ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνειούπολη, 73 100 ΧΑΝΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»

ΒΑΡΒΑΡΕΣΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ.ΤΣΟΥΤΣΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: κ.ΜΑΝΤΖΑΒΙΝΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ
κ.ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

Οκτώβριος 2005

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 3^{ο}

Κεφάλαιο 4^{ο}

Κεφάλαιο 5^{ο}

Εισαγωγή

Στην προσπάθεια απεξάρτησης των κρατών από τα συμβατικά καύσιμα, καθώς και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, έγινε στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας(ηλιακή, αιολική, γεωθερμική κ.ά.), για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών τους αναγκών. Οι τελευταίες συχνά καλούνται και ως «καθαρές» πηγές ενέργειας, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την βιομηχανοποίησή τους.

Έτσι και η ηλιακή ενέργεια θεωρείται κατ'εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά είναι ενδιαφέρον να ερευνήσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην κατασκευή, μεταφορά και λειτουργία ενός από τα πλέον διαδεδομένα συστήματα που χρησιμοποιούν τον ήλιο σαν πηγή ενέργειας, του ηλιακού συλλέκτη. Μελετώντας τον κύκλο ζωής ενός ηλιακού συλλέκτη, καθώς και τις πρώτες ύλες από τις οποίες κατασκευάζεται, θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα όσον αφορά την περιβαλλοντική συμπεριφορά του, απαντώντας στο ερώτημα που τίθεται: «Κατά πόσον ένας ηλιακός συλλέκτης είναι φιλικός προς το περιβάλλον;»

Η έρευνα γίνεται βάσει δεδομένων που αφορούν το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{o}

1.1 Γενικά

Καθώς η ρύπανση της ατμόσφαιρας και η αστάθεια στην προμήθεια των σημερινών συμβατικών καυσίμων αυξάνεται, ο κόσμος στρέφεται προς τις «καθαρές» ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Ο ήλιος είναι η θεμελιώδης πηγή ενέργειας για όλες τις μορφές ζωής στη γη. Κάνει τα φυτά να μεγαλώνουν και την βροχή να πέφτει. Ακόμη και τα συμβατικά καύσιμα – πετρέλαιο, κάρβουνο και φυσικό αέριο – είναι αποθήκες ηλιακής ενέργειας που σχηματίστηκαν από τα σώματα οργανισμών που έζησαν πριν εκατομμύρια χρόνια. Πράγματι, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο όλη η ενέργεια που χρησιμοποιούμε πηγάζει από τον ήλιο και σήμερα χρησιμοποιούμε περισσότερη από ποτέ.

Κι όμως η ενέργεια που καταναλώνουν παγκοσμίως οι άνθρωποι σήμερα είναι μόνο το 1/10.000 της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην γη κάθε χρόνο. Μέχρι και σε πυκνοκατοικημένες πόλεις, η ενέργεια που φτάνει από το ήλιο σε ένα χρόνο είναι περισσότερη από τις ανάγκες των κατοίκων. Προς το παρόν, το μεγαλύτερο μέρος αυτής της καθαρής ενέργειας εκπέμπεται πίσω στο διάστημα ανεκμετάλλευτη, ενώ καίμε βρόμικα καύσιμα για θέρμανση, φωτισμό και ενέργεια, επειδή το μεγαλύτερο μέρος της τεχνολογίας μας έχει σχεδιαστεί για την χρήση αυτών των καυσίμων.

Τώρα υπάρχουν διαθέσιμες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν την θερμότητα και το φως του ηλίου για την κάλυψη πολλών αναγκών μας. Πιο συγκεκριμένα, ο ήλιος όχι μόνο μπορεί, αλλά όντως χρησιμοποιείται για την θέρμανση νερού, χώρου και άλλες μορφές θέρμανσης αξιόπιστα σε πολλά σπίτια, γραφεία, νοσοκομεία και εργοστάσια στην Ευρώπη και στον κόσμο. Οι τεχνολογίες που δίνουν αυτή την δυνατότητα λέγονται ηλιακά θερμικά συστήματα.

Τα συστήματα αυτά είναι αξιόπιστα και αποδοτικά και χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Επειδή προστατεύουν το περιβάλλον έχουν τεράστια μελλοντική αγορά και γι'αυτό αποτελούν ουσιαστικό κομμάτι της Ευρωπαϊκής

Ενεργειακής Στρατηγικής. Πρόσφατα έγγραφα πολιτικής που εξέδωσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (E.C.) τονίζουν την ανάγκη να καταπολεμηθεί η αύξηση των εκπομπών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα διαδραματίσουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών. Παγκόσμια, 160 χώρες έχουν υπογράψει συνθήκη για τη λήψη μέτρων όσον αφορά την καταπολέμηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, στα πλαίσια της συνέλευσης των Ενωμένων Εθνών, για την αλλαγή του κλίματος του πλανήτη μας (ESTIF, 2005).

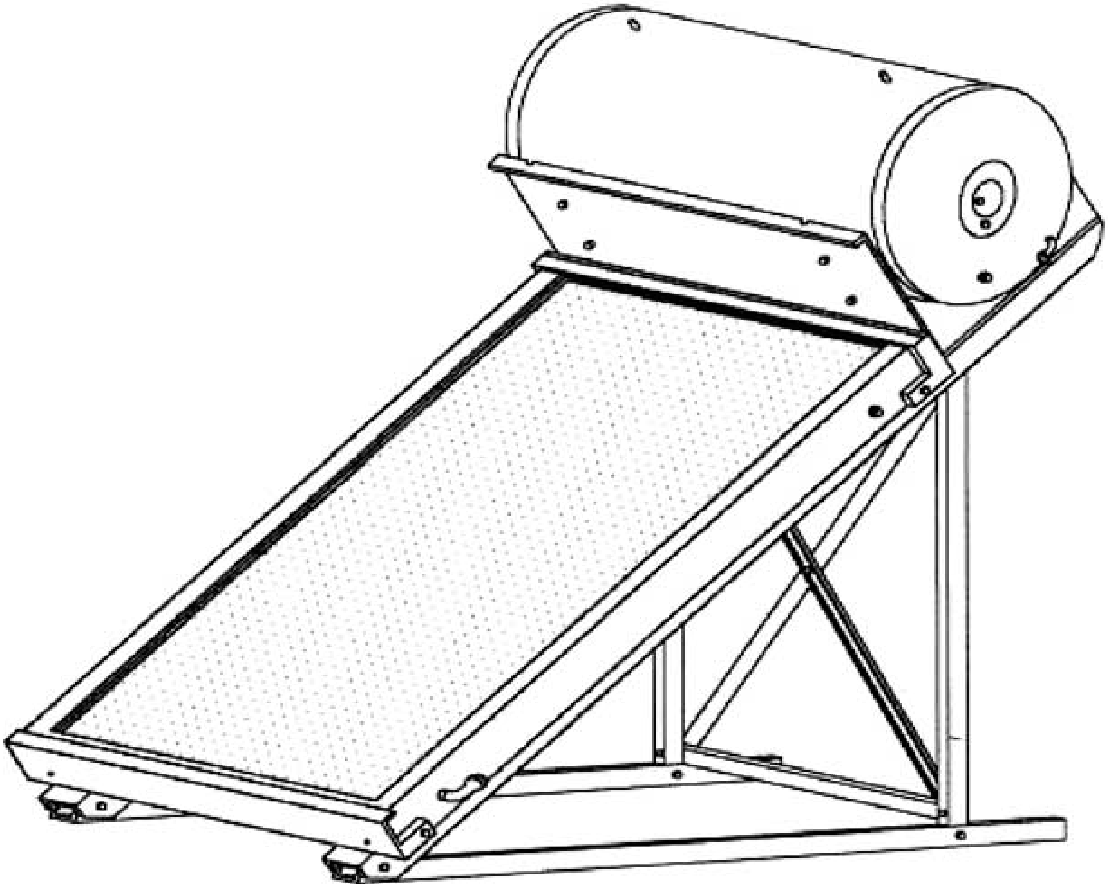
1.2 Οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας

Αποτελεί την πιο συνηθισμένη εφαρμογή ηλιακών συστημάτων. Καλύπτει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις ετήσιες ανάγκες των σπιτιών σε ζεστό νερό χρήσεως. Τα ηλιακά συστήματα αποτελούνται από «συλλέκτες», που απορροφούν το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε θερμότητα και από δοχεία αποθήκευσης του παραγόμενου ζεστού νερού (boiler). Ο «συλλέκτης» περιλαμβάνει την απορροφητική πλάκα, που είναι συνήθως βαμμένη με μαύρο ματ χρώμα για τη Νότια Ευρώπη ή είναι επικαλυμμένος με ειδική «επιλεκτική επένδυση» για τις κρύες χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Ο συλλέκτης έχει μόνωση στο πίσω μέρος για την απώλεια θερμότητας και διαφανές κάλυμμα μπροστά από γυαλί ή πλαστικό. Άλλες φορές χρησιμοποιούνται συλλέκτες με «σωλήνες κενού» για υψηλότερες αποδόσεις, που οφείλονται στη μόνωση από το κενό αέρος.

Σχήμα 1: Θερμοσιφωνικό σύστημα για θέρμανση νερού (ΕΒΗΕ, 2005).

Στη Νότια Ευρώπη τα συστήματα είναι συνήθως «θερμοσιφωνικά» όπως φαίνεται στο *Σχήμα 1*, δηλαδή η ενέργεια μεταφέρεται στο Boiler με φυσική κυκλοφορία, ενώ στην Βόρεια Ευρώπη χρησιμοποιείται πολύ η βεβιασμένη κυκλοφορία με αντλία και αυτοματισμούς. Ειδικότερα σε χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπως η Ελλάδα, με τον ηλιακό θερμοσίφωνα καλύπτονται σχεδόν εξ'ολοκλήρου όλες οι ανάγκες για ζεστό νερό. Το σύστημα έχει πάντοτε βοηθητική πηγή ενέργειας, για παράδειγμα ηλεκτρική ενέργεια, για να καλυφθούν τυχόν πρόσθετες ανάγκες.

Το «τυπικό» οικογενειακό ηλιακό σύστημα στην Ευρώπη έχει συλλέκτες από 3 έως 5 m^2 και δοχείο αποθήκευσης (boiler) 150 έως 300 λίτρα. Εκτός από τον «οικογενειακό» ηλιακό θερμοσίφωνα, για μεγάλα κτίρια, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια, αθλητικές εγκαταστάσεις κλπ, εγκαθιστώνται «κεντρικά» μεγάλα ηλιακά συστήματα. Σε χώρες σαν την Ολλανδία οι τοπικές αρχές κτίζουν μεγάλους οικισμούς με εκατοντάδες ηλιακά συστήματα σε κάθε έναν από αυτούς. Σήμερα, τα ηλιακά συστήματα είναι πολύ εύκολο να εγκατασταθούν, είναι απόλυτα αξιόπιστα στη λειτουργία τους και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (περίπου 20 έως 30 χρόνια) με πολύ μικρές ανάγκες συντήρησης. Για μεγάλα κεντρικά ηλιακά συστήματα είναι δυνατόν να εγκατασταθούν όργανα μέτρησης και «εγγύησης» της παραγόμενης από τον ήλιο δωρεάν ενέργειας. Στο *Σχήμα 2* που ακολουθεί απεικονίζεται ένα τέτοιο σύστημα στην πιο απλή μορφή του(ESTIF, 2005).



Σχήμα 2 : Οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας(F. Ardente et al., 2005).

1.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Λόγοι που οι άνθρωποι επενδύουν σε ηλιακά θερμικά συστήματα είναι (ESTIF, 2005):

- Περιβαλλοντική συνείδηση
- Εξοικονόμηση των εξαντλήσιμων ενεργειακών πόρων
- Άνεση
- Ενεργειακή αυτονομία
- Μειωμένη εξάρτηση λόγω έλλειψης καυσίμων ή διακοπές στην παροχή τους

- Ασφάλεια έναντι μελλοντικών αυξήσεων των τιμών στα καύσιμα
- Χαμηλότερους λογαριασμούς ενέργειας
- Αυξημένη αξία της κατοικίας κατά την μεταπώληση

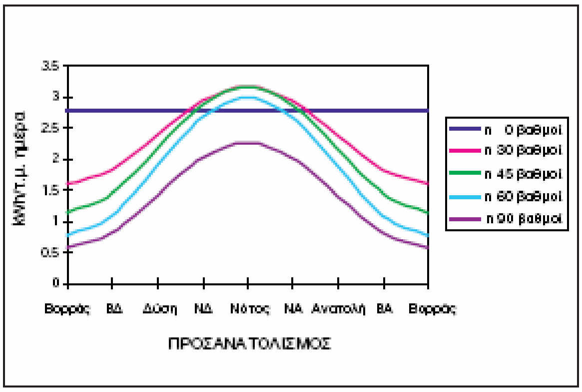
Τα σημαντικότερα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία χρήση των ηλιακών συστημάτων στα αστικά κτίρια και γενικότερα την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε αυτά, είναι τα εξής (ESTIF, 2005):

- Ο σκιασμός των ηλιακών συλλεκτών από τα γειτονικά κτίρια
- Ο προσανατολισμός και το πλάτος των δρόμων
- Ο τρόπος κατασκευής των κτιρίων και η διαθεσιμότητα χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων
- Η ρύπανση του αέρα που προκαλεί επικαθίσεις στα καλύμματα των συλλεκτών
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου
- Η πυκνότητα της δόμησης

1.4 Αρχές λειτουργίας οικιακών ηλιακών θερμοσιφωνικών συστημάτων

Τα ηλιακά συστήματα είναι συσκευές που χρησιμοποιούν τον ήλιο (ή το φως της ημέρας) για να διανέμουν ζεστό νερό την στιγμή, στο σημείο και στην θερμοκρασία που χρειάζεται. Η ποσότητα ζεστού νερού που μπορεί να παράγει ένας οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας εξαρτάται από την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει πάνω στον ηλιακό συλλέκτη και στην αναλογία αυτής της ενέργειας που χρησιμοποιείται. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από την επιφάνεια του συλλέκτη, γι'αυτό οι συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων συνήθως γίνονται με βάση την επιφάνεια του συλλέκτη (σε m^2), ενώ η αναλογία της ακτινοβολίας που διανέμεται ως θερμότητα εξαρτάται από την απόδοση του συλλέκτη.

Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από το αν υπάρχει συννεφιά και από τον προσανατολισμό του συλλέκτη ως προς τον ήλιο. Ένας συλλέκτης παίρνει την μέγιστη ηλιακή ενέργεια όταν βλέπει κατευθείαν προς τον ήλιο. Αν και υπάρχουν συσκευές που δίνουν τη δυνατότητα στον συλλέκτη να ακολουθεί τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ένας σταθερά τοποθετημένος συλλέκτης είναι πιο οικονομικός για τις περισσότερες εφαρμογές. Ο σταθερός συλλέκτης σε γενικές γραμμές θα επιφέρει τις καλύτερες αποδόσεις σε ένα χρόνο αν βλέπει προς το νότο και έχει κλίση περίπου ίδια με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας. Στους οικιακούς ηλιακούς θερμοσίφωνες η μικρότερη κλίση (δηλαδή πιο οριζόντια) έχει μεγαλύτερη απόδοση, αφού υπάρχει περισσότερη ηλιακή ενέργεια διαθέσιμη το καλοκαίρι, όταν ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό. Γενικά, ένας συλλέκτης προσανατολισμένος κάπου μεταξύ νότιο-ανατολικά και νότιο-δυτικά με κλίση περίπου 30^{o} θα έχει την ίδια απόδοση με ένα συλλέκτη με τον τέλεια υπολογισμένο προσανατολισμό και κλίση. Αυτό κάνει πιο ελαστική την τοποθέτηση των συλλεκτών, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 3* που ακολουθεί.

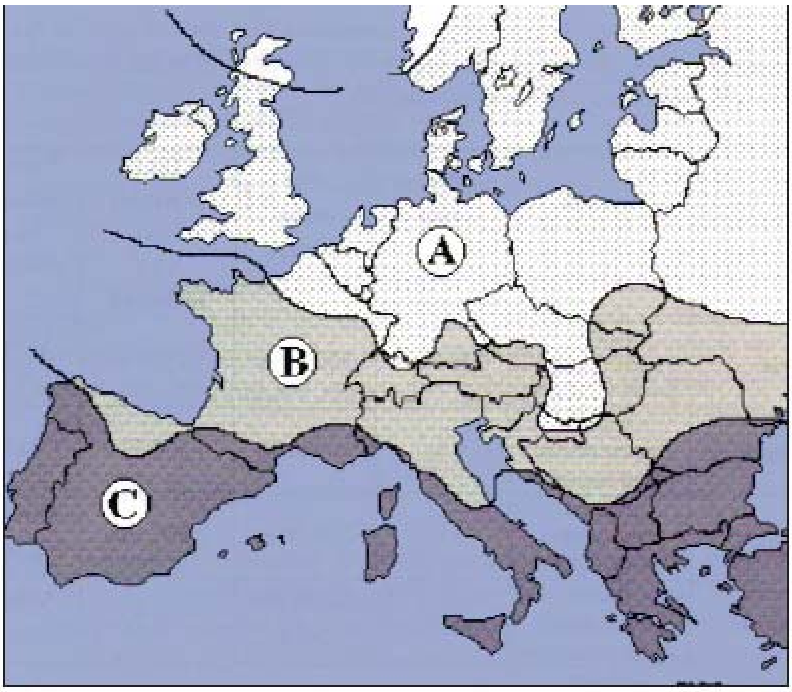


Σχήμα 3 : Επίδραση του προσανατολισμού και της κλίσης ενός συλλέκτη στην απόδοσή του (δυτική Ευρώπη) (ESTIF, 2005).

Για εφαρμογές όπως ο οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας είναι λιγότερο οικονομικό να έχει το ηλιακό σύστημα το μέγεθος που θα κάλυπτε όλες τις ανάγκες σε ζεστό νερό όλο το χρόνο. Αντίθετα, είναι οικονομικότερο να χρησιμοποιείται μικρότερο σύστημα, ώστε να καλύπτει μέρος της ετήσιας ζήτησης σε ζεστό νερό και η υπόλοιπη ζήτηση να χορηγείται από εφεδρική πηγή παραγωγής ζεστού νερού, όπως ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας (ESTIF, 2005).

1.5 Διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στην Ευρώπη

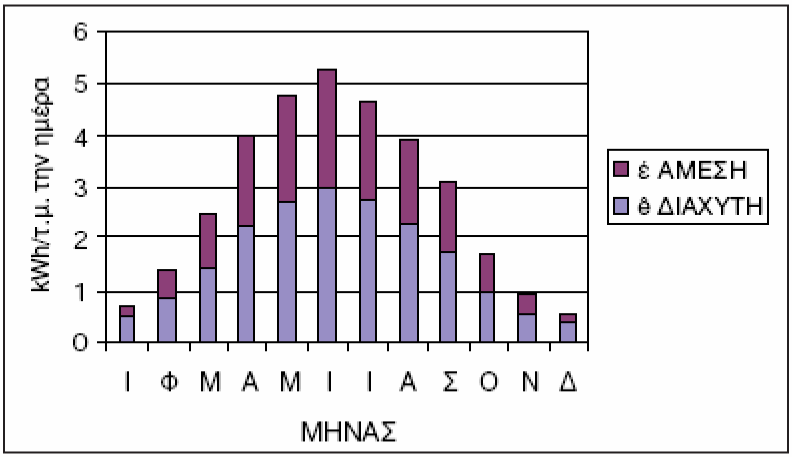
Η έκταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης απλώνεται από 35^o Βόρεια στην Μεσόγειο μέχρι τον Αρκτικό Κύκλο στις 66,5^o Βόρεια. Η ποσότητα και η διανομή της ηλιακής ενέργειας διαφέρει σημαντικά από τόπο σε τόπο. Ο χάρτης στο *Σχήμα 4* δείχνει την ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε διαφορετικά σημεία της Ευρώπης.



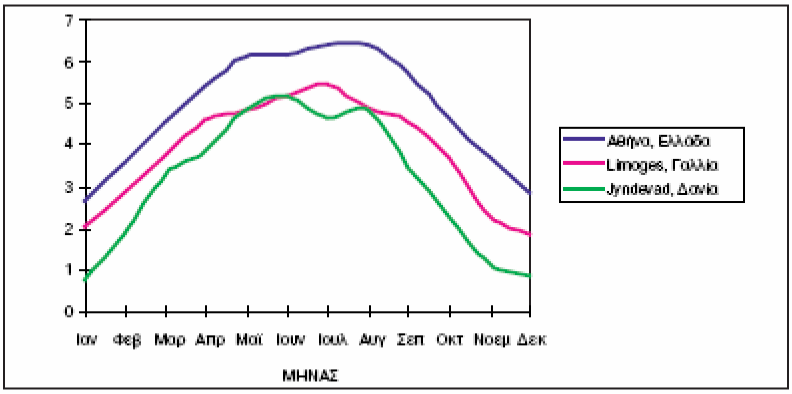
Ζώνη	Μέσος όρος ακτινοβολίας στην επιφάνεια συλλεκτών [kWh/τ.μ. ημερησίως]	Απόδοση θερμότητας ηλιακού συστήματος [kWh/τ.μ. ετησίως]
Α	2.4 έως 3.4	300 έως 450
Β	3.4 έως 4.4	400 έως 550
Γ	4.4 έως 5.4	500 έως 650

Σχήμα 4 : Τυπικές αξίες ακτινοβολίας και αποδόσεις ηλιακού συστήματος με νότια κατεύθυνση και κλίση ίδια με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας (ESTIF, 2005).

Στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη η μισή και παραπάνω ηλιακή ενέργεια φτάνει ως διάχυτη ακτινοβολία (δηλαδή διασκορπίζεται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα) αντί για άμεση ακτινοβολία (δηλαδή κατευθείαν από τον ήλιο). Συνεπώς, στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη οι συλλέκτες σχεδιάζονται έτσι ώστε να συλλέγουν αποτελεσματικά διάχυτη ακτινοβολία. Στα *Σχήματα 5,6* που ακολουθούν παρουσιάζονται ο μέσος όρος άμεσων και διάχυτων ακτινοβολιών στην Κεντρική Ευρώπη, καθώς και ο μέσος όρος ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας για επιλεγμένες Ευρωπαϊκές περιοχές.



Σχήμα 5 : Μέσος όρος μηνιαίων άμεσων και διάχυτων ακτινοβολιών στην κεντρική Ευρώπη (Ιρλανδία) (ESTIF, 2005).



Σχήμα 6 : Μέσος όρος ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια με την κλίση και νότια κατεύθυνση επιλεγμένων Ευρωπαϊκών τοποθεσιών *[kWh/m²/ημέρα] (στοιχεία από τον Ευρωπαϊκό Άτλαντα Ηλιακής Ακτινοβολίας) (ESTIF, 2005).*

Ενώ οι αποδόσεις στην νότια Ευρώπη τείνουν να είναι μεγαλύτερες, στην βόρεια Ευρώπη είναι αρκετές, ώστε οι οικιακοί ηλιακοί θερμοσίφωνες να συνεισφέρουν σημαντικά στις ανάγκες σε ζεστό νερό. Αυτό αποδεικνύεται από τις αυξημένες πωλήσεις στις βόρειες χώρες (ESIF, 2005).

