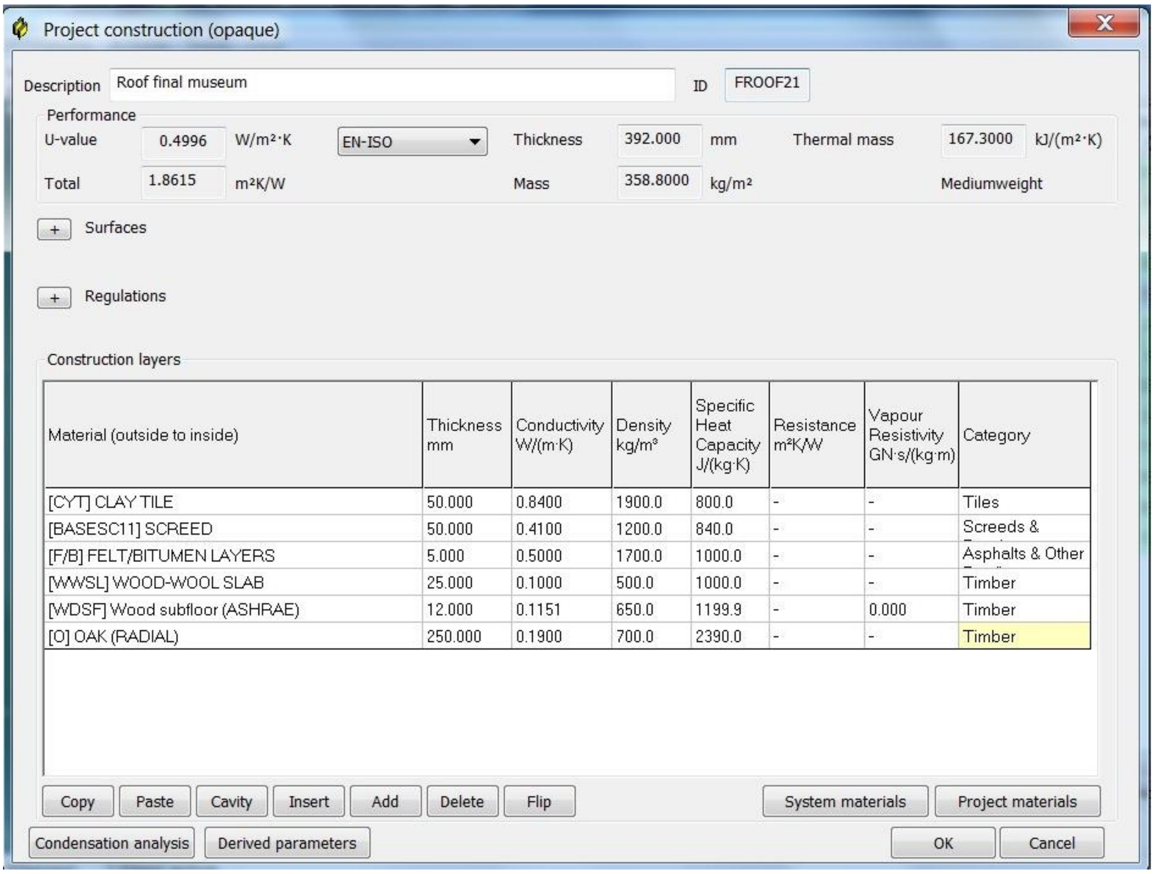


Figure C.13 Construction template for roof (IES-VE)

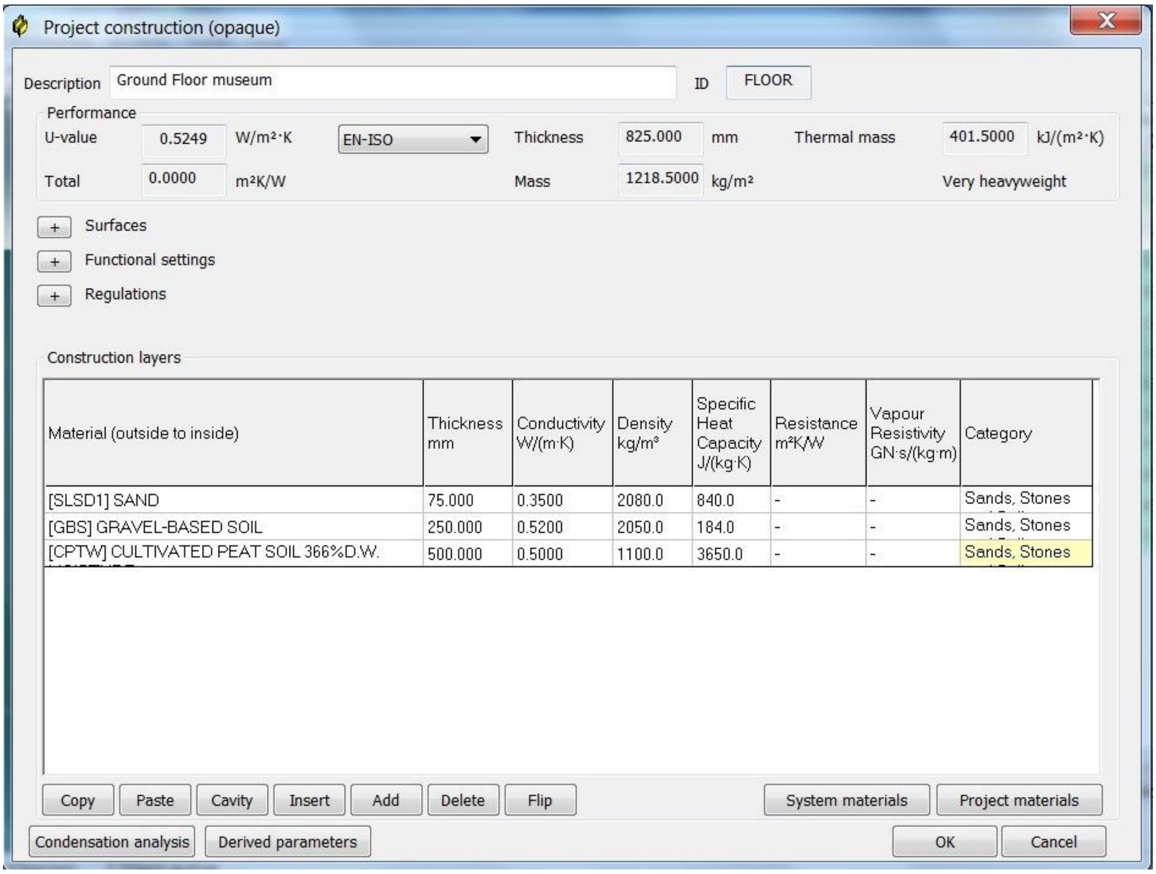


Figure C.14 Construction template for ground floor (IES-VE)