1.6 Η θέση του ηλιακού συλλέκτη στην Ελληνική αγορά

Η Ελλάδα είναι μια από τις πιο αναπτυγμένες χώρες όσον αφορά την κατασκευή και χρήση του ηλιακού συλλέκτη. Για πολλά χρόνια, ο αριθμός των εγκατεστημένων ηλιακών πάρκων ήταν ο υψηλότερος στην Ευρώπη.
Η αγορά ηλιακών συλλεκτών ξεκίνησε πριν από 30 χρόνια. Μέχρι τότε, σχεδόν όλα τα νοικοκυριά χρησιμοποιούσαν ηλεκτρικό θερμοσίφωνα. Καθώς όμως η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αυξανόταν όλο και περισσότερο, βοήθησε στην ανάπτυξη της αγοράς των ηλιακών συλλεκτών. Ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας για την παραγωγή ζεστού νερού αποτελεί ακόμα και σήμερα τον μεγαλύτερο ανταγωνιστή του ηλιακού. Το κυριότερο προϊόν των ηλιακών θερμικών συστημάτων ήταν και εξακολουθεί να είναι ο οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας. Πολλές εταιρίες έχουν επιδοθεί στην κατασκευή ηλιακών συλλεκτών. Οι διαφημιστικές καμπάνιες λανσάρονται με εντυπωσιακές φίρμες, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο την γνωστοποίησή τους. Η Ελληνική Βιομηχανία Ηλιακής Ενέργειας ιδρύθηκε το 1978.

Εξαιτίας της κρίσης του πετρελαίου, εξαπλώθηκε η αγορά του ηλιακού συλλέκτη και σε άλλες χώρες. Κατά την χρονική περίοδο 1984-1986, μία μεγάλη διαφημιστική καμπάνια που προωθήθηκε από την Ελληνική κυβέρνηση και η εφαρμογή του ΦΠΑ στο τέλος του 1986, εκτίναξαν τις πωλήσεις στα 218.000 m^2. Τότε υπήρχαν 300 κατασκευαστές ηλιακών συλλεκτών περίπου. Σχεδόν όλα τα συστήματα κατασκευάζονταν στην Ελλάδα, εκτός από κάποια που εισήχθησαν από το Ισραήλ.

Κατόπιν η αγορά σταθεροποιήθηκε. Η απόδοση και η εμπιστοσύνη του προϊόντος βελτιώθηκε και ο αριθμός των κατασκευαστών ελαττώθηκε. Στα τέλη της δεκαετίας του 80 καθιερώθηκαν διεθνής κανόνες. Το ερευνητικό κέντρο «Δημόκριτος» και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) άρχισε από τότε να συνεργάζεται στενά με τους κατασκευαστές. Η συνεισφορά τους υπήρξε σημαντική.

Μέχρι το 1993, η αγορά κυμάνθηκε μεταξύ 150.000-200.000 m^2 ηλιακών συλλεκτών, εξαρτώμενη πάντα από την κατασκευή καινούριων κτιρίων, την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος κ.ά. Επίσης, πολλά ηλιακά συστήματα εγκαταστάθηκαν σε ξενοδοχεία, βιομηχανίες, αθλητικά κέντρα και θερμοκήπια.

Οι λόγοι στους οποίους οφείλεται η ευδοκίμηση των ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα είναι οι εξής (EUROSTAT, 2001):

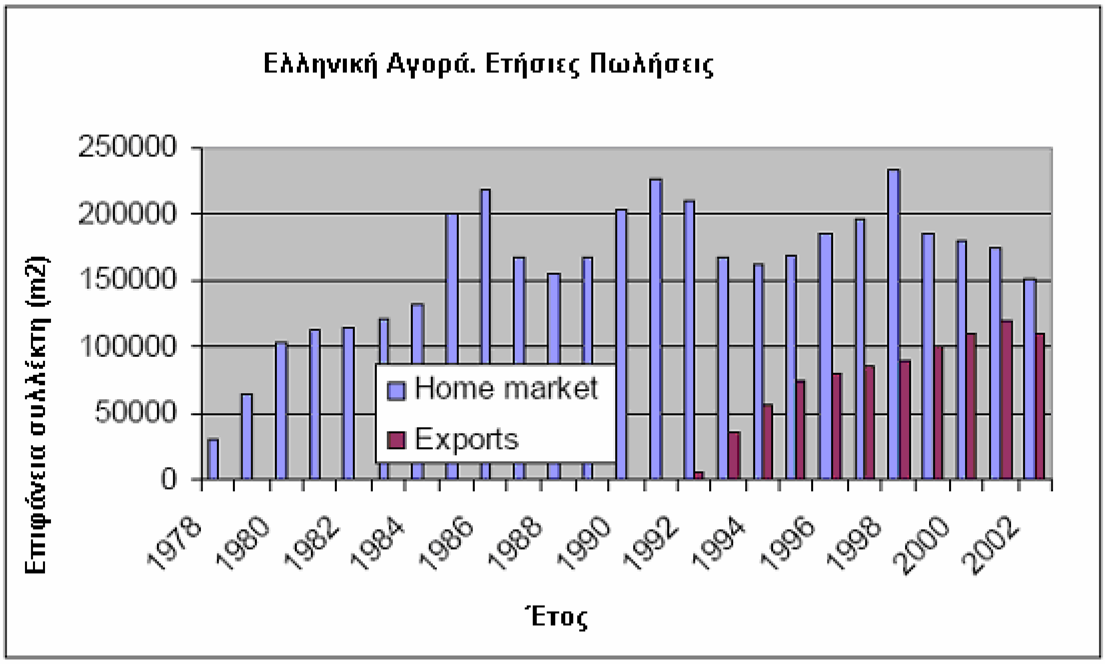
- Η συμβατική πηγή θέρμανσης του νερού είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο κοστίζει περισσότερο από πετρέλαιο ή φυσικό αέριο

- Τα περισσότερα σπίτια έχουν ταράτσες, καθιστώντας εύκολη την εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσιφωνικού συστήματος

- Κατάλληλες κλιματικές συνθήκες

- Υποστήριξη της πολιτείας κατά την περίοδο που πρωτοεμφανίστηκαν οι ηλιακοί συλλέκτες στην ελληνική αγορά

Έχοντας φτάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο εμπειρίας και ποιότητας και αντιμετωπίζοντας τις δυσκολίες της εγχώριας αγοράς, κάποιοι κατασκευαστές στράφηκαν στην παραγωγή βελτιωμένων προϊόντων και στην εξαγωγή τους. Αυτό αποτέλεσε το κίνητρο για την δημιουργία και άλλων εταιριών κατασκευής ηλιακών συλλεκτών. Αρχικά, εξάγαμε μικρό ποσοστό ηλιακών συλλεκτών (λιγότερο από 5% το 1991), για να φτάσουμε το 2001 όπου εξάγαμε ποσοστό μεγαλύτερο του 40% σε ηλιακούς συλλέκτες, κατασκευασμένοι από μέλη της ΕΒΗΕ. Στο *Σχήμα 7* που ακολουθεί παρακολουθούμε τις ετήσιες πωλήσεις ηλιακών συλλεκτών στην Ελληνική αγορά.



Σχήμα 7 : Ετήσιες πωλήσεις ηλιακών συλλεκτών στην Ελληνική αγορά (I.Paradissiadis).

Αρκετά προγράμματα επίδειξης της χρησιμότητας των ηλιακών συλλεκτών έχουν εκτελεστεί. Το πιο γνωστό είναι το «Ηλιακό Χωριό», που βρίσκεται κοντά στην Αθήνα. Χτίστηκε το 1987 και λειτουργεί ικανοποιητικά μέχρι και σήμερα, διαθέτοντας 435 κατοικίες και σχεδόν 1700 κατοίκους. Το χωριό είναι εξοπλισμένο με διάφορα ηλιακά συστήματα κατάλληλα για την παροχή ζεστού νερού, θέρμανση εσωτερικών χώρων κ.ά. Υπάρχουν και άλλα προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη και αφορούν το κρασί, τις βαφές υφασμάτων, το στέγνωμα του ρυζιού και τη βυρσοδεψία. Μερικά από αυτά, όπως στο Achaia Clauss και τη Μεβγάλ εγκαταστάθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους.

Ο μεγαλύτερος ανταγωνιστής του οικιακού ηλιακού θερμοσίφωνα είναι ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, όπως προαναφέρθηκε. Την τελευταία δεκαετία μειώθηκε το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 28%. Το ΦΠΑ της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου έχει οριστεί στο 8%, ενώ το ΦΠΑ για τα ηλιακά συστήματα είναι στο 18%. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε απώλεια ανταγωνιστικότητας για τα ηλιακά συστήματα.

Η χαμηλή τιμή του πετρελαίου σε συνδυασμό με την έλλειψη υποκατάστατων των καυσίμων κάνουν τα ηλιακά συστήματα να φαίνονται απλησίαστα οικονομικά. Από εδώ και στο εξής δεν θα ιδρύονται νέες εταιρίες κατασκευής ηλιακών συστημάτων και ο οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας θα παραμείνει το κύριο προϊόν της βιομηχανίας παραγωγής ηλιακών συστημάτων, για τα επόμενα χρόνια.

Εξαιτίας του ισχυρού ανταγωνισμού, οι τιμές των ηλιακών συστημάτων είναι χαμηλές. Το κέρδος των κατασκευαστών δεν είναι αρκετά υψηλό για να χρηματοδοτήσουν μια διαφημιστική καμπάνια και ο προϋπολογισμός των πωλήσεων είναι χαμηλός. Δεν υπήρχε σημαντική τεχνολογική καινοτομία ή εύρεση καινούριας μεθόδου διαφήμισης του προϊόντος.

Από την άλλη πλευρά, οι οικιακοί ηλιακοί θερμοσίφωνες είναι απαραίτητος εξοπλισμός. Ο καταναλωτής είναι πολύ εξοικειωμένος με το προϊόν και σε πολλές περιπτώσεις προμηθεύεται ηλιακό θερμοσίφωνα σχεδόν μηχανικά. Για όλα τα παραπάνω, η αγορά ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα αναμένεται ότι δεν θα δεχθεί πλήγμα, όσον αφορά το εγγύς μέλλον.

1.7 Η θέση του ηλιακού συλλέκτη ανά τον κόσμο

Την περίοδο 1990-2001, η μέση ετήσια αύξηση της ευρωπαϊκής αγοράς ηλιοθερμικών συστημάτων ήταν 13,6%. Κάθε χρόνο, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) εγκαθίστανται πάνω από 1.000.000 m^2 συλλεκτών, ενώ τα συνολικά εγκατεστημένα συστήματα (επίπεδοι συλλέκτες με κάλυμμα) ανέρχονται σε 11.000.000 m^2 περίπου. Αν μάλιστα προσθέσει κανείς και τα μικρότερα μερίδια των συλλεκτών με σωλήνες κενού και τους συλλέκτες χωρίς κάλυμμα, τότε φτάνει στα 12,8 m^2 ηλιακών συλλεκτών ή αλλιώς σε 34 m^2 ανά 1.000 ευρωπαίους.

Η εντυπωσιακή κατά τα άλλα αύξηση των ηλιακών συλλεκτών είναι απόρροια κυρίως της δυναμικής ανάπτυξης που γνώρισαν τρεις χώρες: η Γερμανία, η Αυστρία και η Ελλάδα. Η Γερμανία π.χ. είχε εγκατεστημένα 4.400.000 m^2 συλλεκτών στα τέλη του 2002, ενώ η Ελλάδα είχε κάτι λιγότερο από 3.000.000 m^2 συλλεκτών (με ποσοστό διείσδυσης περί το 30% και τον υψηλότερο δείκτη χρήσης ηλιακών ανά κάτοικο, περίπου 265 m^2 ανά 1.000 κατοίκους), ενώ η Αυστρία με περίπου 2.500.0000 m^2 συλλεκτών αποτελεί πια τη δεύτερη αγορά στην Ε.Ε. με βάση τις ετήσιες εγχώριες πωλήσεις συστημάτων. Η εντυπωσιακή ανάπτυξη στη Γερμανία και την Αυστρία είναι απόρροια κυρίως των ισχυρών κινήτρων που δίνονται από πλευράς κυβερνήσεων (125€ ανά m^2 στη Γερμανία, 1.100 € ανά σύστημα συν 100-140€ ανά m^2 στην Άνω Αυστρία). Η πρόσφατη άρση φοροαπαλλαγών για εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων σε κατοικίες, αποτελεί πλήγμα για την ελληνική αγορά ηλιοθερμικών συστημάτων. Στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες, τα εγκατεστημένα συστήματα είναι σχετικά λίγα, κάποιες όμως αρχίζουν σιγά-σιγά να ξυπνούν από τον επενδυτικό λήθαργο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η Ισπανία, όπου το λεγόμενο «μοντέλο της Βαρκελώνης» απογειώνει της αγορά. Στη Βαρκελώνη (και σύντομα και σε άλλες ισπανικές πόλεις), η νομοθεσία επιβάλλει τη χρήση ηλιακών συστημάτων σε νέα κτίρια καθώς και σε μεγάλα κτίρια στη φάση της ανακαίνισης, ενώ δίνεται και επιδότηση 210€ ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη.

Εκτός ευρωπαϊκών συνόρων, οι μεγάλες αγορές είναι αυτές της Κίνας (η μεγαλύτερη στον κόσμο με 5.500.000 m^2 συλλεκτών το 2001), οι ΗΠΑ, η Τουρκία, η Αυστραλία, η Ινδία, η Ιαπωνία και βέβαια το Ισραήλ, όπου η διείσδυση των ηλιακών στον οικιακό τομέα ξεπερνά το 80%.

Η ηλιοθερμική βιομηχανία στην Ε.Ε. απασχολεί 16.300 άτομα, εκ των οποίων τα 3.000 η Ελλάδα. Οι αριθμοί αυτοί μπορούν να πολλαπλασιαστούν αν υλοποιηθούν οι στόχοι που έχει θέσει η Λευκή Βίβλος της Ε.Ε. για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), η οποία προβλέπει την εγκατάσταση 100 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων συλλεκτών ως το 2010. Η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Ηλιοθερμικών Βιομηχανιών (ESTIF- European Solar Thermal Industry Federation) θεωρεί αυτό το στόχο μη ρεαλιστικό. Με τους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης, ο στόχος της Λευκής Βίβλου θα επιτευχθεί το 2022, ενώ με βάση ένα ρεαλιστικό σενάριο ανάπτυξης που προτείνει η ESTIF (και το οποίο προϋποθέτει σειρά οικονομικών κινήτρων και θεσμικών ρυθμίσεων), το 2015.

Η ESTIF εκτιμά ακόμη πως το τεχνικό δυναμικό των ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ευρώπη ανέρχεται σε 1.400.000.000 m^2 συλλεκτών, τα οποία μπορούν να παράξουν 682 TWh ετησίως (682 δις κιλοβατώρες). Αυτό ισοδυναμεί με το 6% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ε.Ε. ή το 30% των εισαγωγών πετρελαίου της Ε.Ε. από τη Μέση Ανατολή.

Ο στόχος που έχει θέσει η ESTIF (και συνεπώς και η ΕΒΗΕ) για τη χώρα μας είναι η εγκατάσταση περίπου 10.000.000 m^2 συλλεκτών ως το 2015 (περιλαμβανομένων των συστημάτων για θέρμανση και κλιματισμό). Ο στόχος αυτός (περίπου 1 m^2 ηλιακών συλλεκτών για κάθε κάτοικο) έχει υιοθετηθεί και από μη κυβερνητικές περιβαλλοντικές οργανώσεις, αφού θα μπορούσε να συνεισφέρει στην αποφυγή της έκλυσης τουλάχιστον 4.000.000 tn CO_2 ετησίως.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της αγοράς ηλιοθερμικών συστημάτων γνώρισε πολλά σκαμπανεβάσματα την τελευταία εικοσαετία, όπως παρατηρείται και από το *Σχήμα 8* που ακολουθεί, ανάλογα με το καθεστώς ενίσχυσης που ίσχυε (ή καταργούνταν) κάθε περίοδο. Σήμερα υπάρχουν περίπου 1.000.000 ηλιακά συστήματα εγκατεστημένα στη χώρα μας.

Σχήμα 8 : Πωλήσεις ηλιακών συλλεκτών στην Ελληνική αγορά(ΕΒΗΕ, 2005).

Τα ηλιοθερμικά συστήματα στην Ελλάδα παράγουν 1.100.000.000 kWh ετησίως και αποσοβούν την έκλυση 1.200.000 tn CO_2. Η παραγόμενη ενέργεια ποικίλει ανά γεωγραφική περιοχή και ανά εφαρμογή. Ο *Πίνακας 1* παρακάτω δείχνει τις τυπικές τιμές κατά περίπτωση.

KWh/m^2/έτος	Βόρεια Ελλάδα	Κεντρική Ελλάδα	Κρήτη
Κατοικίες	350	400	450
Τριτογενής τομέας	400	450	500
Βιομηχανία	450	500	550

Πίνακας 1 : Παραγόμενη ενέργεια ενός ηλιακού συλλέκτη ανά γεωγραφική περιοχή και ανά εφαρμογή(ΕΒΗΕ, 2005).

Έτσι, ένα τυπικό θερμοσιφωνικό σύστημα για οικιακή χρήση παράγει ετησίως 840-1.080 kWh και αποσοβεί την έκλυση 925-1.200 kg CO_2/χρόνο (ΕΒΗΕ, 2005).

1.8 Στατιστικά δεδομένα

Η έρευνα αγοράς της IEA έδειξε ποσοστά αύξησης των πωλήσεων, για τα οικιακά ηλιακά θερμοσιφωνικά συστήματα, της τάξης του 20-25% ετησίως και μια αύξηση δέκα πτυχών στην ηλιακή βιομηχανία μέχρι το 2010.

- Το τρέχον μέσο ποσοστό αύξησης για την ευρωπαϊκή αγορά είναι 18% από το 1989
- Η βιομηχανία απλώς αρχίζει να προετοιμάζεται για την ουσιαστική αύξηση
- Η αναμενόμενη ανάπτυξη αγοράς είναι βασισμένη στην τεχνική δυνατότητα για τις κατοικημένες εφαρμογές μόνο, η οποία είναι 0.5-1.0 m^2 ηλιακού συλλέκτη ανά κάτοικο

Οι "ηλιακές χώρες" όπως το Ισραήλ, η Ελλάδα και η Κύπρος έχουν ήδη την υψηλή "ηλιακή διείσδυση θέρμανσης ύδατος" (το Ισραήλ έχει περίπου 0,95 m^2 ανά κάτοικο), ενώ χώρες όπως η Αυστραλία και η Αυστρία έχουν μια διείσδυση μεταξύ 0,1 και 0,15 m^2 ανά κάτοικο. Η μέση ηλιακή διείσδυση στις χώρες της IEA είναι κατά προσέγγιση 0.02-0.03 m^2 ανά κάτοικο. Αυτό προϋποθέτει μια ισχυρή αύξηση των εγκαταστάσεων ηλιακής θέρμανσης στο μέλλον. Οι κατευθυντήριες δυνάμεις για την ανάπτυξη αγοράς θα είναι οι μειωμένες δαπάνες, τα προγράμματα πληροφοριών αγοράς και η επιθυμία να μειωθούν οι εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Διάφορες μελέτες που πραγματοποιούνται από την IEA, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και κάποιες χώρες, συνάγουν ένα κοινό συμπέρασμα : η αγορά για τους οικιακούς ηλιακούς θερμοσίφωνες είναι τεράστια, όπως φαίνεται και από τον *Πίνακα 2* και το *Διάγραμμα* που ακολουθούν και, εξεταζόμενη ως σύνολο, αυξάνεται σταθερά, αν και η ανάπτυξη αγοράς θα διαφέρει ευρέως από χώρα σε χώρα.

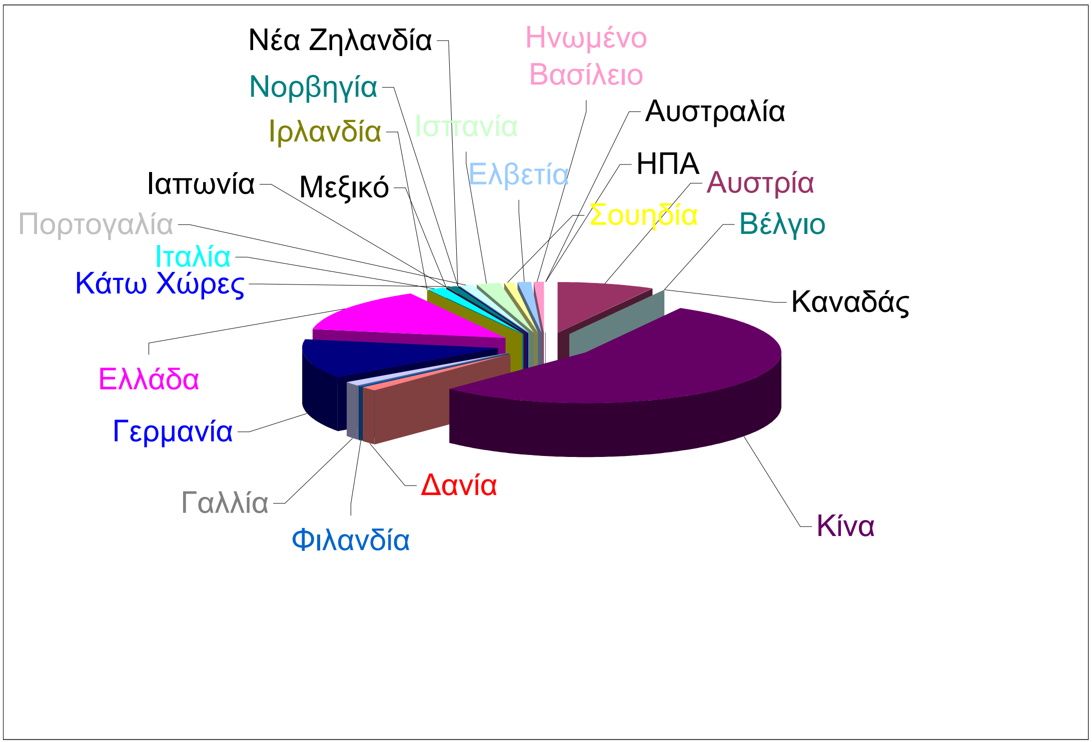
Αυτήν την περίοδο, η σημαντικότερη ηλιακή εφαρμογή είναι για την οικιακή θέρμανση ύδατος. Σήμερα, τα συστήματα για την παραγωγή ζεστού νερού, σε ένα οποιοδήποτε νοικοκυριό, είναι κυρίαρχα, αν και στο μέλλον τα συστήματα ηλιακής θέρμανσης θα χρησιμοποιηθούν σε όλους τους τύπους κατοικιών. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 οι κύριες αγορές για τους ηλιακούς συλλέκτες ήταν η ανατολική μεσογειακή περιοχή και εκεί έχουν ακόμα την υψηλότερη κατά κεφαλήν εγκατεστημένη περιοχή συλλεκτών.

Από το 1990 οι περισσότερο αναπτυσσόμενες αγορές οικιακών ηλιακών θερμοσιφωνικών συστημάτων έδραζαν στη Βόρεια Ευρώπη. Από το 1993 η Γερμανία είχε εξελιχθεί στην μοναδική μεγαλύτερη αγορά της Ε.Ε. Η Αυστρία έχει τις μεγαλύτερες ετήσιες κατά κεφαλήν πωλήσεις. Σημαντικές αγορές υπάρχουν επίσης στη Δανία, τις Κάτω Χώρες και τη Σουηδία.

Ένας σημαντικός αριθμός πρωτοβουλιών ανάπτυξης αγοράς λαμβάνεται σε όλο τον κόσμο και αυτές έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ενίσχυση της αντίληψης για τα οικιακά ηλιακά συστήματα παραγωγής ζεστού νερού (ESTIF, 2003).

Πίνακας 2 : Εκτιμούμενη περιοχή εγκατεστημένων οικιακών ηλιακών θερμοσιφωνικών συστημάτων (EUROSTAT, 1999).

Χώρα	**Περιοχή (m²)**
Αυστραλία	–
Αυστρία	1.476.000
Βέλγιο	19.500
Καναδάς	–
Κίνα	10.000.000
Δανία	282.000
Φιλανδία	12.000
Γαλλία	296.000
Γερμανία	2.290.000
Ελλάδα	2.645.000
Ιρλανδία	1.200
Ιταλία	244.000
Ιαπωνία	–
Μεξικό	–
Κάτω Χώρες	146.000
Νέα Ζηλανδία	–
Νορβηγία	5.000
Πορτογαλία	219.000
Ισπανία	313.000
Σουηδία	157.000
Ελβετία	241.000
Ηνωμένο Βασίλειο	141.000
ΗΠΑ	–



Διάγραμμα απεικόνισης των δεδομένων του πίνακα 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{o}

2.1 Τι είναι η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (ΑΚΖ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό της αποτελεσματικής ενέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τα προϊόντα ή τη συντήρησή τους. Εντούτοις, τα αποτελέσματα του ΑΚΖ δεν αντιπροσωπεύουν τα "ακριβή" και "αληθινά" στοιχεία, αλλά επηρεάζονται από ένα πλήθος πηγών αβεβαιότητας.

Η αξιοπιστία του ΑΚΖ εξαρτάται αυστηρά από τα πλήρη και κρίσιμα δεδομένα, τα οποία δυστυχώς δεν είναι πάντα διαθέσιμα. Το ISO 14040 προτείνεται για την έρευνα όλων εκείνων των παραμέτρων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν σημαντικά το τελικό οικολογικό-προφίλ ενός προϊόντος. Η ποιότητα των στοιχείων που συλλέγονται για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος συγκρίνονται με τα στοιχεία που έχουν καταγραφεί στις λίστες των καταλόγων κύκλων ζωής (LCI), για να διαπιστώσουμε αν είναι έγκυρα ή όχι. Όσον αφορά την ποιότητα στοιχείων, οι μελέτες ΑΚΖ πρέπει να περιλάβουν: σχετική με το χρόνο κάλυψη, γεωγραφική κάλυψη, κάλυψη τεχνολογίας, ακρίβεια, πληρότητα και αντιπροσωπευτικότητα της συνέπειας στοιχείων και της δυνατότητας αναπαραγωγής των μεθόδων που χρησιμοποιούνται σε όλο το ΑΚΖ, πηγές των στοιχείων και αβεβαιότητα των πληροφοριών.

Τα διεθνή πρότυπα παρέχουν λίγες πρακτικές οδηγίες σχετικά με το πώς να διαχειριστούν τέτοιες πληροφορίες. Εκτός από τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν, άλλες πηγές αβεβαιότητας είναι:

- Ανακρίβεια στοιχείων (λόγω των σφαλμάτων και των ατελειών στις μετρήσεις)

- Χάσματα στοιχείων ή μη αντιπροσωπευτικά στοιχεία

- Δομή του προτύπου (ως απλουστευμένο πρότυπο για να αντιπροσωπεύσει τις λειτουργικές σχέσεις)

- Διαφορετικές επιλογές και υποθέσεις

- Καθορισμός ορίων του συστήματος

- Χαρακτηριστικοί παράγοντες και βάρη (όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων)

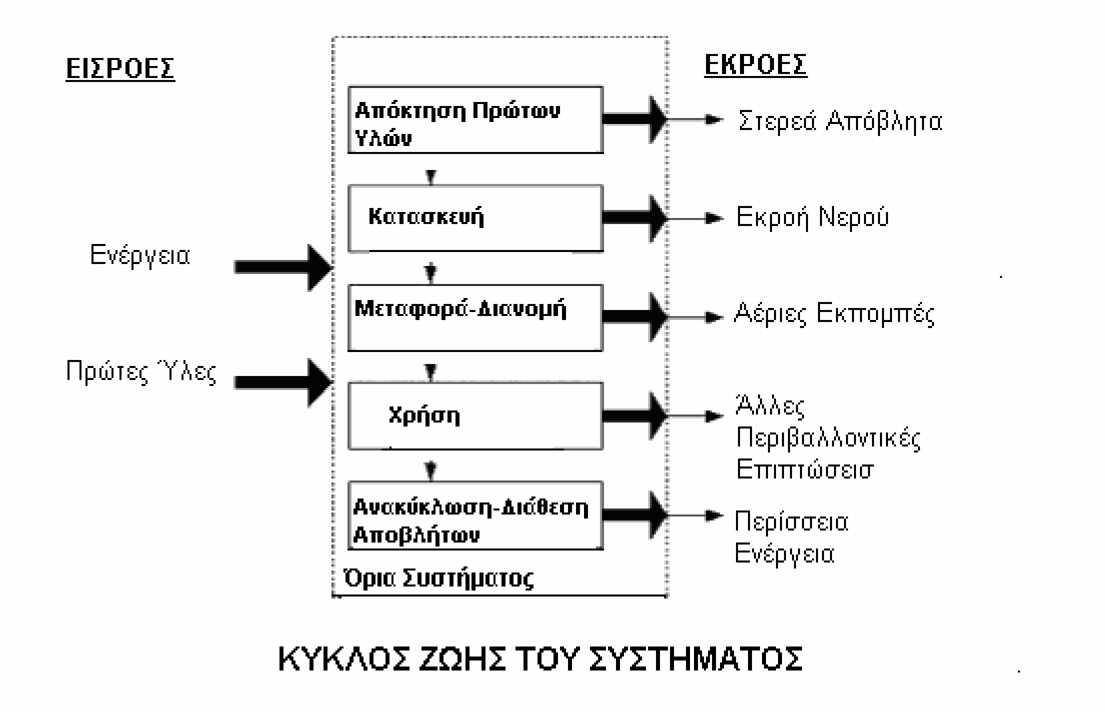
- Λάθη (αναπόφευκτα σε κάθε βήμα του ΑΚΖ)

Επιπλέον, η σφαιρική περιβαλλοντική ισορροπία ενός προϊόντος συσχετίζεται αυστηρά με την περίοδο συντήρησης ("χρονική περίοδος μετά από την εγκατάσταση κατά τη διάρκεια της οποίας όλες οι ουσιαστικές ιδιότητες ενός στοιχείου συναντούν ή υπερβαίνουν την απαραίτητη απόδοση") και έννοιες διάρκειας (τις "ικανότητα ενός στοιχείου να εκπληρώσει τις απαραίτητες λειτουργίες, για τις οποίες είναι κατασκευασμένο, για μια χρονική περίοδο"). Η διάρκεια είναι βεβαίως βασικό στοιχείο δεδομένου ότι η ΑΚΖ λαμβάνει υπόψη τον κύκλο ζωής των υλικών, από τα οποία είναι κατασκευασμένο το προϊόν, το οποίο περιλαμβάνει τη χρήση του κατά τη διάρκεια ορισμένων ετών: αυξάνοντας το χρόνου ζωής συντήρησης του προϊόντος, βελτιώνεται σημαντικά η χρήση των πόρων του και μειώνονται οι δυσμενείς επιπτώσεις που επιφέρει η λειτουργία του. Οι αρχές βάσει των οποίων σχεδιάζεται το προϊόν, στοχεύουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσής του και πρέπει να περιλαμβάνουν σχέδιο για τη διάρκεια και σχέδιο για τη μακροζωία του συμπεριλαμβανομένων, παραδείγματος χάριν, αρχών για την επισκευή, τη συντήρηση και την αναβάθμισή του. Παρόλα αυτά, ακόμη και η αξιολόγηση της αντοχής του κρύβει πολλά προβλήματα και αβεβαιότητες όπως: η μη-δυνατότητα αναπαραγωγής του, η υποκειμενικότητα της άποψης των ειδικών, η διάρκεια των επιταχυνόμενων δοκιμών και η φυσική διάβρωση, η συμπεριφορά του σε δοκιμή πίεσης. Εξαιτίας όλων των προαναφερθέντων παραγόντων, καθίσταται απαραίτητη η γνώση για την ποιότητα και την ποσότητα της μοντελοποίησης.

Επιπλέον, η μελέτη της αβεβαιότητας επηρεάζεται από την ίδια την αβεβαιότητα. Είναι απαραίτητο να εξαλειφθεί η αβεβαιότητα, η οποία προκύπτει λόγω της έλλειψης της γνώσης για την αληθινή αξία μιας ποσότητας, από τη μεταβλητότητα που αποδίδεται στη φυσική ετερογένεια των τιμών. Η αβεβαιότητα θα μπορούσε να μειωθεί από τις ακριβέστερες μετρήσεις, ενώ η μεταβλητότητα απαιτείται στις διαδικασίες. Οι λεπτομέρειες που περιλαμβάνονται στην κανονική μελέτη LCI δεν ξεχωρίζουν συχνά την αβεβαιότητα από τη μεταβλητότητα.

Ξεκινώντας από τα αποτελέσματα του ΑΚΖ που εφαρμόζονται σε έναν ηλιακό θερμικό συλλέκτη, μια ανάλυση ευαισθησίας έχει πραγματοποιηθεί. Αυτή είναι μια συστηματική διαδικασία για τα αποτελέσματα στην έκβαση μιας μελέτης των επιλεγμένων μεθόδων και των στοιχείων. Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να εφαρμοστεί είτε με τις αυθαίρετα επιλεγμένες σειρές της αξιολόγησης, είτε με τις παραλλαγές που αντιπροσωπεύουν τις γνωστές σειρές αβεβαιότητας. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι ένα σημαντικό στοιχείο της κρίσης για την επιβεβαίωση ή τη διάψευση των επιστημονικών υποθέσεων που ενσωματώνονται σε ένα πρότυπο. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο όταν επηρεάζονται οι πρότυπες παράμετροι και τα διαθέσιμα στοιχεία από τις αβεβαιότητες (όπως εμφανίζεται στην ΑΚΖ). Εντούτοις, η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να κατευθύνει τις ερευνητικές προτεραιότητες με την εστίαση στις παραμέτρους που καθορίζουν συνήθως την αβεβαιότητα του προτύπου.

Σε αυτή την εργασία, η μεθοδολογία ανάλυσης κύκλου ζωής (ΑΚΖ) εφαρμόζεται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των οικιακών ηλιακών θερμοσιφωνικών συστημάτων. Η μεθοδολογία ΑΚΖ αρχικά ξεκίνησε από την κοινωνία της περιβαλλοντικής τοξικολογίας και χημείας (SETAC) και βελτιστοποιήθηκε αργότερα από το ISO. Το ΑΚΖ άρχισε τη δεκαετία του '60 και μια από τις πρώτες δημοσιεύσεις ήταν το θέμα που παρουσιάστηκε στη διάσκεψη παγκόσμιας ενέργειας το 1963 από το Harold Smith. Διάφορες δημοσιεύσεις που εφαρμόζουν ΑΚΖ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπάρχουν στη βιβλιογραφία, αλλά γνωστή είναι μόνο μία που αναφέρεται στους οικιακούς ηλιακούς θερμοσίφωνες. Αυτή η δημοσίευση εξετάζει τους τελευταίους από περιβαλλοντική άποψη και τους συγκρίνει με άλλα ανταγωνιστικά συστήματα. Η ανάλυση αφορά μόνο την ατμοσφαιρική ρύπανση, ειδικότερα στο CO, SO και NO_x,. Στο *Σχήμα 9* που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εισροές και εκροές που αναλύονται για κάθε ηλιακό συλλέκτη με σκοπό την περιβαλλοντική του μελέτη (F. Ardente et al., 2004).



Σχήμα 9:Περιβαλλοντικές συναλλαγές πέρα από τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος(Tsilingiridis et al., 2003).

Εδώ, η μεθοδολογία της ΑΚΖ εφαρμόζεται προκειμένου να αξιολογηθούν τα πιο κοινά μεγέθη ενός οικιακού ηλιακού θερμοσιφωνικού συστήματος που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Με την ΑΚΖ οι περιβαλλοντικές επιδράσεις που συνδέονται με την παραγωγή και τη χρησιμοποίηση ενός τέτοιου συστήματος μπορούν να αξιολογηθούν με έναν αντικειμενικό και επιστημονικό τρόπο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την καταγραφή της ενέργειας και των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στο στάδιο κατασκευής και επίσης των υγρών και στερεών αέριων ρύπων, που εκπέμπονται πέρα από τον κύκλο ζωής του. Εκτός από τη λήψη μιας αξιόπιστης αξιολόγησης του συνολικού αντίκτυπου, η ΑΚΖ μπορεί να δώσει λύσεις για την βελτίωση του προϊόντος που εξετάζεται με την παροχή προτάσεων για τις τροποποιήσεις ή τις αντικαταστάσεις των υλικών ή των διαδικασιών κατασκευής που έχουν τη μέγιστη περιβαλλοντική επίδραση. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχηματισμό μιας βάσης δεδομένων για τους οικιακούς ηλιακούς θερμοσίφωνες και για τη μελλοντική εκπόνηση ενός περιβαλλοντικού κανονισμού (F. Ardente et al., 2004).

2.2 Βήματα της ΑΚΖ

Η μελέτη περιλαμβάνει τα εξής πέντε βήματα (Manual SimaPro):

1. <u>Προγραμματισμός</u>
   * Δήλωση των στόχων
   * Καθορισμός του προϊόντος και των εναλλακτικών λύσεών του
   * Επιλογή των ορίων συστημάτων
   * Επιλογή των περιβαλλοντικών παραμέτρων
   * Επιλογή της μεθόδου συνάθροισης και αξιολόγησης
   * Στρατηγική για τη συλλογή δεδομένων

2. <u>Διαλογή</u>
   * Προκαταρκτική εκτέλεση της ΑΚΖ
   * Ρύθμιση του σχεδίου

3. <u>Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία στοιχείων</u>

   * Οι μετρήσεις, συνεντεύξεις, αναζήτηση βιβλιογραφίας, θεωρητικοί υπολογισμοί, αναζήτηση βάσεων δεδομένων

   * Υπολογισμός του πίνακα καταλόγων

4. <u>Αξιολόγηση</u>

   * Ταξινόμηση του πίνακα καταλόγων στις κατηγορίες αντίκτυπου

   * Συνάθροιση μέσα στην κατηγορία (χαρακτηρισμός)

   * Κανονικοποίηση

   * Στάθμιση των διαφορετικών κατηγοριών (αξιολόγηση)

5. <u>Αξιολόγηση της βελτίωσης</u>

   *Ανάλυση ευαισθησίας

   *Αξιολόγηση της προτεραιότητας και βελτίωσης του εφικτού

2.3 Αρχές και κριτήρια

Προκειμένου να καταστεί ο οικολογικός σχεδιασμός λειτουργικός είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι οδηγίες και τα κριτήρια σχεδιασμού και να ενσωματωθούν στην ανάπτυξη των νέων προϊόντων και των διαδικασιών παραγωγής. Γενικά, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες περιβαλλοντικές αρχές και κριτήρια (S. Behrendt et al., 1997):

- Επίτευξη της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας / της βέλτιστης λειτουργίας

- Πόροι αποταμίευσης

- Χρήση των ανανεώσιμων και αρκετά διαθέσιμων πόρων
- Αυξανόμενη διάρκεια προϊόντων
- Σχέδιο για την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων
- Σχέδιο για την υλική ανακύκλωση
- Σχέδιο για την αποσύνθεση
- Ελαχιστοποίηση των επιβλαβών ουσιών
- Φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή
- Ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης προϊόντων
- Χρησιμοποίηση της φιλικής προς το περιβάλλον συσκευασίας
- Φιλική προς το περιβάλλον διάθεση των μη-ανακυκλώσιμων υλικών
- Εφαρμογή διεργασιών φιλικών προς το περιβάλλον, όσον αφορά τα υλικά

2.4 Στόχος της ΑΚΖ

Ο στόχος και το πεδίο της μελέτης πρέπει να καθοριστούν σαφώς στην αρχή. Σε αυτήν την περίπτωση ο στόχος πρέπει να αφορά τους ακριβείς αντικειμενικούς στόχους της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος. Συνήθως οι σχεδιαστές πρέπει να ξέρουν (S. Behrendt et al., 1997):

- Ποια είναι τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα ενός προϊόντος;
- Ποια είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση του σχεδίου;

Εντούτοις, η ανάγκη για μια ποιοτική μελέτη ΑΚΖ ή μια πιο ποσοτική μελέτη ΑΚΖ πρέπει να διευκρινιστεί σύμφωνα με την προοριζόμενη εφαρμογή.
Το πεδίο της μελέτης πρέπει να καθορίσει τα εξής ακόλουθα στοιχεία (S. Behrendt et al., 1997):

1. Λειτουργία του συστήματος

2. Λειτουργική μονάδα, το οποίο σημαίνει ένα μέτρο της λειτουργικής παραγωγής του συστήματος που μελετάται και που θα επιτρέψει τη σύγκριση των στοιχείων της ΑΚΖ για τα εναλλακτικά υλικά ή προϊόντα που χρησιμοποιούνται.

3. Σύστημα που μελετάται: ο κύκλος ζωής του προϊόντος πρέπει να εξεταστεί, συμπεριλαμβανομένων όλων των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα από την εξαγωγή των πρώτων υλών μέχρι την τελική τους διάθεση. Ανάλογα με το σύστημα και στους στόχους, μπορούν να γίνουν κάποιες απλοποιήσεις.

4. Όρια συστημάτων: πρέπει να καθοριστούν οι διαδικασίες. Οι εισαγωγές και οι εξαγωγές πρώτων υλών θα ληφθούν υπόψη στη μελέτη.

5. Έκταση και τύπος αξιολόγησης του αντίκτυπου πρέπει να ληφθούν υπόψη, παραδείγματος χάριν παράγοντες συνάθροισης σχετικά με τα

σφαιρικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και μερικά τοπικά προβλήματα, όπως η ρύπανση μιας ιδιαίτερα ευαίσθητης περιοχής.

6. Απαιτήσεις στοιχείων.

7. Υποθέσεις.

8. Περιορισμοί.

9. Αρχικές ποιοτικές απαιτήσεις στοιχείων, συμπεριλαμβανομένης της μεταβλητότητας και της αβεβαιότητας των πληροφοριών.

10. Τύπος κρίσιμης αναθεώρησης, εάν είναι απαραίτητο, παραδείγματος χάριν εσωτερική αναθεώρηση, ειδική αναθεώρηση ή αναθεώρηση από τα ενδιαφερόμενα συμβαλλόμενα μέρη.

11. Τύπος και σχήμα της έκθεσης που απαιτείται για τη μελέτη, παραδείγματος χάριν ένας υπολογισμός με λογιστικό φύλλο, που παρουσιάζεται στο διευθυντή προϊόντων της επιχείρησης.

2.5 RETScreen - Διεθνές ηλιακό μοντέλο προγράμματος θέρμανσης ύδατος

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα RETScreen. Το διεθνές ηλιακό μοντέλο προγράμματος θέρμανσης ύδατος RETScreen μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να αξιολογήσει εύκολα την παραγωγή ενέργειας, τις δαπάνες του κύκλου ζωής του προϊόντος και τη μείωση εκπομπών αερίου που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για τρεις βασικές εφαρμογές (Manual RETScreen):

- οικιακό ηλιακό θερμοσίφωνα,
- παραγωγή θερμότητας για βιομηχανικές διαδικασίες και
- πισίνες (εσωτερικές και υπαίθριες)
- κυμαινόμενου μεγέθους από μικρά οικιακά συστήματα μέχρι εμπορικά, θεσμικά και βιομηχανικά συστήματα μεγάλης κλίμακας.

Έξι φύλλα εργασίας (ενεργειακό μοντέλο, πηγές ηλιακής ενέργειας και υπολογισμός φορτίων θέρμανσης (SR & HLC), ανάλυση δαπανών, ανάλυση μείωσης εκπομπής αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (ανάλυση GHG), περιληπτική οικονομική ανάλυση, ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση επικινδυνότητας) παρέχονται στο πρόγραμμα θέρμανσης ύδατος μέσω ηλιακής ενέργειας. Το φύλλο εργασίας SR&HLC χρησιμοποιείται για να υπολογίσει το μηνιαίο ενεργειακό φορτίο που απαιτείται για την θέρμανση του νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία. Αυτό το φύλλο εργασίας υπολογίζει επίσης την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με την κλίση του συλλέκτη για οποιοδήποτε προσανατολισμό του, χρησιμοποιώντας τις μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια.

Η ετήσια απόδοση ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης ύδατος με μια δεξαμενή αποθήκευσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του συστήματος, την διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, την θερμοκρασία του αέρα και από τα χαρακτηριστικά του θερμικού φορτίου. Το ηλιακό πρότυπο προγράμματος θέρμανσης ύδατος RETScreen είναι σχεδιασμένο για να βοηθήσει το χρήστη να καθορίσει τις ανάγκες σε ζεστό νερό, ενσωματώνοντας στο φύλλο εργασίας SR&LHC, έναν υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης του νερού. Για να βοηθήσουν το χρήστη να χαρακτηρίσει ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης ύδατος πριν αξιολογηθεί η απόδοσή του σε δαπάνες και ενέργεια, προτείνονται μερικές τιμές για τη διαστασιολόγηση του συστήματος (π.χ. αριθμός συλλεκτών). Οι προτεινόμενες ή κατ' εκτίμηση τιμές (που δεν είναι απαραίτητα οι βέλτιστες) είναι υπολογισμένες με βάση τις παραμέτρους εισαγωγής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτο βήμα στην ανάλυση. Το φύλλο εργασίας με τίτλο *Ενεργειακό Μοντέλο* και το φύλλο εργασίας με τίτλο *SR&LHC*, συμπληρώνονται πρώτα. Το φύλλο εργασίας με τίτλο *Ανάλυσης Δαπανών* πρέπει να συμπληρωθεί στη συνέχεια και ακολουθεί το φύλλο εργασίας με τίτλο *Περιληπτική Οικονομική Ανάλυση*. Τα φύλλα εργασίας *Ανάλυση GHG* και *Ανάλυση Ευαισθησίας* αποτελούν μια προαιρετική ανάλυση. Το φύλλο εργασίας *Ανάλυση GHG* παρέχεται για να βοηθήσει στην εκτίμηση, από το χρήστη, της δυνατότητας μείωσης των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (*GHG*). Το φύλλο εργασίας *Ανάλυση Ευαισθησίας* παρέχεται για να βοηθήσει τον χρήστη να εκτιμήσει την ευαισθησία των σημαντικών οικονομικών δεικτών σε σχέση με τις βασικές τεχνικές και τις οικονομικές παραμέτρους. Γενικά, ο χρήστης εργάζεται από επάνω προς τα κάτω για κάθε ένα από τα φύλλα εργασίας. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το σύστημα ηλιακής θέρμανσης ύδατος από την σκοπιά ενεργειακής χρήσης και δαπανών.