Appendix D – PV Panels Performance Parameters

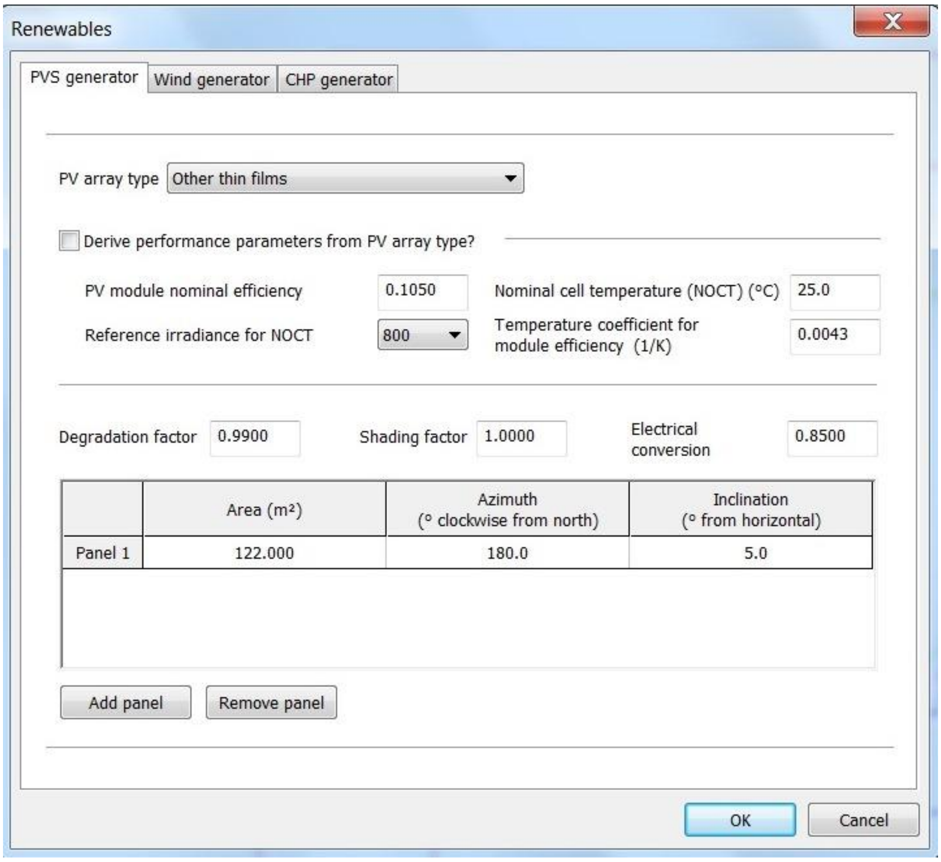


Figure D.1 PV performance parameters – Scenario 1 (IES-VE)

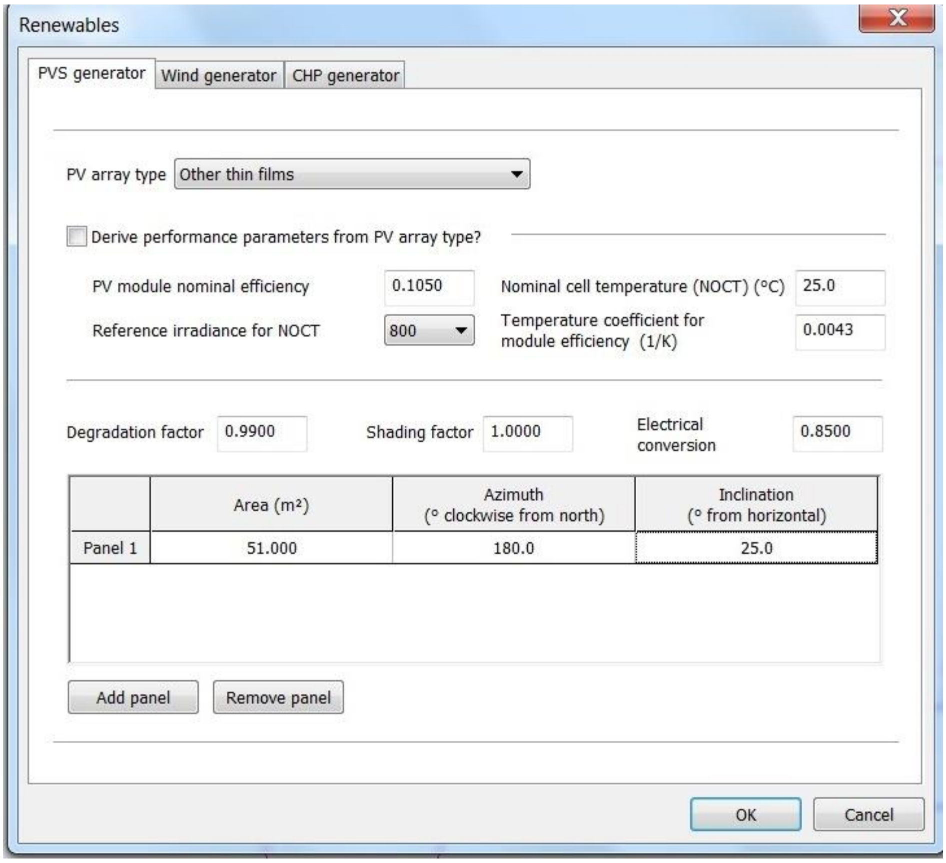


Figure D.2 PV performance parameters – Scenario 2 (IES-VE)

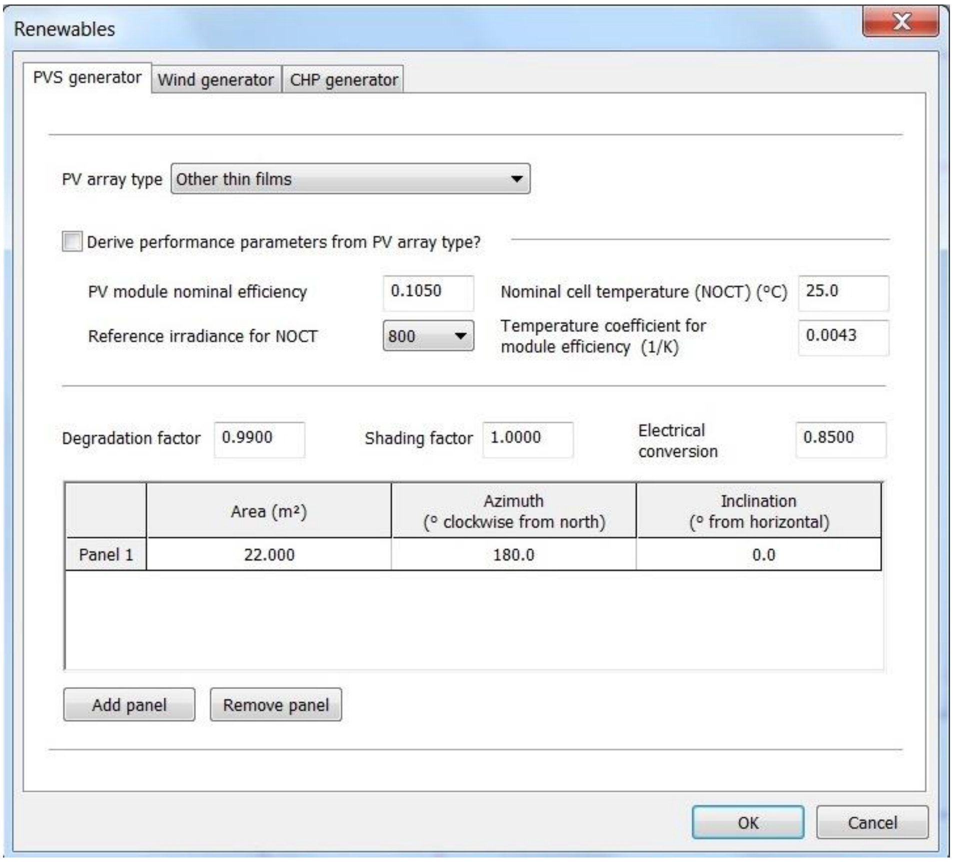


Figure D.3 PV performance parameters – Scenario 3 (IES-VE)