Αυτό το τμήμα περιγράφει τους διάφορους αλγορίθμους που χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν, από μήνα σε μήνα, την εξοικονόμηση ενέργειας των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης ύδατος μέσω του προγράμματος RETScreen. Ένα διάγραμμα ροής των αλγορίθμων παρουσιάζεται στο *Σχήμα 10*. Η συμπεριφορά των θερμικών συστημάτων είναι αρκετά σύνθετη και αλλάζει από την μια στιγμή στην άλλη, ανάλογα με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, άλλες μετεωρολογικές μεταβλητές όπως η περιβαλλοντική θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα και η σχετική υγρασία του και το φορτίο. Το RETScreen δεν κάνει μια λεπτομερή προσομοίωση της συμπεριφοράς του συστήματος. Αντί αυτού, χρησιμοποιεί τα απλουστευμένα πρότυπα, που επιτρέπουν τον υπολογισμό της εξοικονομούμενης μέσης ενέργειας σε μηνιαία βάση. Υπάρχουν τα εξής μοντέλα, τα οποία καλύπτουν τις βασικές εφαρμογές που εξετάζονται από το RETScreen (Manual RETScreen):

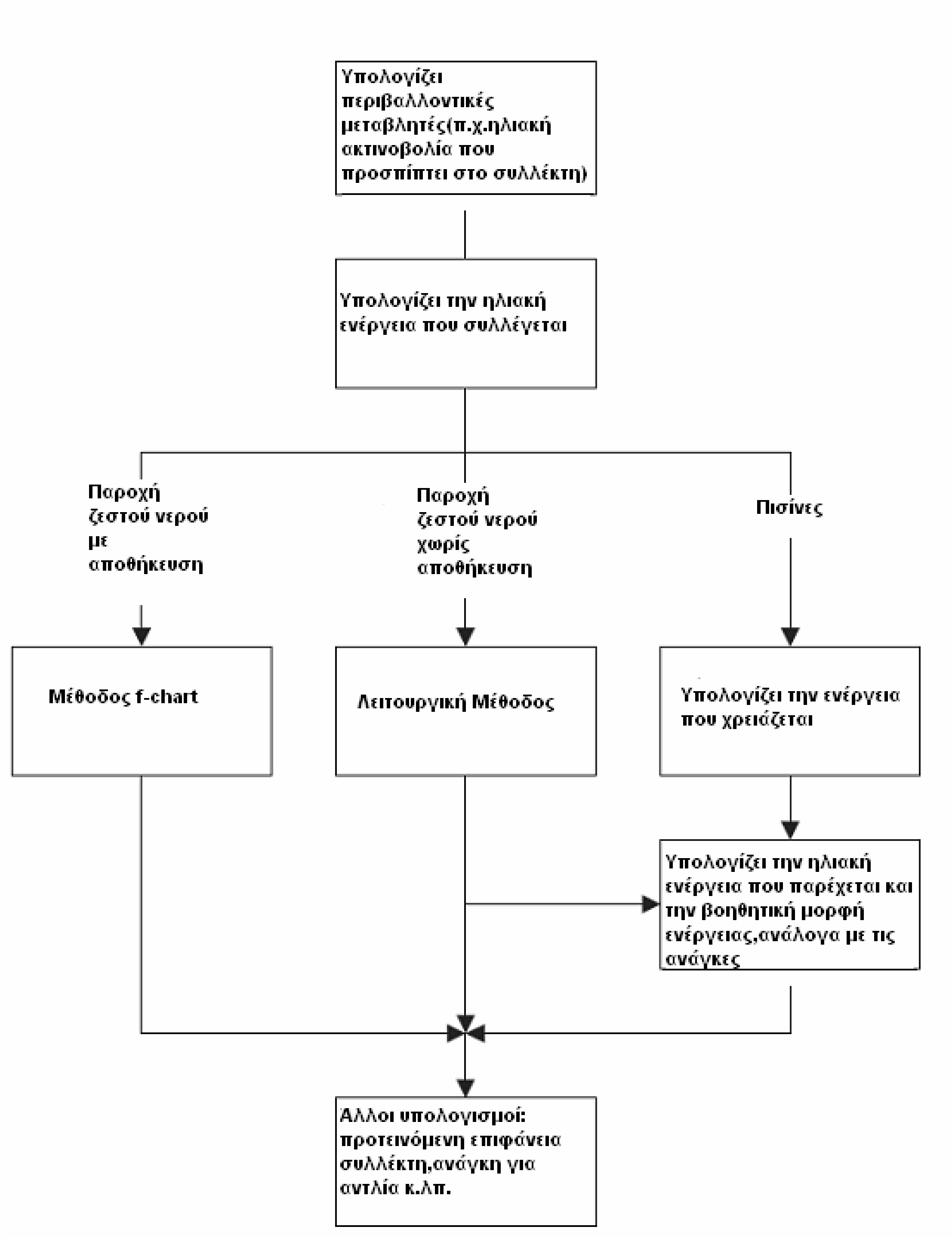
- *Παροχή ζεστού νερού με αποθήκευση*, που υπολογίζεται με τη μέθοδο των f-charts

- *Παροχή ζεστού νερού χωρίς αποθήκευση,* που υπολογίζεται με τη μέθοδο της λειτουργικότητας και

- *Οι πισίνες,* για τις οποίες υπολογίζουν τα διάφορα μεγέθη με μια ειδική μέθοδο. Υπάρχουν δύο παραλλαγές του τελευταίου προγράμματος, για τις εσωτερικές και τις υπαίθριες πισίνες.

Όλα τα μοντέλα έχουν κάποιες κοινές μεθόδους, παραδείγματος χάριν για να υπολογίσουν τη θερμοκρασία του κρύου νερού, τη θερμοκρασία του αέρα, ή την ακτινοβολία που προσπίπτει στον ηλιακό συλλέκτη. Αυτές οι μέθοδοι περιγράφονται στην παράγραφο 2.6. Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των μοντέλων είναι ότι πρέπει να υπολογίσουν την απόδοση του ηλιακού συλλέκτη. Αυτό εξετάζεται στην παράγραφο 2.7.

Λόγω των απλοποιήσεων που εισάγονται στα μοντέλα, το ηλιακό μοντέλο προγράμματος θέρμανσης ύδατος RETScreen έχει μερικούς περιορισμούς. Κατ' αρχάς, το μοντέλο παραγωγής ζεστού νερού υποθέτει ότι το καθημερινό ογκομετρικό φορτίο είναι σταθερό κατά τη διάρκεια της κάθε εποχής. Δεύτερον, εκτός από τις εφαρμογές σε πισίνες, το μοντέλο περιορίζεται στην προθέρμανση του ύδατος. Δεν εξετάζει τα αυτόνομα συστήματα που παρέχουν 100% του φορτίου. Εντούτοις, για την πλειοψηφία των εφαρμογών, αυτοί οι περιορισμοί δεν επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα.



Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής μοντέλου παραγωγής ζεστού νερού με ηλιακή ενέργεια (Manual RETScreen).

2.6 Περιβαλλοντικές μεταβλητές

Διάφορες περιβαλλοντικές μεταβλητές πρέπει να υπολογιστούν από τα καιρικά στοιχεία που παρέχονται είτε από το χρήστη, είτε από τη βάση δεδομένων του προγράμματος. Οι τιμές που υπολογίζονται είναι οι εξής (Manual RETScreen):

- Μέση μηνιαία καθημερινή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη και της ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται
- Θερμοκρασία του αέρα, που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ενέργεια από τους ηλιακούς συλλέκτες χωρίς αποθήκευση και τις απώλειες σε ακτινοβολία, όσον αφορά τις πισίνες
- Η θερμοκρασία του κρύου νερού, που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το θερμαντικό φορτίο που πρέπει να καταναλώσει το σύστημα και τέλος το
- Φορτίο (εκτός από τις πισίνες)

2.7 Βασικές έννοιες της ηλιακής ενέργειας

Από την στιγμή που το μοντέλο ηλιακής θέρμανσης ύδατος εξετάζει την ηλιακή ενέργεια, πρέπει πρώτα να οριστούν μερικές βασικές έννοιες της εφαρμοσμένης μηχανικής ηλιακής ενέργειας. Αυτή η παράγραφος σκοπεύει στην αναφορά και τον υπολογισμό μερικών μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο μας (Manual RETScreen).

2.7.1 Απόκλιση

Η απόκλιση είναι η γωνιακή θέση του ήλιου το ηλιακό μεσημέρι, όσον αφορά το επίπεδο του ισημερινού. Η τιμή της σε μοίρες δίνεται από την *εξίσωση του Cooper* :

$$\delta = 23.45 \sin\left(2\pi \frac{284+n}{365}\right) \tag{1}$$

όπου **n** είναι η ημέρα του έτους, (δηλ. n=1 για την 1 Ιανουαρίου, n=32 για την 1 Φεβρουαρίου , κ.λπ.). Η απόκλιση ποικίλλει μεταξύ -23.45 στις 21 Δεκεμβρίου και + 23,45 στις 21 Ιουνίου (Manual RETScreen).

2.7.2 Γωνία ηλιακής ώρας και γωνία ώρας ηλιοβασιλέματος

Η *γωνία ηλιακής ώρας* είναι η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου, ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού. Το πρωί έχουμε αρνητική γωνία, ενώ το απόγευμα θετική. Η γωνία ηλιακής ώρας είναι ίση με το μηδέν το ηλιακό μεσημέρι και ποικίλλει κατά 15^{o+} ανά ώρα από το ηλιακό μεσημέρι. Παραδείγματος χάριν, στις 7 π.μ. (ηλιακός χρόνος [1]) η γωνία ηλιακής ώρας είναι ίση με -75^0 (7 π.μ. είναι 5 ώρες από το μεσημέρι, δηλαδή πέντε φορές επί 15 μας κάνει 75, με αρνητικό πρόσημο επειδή είναι πρωί).

Η *γωνία ώρας ηλιοβασιλέματος* $\boldsymbol{\omega_s}$ είναι η γωνία ηλιακής ώρας που αντιστοιχεί στο χρόνο όταν δύει ο ήλιος. Δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\cos\omega_s = -\tan\psi \ \tan\delta \tag{2}$$

[1]Ο ηλιακός χρόνος είναι ο χρόνος βασισμένος στην προφανή κίνηση του ήλιου στον ουρανό και το ηλιακό μεσημέρι αντιστοιχεί στη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του στον ουρανό.

όπου **δ** είναι η απόκλιση, υπολογισμένη μέσω της εξίσωσης (1) και **ψ** είναι το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, που διευκρινίζεται από το χρήστη (Manual RETScreen).

2.7.3 Εξωγήινη ακτινοβολία και δείκτης καθαρότητας

Η ηλιακή ακτινοβολία έξω από τη γήινη ατμόσφαιρα καλείται εξωγήινη ακτινοβολία. Η καθημερινή εξωγήινη ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια, $\mathbf{H_0}$, μπορεί να υπολογιστεί για την **n** ημέρα του έτους από την ακόλουθη εξίσωση:

$$H_0 = \frac{86400 G_{sc}}{\pi}\left(1 + 0.033\cos\left(2\pi\frac{n}{365}\right)\right)\left(\cos\psi\cos\delta\sin\omega_s + \omega_s\sin\psi\sin\delta\right) \qquad (3)$$

όπου $\mathbf{G_{Sc}}$ είναι η *ηλιακή σταθερά* ίση με 1.367W/m ^{2} και όλες οι άλλες μεταβλητές έχουν την ίδια έννοια με πριν.

Η ηλιακή ακτινοβολία, πριν φθάσει στην επιφάνεια της γης, μειώνεται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα. Η αναλογία της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης προς την εξωγήινη ακτινοβολία καλείται *δείκτης καθαρότητας.* Κατά συνέπεια, ο μέσος μηνιαίος δείκτης καθαρότητας, $\overline{K}_T$, ορίζεται ως:

$$\overline{K}_T = \frac{\overline{H}}{\overline{H}_0} \qquad (4)$$

όπου $\overline{H}$ είναι η μέση μηνιαία καθημερινή ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια και $\overline{H}_0$ είναι η μέση μηνιαία εξωγήινη καθημερινή ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια.

Οι τιμές του $\overline{K}_T$ εξαρτώνται από την τοποθεσία και το χρόνο του έτους και κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 0,3 (για τις τοποθεσίες με πολύ συννεφιά) και 0,8 (για τις πολύ ηλιόλουστες τοποθεσίες) (Manual RETScreen).

2.7.4 Κλίση ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη απαιτείται για τον υπολογισμό της απόδοσης του συλλέκτη και το πραγματικό ποσό της ηλιακής ενέργειας που συλλέγεται. Το μοντέλο του προγράμματος RETScreen για τα ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιεί τους ισοτροπικούς αλγορίθμους των Liu και Jordan, για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη, $\overline{H}_T$:

$$\overline{H}_T = \overline{H}_b \overline{R}_b + \overline{H}_d \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) + \overline{H} \ \rho_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2} \right) \tag{5}$$

Ο πρώτος όρος στη δεξιά πλευρά αυτής της εξίσωσης αντιπροσωπεύει την ηλιακή ακτινοβολία που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο. Είναι το προϊόν της μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας $\overline{H}_b$ επί έναν καθαρά γεωμετρικό παράγοντα, $\overline{R}_b$, ο όποιος εξαρτάται μόνο από τον προσανατολισμό του συλλέκτη, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και το χρόνο του έτους [2]. Ο δεύτερος όρος αντιπροσωπεύει τη συμβολή της μέσης μηνιαίας διάχυτης ακτινοβολίας, $\overline{H}_d$, η όποια εξαρτάται από την κλίση του συλλέκτη, **β.** Ο τελευταίος όρος αντιπροσωπεύει την αντανάκλαση της ακτινοβολίας στο έδαφος μπροστά από το συλλέκτη και εξαρτάται από την κλίση του συλλέκτη και από στην επίγεια ανακλαστικότητα, $\mathbf{p_g}$**.** Η τελευταία υποθέτουμε ότι είναι ίση με 0,2 όταν είναι η μηνιαία μέση θερμοκρασία ξεπερνά τους 0^0C και 0,7 όταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία δεν είναι κάτω των -5^0C και κυμαίνεται γραμμικά με τη θερμοκρασία μεταξύ αυτών των δύο ορίων.

Η μέση μηνιαία καθημερινή διάχυτη ακτινοβολία υπολογίζεται από τη σφαιρική ακτινοβολία μέσω του ακόλουθου τύπου (Manual RETScreen):

- για τιμές της γωνίας ώρας ηλιοβασιλέματος $\boldsymbol{\omega_s}$ λιγότερο από $81,4^0$:

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1.391 - 3.560\overline{K}_T + 4.189\overline{K}_T^2 - 2.137K_T^3 \qquad (6)$$

- για τις τιμές της γωνίας ώρας ηλιοβασιλέματος $\boldsymbol{\omega_s}$ μεγαλύτερης από $81,4^0$:

2

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1.311 - 3.022\overline{K}_T + 3.427\overline{K}_T^2 - 1.821K_T^3 \qquad (7)$$

Η μέση μηνιαία καθημερινή ακτινοβολία $\overline{H}_b$ υπολογίζεται απλά από τη σχέση:

$$\overline{H}_b = \overline{H} - \overline{H}_d \qquad (8)$$

2.7.5 Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από τον ουρανό με μήκη κύματος μεγαλύτερα από 3μm. Όπως θα δούμε παρακάτω, αυτό απαιτείται για να ποσοτικοποιήσουμε τις ανταλλαγές ακτινοβολίας μεταξύ ενός ηλιακού συλλέκτη και του ουρανού. Μια μεταβλητή σχετική με την ακτινοβολία του ουρανού είναι η *θερμοκρασία του περιβάλλοντος,* $\mathbf{T_{sky}}$, η οποία είναι η θερμοκρασία ενός ιδανικού μαύρου

[2] Η πηγή του $\overline{R}_b$' δεν παρουσιάζει οποιαδήποτε δυσκολία αλλά έχει αφεθεί από αυτό το τμήμα για να αποφευχθούν οι κουραστικές μαθηματικές εξελίξεις, ιδιαίτερα όταν το ηλιακό αζιμούθιο δεν είναι μηδέν.

σώματος που εκπέμπει το ίδιο ποσό ακτινοβολίας. Η τιμή του σε ^0C υπολογίζεται από την ακτινοβολία του ουρανού $\mathbf{L_{sky}}$ μέσω της σχέσης (Manual RETScreen):

$$L_{sky} = \sigma \left(T_{sky} + 273.2\right)^4 \tag{9}$$

όπου **σ** είναι σταθερά των Stefan-Boltzmann και είναι ίση με5.669*10^{-8} $(W/m^2)/K^4$. Η ακτινοβολία του ουρανού ποικίλλει ανάλογα με την παρουσία ή την απουσία σύννεφων – όπως βιώνεται σε καθημερινή βάση, οι νύχτες με ξαστεριά τείνουν να είναι πιο κρύες, ενώ οι συννεφιασμένες νύχτες είναι συνήθως θερμότερες. Η ανεμπόδιστη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος του ουρανού (δηλαδή όταν υπάρχει ξαστεριά) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη *σχέση του Swinbank*:

$$L_{clear} = 5.31 \times 10^{-13} \left(T_a + 273.2\right)^6 \tag{10}$$

όπου $\mathbf{T_\alpha}$ είναι η περιβαλλοντική θερμοκρασία που εκφράζεται σε ^0C. Για τους νεφελώδεις ουρανούς, το μοντέλο υποθέτει ότι τα σύννεφα είναι σε μια θερμοκρασία ($\mathbf{T_\alpha - 5}$) και εκπέμπουν ακτινοβολία μεγάλων μηκών κύματος με μια εκπομπή 0,96, δηλαδή η ακτινοβολία του συννεφιασμένου ουρανού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L_{cloudy} = 0.96\ \sigma \left(T_a + 273.2 - 5\right)^4 \tag{11}$$

Η πραγματική ακτινοβολία του ουρανού κυμαίνεται κάπου μεταξύ των ξάστερων και των νεφελωδών τιμών. Εάν **c** είναι το μέρος του ουρανού που καλύπτεται από τα σύννεφα, η ακτινοβολία του ουρανού μπορεί να προσεγγιστεί από τη σχέση:

$$L_{sky} = (1-c)\,L_{clear} + c\,L_{cloudy} \qquad (12)$$

Για να λάβει παράμετρος **c** μια τιμή κατά προσέγγιση κατά τη διάρκεια του μήνα, το μοντέλο καθιερώνει μια αντιστοιχία μεταξύ του ποσού των σύννεφων και του μέρους της μέσης μηνιαίας διάχυτης καθημερινής ακτινοβολίας. Ένας ξάστερος ουρανός θα οδηγήσει σε ένα κλάσμα διάχυσης $\mathbf{K_d = H_d / H}$ περίπου ίσο με 0.165. Ένας συννεφιασμένος ουρανός θα οδηγήσει σε ένα κλάσμα διάχυσης ίσο με 1. Ως εκ τούτου:

$$c = \frac{(K_d - 0.165)}{0.835} \qquad (13)$$

το $\mathbf{K_d}$ υπολογίζεται από το μέσο μηνιαίο δείκτη καθαρότητας $\overline{K}_T$ χρησιμοποιώντας τη συσχέτιση των *Collares- Pereira και Rabl*, που αναφέρεται στην "μέση ημέρα" του μήνα (δηλαδή υποθέτοντας ότι ο καθημερινός δείκτης καθαρότητας είναι ίσος με τη μέση μηνιαία αξία του $\overline{K}_T$):

$$K_d = \begin{cases} 0.99 & for\ K_T \le 0.17 \\ 1.188 - 2.272\,K_T + 9.473\,K_T^2 - 21.865\,K_T^3 + 14.648\,K_T^4 & for\ 0.17 < K_T < 0.75 \\ -0.54\,K_T + 0.632 & for\ 0.75 \le K_T < 0.80 \\ 0.2 & for\ K_T \ge 0.80 \end{cases} \qquad (14)$$

2.7.6 Θερμοκρασία του κρύου νερού

Η θερμοκρασία του κρύου νερού που παρέχεται από το δημόσιο σύστημα ύδρευσης χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την ενέργεια που απαιτείται για να θερμάνει το νερό μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Υπάρχουν δύο τρόποι υπολογισμού της θερμοκρασίας του κρύου νερού. Με τον πρώτο τρόπο, η θερμοκρασία του κρύου νερού υπολογίζεται αυτόματα από τις τιμές περιβαλλοντικής θερμοκρασίας που εισάγονται από το χρήστη (ή αντιγράφονται από τη βάση δεδομένων του RETScreen). Με το δεύτερο τρόπο, η θερμοκρασία του κρύου νερού υπολογίζεται από τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές που διευκρινίζονται από το χρήστη (Manual RETScreen).

- **Αυτόματος υπολογισμός**

Η διάχυση της θερμότητας στο έδαφος υπακούει στην *εξίσωση της θερμότητας*:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \qquad (15)$$

όπου **T** είναι η εδαφολογική θερμοκρασία, **t** είναι ο χρόνος, **α** είναι η θερμική διαχυτότητα του εδάφους (σε m^2/sec) and **z** είναι η κάθετη απόσταση. Για ένα ημι-απεριόριστο έδαφος με μια περιοδική διακύμανση στην επιφάνεια, ισχύει:

$$T(0,t) = T_0 e^{i\omega t} \qquad (16)$$

όπου T_0 είναι το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια και **ω** είναι η συχνότητα για το μήνα **i**. Η λύση στην εξίσωση (16), που δίνει τη θερμοκρασία **T(z,t)** σε ένα βάθος **z** και σε κάποιο χρόνο **t**, δίνεται από τη σχέση:

$$T\left(z,t\right)=T_0\, e^{-(1+i)z/\sigma}e^{i\omega t} \tag{17}$$

όπου **σ** είναι μια χωρική κλίμακα που καθορίζεται από τη σχέση:

$$\sigma=\sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}} \tag{18}$$

Με άλλα λόγια, μια εποχιακή (ετήσια) διακύμανση του εύρους **ΔΤ** στην επιφάνεια θα γίνει αισθητή σε ένα βάθος **z** με ένα εύρος $\Delta T(z)=\Delta T\, e^{-z/\sigma}$ και με μια καθυστέρηση $\Delta t = z/\sigma\omega$.

Το ηλιακό μοντέλο προγράμματος θέρμανσης ύδατος RETScreen υποθέτει ότι η θερμοκρασία κρύου νερού είναι ίση με την θερμοκρασία του εδάφους σε ένα κατάλληλο βάθος. Το μοντέλο λαμβάνει ως **α=0.52*10^{-6} m^2/sec** (με αντιστοιχία σε ένα ξηρό βαρύ χώμα ή ένα υγρό ελαφρύ χώμα) και **z=2m**, το υποτιθέμενο βάθος στο οποίο βρίσκονται οι σωλήνες του δικτύου ύδρευσης. Αυτό οδηγεί σε (Manual RETScreen):

$$\sigma = 2.28\ m \tag{19}$$

$$\Delta T(z) = \Delta T\ (0) \times 0.42 \tag{20}$$

$$\Delta t = 51 \text{ days} \sim 2 \text{ months} \tag{21}$$

- **Υπολογισμός με το χέρι**

Ένα ημιτονοειδές σχεδιάγραμμα παράγεται από τις ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες που διευκρινίζονται από το χρήστη, υποθέτοντας ότι το ελάχιστο επιτυγχάνεται το Φεβρουάριο και το μέγιστο τον Αύγουστο, όσον αφορά το βόρειο ημισφαίριο (η κατάσταση αντιστρέφεται για το νότιο ημισφαίριο). Ως εκ τούτου, η μέση θερμοκρασία του εδάφους (ή του κρύου νερού) $\mathbf{T_s}$ εκφράζεται σαν συνάρτηση της ελάχιστης θερμοκρασίας $\mathbf{T_{min}}$, της μέγιστης θερμοκρασίας $\mathbf{T_{max}}$ και του αριθμού **n** του μήνα, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$T_s = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} h \ \cos\left(2\pi \ \frac{n-2}{12} \right) \tag{22}$$

όπου **h** είναι ίσο με 1 για το βόρειο ημισφαίριο και -1 για το νότιο ημισφαίριο (Manual RETScreen).

2.7.7 Κατ' εκτίμηση υπολογισμός φορτίων

Ο υπολογισμός των φορτίων είναι απαραίτητος για τα μοντέλα παραγωγής ζεστού νερού (με ή χωρίς αποθήκευση).

Παρέχονται εκτιμήσεις για τη χρήση του ζεστού νερού, που προέρχονται από τους πίνακες που δημοσιεύονται στο εγχειρίδιο εφαρμογών ASHRAE. Καμία εκτίμηση για τη χρήση ζεστού νερού δεν γίνεται για τις βιομηχανικές ή άλλες εφαρμογές υδατοκαλλιέργειας. Το πραγματικό φορτίο υπολογίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για να θερμάνει το νερό σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Εάν $\mathbf{V_l}$ είναι το απαραίτητο ποσό ύδατος και $\mathbf{T_h}$ είναι η απαιτούμενη θερμοκρασία ζεστού νερού (και οι δύο διευκρινίζονται από το χρήστη), τότε η ενέργεια που απαιτείται $\mathbf{Q_{load}}$ εκφράζεται ως:

$$Q_{load} = C_p \, \rho \, V_l \, (T_h - T_c) \tag{23}$$

όπου $\mathbf{C_p}$ είναι η ικανότητα θέρμανσης του ύδατος (4.200 (J/kg)/ ^{0}C), **p** η πυκνότητά του (1kg/L) και $\mathbf{T_c}$ είναι η Θερμοκρασία του κρύου νερού. Το φορτίο $\mathbf{Q_{load}}$ διανέμεται ανάλογα από τον αριθμό ημερών της εβδομάδας που χρησιμοποιείται το σύστημα (Manual RETScreen).

2.8 Μέθοδος f-chart

Η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού με αποθήκευση υπολογίζεται με τη μέθοδο των f-charts. Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι ο υπολογισμός του f, το μέρος του φορτίου του ζεστού νερού που παρέχεται από το σύστημα ηλιακής θέρμανσης. Μόλις υπολογιστεί το f, μπορεί να καθοριστεί το ποσό της ανανεώσιμης ενέργειας που αντικαθιστά τη συμβατική ενέργεια για τη θέρμανση του νερού. Η μέθοδος επιτρέπει τον υπολογισμό του μηνιαίου ποσού ενέργειας που αποδίδεται από τα συστήματα παραγωγής ζεστού νερού με αποθήκευση, λαμβάνοντας υπόψη τις μηνιαίες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και του φορτίου.

Δύο διαστασιολογικές ομάδες X και Y ορίζονται ως:

$$X = \frac{A_c F_R' U_L \left(T_{ref} - T_a\right)}{L} \quad \textbf{(24)}$$

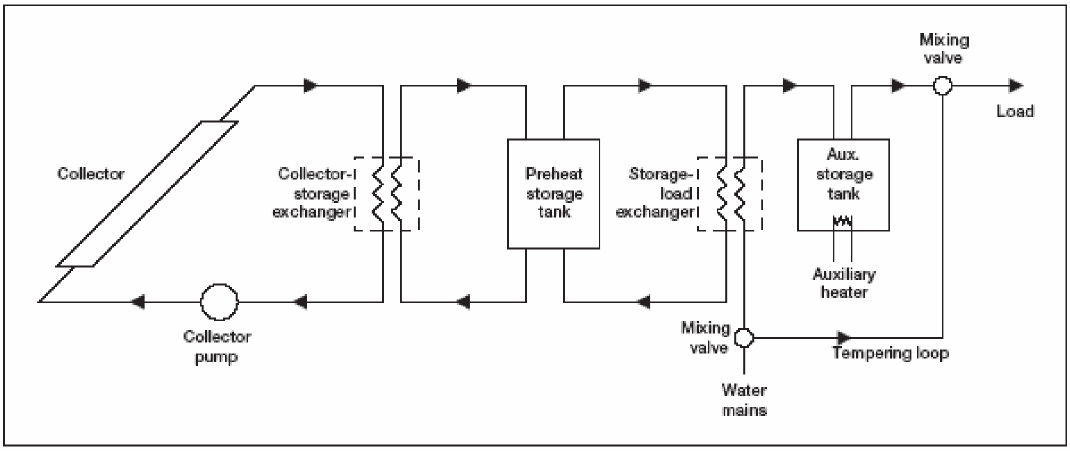
$$Y = \frac{A_c F_R' \left(\overline{\tau\alpha}\right) H_T N}{L} \quad \textbf{(25)}$$

όπου $\mathbf{A_c}$ είναι η επιφάνεια του συλλέκτη, $\mathbf{F_R'}$ είναι ο τροποποιημένος παράγοντας μεταφοράς θερμότητας του συλλέκτη, $\mathbf{U_L}$ είναι ο συντελεστής γενικών απωλειών του συλλέκτη, $\mathbf{T_{ref}}$ είναι μια εμπειρική θερμοκρασία αναφοράς ίση με 100^0C, $\mathbf{T_\alpha}$ είναι η μέση μηνιαία περιβαλλοντική θερμοκρασία, **L** είναι το μηνιαίο συνολικό φορτίο θέρμανσης, $\left(\overline{\tau\alpha}\right)$ είναι η μέση μηνιαία μεταβίβαση- απορρόφηση του συλλέκτη, $\mathbf{H_T}$ είναι το μέσο μηνιαίο καθημερινό ποσό ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη ανά περιοχή και **N** είναι ο αριθμός ημερών του κάθε μήνα.

Η παράμετρος $\mathbf{F_R'}$ υπολογίζεται για την αποτελεσματικότητα του εναλλάκτη θερμότητας του συλλέκτη με αποθήκευση (*Σχήμα 11*). Η αναλογία $\mathbf{F_R' / F_R}$ είναι συνάρτηση της αποτελεσματικότητας εναλλακτών θερμότητας **ε**:

$$\frac{F_{R'}}{F_R} = \left[1 + \left(\frac{A_c F_R U_L}{\left(\dot{m} C_p\right)_c}\right)\left(\frac{\left(\dot{m} C_p\right)_c}{\varepsilon\left(\dot{m} C_p\right)_{\min}} - 1\right)\right]^{-1} \quad \textbf{(26)}$$

όπου $\dot{m}$ είναι το ποσοστό ροής και $\mathbf{C_p}$ είναι η συγκεκριμένη θερμότητα. Οι δείκτες **c** και **min** χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν το μέρος του συλλέκτη και το ελάχιστο του μέρους του συλλέκτη στο οποίο αναφερόμαστε καθώς επίσης και το μέρος της δεξαμενής του εναλλάκτη.



Σχήμα 11: Διάγραμμα ενός οικιακού ηλιακού θερμοσιφωνικού συστήματος (Manual RETScreen).

Εάν δεν υπάρχει κανένας εναλλάκτης θερμότητας, τότε το $\mathbf{F_R}$**’** είναι ίσο με το $\mathbf{F_R}$. Εάν υπάρχει εναλλάκτης θερμότητας, το μοντέλο υποθέτει ότι τα ποσοστά ροής και στις δύο πλευρές του εναλλάκτη θερμότητας είναι τα ίδια. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι 4.2 (kJ/kg)/^{0}C και αυτή της γλυκόλης τίθεται στους 3.85 (kJ/kg)/^{0}C. Τελικά το μοντέλο υποθέτει ότι η αναλογία $A_c / \dot{m}$ είναι ίση με 140 m^2 s/kg (Chandrashekar and Thevenard,1995).

Το **X** πρέπει να διορθωθεί και για το μέγεθος της αποθήκευσης και για τη θερμοκρασία κρύου νερού. Η μέθοδος των f-chart αναπτύχθηκε για μια συγκεκριμένη αποθηκευτική ικανότητα 75 λίτρων αποθηκευμένου νερού ανά τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του συλλέκτη. Για διαφορετικές ικανότητες αποθήκευσης το **X** πρέπει να πολλαπλασιαστεί με έναν παράγοντα διόρθωσης $\mathbf{X_c/X}$, που ορίζεται ως:

$$\frac{X_c}{X}=\left(\frac{\text{Actual storage capacity}}{\text{Standard storage capacity}}\right)^{-0.25} \qquad (26)$$

Αυτή η εξίσωση ισχύει για τις αναλογίες των πραγματικών έως και τυποποιημένων ικανοτήτων αποθήκευσης, δηλαδή μεταξύ 0,5 και 4. Τέλος, για τον υπολογισμό της διακύμανσης της θερμοκρασίας του νερού ανεφοδιασμού $\mathbf{T_m}$ και της ελάχιστης αποδεκτής θερμοκρασίας ζεστού νερού $\mathbf{T_w}$, που και οι δύο επηρεάζουν την απόδοση του ηλιακού συστήματος θέρμανσης ύδατος, το **X** πρέπει να πολλαπλασιαστεί με έναν παράγοντα διόρθωσης $\mathbf{X_{cc}/X}$ που ορίζεται ως:

$$\frac{X_{cc}}{X}=\frac{11.6+1.18\,T_w+3.86\,T_m-2.32\,T_a}{100-T_a} \qquad (27)$$

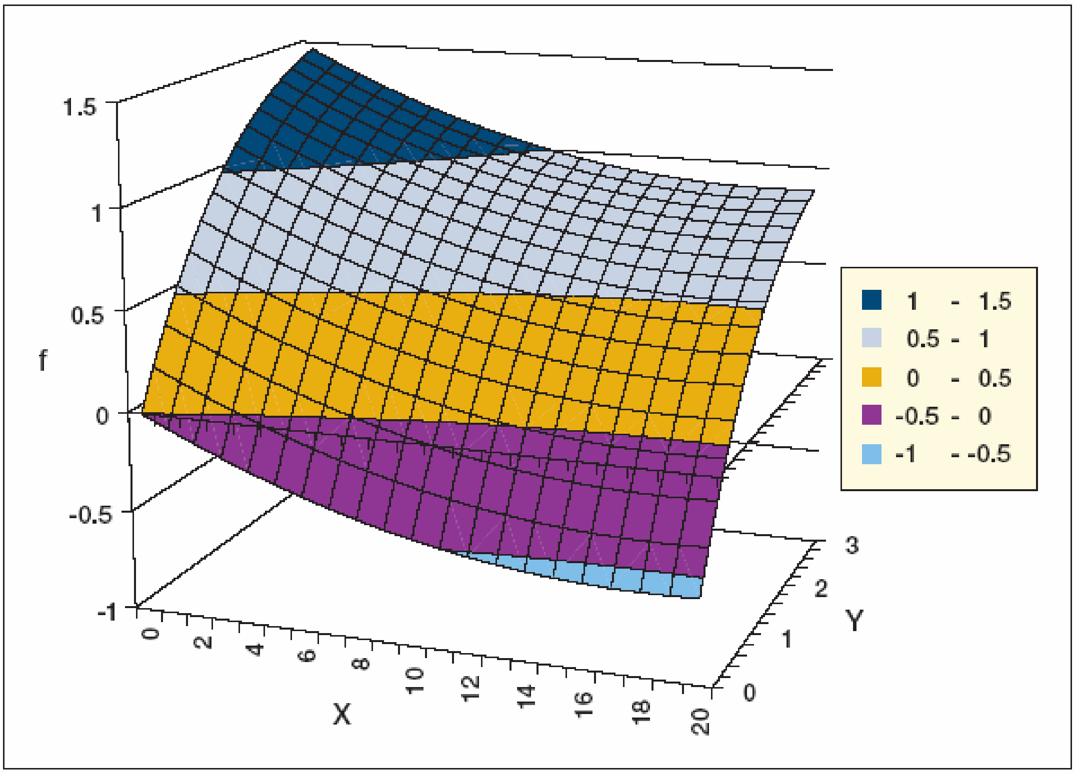
όπου $\mathbf{T_\alpha}$ είναι ο μηνιαίος αριθμητικός μέσος για την περιβαλλοντική θερμοκρασία.

Ο παράγοντας **f** του μηνιαίου ολικού φορτίου που παρέχεται από το ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού, δίνεται ως συνάρτηση των **X** και **Y** :

$$f=1.029\,Y-0.065\,X-0.245\,Y^2+0.0018\,X^2+0.0215\,Y^3 \qquad (28)$$

Υπάρχουν κάποιοι αυστηροί περιορισμοί για τους οποίους ισχύει αυτός ο τύπος. Εντούτοις, όπως φαίνεται στο σχήμα 10, η επιφάνεια που περιγράφεται από την εξίσωση (28) είναι αρκετά ομαλή, επομένως οι περιορισμοί αυτοί δεν αποτελούν κάποιο πρόβλημα. Εάν ο τύπος εξάγει σαν αποτέλεσμα μια τιμή για το **f** μικρότερη από 0, τότε μια τιμή ίση με 0 χρησιμοποιήθηκε στον τύπο. Αν πάλι έχουμε σαν αποτέλεσμα μια τιμή του **f** μεγαλύτερη από 1, τότε μια τιμή ίση με 1 χρησιμοποιήθηκε στον τύπο (Manual RETScreen).

Παρακάτω, στο *Σχήμα 12*, παρουσιάζεται ενδεικτικά μία συσχέτιση f-chart.



Σχήμα 12:Συσχέτιση f-chart (Manual RETScreen).

2.9 Πορεία εύρεσης του κατάλληλου λογισμικού

Πριν καταλήξουμε στο RETScreen προηγήθηκε μια διαδικασία έρευνας πάνω σε προγράμματα που να είναι κατάλληλα για το θέμα μας. Αρχικά εξετάσαμε το ενδεχόμενο ύπαρξης ενός τέτοιου προγράμματος ανάμεσα στο SimaPro, όπου τελικά απέτυχε καθώς δεν έχει αναπτύξει ακόμα λογισμικό για ηλιακά συστήματα. Στην συνέχεια βρήκαμε το LISA, το οποίο απεδείχθη ότι υπολογίζει την εσωτερική ενέργεια κτιρίων. Μετά από μελέτη του προγράμματος Eco-edit ανακαλύψαμε ότι ούτε αυτό μπορούσε να μας εξυπηρετήσει, καθώς χρειαζόταν λεπτομερή περιγραφή των υλικών από τα οποία αποτελείται ο συλλέκτης, ποσότητες αυτών, συντελεστές επικινδυνότητας καθώς και πολλές άλλες παραμέτρους. Για τη συλλογή αυτών των απαραίτητων στοιχείων συντάξαμε ένα ερωτηματολόγιο και μία επιστολή, τις οποίες στείλαμε συνημμένα στα μέλη της ΕΒΗΕ. Δυστυχώς δεν καταφέραμε να συγκεντρώσουμε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες παρά τις επίμονες προσπάθειές μας, εξαιτίας είτε άρνησης συνεργασίας είτε μεγάλου φόρτου εργασίας.

Το λογισμικό του RETScreen μας παρείχε τη δυνατότητα ανάλυσης του κύκλου ζωής των ηλιακών συστημάτων, καθώς και ανάλυση της ευαισθησίας και ανάλυση της επικινδυνότητας αυτών, χρησιμοποιώντας δεδομένα όπως της επιφάνειας του συλλέκτη, την χωρητικότητα του δοχείου αποθήκευσης του ζεστού νερού, της απόδοσης του ηλιακού συστήματος, την χρήση ή μη αντλίας, των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής εγκατάστασής του, της κλίσης του ηλιακού συλλέκτη, οικονομικών δεδομένων κ.λπ. Τα δεδομένα αυτά ήταν πιο εύκολο να βρεθούν. Επιπλέον, το συγκεκριμένο λογισμικό εκτελεί και οικονομική ανάλυση των ηλιακών συστημάτων, παρέχοντάς μας πληροφορίες για τον χρόνο αποπληρωμής του συστήματος, της καθαρής παρούσας αξίας του, της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής κ.ά. Με τα στοιχεία αυτά βλέπουμε μια διαφορετική πλευρά του ηλιακού συστήματος, την οικονομική του πλευρά, μέσα από την οποία εξάγουμε συμπεράσματα για το αν συμφέρει ή όχι η αγορά ενός τέτοιου συστήματος.

Αξιολογώντας, λοιπόν, όλα τα παραπάνω αποφασίσαμε να αξιολογήσουμε την περιβαλλοντική και οικονομική συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος με βάσει το λογισμικό του RETScreen.

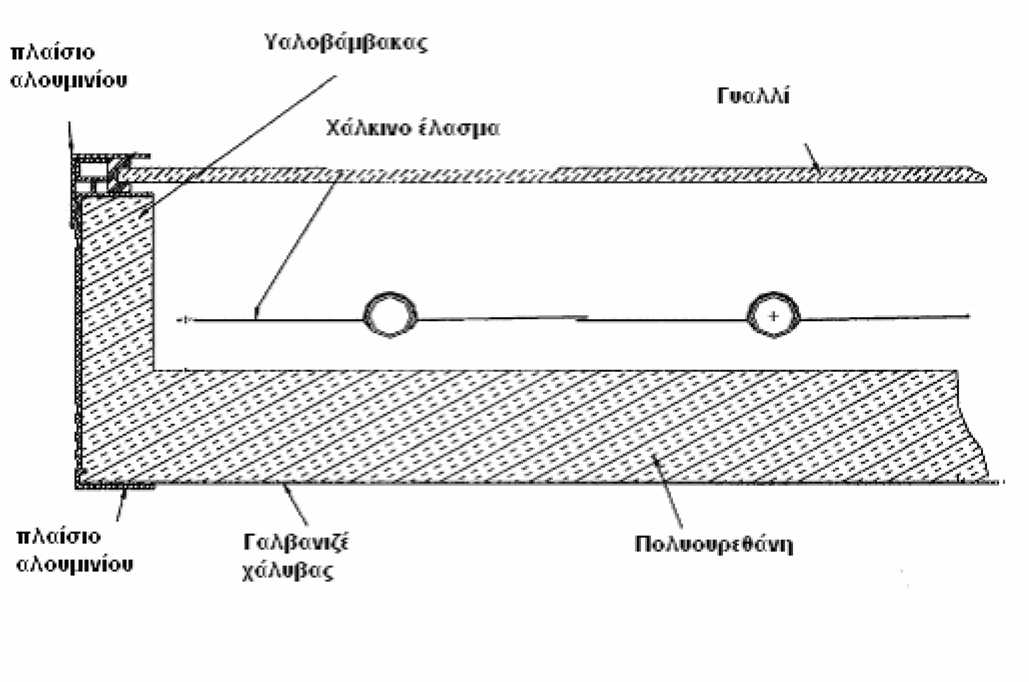
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο}

3.1 Μελέτη οικιακού ηλιακού θερμοσίφωνα

Το προϊόν που μελετάται είναι ένας τυπικός οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας, σε ποικίλα μεγέθη. Παράγεται στη βιομηχανική περιοχή των Αθηνών. Τα συστήματα υποτίθεται ότι εγκαταστάθηκαν σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας (την Αθήνα, την Ιεράπετρα και την Αλεξανδρούπολη), καλύπτοντας τις ανάγκες σε ζεστό νερό μιας οικογένειας τεσσάρων ατόμων.

Σήμερα ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας είναι το κυρίαρχο σύστημα θέρμανσης ύδατος στην Ελλάδα. Ο κύριος στόχος της ανάλυσης είναι ο υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός οικιακού ηλιακού θερμοσίφωνα, κατά την διάρκεια της λειτουργίας του.

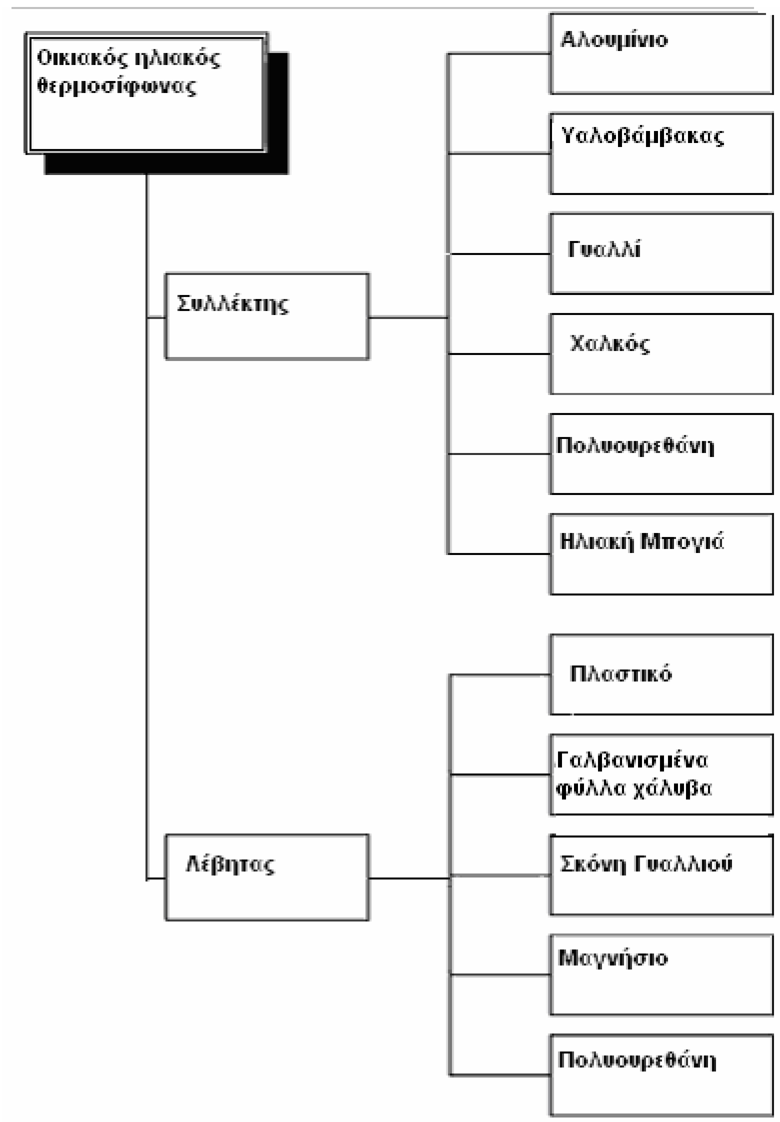
Ο οικιακός ηλιακός θερμοσίφωνας που μελετάται, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 13*, είναι ένας τυπικός επίπεδος συλλέκτης. Η επιφάνεια του συλλέκτη είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο με χάλκινα ελάσματα, ενώ προκειμένου να αυξηθεί η απορροφητικότητα του συλλέκτη, ψεκάζεται με μαύρη ηλιακή μπογιά. Ένα στρώμα πολυουρεθάνης με μέσο πάχος 30mm ψεκάζεται στην πλάτη του συλλέκτη, για μόνωση. Στις πλευρές της επιφάνειας του συλλέκτη, χρησιμοποιείται υαλοβάμβακας για μόνωση, με πάχος 20mm. Η πίσω κάλυψη του συλλέκτη είναι γαλβανισμένος χάλυβας, ενώ οι πλευρές αποτελούνται από το αλουμίνιο. Στο μέτωπο του συλλέκτη χρησιμοποιείται ένα ενιαίο ηλιακό γυαλί.



Σχήμα 13:Τομή του ηλιακού συλλέκτη που μελετάται (Tsilingiridis et al., 2003).

Ο λέβητας έχει έναν εναλλάκτη θερμότητας μανδυών και αποτελείται από χάλυβα, ενώ το περίβλημα του λέβητα αποτελείται από γαλβανισμένα φύλλα χάλυβα. Μεταξύ του λέβητα και του περιβλήματος, υπάρχει ένα στρώμα πολυουρεθάνης υψηλής πυκνότητας, που τοποθετείται για μόνωση.

Τα υλικά κατασκευής ενός ηλιακού συλλέκτη παρουσιάζονται παρακάτω στο *Σχήμα 14*.



Σχήμα 14: Συστατικά μέρη ενός οικιακού ηλιακού θερμοσίφωνα και υλικά από τα οποία αποτελούνται (Tsilingiridis et al., 2003).