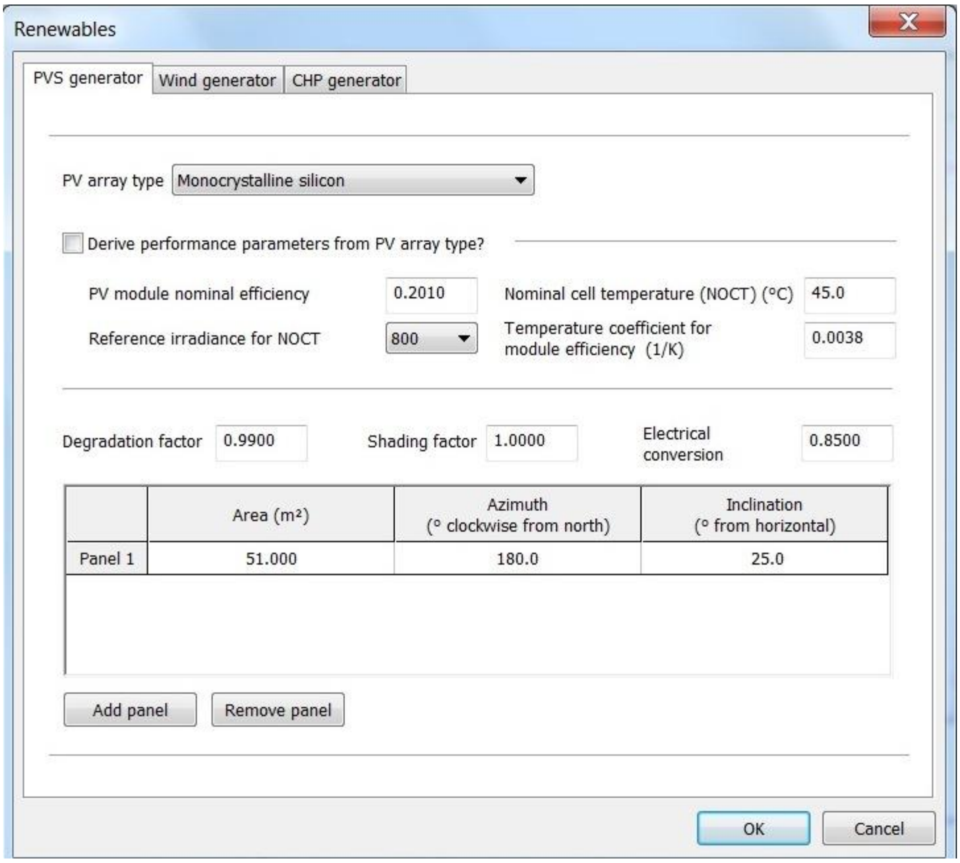


Figure D.4 PV performance parameters – Scenario 4 (IES-VE)

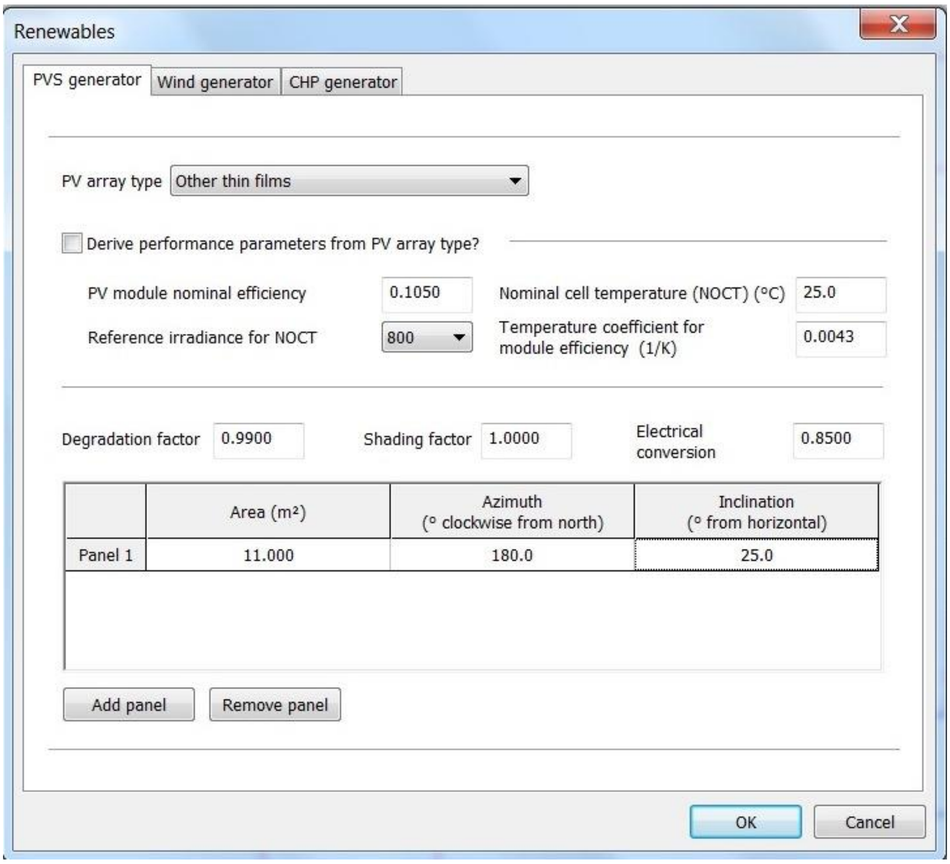


Figure D.5 PV performance parameters – Scenario 5 (IES-VE)

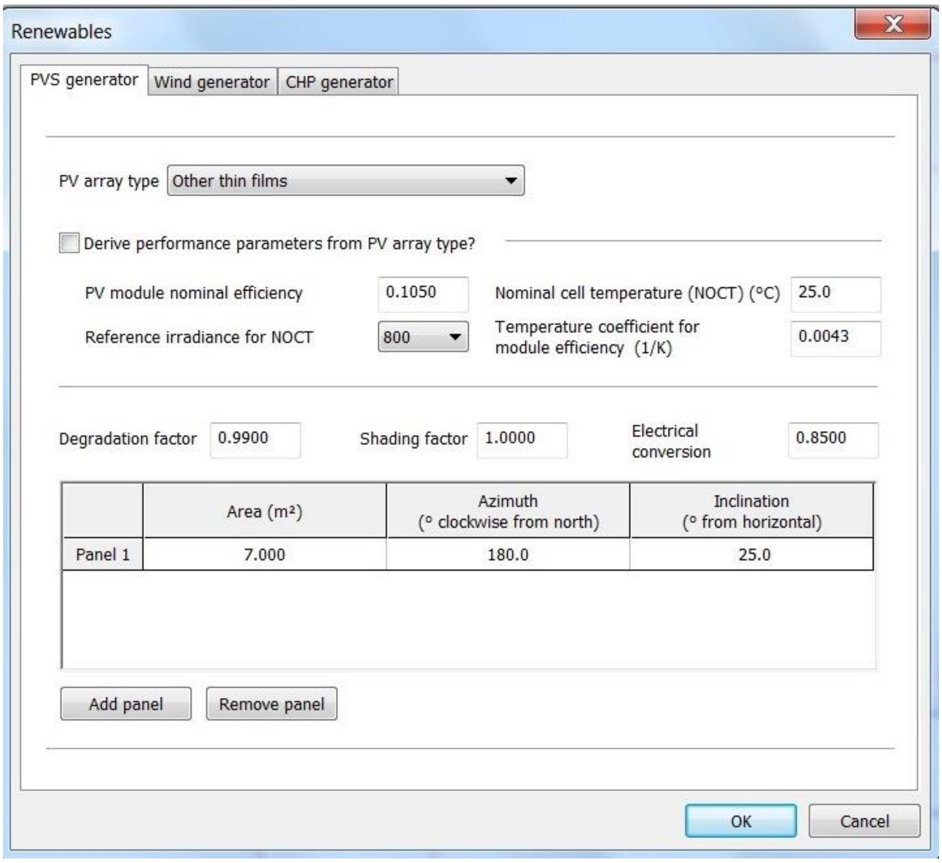


Figure D.6 PV performance parameters – Scenario 6 (IES-VE)

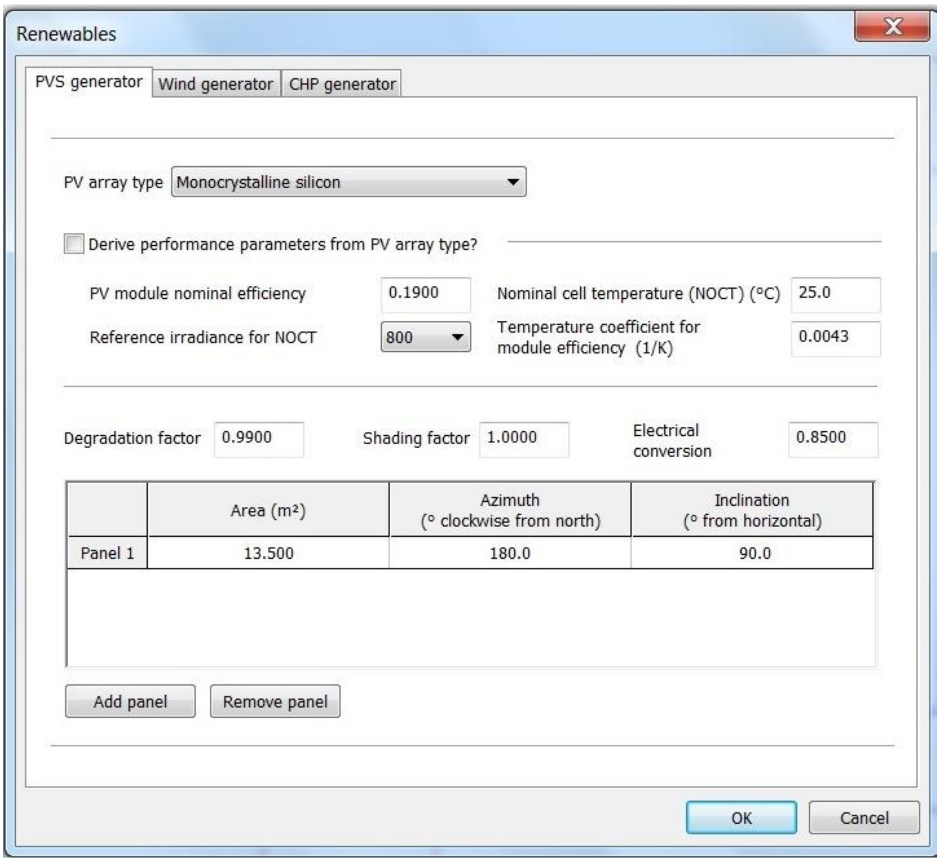


Figure D.7 PV performance parameters – Scenario 7 (IES-VE)

Appendix E – Energy Consumption and PV Power Generation Charts

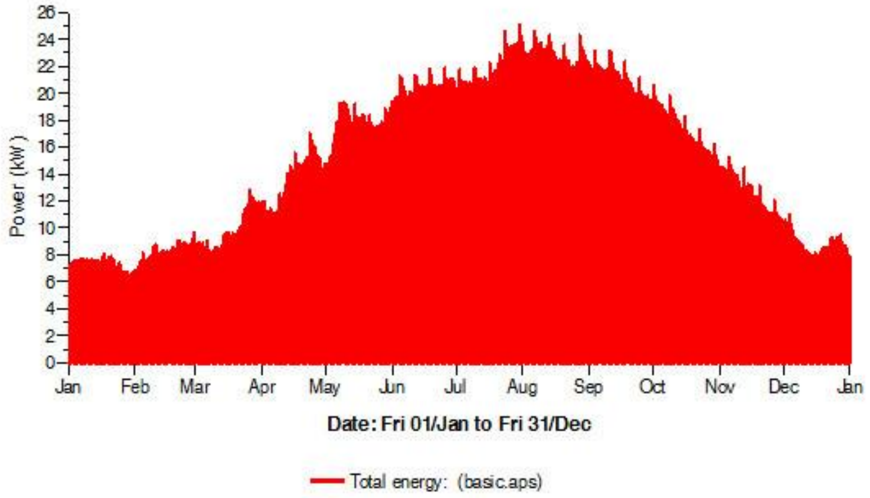


Figure E.1 Energy consumption – Base model (IES-VE)

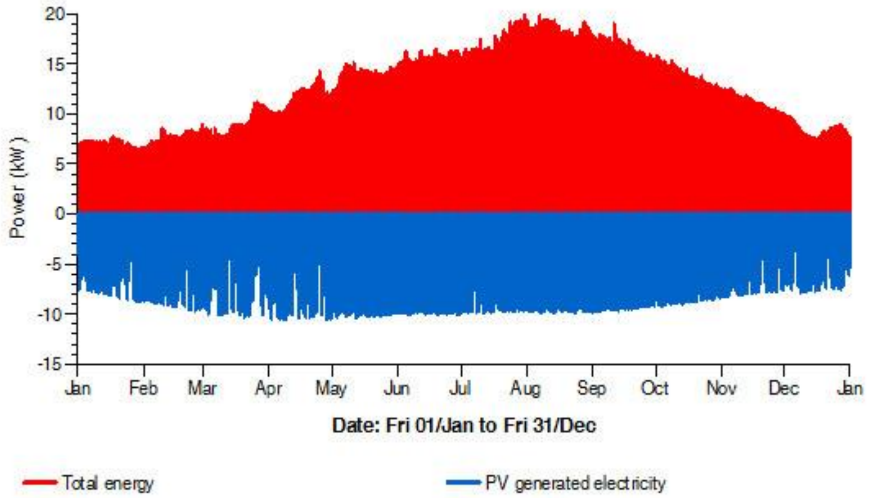


Figure E.2 Energy consumption & PV power production – Scenario 1 (IES-VE)