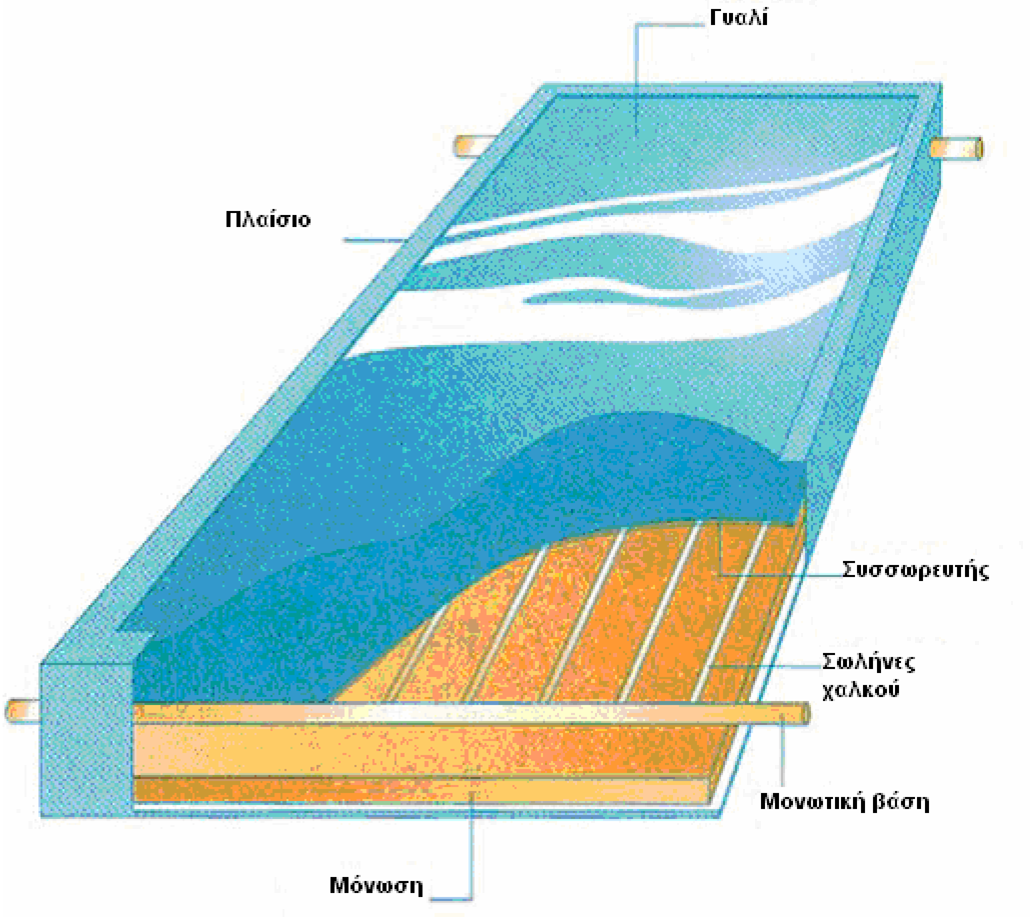
3.2 Ηλιακός συλλέκτης

Η ηλιακή ενέργεια (ηλιακή ακτινοβολία) συλλέγεται από την επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη. Συχνά η επιφάνεια του συλλέκτη καλύπτεται από επιστρώματα, για την βελτίωση της απόδοσης του συστήματος. Ένα θερμομεταφέρον ρευστό απορροφά την ενέργεια που συλλέγεται.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών. Η επιλογή ενός ηλιακού τύπου εξαρτάται από τη θερμοκρασία της εφαρμογής για την οποία προορίζονται και το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή εγκατάστασής τους. Οι πιο κοινοί τύποι ηλιακών συλλεκτών είναι:

- επίπεδοι συλλέκτες χωρίς γυαλί και θερμομεταφέρον υγρό
- επίπεδοι συλλέκτες με γυαλί και θερμομεταφέρον υγρό
- ηλιακοί συλλέκτες με σωλήνες κενού

Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε τον δεύτερο τύπο ηλιακού συλλέκτη.
Οι επίπεδοι συλλέκτες με γυαλί και θερμομεταφέρον υγρό, όπως φαίνεται και στο *Σχήμα 15*, αποτελούνται από έναν επίπεδο συλλέκτη (που συχνά είναι καλυμμένος με επίστρωμα), ο οποίος έχει ένα πλαίσιο μεταξύ ενός ενιαίου ή διπλού στρώματος γυαλιού και μια επίστρωση μονωτικού στην πλάτη. Ένα μεγάλο μέρος του ηλιακού φωτός (ηλιακή ενέργεια) αποτρέπεται από τη διαφυγή, λόγω της τοποθέτησης υαλοπινάκων (το "φαινόμενο του θερμοκηπίου"). Αυτοί οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται συνήθως για μέτριες τιμές ζητούμενης θερμοκρασίας (π.χ. οικιακό ηλιακό θερμοσίφωνα, θέρμανση χώρου και εσωτερικές πισίνες).



Σχήμα 15: Απεικόνιση ηλιακού συλλέκτη με γυαλί (ΕΒΗΕ, 2005).

3.3 Λέβητας

Ο λέβητας αποτελείται κυρίως από τρία μέρη: το πλαίσιο, το διάκενο και την εξωτερική κάλυψη. Ο λέβητας κατασκευάζεται από ειδικά διαμορφωμένα γαλβανισμένα κυλινδρικά φύλλα χάλυβα . Τα δευτερεύοντα μέρη είναι ενωμένα στενά σε αυτόν τον κύλινδρο. Μια φλάντζα προσαρτάται σε μια πλευρά: αυτή η φλάντζα λειτουργεί ως υποστήριξη για την ηλεκτρική αντίσταση, την άνοδο μαγνησίου και το σωλήνα χάλκινων σπειρών. Το θερμομεταφέρον ρευστό ρέει μέσα στο διάκενο και ανταλλάσσει θερμότητα με το λέβητα.

Η εξωτερική κάλυψη παράγεται χωριστά και χρωματίζεται. Τέλος, τα μέρη του λέβητα συναρμολογούνται και τα διάκενα ψεκάζονται με πολυουρεθάνη.
Ο λέβητας έχει χωρητικότητα 200 L και αποτελείται κυρίως από ένα πλαίσιο γαλβανισμένου χάλυβα. Προστατεύεται από πολυεστερική βαφή και τοποθετείται στην κορυφή του συλλέκτη. Το διάστημα μεταξύ του λέβητα και της εξωτερικής κάλυψης καλύπτεται με τον αφρό πολυουρεθάνης υψηλής πυκνότητας. Υπάρχουν δύο κυκλώματα για τις ροές των ρευστών: το κύκλωμα μεταφοράς θερμότητας και το υγειονομικό κύκλωμα ύδατος. Το θερμομεταφέρον ρευστό είναι προπυλενο – γλυκόλη, που αποτρέπει την κρυσταλλοποίηση του νερού κατά την χειμερινή περίοδο με τις χαμηλές θερμοκρασίες. Η προπυλενο - γλυκόλη ρέει κατά μήκος κυλινδρικού διάκενου και λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Ο λέβητας περιέχει και μια άνοδο μαγνησίου (για να μειώσει τη διάβρωση) και μια ηλεκτρική αντίσταση.

3.4 Συστήματα κυκλοφορίας

Ο κυκλοφορητής (σύστημα κυκλοφορίας) μεταφέρει την θερμότητα από τον συλλέκτη στο σημείο που θα αποθηκευτεί ή χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, σε έναν οικιακό ηλιακό θερμοσίφωνα το ρευστό μεταφοράς θερμότητας συνήθως κυκλοφορεί από τον συλλέκτη στον εναλλάκτη θερμότητας μέσα στο δοχείο νερού.

Σε πολλά συστήματα το ρευστό μεταφοράς θερμότητας είναι νερό ή έχει βάση το νερό. Μπορεί να προστεθεί αντιψυκτικό, για να μην παγώσει το χειμώνα ή σαν εναλλακτική λύση μπορεί να αποστραγγίζεται το ρευστό από τους συλλέκτες, όταν υπάρχουν συνθήκες παγωνιάς ή υπερθέρμανσης (συστήματα αποστράγγισης).

Σε ορισμένα συστήματα το ρευστό κυκλοφορεί μεταξύ του συλλέκτη και του δοχείου νερού μέσω μιας αντλίας, ενώ σε άλλα συστήματα η κυκλοφορία γίνεται με φυσική κυκλοφορία – Θερμοσιφωνική ροή. Στα θερμοσιφωνικά συστήματα το ρευστό που θερμαίνεται στον συλλέκτη διαστέλλεται και ανεβαίνει στο δοχείο νερού (Boiler) που βρίσκεται ψηλότερα. Αυτό αντικαθιστάται από ψυχρότερο ρευστό που κατεβαίνει από το δοχείο. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα είναι πιο οικονομικά, γιατί δεν χρειάζονται αντλίες ή συστήματα ελέγχου, αυτοματισμούς κ.λπ., αλλά το δοχείο νερού πρέπει να τοποθετείται πάνω από το συλλέκτη. Τα συστήματα με αντλίες χρησιμοποιούνται ευρεία στην Ευρώπη, ενώ τα θερμοσιφωνικά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως στην νότια Ευρώπη.

Το καλά μονωμένο δοχείο αποθηκεύει την θερμότητα μέχρι να χρησιμοποιηθεί. Ο συλλέκτης και το δοχείο μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα σύστημα, ώστε να μην χρειάζονται ξεχωριστό δοχείο, εναλλάκτης ή αντλία (ESTIF, 2005).

3.5 Συστήματα ελέγχου

Σε κάθε σύστημα θέρμανσης είναι απαραίτητος ο έλεγχος για να διασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία και να διατηρείται η επιθυμητή θερμοκρασία στη χρήση. Το σύστημα ελέγχου των ηλιακών θερμικών συστημάτων συνήθως είναι όμοιο με τα συμβατικά συστήματα στο κόστος και στην λειτουργία. Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στο *Σχήμα16.* Μπορεί να έχει αισθητήρια θερμοκρασίας που παρέχουν πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος και έναν έξυπνο ελεγκτή, που ελέγχει τη λειτουργία της αντλίας (ESTIF, 2005).

Σχήμα 16: Ενσωματωμένος ηλιακός ελεγκτής με μηχανισμούς κυκλοφορίας και ασφάλειας, καθώς και δυνατότητα παρακολούθησης απόδοσης του συστήματος(ESIF, 2005).

3.6 Στοιχεία υλικών

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται ένα προς ένα τα υλικά που συνθέτουν ένα οικιακό ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα και αναλύονται οι ιδιότητες τους, καθώς και οι επιπτώσεις που επιφέρουν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον (ATSDR, 2004).

3.6.1 Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο έχει ένα ασημένιο-άσπρο χρώμα, είναι εύκαμπτο μέταλλο και βρίσκεται στη φύση μόνο του ή και σε ενώσεις με άλλα στοιχεία. Αποτελεί περίπου το 8% της γήινης επιφάνειας. Συνδυασμένο με άλλες ενώσεις, χρησιμοποιείται συνήθως στα αποσμητικά, σε αντιοξειδωτικά και στην επεξεργασία του πόσιμου νερού. Στη μεταλλική του μορφή χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση των συσκευών, τα μαγειρικά σκεύη και τα οικοδομικά υλικά.

Ακόμα και σε μακροχρόνια έκθεση αλουμινίου σε μεγάλες συγκεντρώσεις δεν αναμένεται να εμφανιστεί καρκινογένεση στους ζώντες οργανισμούς. Καμία μελέτη δεν είχε θετικά αποτελέσματα σχετικά με την εμφάνιση καρκίνου στους ανθρώπους ή τα ζώα μετά από χρόνια έκθεση, είτε μέσω πόσιμου νερού, είτε με την επιδερμική επαφή, με το αλουμίνιο ή τις ενώσεις του. Οι μελέτες σχετικά με την καρκινογένεση μετά από εισπνοή αλουμινίου ή των ενώσεών του επίσης είχαν αρνητικά αποτελέσματα. Γενικά, οι διαθέσιμες πληροφορίες δεν έχουν δείξει ότι το αλουμίνιο είναι μια πιθανή καρκινογόνος ουσία (ATSDR, 1999) .

Οι ασθενείς με την ασθένεια του Alzheimer να είναι πιο ευάλωτοι στην έκθεση σε αλουμίνιο από τους υπόλοιπους ανθρώπους. Συμπερασματικά (Public Health Statement):

- Το αλουμίνιο είναι μια χημική ουσία που βρίσκεται στη φύση σε πολλούς τύπους βράχων.
- Στα όξινα χώματα το αλουμίνιο διαχέεται πολύ γρήγορα.
- Οι συγκεντρώσεις του αργιλίου στα φυσικά ύδατα και τα πόσιμα νερά είναι γενικά κάτω από 0,1 ppm
- Στους ανθρώπους μπορεί να προκαλέσει τις δερματολογικά προβλήματα
- Έχει αποδειχθεί ότι μεγάλες συγκεντρώσεις αλουμινίου μπορεί να προκαλέσουν βλάβες σε έμβρυα αλλά και ενηλίκους, καθώς επίσης και στα ζώα
- Το αλουμίνιο δεν έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να προκαλέσει καρκίνο (μη καρκινογενές)
- Η EPA έχει θέσει ως όριο τα 0,05 ppm για τη συγκέντρωση αλουμινίου στο πόσιμο νερό

- Το αλουμίνιο έχει τη δυνατότητα να μεταφέρεται μέσω της τροφικής αλυσίδας
- Η ATSDR έχει καθιερώσει ως MRL (Minimum Risk Level) τα 2 mg/kg/day για το αλουμίνιο
- Η ATSDR έχει καθιερώσει ως EMEG (Environmental Medium Evaluation Guide) τα 20.000 ppb στο νερό για τα παιδιά και τα 70.000 ppb για τους ενηλίκους

3.6.2 Χαλκός

Ο χαλκός είναι ένα κοκκινωπό μέταλλο που εμφανίζεται στη φύση(στο χώμα, στο νερό, σε μορφή ιζήματος και σε χαμηλά επίπεδα στον αέρα). Η μέση συγκέντρωσή του στη γήινη επιφάνεια είναι περίπου 50 ppm ή αλλιώς, 50 gr Cu/ 1.000.000 gr χώματος (1,8 ούγιες ή 0,11 lb Cu/ 2.200 lb χώματος). Ο χαλκός εμφανίζεται επίσης φυσικά σε όλα τα φυτά και τα ζώα. Είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για όλους τους ζώντες οργανισμούς συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων και των ζώων, σε χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Σε πολύ πιο υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης λειτουργεί σαν τοξικό. Ο όρος «χαλκός» σε αυτή την παράγραφο, αναφέρεται όχι μόνο στο χαλκό σε μεταλλική μορφή, αλλά και σε ενώσεις του χαλκού που βρίσκονται στο περιβάλλον.

Ο μεταλλικός χαλκός μπορεί εύκολα να φορμαριστεί ή να διαμορφωθεί. Το κοκκινωπό χρώμα αυτού του στοιχείου συνήθως εμφανίζεται στα ηλεκτρικά καλώδια και σε μερικούς υδροσωλήνες. Βρίσκεται επίσης σε πολλά μίγματα μετάλλων (κράματα), όπως ο ορείχαλκος. Υπάρχουν πολλές ενώσεις (ουσίες που διαμορφώνονται με την ένωση δύο ή περισσότερων χημικών ουσιών) του χαλκού. Αυτές περιλαμβάνουν τα ορυκτά μεταλλεύματα καθώς επίσης και τις κατασκευασμένες χημικές ουσίες. Η συνηθέστερη χρησιμοποιημένη ένωση του χαλκού είναι το θειικό άλας χαλκού. Πολλές ενώσεις χαλκού μπορούν να αναγνωριστούν από το γαλαζοπράσινο χρώμα τους.

Ο χαλκός εξάγεται εκτενώς και υποβάλλεται σε επεξεργασία στις Ηνωμένες Πολιτείες και χρησιμοποιείται πρώτιστα ως μέταλλο ή κράμα στην κατασκευή καλωδίων, μεταλλικών φύλλων, σωληνώσεων και άλλων μεταλλικών προϊόντων. Οι ενώσεις του χαλκού συνήθως χρησιμοποιούνται στη γεωργία για να θεραπεύσουν τις ασθένειες των φυτών, όπως ο περονόσπορος. Χρησιμοποιούνται επίσης για την κατεργασία νερού και ως συντηρητικά για το ξύλο, το δέρμα και τα υφάσματα.

Ο χαλκός εισάγεται στο περιβάλλον μέσω απελευθερώσεων από τα μεταλλεία του χαλκού και άλλων μετάλλων και από τα εργοστάσια που χρησιμοποιούν χαλκό ή ενώσεις αυτού. Ο χαλκός επίσης εισάγεται στο περιβάλλον μέσω των στερεών και υγρών αποβλήτων, της καύσης των συμβατικών καυσίμων και των αποβλήτων της παραγωγής ξύλου, λιπάσματος φωσφορικού άλατος και μέσω φυσικών πηγών (παραδείγματος χάριν, μεταδιδόμενη μέσω του ανέμου σκόνη, από το έδαφος, τα ηφαίστεια, την βλάστηση που έχει υποστεί αποσύνθεση, τις πυρκαγιές δασών). Επομένως, ο χαλκός είναι διαδεδομένος στο περιβάλλον. Περίπου 1.400.000.000 lb (640.000.000.000 gr) του χαλκού αποδεσμεύθηκαν στο περιβάλλον από τις βιομηχανίες κατά το έτος 2000. Ο χαλκός απαντάται συνήθως κοντά στα ορυχεία, χυτήρια, βιομηχανικές περιοχές, υλικά οδόστρωσης και περιοχές διάθεσης αποβλήτων (ΧΥΤΑ).

Όταν ο χαλκός απελευθερώνεται στο έδαφος, μπορεί ενωθεί με οργανικά υλικά και άλλα συστατικά (π.χ., άργιλος, άμμος, κ.λπ.) στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Όταν ο χαλκός και οι ενώσεις του απελευθερώνονται στο νερό, ο χαλκός διαλύεται και μπορεί να εμφανιστεί στα επιφανειακά νερά είτε υπό μορφή ενώσεων χαλκού είτε ως ελεύθερο χαλκός είτε, πιθανότερα, ως μοριακός χαλκός. Μερικές υδατοδιαλυτές ενώσεις του χαλκού εισχωρούν στα υπόγεια νερά. Ο χαλκός που εισχωρεί στο νερό, συλλέγεται στα ιζήματα των ποταμών, των λιμνών και των εκβολών. Ο χαλκός μεταφέρεται μέσω των μορίων που εκπέμπονται από τα χυτήρια και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μετάλλων και καταλήγει έπειτα πίσω στη γη μέσω της βαρύτητας, της βροχής ή του χιονιού. Ο χαλκός μεταφέρεται επίσης με τον αέρα με τη μορφή σκόνης. Ο στοιχειώδης χαλκός δεν εισχωρεί στο περιβάλλον. Ο χαλκός μπορεί να βρεθεί στα φυτά και τα ζώα, και σε υψηλές συγκεντρώσεις σε οργανισμούς όπως τα μύδια και τα στρείδια. Ο χαλκός μεταφέρεται μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Μπορούμε να εκτεθούμε στο χαλκό με την αναπνοή, το πόσιμο νερό, τα τρόφιμα και από την επαφή μας με το χώμα, το νερό και άλλες ουσίες που περιέχουν χαλκό.

Η συγκέντρωση του χαλκού στον αέρα κυμαίνεται από μερικά ng/m^3 μέχρι περίπου 200 ng/m^3. Τα χυτήρια, που επεξεργάζονται το μετάλλευμα χαλκού, μπορεί να εκπέμπουν σκόνη χαλκού σε συγκεντρώσεις που μπορούν να φθάσουν τα 5.000 ng/m^3.

Το αποδεκτό όριο για το πόσιμο νερό είναι τα 1.300ppb. Η μέση συγκέντρωση του χαλκού στο νερό που παρέχεται μέσω του δικτύου ύδρευσης κυμαίνεται από 20 έως 75 ppb. Εντούτοις, σε κάποια δίκτυα ύδρευσης με χάλκινες σωληνώσεις, παρατηρούνται συγκεντρώσεις χαλκού άνω του επιτρεπτού ορίου (>1.000ppb), γεγονός που οφείλεται στην διάβρωση των χαλκοσωλήνων.

Η συγκέντρωση του χαλκού στις λίμνες και τους ποταμούς κυμαίνεται από 0,5 έως 1.000 ppb με μια μέση συγκέντρωση τα 10 ppb. Η μέση συγκέντρωση χαλκού στα υπόγεια νερά (5 ppb) είναι παρόμοια με αυτήν στις λίμνες και τους ποταμούς, εντούτοις, τα στοιχεία ελέγχου δείχνουν ότι κάποια υπόγεια νερά περιέχουν επίπεδα χαλκού (μέχρι 2.783ppb) που είναι αρκετά παραπάνω από το όριο των 1.300 ppb για το πόσιμο νερό. Αυτός είναι χαλκός που έχει ενωθεί με τα μόρια του νερού.

Τα λιπάσματα και τα γεωργικά φάρμακα που περιέχουν χαλκό είναι επίσης μια πιθανή πηγή έκθεσης μέσω της επαφής με το δέρμα ή μέσω κατάποσης. Παραδείγματος χάριν, μπορείτε να βρείτε τις ενώσεις χαλκού σε μερικά μυκητοκτόνα.

Το έδαφος περιέχει χαλκό με συγκέντρωση μεταξύ 2 και 250 ppm, αν και συγκεντρώσεις κοντά στα 17.000 ppm έχουν βρεθεί κοντά σε εγκαταστάσεις παραγωγής χαλκού και ορείχαλκου. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του χαλκού μπορούν να βρεθούν στο έδαφος επειδή η σκόνη από αυτές τις βιομηχανίες μεταφέρεται μέσω του αέρα και τα απόβλητα από τα μεταλλεία και άλλες βιομηχανίες χαλκού αποθέτονται στο έδαφος. Μια άλλη κοινή πηγή χαλκού στο έδαφος προέρχεται από την εναπόθεση της λάσπης από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Αυτός ο χαλκός δημιουργεί ενώσεις με το επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Υπάρχει περίπτωση έκθεσης σε χαλκό μέσω της επαφής με δέρματα, ενώ τα παιδιά μπορούν επίσης να εκτεθούν σε αυτόν τον χαλκό με το χέρι στη στοματικές επαφή και την κατανάλωση του μολυσμένων ρύπου και της σκόνης.

Τα τρόφιμα περιέχουν χαλκό. Μέσω της τροφής και του νερού καταναλώνουμε περίπου 1 χιλιοστόγραμμο (1/1.000 ενός γραμμαρίου) χαλκού κάθε ημέρα.

Επιπρόσθετα, υπάρχει περίπτωση έκθεσης στο χαλκό μέσω του εργασιακού χώρου. Εάν απασχολείστε σε βιομηχανία χαλκού ή επεξεργασίας μετάλλων, εκτίθεστε στο χαλκό με την αναπνοή της σκόνης χαλκού ή από την επαφή δερμάτων. Η έκθεση σε διάφορες μορφές χαλκού, μέσω του εργασιακού χώρου, που είναι διαλυτές ή όχι, συνήθως εμφανίζονται στη γεωργία, την κατεργασία ύδατος και τις βιομηχανίες όπως η ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση, όπου χρησιμοποιούνται διαλυτές ενώσεις χαλκού. Ο χαλκός εισάγεται γρήγορα στην κυκλοφορία του αίματος και διανέμεται σε όλο το σώμα αφότου τον τρώμε ή τον πίνουμε. Ορισμένες ουσίες στα τρόφιμα περιέχουν χαλκό και μπορεί να έχουν επιπτώσεις στο ποσοστό χαλκού που εισάγει στην κυκλοφορία του αίματος από το γαστεντερικό σύστημα. Το σώμα μας εμποδίζει τις υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού να εισέλθουν στης κυκλοφορία του αίματος. Δεν ξέρουμε τι ποσοστό χαλκού εισάγεται στο σώμα μέσω των πνευμόνων ή του δέρματος. Ο χαλκός έπειτα αποβάλλεται από το σώμα μας στα περιττώματα και τα ούρα, συνήθως στα περιττώματα. Χρειάζεται αρκετές ημέρες το σώμα μας για να αποβάλλει το χαλκό. Γενικά, το ποσοστό χαλκού στο σώμα μας παραμένει σταθερό (το ποσό χαλκού που εισάγεται στο σώμα μας είναι ίσο με το ποσό που αποβάλλεται).

Ο χαλκός είναι απαραίτητο στοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό. Εντούτοις, η έκθεση σε υψηλότερες δόσεις μπορεί να είναι επιβλαβής. Η μακροπρόθεσμη έκθεση στη σκόνη χαλκού μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στη μύτη, το στόμα, και τα μάτια, καθώς επίσης και πονοκέφαλους, ίλιγγο, ναυτία, και διάρροια. Εάν υπάρχει υψηλότερο από τα κανονικά επίπεδα ποσοστό χαλκού στο πόσιμο νερό, τότε αυτό μπορεί να προκαλέσει στους καταναλωτές του ναυτία, εμετό, κράμπες στο στομάχι, ακόμα και διάρροια. Γενικά, οι υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στο συκώτι και τα νεφρά. Δεν ξέρουμε εάν ο χαλκός μπορεί να προκαλέσει καρκίνο στους ανθρώπους. Η EPA δεν ταξινομεί το χαλκό ως καρκινογόνο ουσία επειδή δεν υπάρχει καμία επαρκής ανθρώπινη ή ζωική μελέτη καρκίνου.

Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα χαλκού θα οδηγήσει στους ίδιους τύπους αποτελεσμάτων στα παιδιά και τους ενηλίκους. Δεν ξέρουμε, όμως, εάν αυτά τα αποτελέσματα θα εμφανίζονταν στο ίδιο επίπεδο, αναφερόμενοι πάντα για ίδια δόση χαλκού, στα παιδιά και τους ενηλίκους. Μελέτες στα ζώα αναφέρουν ότι οι μικρότεροι σε ηλικία οργανισμοί που εκτίθενται στο χαλκό μπορεί να παρουσιάσουν πιο σοβαρά αποτελέσματα, αλλά δεν γνωρίζουμε κατά πόσο αυτό θα ίσχυε για τους ανθρώπινους οργανισμούς. Υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό νηπίων και παιδιών που είναι κατ'ασυνήθιστο τρόπο ευαίσθητα στο χαλκό. Δεν ξέρουμε εάν ο χαλκός μπορεί να προκαλέσει τερατογενέσεις ή άλλα αναπτυξιακά προβλήματα στους ανθρώπους. Οι μελέτες στα ζώα δείχνουν ότι η κατάποση υψηλών συγκεντρώσεων χαλκού μπορεί να προκαλέσει μια μείωση στην εμβρυϊκή ανάπτυξη.

Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση βελτιώνει τους κανονισμούς και τις συστάσεις για να προστατεύσει τη δημόσια υγεία. Οι κανονισμοί μπορούν να επιβληθούν από το νόμο. Η EPA, η Διοίκηση Ασφάλειας και Υγιεινής των Εργαζομένων (OSHA), και η Διοίκηση Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) είναι μερικές ομοσπονδιακές αντιπροσωπείες που αναπτύσσουν τους κανονισμούς για τις τοξικές ουσίες. Οι συστάσεις τους παρέχουν πολύτιμες οδηγίες για την προστασία της δημόσιας υγείας, αλλά δεν μπορούν να επιβληθούν από το νόμο. Η Αντιπροσωπεία για τις Τοξικές Ουσίες και Καταγραφής Ασθενειών

(ATSDR) και το Εθνικό Ίδρυμα για την Επαγγελματική Ασφάλεια και Υγεία (NIOSH) είναι δύο ομοσπονδιακές οργανώσεις που αναπτύσσουν τις συστάσεις για τις τοξικές ουσίες.

Οι κανονισμοί και οι συστάσεις μπορούν να εκφραστούν σαν "συγκεντρώσεις μη υπέρβασης", δηλαδή συγκεντρώσεις μιας τοξικής ουσίας στον αέρα, το νερό, το χώμα, ή τα τρόφιμα που δεν υπερβαίνουν κάποια οριακή συγκέντρωση, που είναι συνήθως υπολογισμένη με βάση τα επίπεδα που έχουν επιπτώσεις στα ζώα. Έπειτα, προσαρμόζονται στα επίπεδα που θα βοηθήσουν στην προστασία των ανθρώπινων οργανισμών. Μερικές φορές αυτές οι " συγκεντρώσεις μη υπέρβασης " διαφέρουν μεταξύ των ομοσπονδιακών οργανώσεων, επειδή χρησιμοποίησαν διαφορετικούς χρόνους έκθεσης (οκτώ ωρών εργάσιμη ημέρα ή 24 ωρών), διαφορετικές μελέτες σε ζώα, ή άλλους παράγοντες.

Οι συστάσεις και οι κανονισμοί ενημερώνονται επίσης περιοδικά καθώς διατίθενται όλο και περισσότερες πληροφορίες. Μερικοί κανονισμοί και συστάσεις για το χαλκό περιλαμβάνουν τα εξής (ATSDR, 2004):

- Η EPA έχει καθορίσει ότι το πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από 1,3 mg Cu/ L ύδατος. Η EPA έχει αναπτύξει επίσης κανονισμούς σχετικά με το ποσοστό χαλκού που έχει την άδεια για να αποδεσμεύσει μια βιομηχανία.
- Η OSHA έχει θέσει ως όριο τα 0,1 mg/m^3 για καπνούς χαλκού (ατμός που παράγεται από τη θέρμανση του χαλκού) και το 1,0 mg/m^3 για τις σκόνες χαλκού (λεπτά μεταλλικά μόρια χαλκού) και τις υδρονεφώσεις (αερολύματα του διαλυτού χαλκού) στον αέρα εργαστηρίων για να προστατεύσει τους εργαζομένους κατά τη διάρκεια της 8ωρης εργασίας τους (40 ώρες την εβδομάδα).
- Ο Σύνδεσμος Τροφίμων και Διατροφής του Ιατρικού Ιδρύματος έχει αναπτύξει τις συνιστώμενες ημερήσιες τροφικές δόσεις (RDAs) στα 340 μικρογραμμάρια (μg) χαλκού ανά ημέρα για τα παιδιά ηλικίας 1-3 ετών, τα 440 μg/day για τα παιδιά ηλικίας 4-8 ετών, τα 700 μg/day για τα

παιδιά ηλικίας 9-13 ετών, τα 890 μg/day για τα παιδιά ηλικίας 14-18 ετών και τα 900 μg/day για τους ενηλίκους.

3.6.3 Σίδηρος

Ο σίδηρος (Fe) είναι ένα μαλακό, ελατό, γκριζωπό μέταλλο. Μπορεί να είναι μαύρο ή γκρίζο στη μορφή σκόνης. Είναι το δεύτερο πιο άφθονο μέταλλο στη επιφάνεια της γης (δεύτερο είναι το αλουμίνιο) και το τέταρτο πιο άφθονο στοιχείο.

Ο σίδηρος είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο που απαιτείται για την παραγωγή του αίματος και άλλες πρωτεΐνες που περιέχουν σίδηρο. Το μεγαλύτερο μέρος του σιδήρου στο σώμα ανακυκλώνεται, αλλά οι άνθρωποι χρειάζονται περίπου 1,2 mg/day σιδήρου για να αντικαταστήσει αυτό που χάνεται μέσω των εντερικών κυττάρων με βλεννώδη μεμβράνη, καθώς αυτά αποβάλλονται. Γενικά, περίπου το 10% του ληφθέντος σιδήρου απορροφάται, διαμορφώνοντας τη μέση θρεπτική απαίτηση σε σίδηρο περίπου στα 12 mg/day. Παιδιά που βρίσκονται στην ανάπτυξη καθώς και γυναίκες χρειάζονται περίπου 15-18 mg/day σιδήρου. Οι έγκυες γυναίκες χρειάζονται ακόμη περισσότερο σίδηρο και πολλές φορές τους χορηγείται θειικό άλας του σιδήρου, ως συμπλήρωμα.

Η εισπνοή του σιδήρου μπορεί να οδηγήσει στις αβλαβείς αποθέσεις στους πνεύμονες. Η ATSDR δεν έχει αναπτύξει MRLs (Minimum Risk Levels – Ελάχιστα Επίπεδα Επικινδυνότητας), αλλά ούτε και η EPA έχει RfD[3] (Reference Dose) για το σίδηρο. Αν και ο σίδηρος είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο, μπορεί να είναι επιβλαβές εάν ληφθεί σε υπερβολικές δόσεις. Ο ακριβής μηχανισμός της τοξικότητας του σιδήρου δεν είναι γνωστός, αλλά μπορεί να διακόψει τον κυψελοειδή μεταβολισμό με την διεκδίκηση

[3] Το MRL είναι μια εκτίμηση της καθημερινής έκθεσης (mg/kg/day) σε έναν μολυσματικό παράγοντα κάτω από τον οποίο οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία μη-καρκίνου είναι απίθανο να εμφανιστούν. Το RfD είναι επίσης μια εκτίμηση της καθημερινής έκθεσης (mg/kg/day) στο ευρύ κοινό (συμπεριλαμβανομένων των ευαίσθητων ομάδων) που είναι πιθανό να είναι χωρίς έναν αξιόλογο κίνδυνο επιβλαβών, μη-καρκινωδών αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια μιας έκθεσης διάρκειας ζωής (χρόνιο RfD).

ηλεκτρονίων από τις πρωτεΐνες που περιέχουν σίδηρο και μεταφέρουν ηλεκτρόνια στα μιτοχόνδρια των κυττάρων. Δεδομένου ότι η πλέον πιθανή έκθεση στο σίδηρο είναι μέσω της επιδερμικής επαφής, η ATSDR θεωρεί ότι καμία δυσμενής καρκινογόνος επίπτωση στην υγεία δεν θα εμφανιζόταν λόγω αυτής της έκθεσης. Η EPA έχει θέσει ως όριο για το πόσιμο νερό τα 11.000 ppb RBC-N (Risk-Based Concentration for Non Concern effects) και για ιζήματα τα 23.000 ppb RBC-N (ATSDR, 2004).

3.6.4 Εκπομπές ντιζελοκίνητων μηχανών

Τα καυσαέρια των μηχανών που χρησιμοποιούν diesel (DE) είναι ένα σύνθετο μίγμα αερομεταφερόμενων μορίων και αερίων. Το μοριακό θέμα diesel (DPM), που αποτελείται από τα στοιχειώδη μόρια άνθρακα και τις προσροφημένες οργανικές ενώσεις, είναι το συχνότερα καθορισμένο μέτρο του DE καθώς και το μέτρο που αναφέρεται στις τοξικολογικές μελέτες των καυσαερίων μηχανών που χρησιμοποιούν diesel.

Η EPA θέτει τα εξής όρια, όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 3, που ακολουθεί:

Κρίσιμη Επίδραση	Πειραματική Δόση*	UF	MF	RfC
Πνευμονική ανάφλεξη και ιστοπαθολογία	NOAEL : 0,46mg/m^3	3	1	5μg/m^3
Χρόνια μελέτη εισπνοής σε αρουραίους Ishinishi et al. (1988)	NOAEL : 0,144mg DPM/m^3			

Πίνακας 3: Όρια της EPA για τα καυσαέρια που προέρχονται από ντιζελοκίνητες μηχανές (ATSDR, 2004).

Παράγοντες μετατροπής και υποθέσεις - Οι ανθρώπινες ισοδύναμες συγκεντρώσεις παρήχθησαν χρησιμοποιώντας ένα μαθηματικό μοντέλο της μοριακής απόθεσης και παραγωγής diesel (DPM) (Yu et al 1991), υποθέτοντας ότι ίδια φορτία σε ίσες πνευμονικές επιφάνειες (σε mg DPM/cm ^{2}) στους αρουραίους και τους ανθρώπους θα συνδέονταν με παρόμοια αποτελέσματα. Αρχικά, το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει το φορτίο στους αρουραίους που αντιστοιχεί στο NOAEL, για έκθεση 16hr/day, 6days/week, για χρονικό διάστημα 130 εβδομάδων. Κατόπιν το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει τους συνεχείς όρους έκθεσης για τους ανθρώπους που θα είχε ως αποτέλεσμα το φορτίο που εκτιμήθηκε για τους αρουραίους. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου, οι αρουραίοι που χρησιμοποιήθηκαν ζύγιζαν 300g, με μια συνολική πνευμονική επιφάνεια 4090cm ^{2}. Οι ανθρώπινες ισοδύναμες συγκεντρώσεις παρήχθησαν χρησιμοποιώντας τις αναπνευστικές παραμέτρους για έναν άνθρωπο γένους αρσενικού και ηλικίας 25 ετών με μια συνολική πνευμονική επιφάνεια 627.000cm ^{2}, με όγκο πνευμόνων 0.926 l, αναπνευστική συχνότητα 15 αναπνοές ανά λεπτό. και συνολικό όγκο των πνευμόνων 20m ^{3}, με έκθεση που υποτίθεται ότι διήρκεσε 70 έτη.

Οι μελέτες πολλαπλών δόσεων, από Ishinishi et al (1986.1988), Mauderly et το al (1987a), ο Heinrich et το al (1995) και Nikula et το al (1995), παρουσιάζουν τη σχέσεις έκθεσης-αντίδρασης, βασισμένες στη χρόνια έκθεση εισπνοής σε καυσαέρια από diesel μηχανές στους αρουραίους. Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν περιλαμβάνουν την ανάφλεξη, την ιστοπαθολογία (συμπεριλαμβανομένης της ίνωσης) και τις λειτουργικές αλλαγές στις πνευμονικές και τραχειοβρογχικές περιοχές. Μια σειρά αυτών των βασικών μελετών και αποτελεσμάτων τους (NOAEL, LOAEL, BMCL $_{10}$, AEL) πριν από τις συγκεντρώσεις (HECs) παρουσιάζεται στον *Πίνακα 4* που ακολουθεί. Αυτός ο πίνακας παρέχει μια ενδιάμεση μελέτη, που ομαλοποιείται για τα ανθρώπινα ισοδύναμα συνεχής έκθεσης σε μόρια diesel (DPM), που διευκολύνουν την επιλογή μιας αρχικής συγκέντρωσης ως σημείο της παραγωγής RfC.

Μελέτη	Συγκέντρωση έκθεσης (mg/m^3)	Βαθμός επίδρασης[α]	Φορτίο πνευμόνων (μg DPM/cm^2)[b]	HEC (mg/m^3)
Ishinishi et al. (1988) (LD)[c]	0.11	NOAEL	0.0587	0.032
Mauderly et al. (1987a)	0.35	NOAEL	0.0685	0.038
Ishinishi et al. (1988) (LD)c	0.41	NOAEL	0.245	0.128
Ishinishi et al. (1988) (HD)c	0.46	NOAEL	0.281	0.144
Heinrich et al. (1995)	0.84	LOAEL	0.94	0.33
Nikula et al. (1995)	2.44 & 6.3[d]	$BMCL_{10}$- ανάφλεξη	1.34	0.37
Ishinishi et al. (1988) (HD)c	0.96	LOAEL	3.16	0.883
Ishinishi et al. (1988)	1.18	LOAEL	4.50	1.25

(LD)[c]				
Nikula et al. (1995)	2.44 & 6.3[d]	$BMCL_{10}$-ινωμάτωση	4.70	1.3
Mauderly et al. (1987a)	3.47	LOAEL	4.95	1.375
Nikula et al. (1995)	2.44	LOAEL	7.00	1.95
Ishinishi et al. (1988) (HD)c	1.84	AEL	7.63	2.15
Heinrich et al. (1995)	2.5	AEL	8.40	2.35
Ishinishi et al. (1988) (LD)c	2.32	AEL	9.75	2.75
Mauderly et al. (1987a)	7.08	AEL	10.9	3.05
Ishinishi et al. (1988) (HD)c	3.72	AEL	15.8	4.4

Πίνακας 4: Αποτελέσματα μελετών όσον αφορά τις εκπομπές αερίων από ντιζελοκίνητες μηχανές (ATSDR, 2004).

[a] Το επίπεδο επίδρασης είναι βασισμένο στα κρίσιμα αποτελέσματα της πνευμονικής ιστοπαθολογίας και της ανάφλεξης όπως αναφέρεται στις μεμονωμένες μελέτες.

NOAEL : επίπεδο καμιάς παρατηρούμενης δυσμενής συνέπειας
LOAEL : χαμηλότερο παρατηρηθέν επίπεδο δυσμενής συνέπειας
AEL : επίπεδο δυσμενής συνέπειας
$BMCL_{10}$: χαμηλότερη εκτίμηση εμπιστοσύνης 95% της συγκέντρωσης του μοριακού θέματος diesel (DPM) που συνδέεται με μια επίπτωση 10% της χρόνιας πνευμονικής ανάφλεξης ή της ίνωσης.

[b] Τα φορτία των πνευμόνων προήλθαν από τα στοιχεία που παρήχθησαν από τη μελέτη σε ζώα του μοντέλου του Yu χρησιμοποιώντας το σενάριο συγκέντρωσης και διάρκειας κάθε μελέτης. Η μελέτη για τους ανθρώπινους οργανισμούς του μοντέλου του Yu χρησιμοποιήθηκε έπειτα για να υπολογίσει τη συνεχή έκθεση για 70 έτη, που θα οδηγούσαν σε αυτό το ίδιο φορτίο πνευμόνων, δηλ. το HEC.

[c] LD/HD : χαμηλής απόδοσης /υψηλής απόδοσης diesel μηχανής

[d] Αυτές οι τιμές είναι τα πραγματικά επίπεδα έκθεσης που χρησιμοποιούνται στη μελέτη Nikula. Αυτές οι τιμές μετατράπηκαν σε HEC και εισήχθησαν στις εξισώσεις συγκέντρωσης του τεστ επιδόσεων του συστήματος (BMC) για την αποκόμιση της εκτίμησης του $BMCL_{10}$ που απαριθμήθηκε. Τα φορτία πνευμόνων για τα δύο $BMCL_{10}$ που απαριθμήθηκαν εδώ παρήχθησαν από την παρεμβολή.

Μεταξύ αυτών των πέντε μελετών, η μελέτη με το υψηλότερο NOAEL είναι του Ishinishi et al (1988). Σε αυτήν την μελέτη, 344 αρουραίοι (120 αρσενικά και 95 θηλυκά-επίπεδο έκθεσης) εκτέθηκαν για 16 ώρες/ ημέρα, 6 ημέρες/ εβδομάδα για 30 μήνες σε 0,11, 0,41, 1,18, ή 2,32 mg/m ^{3} DPM σε μια χαμηλής απόδοσης μηχανή (LD) ή σε 0,46, 0,96, 1,84, ή 3,72 mg/m ^{3} DPM σε μια βαρέων υψηλής απόδοσης μηχανή (HD). Οι ισοδύναμες προσαρμοσμένες σε διάρκεια συγκεντρώσεις ήταν 0,063, 0,23, 0,67, ή 1,3 mg/m ^{3} DPM από τις εκπομπές χαμηλής απόδοσης μηχανής και 0,26, 0,55, 1,05, ή 2,13 mg/m^3 DPM από την εξάτμιση μηχανής υψηλής απόδοσης. Η αιματολογία, η κλινική χημεία, η ανάλυση ούρων, το φως και οι μικροσκοπικές εξετάσεις ηλεκτρονίων της ιστοπαθολογίας εκτελέσθηκαν. Τα συμπεράσματα περιέλαβαν τις δευτερεύουσες αλλαγές βάρους σωμάτων και τις διφορούμενες αλλαγές στη λειτουργία συκωτιού και νεφρών. Το βάρος σώματος των θηλυκών αρουραίων που εκτέθηκαν σε 3,72 mg/m^3 ήταν 15-20% λιγότερο από τους ελέγχους σε όλη τη μελέτη. Μια ανάλογη της δόσης μείωση σε βάρος σωμάτων των άλλων ομάδων αναφέρθηκε, αλλά ούτε τα στοιχεία ούτε οι στατιστικές αναλύσεις δεν αναφέρονται. Επιπλέον, αν και η εξασθενισμένη λειτουργία συκωτιού και νεφρών υποδείχθηκε από τις αλλαγές στα μέτρα ορών (αυξανόμενες ενζυμικές δραστηριότητες συκωτιού και αυξανόμενο άζωτο της ουρίας, επίπεδα ηλεκτρολυτών, συγκέντρωση σφαιρίνης γάμμα και μειωμένες συνολικές πρωτεΐνες αίματος), καμία δεν επιβεβαιώθηκε ιστοπαθολογικά.

Ειδικότερα, ενώ καμία ιστοπαθολογική αλλαγή δεν παρατηρήθηκε στους πνεύμονες των αρουραίων που εκτέθηκαν σε 0,46 mg/m^3 DPM ή λιγότερο, στις υψηλότερες συγκεντρώσεις, αυστηρές μορφολογικές αλλαγές παρατηρήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων μικρότερα και απόντα τραχηλικά κύτταρα και βρογχικό επιθήλιο, τη χαρακτηρισμένη υπερπλασία του επιθηλίου και τη διόγκωση του τύπου II κυψελοειδών επιθήλιων. Εντούτοις, δεν υπήρξε καμία διαφορά στο βαθμό αλλαγών στην πνευμονική παθολογία στις παρόμοιες συγκεντρώσεις έκθεσης μεταξύ της χαμηλής και υψηλής απόδοσης μηχανών. Αυτή η μελέτη προσδιορίζει τα LOAEL για τους χρόνια εκτεθειμένους αρουραίους σε 1,18 και 0,96 mg/m^3 (πραγματική έκθεση) για τις μηχανές χαμηλής και υψηλής απόδοσης και τα NOAEL σε 0,41 και 0,46 mg/m^3 (πραγματικά) για τις μηχανές που προαναφέρθηκαν.

Οι ανθρώπινες ισοδύναμες συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις ζωικές τιμές NOAEL, LOAEL, AEL και $BMCL_{10}$ υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο δοσιμετρίας που αναπτύχθηκε από τους Yu et al (1991). Το μοντέλο δοσιμετρίας υπολογίζει τις διαφορές ειδών (από τον αρουραίο στον άνθρωπο) στις αναπνευστικές ισοτιμίες, αποδοτικότητα απόθεσης μορίων, διαφορές στα ποσοστά εκκαθάρισης μορίων στις υψηλές και χαμηλές δόσεις και τη μεταφορά των μορίων στους λεμφαδένες. Επειδή τα μεγέθη μορίων δεν αναφέρονται για το NOAEL για τις μηχανές χαμηλής απόδοσης για 0.41mg/m^3 ή για 0,46 mg/m^3 για τις μηχανές υψηλής απόδοσης, οι διανομές μεγέθους για αυτά υποτίθεται ότι ήταν οι ίδιες με την επόμενη υψηλότερη ομάδα. Τα LOAEL (HEC) για τις μηχανές χαμηλής και υψηλής απόδοσης είναι 1,25 και 0,883 mg/m^3, αντίστοιχα. Τα NOAEL (HEC) για τις μηχανές χαμηλής και υψηλής απόδοσης βασισμένη στο πρότυπο διατήρησης είναι 0,128 και 0,144 mg/m^3, αντίστοιχα.

Η υψηλότερη ισοδύναμη δόση για τους ανθρώπους που δεν έχει κάποια προφανή επίδραση ($NOAEL_{HEC}$) είναι τα 144 μg/m^3 από τη μελέτη Ishinishi et al (1988). Αυτό γίνεται το σημείο αφετηρίας για την παραγωγή του RfC. Για να υπολογιστεί το RfC, αυτό το σημείο διαιρέθηκε από δύο τύπους παραγόντων (UF) αβεβαιότητας: από ένα παράγοντα 3 που αναγνωρίζει τις υπόλοιπες αβεβαιότητες μεταξύ δύο ειδών (για παράδειγμα μεταξύ αρουραίου και ανθρώπου), και ένα παράγοντα 10 που απεικονίζει τις αβεβαιότητες της ανθρώπινης ευαισθησίας.

Κατά την EPA, οι εκπομπές των μηχανών που χρησιμοποιούν diesel είναι καρκινογενείς για τον άνθρωπο. Το παραπάνω συμπέρασμα στηρίζεται στα εξής στοιχεία (ATSDR, 2004) :

- Τα ισχυρά αλλά λιγότερο από επαρκή στοιχεία για την σχέση μεταξύ των μηχανών diesel και του κίνδυνου εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων.
- Εκτενή στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε εκπομπές από μηχανές diesel προκαλούν τερατογενέσεις, καθώς και μεταλλάξεις χρωμοσωμάτων.
- Στοιχεία για καρκινογένεσης από DPM και σχετικών οργανικών ενώσεων στους αρουραίους και τα ποντίκια μέσω έκθεσης όπως επιδερμική, ενδοτραχειακή, υποδόρια και ενδοπεριτοναϊκή.
- Υποθετικά στοιχεία για τη βιολογική διαθεσιμότητα των οργανικών ενώσεων από τις μηχανές diesel για τους ανθρώπους και τα ζώα.

3.6.5 Πολυουρεθάνη

Παρασκευάζεται κυρίως από πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Είναι προϊόν πολυμερισμού και προσθήκης αλκοολών και ισοκυανικών ενώσεων που είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Τα προϊόντα πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται ως μονωτικά, στεγανοποιητικά, βερνίκια και κόλλες. Η έκλυση τοξικών ισοκυανικών ενώσεων προκαλεί σημαντική ρύπανση. Κατά την καύση των προϊόντων της πολυουρεθάνης παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα και υδροκυάνιο, τα οποία είναι ιδιαίτερα ισχυρά δηλητήρια. Η διάθεση των προϊόντων της πολυουρεθάνης προκαλεί επίσης σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, καθώς προκαλεί ρύπανση στο έδαφος και τα νερά (Β.Ι.Π.Ε.- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2000).