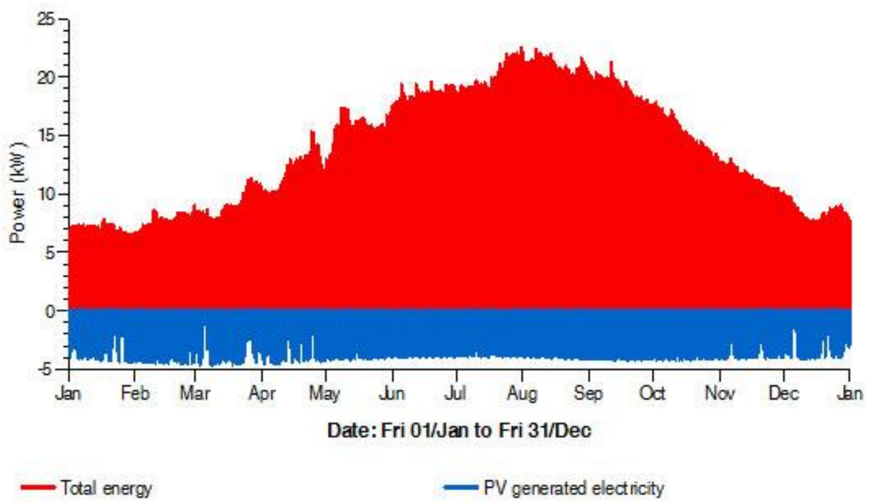


Figure E.3 Energy consumption & PV power production – Scenario 2 (IES-VE)

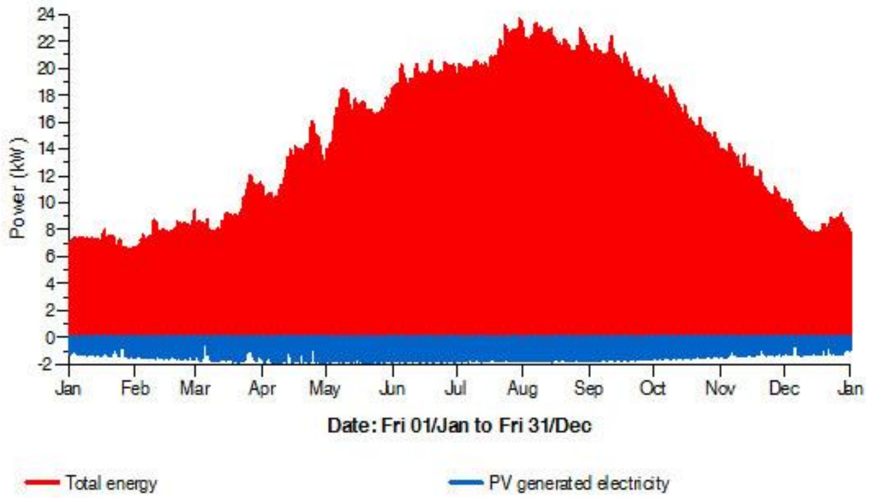


Figure E.4 Energy consumption & PV power production – Scenario 3 (IES-VE)

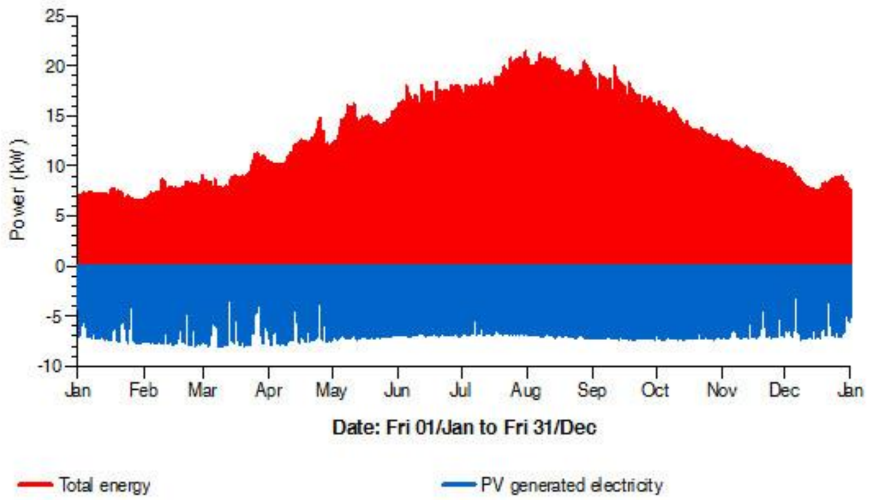


Figure E.5 Energy consumption & PV power production – Scenario 4 (IES-VE)

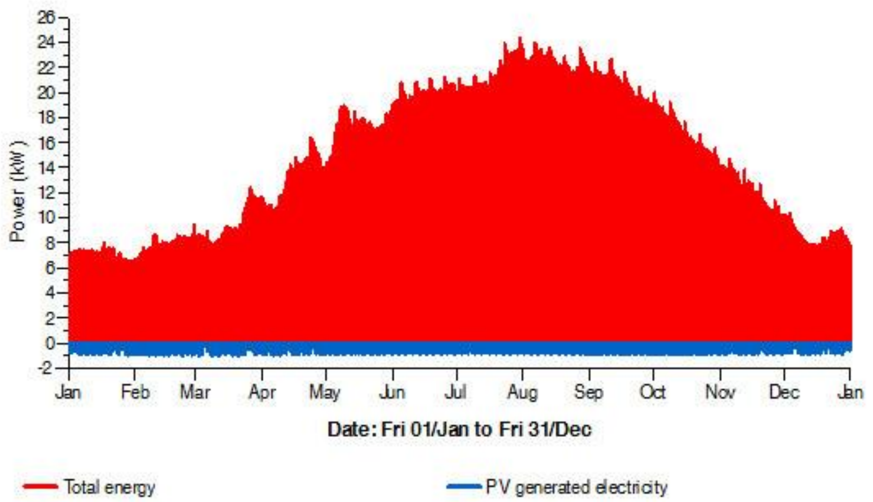


Figure E.6 Energy consumption & PV power production – Scenario 5 (IES-VE)

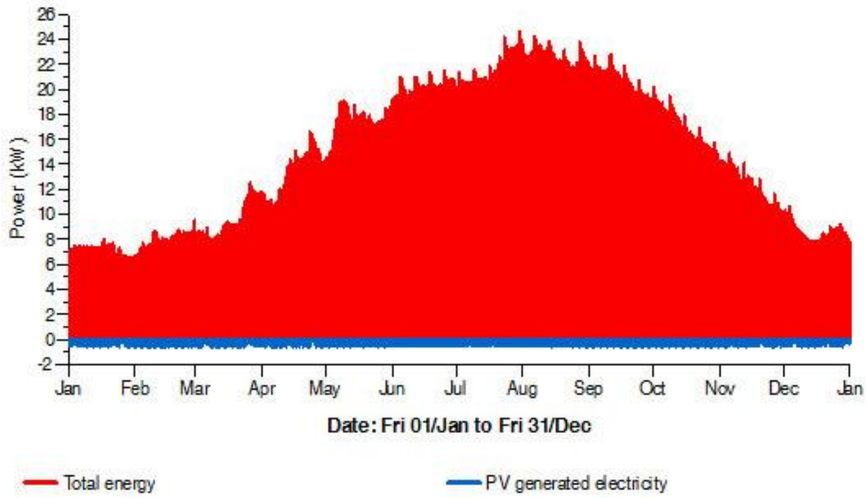


Figure E.7 Energy consumption & PV power production – Scenario 6 (IES-VE)

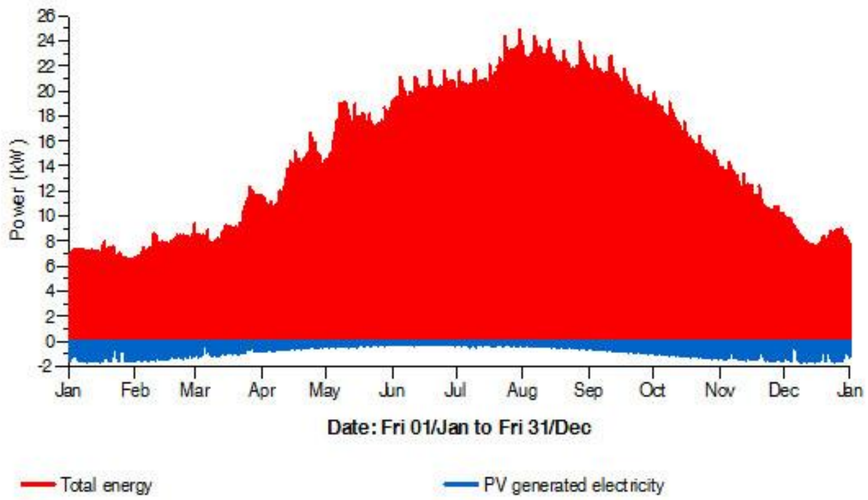


Figure E.8 Energy consumption & PV power production – Scenario 6 (IES-VE)

Appendix F – Questionnaire Sheet

الجامعة البريطانية دبي — The British University in Dubai

The Potential of Integrating Photovoltaic System in the Heritage Building (Dubai Museum)

Solar energy is one of the renewable energy sources widely utilized to generate clean, almost cheep and secured power. Nowadays, Integrating PV panels into the building's façade become common but for heritage building it is a big challenge for the architects and engineers due to the sensitive architectural scene of such buildings and the notable contrast between the modern prospect of the PV panels and the old-fashion scene of the heritage building.

This survey aims to explore the public acceptance about integrating the PV systems at Dubai Museum (Al Fahidi Fort). Different approaches / scenarios are proposed and studied to investigate the visual impact of the PV systems on the aesthetical value of the heritage building, the proper application technique and the energy production of the proposed PV systems which contributes in reduce the CO2 emission.

General Information:

Gender:	Male		Female										
Nationality:	GCC		Arab		Asian		African		Euro.		N.America		S. America	
Education:	High school		Bachelor		MSc		Doctorate						
Occupation:	Student		Architect		Engineer		Academic		Other (specify)				

The Questionnaire

1- Visually, score the harmony of the proposed scenarios with the fort's architecture

Scenario 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Scenario 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Scenario 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- From 1 to 10 score the idea of integrating PVs in the heritage building based on:

Energy Saving	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aesthetic value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
New Concept	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3- Would this affect you visiting the site?

Strongly Negative		Negative		Slightly Negative		No Effect		Slightly Positive		Positive		StronglyPositive	

4- Applying the proposals will encourage visitors stay for long time.

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

5- Applying the proposals will enhance the visitors' convenience during the tour.

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

6- Utilize the renewable energy sources (solar energy) in the heritage buildings emulates the adoption of these building (in the past) with the environment.

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

7- as the public be aware about the environmental impact of the Pv's, they accept the idea of integrating these devices in the heritage building.

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

8- The visual impact of integrating PVs in the heritage building is more significant than the power production

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

9- Despite the smoothness of integrating the PVs, it degrades the aesthetical value of the heritage building.

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

10- In general, integrating PV panel in heritage building is applicable

Strongly Agree		Agree		Not sure		Disagree		Strongly Disagree	

Figure E.1 Questionnaire Sheet Template – English version (Author)

إمكانية دمج الانظمة الكهروضونية في المباني التراثية

الطاقة الشمسية هي واحدة من مصادر الطاقة المتجددة المستخدمة على نطاق واسع لتوليد طاقة نظيفة, واطئة الكلفة و آمنة. في الوقت الراهن اصبح من الشائع دمج الانظمة الكهروضوئية في واجهات المباني, ولكن بالنسبة للمباني التراثية ما زالت تشكل تحديا للمعماريين والمهندسين نظرا للفرق الواضح بين المنظر المعاصر لهذه الانظمة والطراز القديم للمباني التراثية.

هذا الاستبيان يهدف الى استيضاح مدى تقبل الجمهور لدمج الانظمة الكهروضوئية في متحف دبي (قلعة الفهيدي) حيث تم وضع ودراسة عدة مقترحات للتحقق من التاثير البصري لهذه الانظمة على القيمة الجمالية للمباني التراثية وافضل تقنيات التطبيق بالاضافة الى حجم الطاقة المنتجة من الانظمة المقترحة والتي تساهم في تقليل انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكاربون.

معلومات عامة

الجنس:	ذكر		انثى					
الجنسية:	مواطن		عربي		اسيوي	افريقي	اوروبي	امريكي / شمال	امريكي / جنوب
التحصيل الدراسي:	ثانوي		بكالوريوس		ماجستير		دكتوراه	
الوظيفة:	طالب		معماري		مهندس	اكاديمي		اخرى (حدد)

الاسئلة

1- بصريا, قيم تناغم المقترحات مع الشكل المعماري للمبنى

المقترح 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
المقترح 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
المقترح 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- من 1 الى 10, قيم فكرة دمج الالواح الكهروضوئية في المباني التراثية من حيث:

توفير الطاقة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
القيمة الجمالية	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
فكرة جديدة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3- هل ستؤثر هذه الفكرة على زيارتك للمتحف؟

سلبي جدا	سلبي	سلبي قليلا	لا تأثير	ايجابي قليلا	ايجابي	ايجابي جدا

4- تطبيق هذه المقترحات سيشجع الزائرين البقاء في المتحف لفترة اطول.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

5- تطبيق هذه المقترحات سيعزز من شعور الزائرين بالراحة اثناء جولتهم.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

6- الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) في المباني التراثية يحاكي تكيف هذه المباني (في الماضي) مع البيئة المحيطة بها.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

7- حيث ان الجمهور يدرك الاثر البيئي لاستخدام الانظمة الكهروضوئية, يزداد تقبلهم لدمج هذه الانظمة في المباني التراثية.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

8- التأثير البصري لدمج الانظمة الكهروضوئية في المباني التراثية له اهمية اكبر من الطاقة التي تنتجها هذه الانظمة.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

9- دمج الانظمة الكهروضوئية في المباني التراثية سيقلل من القيمة الجمالية لهذه المباني حتى وان تناغم دمج هذه الانظمة مع تلك المباني.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

10- بشكل عام, يمكن دمج (استخدام) الانظمة الكهروضوئية في المباني التراثية.

اوافق بشدة	اوافق	غير متأكد	لا اوافق	لا اوافق بشدة

Appendix G – Questionnaire 3D Visual Board

The Potential of integrating PV in Heritage Buildings

Solar energy is one of the renewable energy sources widely utilized to generate clean, almost cheap and secured power. Nowadays,Integrating PV panels into the building's façade become common but for heritage building it is a big challenge for the architects and engineers due to the sensitive architectural scene of such buildings and the notable contrast between the modern prospect of the PV panels and the old-fashion scene of the heritage building

This survey aims to explore the public acceptance about integrating the PV systems at Dubai Museum (Al Fahidi Fort). Different approaches / scenarios are proposed and studied to investigate the visual impact of the PV systems on the aesthetical value of the heritage building, the proper application technique and the energy production of the proposed PV systems which contributes in reduce the CO2 emission.

The British University in Dubai الجامعة البريطانية في دبي

إمكانية دمج الانظمة الكهروضوئية في المباني التراثية

الطاقة الشمسية هي واحدة من مصادر الطاقة المتجددة المستخدمة على نطاق واسع لتوليد طاقة نظيفة, واطئة الكلفة و آمنة. في الوقت الراهن اصبح من الشائع دمج الانظمة الكهروضوئية في واجهات المباني ولكن بالنسبة للمباني التراثية ما زالت تشكل تحديا للمعماريين والمهندسين نظرا للفرق الواضح بين المنظر المعاصر لهذه الانظمة والطراز القديم للمباني التراثية.

هذا الاستبيان يهدف الى استيضاح مدى تقبل الجمهور لدمج الانظمة الكهروضوئية في متحف دبي (قلعة الفهيدي) حيث تم وضع ودراسة عدة مقترحات للتحقق من التاثير البصري لهذه الانظمة على القيمة الجمالية للمباني التراثية وافضل تقنيات التطبيق بالاضافة الى حجم الطاقة المنتجة من الانظمة المقترحة والتي تساهم في تقليل انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكاربون.

SCENARIO 03 — **المشهد 03**

EXISTING — **الحالي**

PROPOSED — **المقترح**

SCENARIO 02 — **المشهد 02**

EXISTING — **الحالي**

PROPOSED — **المقترح**

SCENARIO 01 — **المشهد 01**

EXISTING — **الحالي**

PROPOSED — **المقترح**

Appendix H – On-Site Photos

Figure H.1 On-Site survey photos (Author)

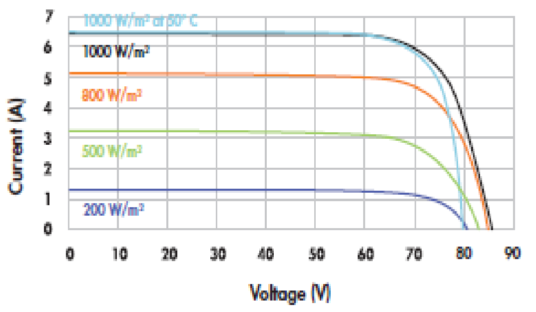
Appendix I – PV Panel Data Sheets

ELECTRICAL DATA

Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C

Peak Power (+/– 5%)	P_{max}	435 W
Cell Efficiency	η	22.5 %
Panel Efficiency	η	20.1 %
Rated Voltage	V_{mpp}	72.9 V
Rated Current	I_{mpp}	5.97 A
Open-Circuit Voltage	V_{oc}	85.6 V
Short-Circuit Current	I_{sc}	6.43 A
Maximum System Voltage	UL	600 V
Temperature Coefficients	Power (P)	– 0.38%/K
	Voltage (V_{oc})	– 235.5 mV/K
	Current (I_{sc})	3.5 mA/K
NOCT		45° C +/– 2° C
Series Fuse Rating		20 A
Grounding		Positive grounding not required

I-V CURVE



Current/voltage characteristics with dependence on irradiance and module temperature.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	128 SunPower Maxeon™ cells
Front Glass	High-transmission tempered glass with anti-reflective (AR) coating
Junction Box	IP-65 rated with 3 bypass diodes
	Dimensions: 32 x 155 x 128 mm
Output Cables	700 mm cables / Multi-Contact (MC4) connectors
Frame	Anodized aluminum alloy type 6063 (silver); stacking pins
Weight	56.0 lbs. (25.4 kg)

TESTED OPERATING CONDITIONS

Temperature	– 40° F to +185° F (– 40° C to + 85° C)
Max load	113 psf 550 kg/m² (5400 Pa), front (e.g. snow) w/specified mounting configurations
	50 psf 245 kg/m² (2400 Pa) front and back (e.g. wind)
Impact Resistance	Hail: (25 mm) at 51 mph (23 m/s)

WARRANTIES AND CERTIFICATIONS

Warranties	25-year limited power warranty
	10-year limited product warranty
Certifications	Tested to UL 1703. Class C Fire Rating

DIMENSIONS

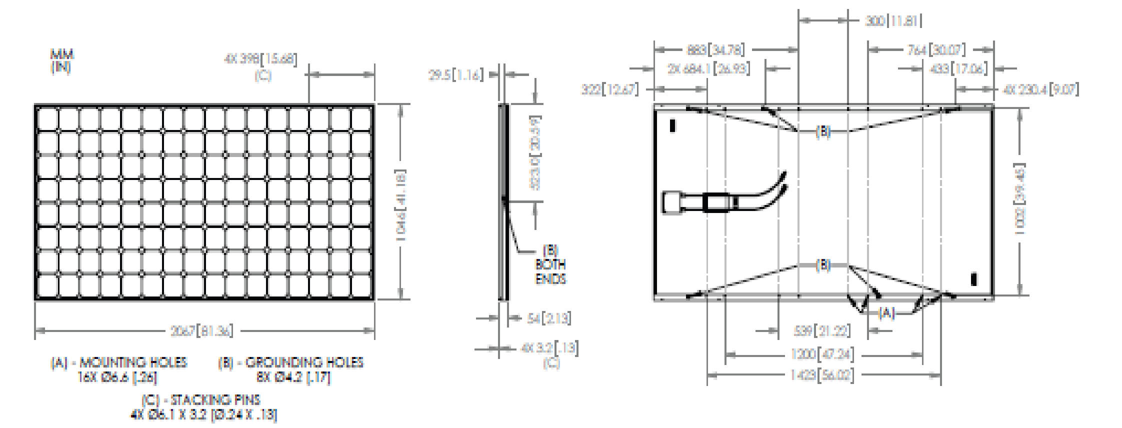


Figure I.1 Monocrystalline panel data sheet (Author)

Figure 1.2 CIGS flexible PV panel data sheet (Author)

Electrical Specifications*

Capacity rating	Pmax	300 W	275 W	250 W
Tolerance of Pmax	%	± 7%	± 7%	± 7%
Module aperture area efficiency	%	12.6%	11.5%	10.5%
Rated voltage	Vmpp	53.9 V	50.3 V	46.5 V
Rated current	Impp	5.6 A	5.5 A	5.4 A
Open circuit voltage	Voc	71.2 V	68.4 V	65.7 V
Short circuit current	Isc	6.4 A	6.3 A	6.2 A

*Measured at (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1 kW/m² insolation, AM 1.5

Temperature Coefficients

Maximum power	-0.43%/°C
Voltage at Maximum Power	-0.38%/°C
Open circuit voltage	-0.33%/°C
Short circuit current	-0.03%/°C

Mechanical Specifications

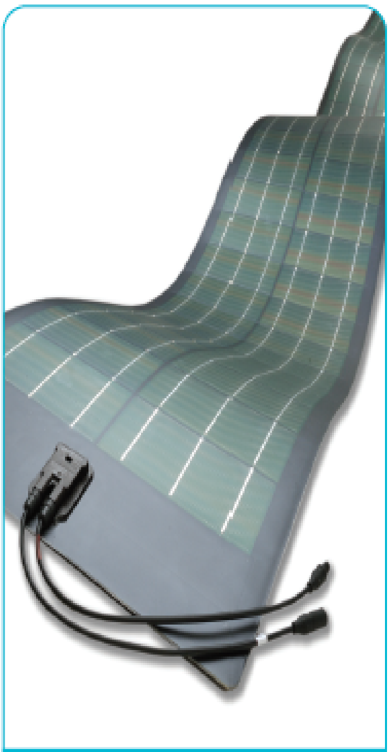
Dimensions	5745 x 495 x 3 mm (226 x 19.3 x 0.12 in)
Weight	9.9 kg (nominal weight with adhesive) 3.5 kg/m² (0.7 lb/ft²) with adhesive
Junction Box	Junction box with bypass diode
Cables	Tyco Solarlok
Front Sheet	Non-stick ETFE
Solar Cells	108 CIGS cells (210 x 100 mm)
Frame	None

Operating Conditions

Temperature Range	-40°C to + 85°C
Maximum System Voltage	1000 V

Certifications and Warranty*

UL 1703, IEC 61646 / 61730
Materials and workmanship - 5 years
Power output - 25 years (90% @ 10 yrs; 80% @ 25 yrs)



Also available in
2.0m x 0.5m modules

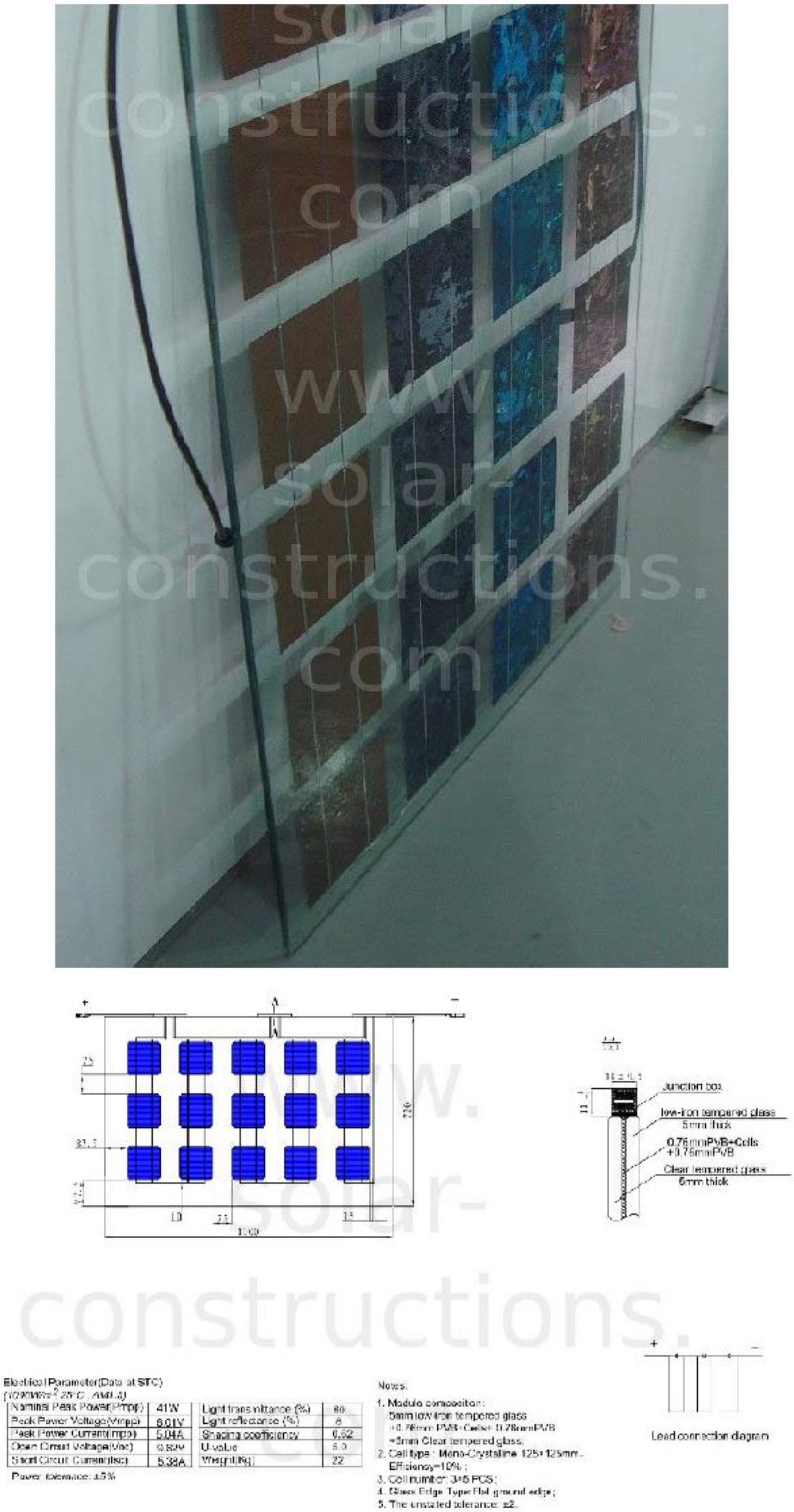


Figure I.3 Semi-transparent Monocrystalline PV panel data sheet (Author)