3.6.6 Γυαλί

Το γυαλί παράγεται από χαλαζιακή άμμο που βρίσκεται άφθονη στη φύση. Βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (70%), το οξείδιο του ασβεστίου (14%) και το οξείδιο του νατρίου. Κανένα από τα παραπάνω συστατικά δεν θεωρείται σπάνιο ή ρυπογόνο. Το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα του γυαλιού είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του. Το γυαλί είναι εξαιρετικά ανακυκλώσιμο υλικό (Β.Ι.Π.Ε.- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2000).

3.6.7 Προπυλενογλυκόλη

Η προπυλενογλυκόλη είναι μια συνθετική υγρή ουσία που απορροφά το νερό. Χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό πολυεστερικών ενώσεων και ως αντιψυκτικό. Η προπυλενογλυκόλη χρησιμοποιείται επίσης στη χημεία, τα τρόφιμα και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες ως αντιψυκτικό, οπότε σε περίπτωση διαρροής μπορεί να έρθει σε επαφή με τα τρόφιμα. Η Διοίκηση

Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) έχει ταξινομήσει τη προπυλενογλυκόλη ως πρόσθετη ουσία, που αναγνωρίζεται γενικά ως ασφαλή για τη χρήση στα τρόφιμα. Χρησιμοποιείται για να απορροφήσει το πρόσθετο νερό και να διατηρήσει την υγρασία σε ορισμένα φάρμακα, καλλυντικά ή τρόφιμα. Είναι ένας διαλύτης για τα χρώματα και τις γεύσεις τροφίμων και για τα χρώμα και τις βιομηχανίες πλαστικών. Η προπυλενογλυκόλη χρησιμοποιείται επίσης για να δημιουργήσει τον τεχνητή καπνό ή την ομίχλη που χρησιμοποιείται για πυρόσβεση, καθώς και στις θεατρικές παραγωγές. Είναι διαφανής, άχρωμη και σε θερμοκρασία δωματίου έχει μορφή σιροπιού. Σε περίπτωση θέρμανσης παράγει ατμούς. Είναι σχεδόν άοσμη και άγευστη χημική ουσία.

Τα αποβλήτων από την κατασκευή της προπυλενογλυκόλης είναι κυρίως υπεύθυνα για την απελευθέρωση αυτής της ένωσης στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Επίσης, μπορεί να εισαχθεί στο περιβάλλον όταν χρησιμοποιείται ως αντιψυκτικό, αλλά και μέσω της διάθεσης των προϊόντων που την περιέχουν. Δεν είναι πιθανό να υπάρξει σε μεγάλα ποσά στον αέρα. Τα μικρά ποσοστά προπυλενογλυκόλης που μπορεί να εισαχθούν τον αέρα είναι πιθανό να διασπαστούν γρήγορα. Έχουν διάρκεια ημίσειας ζωής περίπου 24 με 50 ώρες. Η προπυλενογλυκόλη μπορεί να αναμιχθεί πλήρως με το νερό και να εισχωρήσει στο έδαφος, αν και διασπάται σχετικά γρήγορα (από μερικές ημέρες μέχρι μερικές εβδομάδες, χρονική διάρκεια που αναφέρεται για τα επιφανειακά νερά και το έδαφος).

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας η αποδεκτή ποσότητα προπυλενογλυκόλης είναι τα 25mg για κάθε kg σωματικού βάρους.

Η έκθεση σε μικρά ποσοστά προπυλενογλυκόλης που βρίσκονται στα τρόφιμα και τα φάρμακα είναι απίθανο να προκαλέσει τοξικά αποτελέσματα. Η επιδερμική έκθεση στην προπυλενογλυκόλη, μέσω των καλλυντικών ή των φαρμάκων, ή η εισπνοή του συνθετικού καπνού, είναι αυτή που έχει προκαλέσει τις περισσότερες φορές αντιδράσεις από καταναλωτές. Γενικά, δεν αναφέρονται δυσμενή επιπτώσεις της ουσίας αυτής τόσο στον άνθρωπο, όσο και στα ζώα. Τα ανθρώπινα στοιχεία προήλθαν από εκθέσεις κλινικών μελετών, που αναφέρονται σε δυσμενείς αντιδράσεις κατά την ιατρική περίθαλψη ή την τυχαία έκθεση. Τα ζωικά στοιχεία επιβεβαιώνουν τα όσα παρατηρούνται στους ανθρώπινους οργανισμούς κατά την έκθεσή τους στην συγκεκριμένη χημική ουσία.

Δεν υπάρχουν MRL για την οξεία ή χρόνια έκθεση μέσω εισπνοής στην προπυλενογλυκόλη, επειδή τα στοιχεία είναι ανεπαρκή. Μόνο μια μελέτη έκθεσης μέσω εισπνοής οξείας διάρκειας βρέθηκε στη διαθέσιμη βιβλιογραφία, στην οποία κουνέλια εκτέθηκαν μόνο σε μια δόση (αερόλυμα 10%) της προπυλενογλυκόλης για 20 και 120 λεπτά (Konradova et al 1978). Επίσης, μόνο μία μεμονωμένη μελέτη βρέθηκε στη διαθέσιμη βιβλιογραφία για την έκθεση μέσω εισπνοής στην προπυλενογλυκόλη για την έκθεση χρόνιας διάρκειας (Robertson et al 1947). Αυτή η μελέτη δεν παρείχε αρκετές πληροφορίες από τις οποίες να αντλήσει ένα MRL (ATSDR, 2004).

Μόνο ένα MRL 0.009ppm έχει αναπτυχθεί για μέσης διάρκειας (15-364 ημέρες) έκθεση μέσω εισπνοής προπυλενογλυκόλης, το οποίο βασίστηκε σε LOAEL 51ppm για τους αρουραίους (Suber et al. 1989).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο}

4.1 Αποτελέσματα

Το ηλιακό μας σύστημα αποτελείται από δύο συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 2,6 m^2 και λέβητα χωρητικότητας 150 l. Δεν είναι απαραίτητη η παρουσία αντλίας καθώς έχουμε φυσική ροή του νερού στο σύστημά μας. Η προσομοίωση του ηλιακού συστήματος έγινε με το RETScreen για τετραμελή οικογένεια και για τρεις διαφορετικές περιοχές (Αθήνα, Ιεράπετρα και Αλεξανδρούπολη). Κατά την εφαρμογή του προγράμματος προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

4.1.1 Σενάριο 1^o

Στο σενάριο αυτό εξετάζουμε την περίπτωση εγκατάστασης ηλιακού συστήματος σε οικεία όπου διαμένουν 4 άτομα, στην περιοχή των Αθηνών.

Στο *1^o Φύλλο εργασίας* εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του προγράμματος.

Στον πρώτο πίνακα (*Site Conditions)* που συναντάμε στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας παρουσιάζονται το όνομα του έργου και η τοποθεσία του, ο πλησιέστερος σταθμός παρατήρησης των μετεωρολογικών φαινομένων, το ετήσιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας, η μέση ετήσια θερμοκρασία, η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού, η ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό, ο αριθμός των μηνών που λειτουργεί το ηλιακό σύστημα και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια. Αυτά τα δεδομένα μεταφέρθηκαν αυτόματα στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας κατά την συμπλήρωσή τους από το *2^o Φύλλο εργασίας (Solar Resource and Heating Load).*

Στον δεύτερο πίνακα (*System Charasteristics)* παρουσιάζοντα τα χαρακτηριστικά του συστήματος (εφεδρική πηγή ενέργειας και βαθμός απόδοσής της, τύπος και επιφάνεια του συλλέκτη, αριθμός συλλεκτών, χωρητικότητα του δοχείου αποθήκευσης, απόδοση του ηλιακού συστήματος, διάμετρος σωληνώσεων, ποσοστό απωλειών λόγω επικάθισης σκόνης ή χιονιού στην επιφάνεια του συλλέκτη καθώς και ποσοστό απωλειών λόγω των σωληνώσεων ή του δοχείου αποθήκευσης).

Στον τρίτο πίνακα του ίδιου φύλλου *(Annual Energy Production)* παρουσιάζονται τα πρώτα κιόλας αποτελέσματα. Έχουμε υποθέσει ότι το ηλιακό σύστημα δεν χρησιμοποιεί αντλία, αλλά έχουμε φυσική ροή του νερού, γι' αυτό και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία της αντλίας έχει μηδενική τιμή. Ακολουθούν οι τιμές που προέκυψαν για την ειδική τιμή της απόδοσης, την απόδοση του συστήματος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και τέλος την παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project [Training & Support]

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Athens,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	➡ Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,69	
Annual average temperature	°C	17,7	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	2,1	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,33	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	906	
System efficiency	%	54%	
Solar fraction	%	54%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,35**	
	GJ	8,48	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

1º Φύλλο εργασίας: Energy Model (RETScreen)

Στο *2ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του ηλιακού συστήματος, καθώς και κάποια ακόμα χαρακτηριστικά του.

Στον πρώτο πίνακα *(Site Latitude and Collector Orientation)* έχουμε εισάγει το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής των Αθηνών και την κλίση του ηλιακού συλλέκτη, όπου την έχουμε ορίσει ίση με το γεωγραφικό πλάτος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Monthly Inputs)* έχουμε εισάγει τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, μέση μηνιαία θερμοκρασία, μέσο μηνιαίο ποσοστό υγρασίας και μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου). Ακριβώς κάτω από τα εισαγόμενα δεδομένα, το πρόγραμμα έχει υπολογίσει τις μέσες ετήσιες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων που προαναφέρθηκαν.

Στον τρίτο πίνακα *(Water Heating Load Calculation)* εισάγαμε τον τύπο του ηλιακού συστήματος και την παρουσία δοχείου αποθήκευσης, χαρακτηρίσαμε τον τύπο του κτιρίου και καθορίσαμε τον αριθμό των ατόμων που διαμένουν εκεί, την ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό και την επιθυμητή του θερμοκρασία και τις μέρες ανά εβδομάδα που λειτουργεί το σύστημα. Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα την θερμοκρασία του νερού που εισέρχεται στο σύστημα και τα παρουσιάζει αμέσως μετά. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίζει την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος.

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	38,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	38,0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	1,75	9,3	72,0	1,9	2,61
February	1,00	2,62	9,8	71,0	2,2	3,54
March	1,00	3,82	11,7	68,0	2,7	4,44
April	1,00	5,15	15,5	62,0	1,8	5,18
May	1,00	6,41	20,2	58,0	1,8	5,78
June	1,00	6,84	24,6	52,0	1,8	5,86
July	1,00	6,88	27,0	48,0	2,2	6,02
August	1,00	6,18	26,6	49,0	2,2	5,96
September	1,00	4,86	23,3	56,0	1,9	5,42
October	1,00	3,38	18,3	66,0	1,8	4,43
November	1,00	2,33	14,4	73,0	2,3	3,62
December	1,00	1,69	11,1	73,0	2,1	2,70

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,58	1,58
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,69	1,69
Average temperature	°C	17,7	17,7
Average wind speed	m/s	2,1	2,1

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	14,7	1.0 to 10.0
Maximum	°C	20,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,33	
	GJ	15,57	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

2ο Φύλλο εργασίας: Solar Resource and Heating Load (RETScreen).

Στο *3^o Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα οικονομικά δεδομένα.

Στον πρώτο πίνακα αυτού του φύλλου *(Initial Costs)* εισάγουμε τις τιμές προς τις οποίες πωλούνται τα μέρη του ηλιακού συστήματος (ηλιακός συλλέκτης, δοχείο αποθήκευσης, σωληνώσεις), καθώς και το κόστος της μεταφοράς και εγκατάστασης του συστήματος. Με βάση αυτά τα δεδομένα το πρόγραμμα υπολογίζει το κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Annual Costs)* εισάγουμε το ετήσιο κόστος συντήρησης του ηλιακού συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Periodic Costs)* εισάγουμε το περιοδικό κόστος για την συντήρηση του ηλιακού συστήματος.

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project:	Pre-feasibility	Currency:	Greece	Cost references:	None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2,6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost			Amount	Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**	-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-	-	-
					EUR	-	-	-
End of project life		-			**EUR**	-		*Go to GHG Analysis sheet*

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

3^{o} Φύλλο εργασίας: Cost Analysis (RETScreen).

Στο *4ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε δεδομένα όσον αφορά την εφεδρική μορφή ενέργειας (ηλεκτρική).

Στον πρώτο πίνακα *(Background Information)* φαίνονται οι σχέσεις με τις οποίες θα μεταφράσει το πρόγραμμα όλες τις εκπομπές αερίων που θα υπολογίσει σε tn CO_2.

Στο δεύτερο πίνακα *(Base Case Electricity System)* εισάγουμε το μίγμα καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα.

Στον τρίτο πίνακα *(Base Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και που οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον τέταρτο πίνακα *(Proposed Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά αυτή τη φορά για την ηλιακή ενέργεια.

Στον πέμπτο πίνακα *(GHG Emission Reduction Summary)* το πρόγραμμα υπολογίζει την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε ετήσιο επίπεδο.

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes　　　Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Athens,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)		Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,35		2,69
			Net GHG emission reduction	t_{CO2}/yr	**2,69**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0　　　　UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varennes

4ο Φύλλο εργασίας: GHG Analysis (RETScreen).

Στο *5^{ο} Φύλλο εργασίας* εισάγουμε οικονομολογικά στοιχεία που καθορίζονται από το κράτος.

Στον πρώτο πίνακα *(Annual Energy Balance)* εμφανίζονται ξανά το όνομα του έργου και η περιοχή μελέτης του, η ετήσια ηλιακή ενέργεια που παρέχεται στο σύστημα, η εφεδρική πηγή ενέργειας, η ετήσια μείωση σε εκπομπές αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τέλος η μείωση αυτών των εκπομπών για όλη τη διάρκεια ζωής του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Financial Parameters)* εισάγουμε την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά KWh, το ποσοστό αύξησης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, τον πληθωρισμό, το ποσοστό έκπτωσης και την διάρκεια ζωής του συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Project Costs and Savings)* εμφανίζεται το κόστος του ηλιακού συστήματος, το περιοδικό και ετήσιο κόστος συντήρησής του και το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων.

Στον τέταρτο πίνακα *(Financial Feasibility)* το πρόγραμμα εμφανίζει τα αποτελέσματα αυτών των δεδομένων (δείκτες ROI-IRR προ και μετά φόρων, το χρόνο αποπληρωμής του συστήματος, το χρονικό διάστημα που χρειάζεται μέχρι να επιτευχθεί θετική ταμειακή ροή, το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων, τον δείκτη που αντιπροσωπεύει το λόγο οφέλους- κόστους και την καθαρή παρούσα αξία του συστήματος. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε εισάγει τα κόστη για τα επιμέρους τμήματα του ηλιακού συστήματος μετά φόρου, γι' αυτό και παρατηρούνται κοινές τιμές για τους δείκτες ROI-IRR.

Στον πέμπτο πίνακα *(Yearly Cash Flows)* παρουσιάζονται ανά χρόνο οι αθροιστικές ταμειακές ροές του ηλιακού συστήματος μέχρι το πέρας της ζωής του. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει το γράφημα που ακολουθεί *(Cumulative Cash Flows Graph).*
Παρακάτω παρατίθεται το *5^{ο} Φύλλο εργασίας: Financial Summary (RETScreen).*

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Athens,Greece			
Renewable energy delivered	MWh	2,35	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,69
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	80,61

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0,0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0,0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-			
Energy equipment	80,7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14,6%	EUR	150			
Miscellaneous	4,8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**	Heating energy savings/income	EUR	265
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**265**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	27,8%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	27,8%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(83)
Simple Payback	yr	4,1	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,8			
Net Present Value - NPV	EUR	2.091			
Annual Life Cycle Savings	EUR	222			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,03			

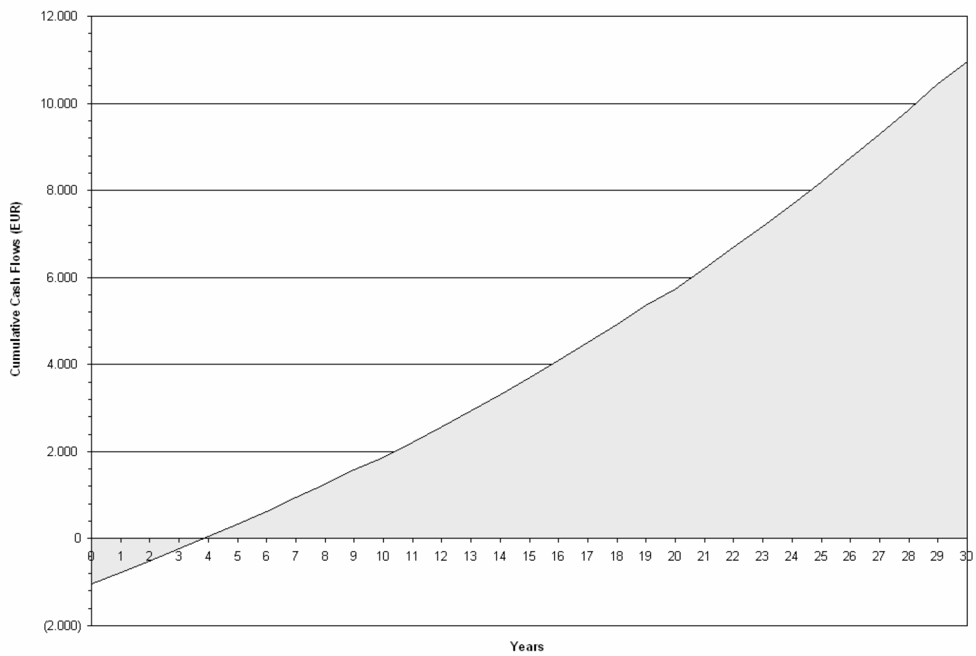
Yearly Cash Flows

Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	257	257	(772)
2	264	264	(507)
3	272	272	(235)
4	280	280	45
5	289	289	334
6	297	297	632
7	306	306	938
8	316	316	1.254
9	325	325	1.579
10	281	281	1.860
11	345	345	2.205
12	355	355	2.560
13	366	366	2.926
14	377	377	3.303
15	388	388	3.691
16	400	400	4.090
17	412	412	4.502
18	424	424	4.926
19	437	437	5.363
20	378	378	5.741
21	463	463	6.204
22	477	477	6.682
23	492	492	7.173
24	506	506	7.680
25	522	522	8.202
26	537	537	8.739
27	553	553	9.292
28	570	570	9.862
29	587	587	10.449
30	508	508	10.957

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Athens,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,35 **Total Initial Costs: EUR 1.028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,69**



IRR and ROI: 27,8% **Year-to-positive cash flow: 3,8 yr** **Net Present Value: EUR 2.091**

Version 3.0

© Minister of Natural Resources Canada 1997-2005.

NRCan/CETC - Varennes

Στο *6ο Φύλλο εργασίας* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας, όσον αφορά το κόστος του ηλιακού συστήματος, με ποσοστό ευαισθησίας 20%.

Στον πρώτο πίνακα *(Sensitivity Analysis)* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας για την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στον δεύτερο πίνακα *(Risk Analysis)* εισάγουμε στο πρόγραμμα τα ποσοστά διακύμανσης του κόστους για την ηλεκτρική ενέργεια, την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος και εκτελεί την ανάλυση επικινδυνότητας, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα υπό μορφή γραφικής παράστασης. Στη συνέχεια, εισάγοντας σαν ποσοστό επικινδυνότητας 10% (δηλαδή 90% επίπεδο εμπιστοσύνης), το πρόγραμμα παρουσιάζει πάλι υπό μορφή γραφικής παράστασης την κατανομή των δεικτών ROI-IRR.

Παρακάτω παρατίθεται το *6ο Φύλλο εργασίας: Sensitivity (RETScreen).*

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15,0 %
Project location	Athens,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
1,88	-20%	17,9%	20,2%	22,4%	24,6%	26,7%
2,12	-10%	20,2%	22,7%	25,1%	27,5%	29,9%
2,35	0%	22,4%	25,1%	**27,8%**	30,5%	33,2%
2,59	10%	24,6%	27,5%	30,5%	33,4%	36,4%
2,83	20%	26,7%	29,9%	33,2%	36,4%	39,6%

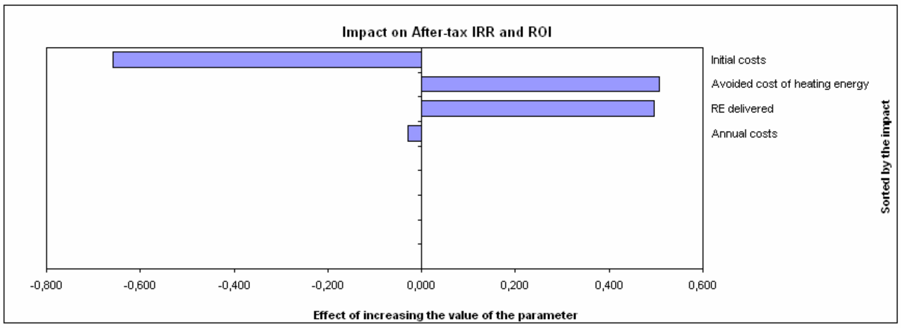
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	27,4%	30,7%	34,1%	37,4%	40,7%
925	-10%	24,6%	27,6%	30,6%	33,6%	36,5%
1.028	0%	22,4%	25,1%	**27,8%**	30,5%	33,2%
1.131	10%	20,5%	23,0%	25,5%	28,0%	30,4%
1.234	20%	19,0%	21,3%	23,6%	25,8%	28,1%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	22,7%	25,4%	28,1%	30,8%	33,5%
14	-10%	22,5%	25,3%	28,0%	30,6%	33,3%
16	0%	22,4%	25,1%	**27,8%**	30,5%	33,2%
17	10%	22,2%	24,9%	27,6%	30,3%	33,0%
19	20%	22,1%	24,8%	27,5%	30,2%	32,8%

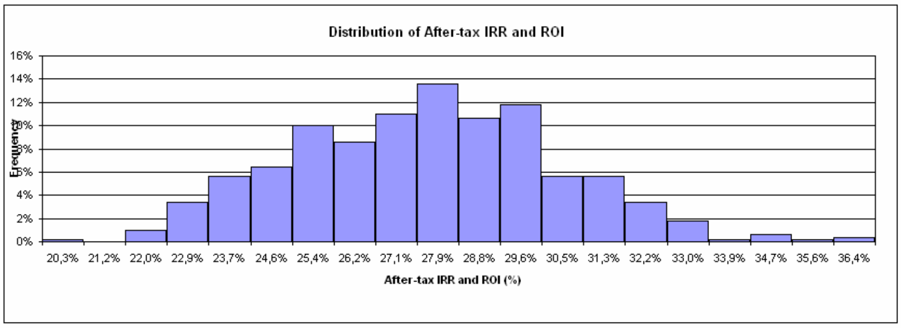
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,35	15%	2,00	2,71
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	27,8%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	23,3%
Maximum within level of confidence	%	32,2%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	23,3%	27,8%	32,2%	

4.1.2 Σενάριο $2^{ο}$

Στο σενάριο αυτό εξετάζουμε την περίπτωση εγκατάστασης ηλιακού συστήματος σε οικεία όπου διαμένουν 4 άτομα, στην περιοχή της Ιεράπετρας.

Στο *$1^{ο}$ Φύλλο εργασίας* εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του προγράμματος.

Στον πρώτο πίνακα (*Site Conditions)* που συναντάμε στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας παρουσιάζονται το όνομα του έργου και η τοποθεσία του, ο πλησιέστερος σταθμός παρατήρησης των μετεωρολογικών φαινομένων, το ετήσιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας, η μέση ετήσια θερμοκρασία, η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού, η ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό, ο αριθμός των μηνών που λειτουργεί το ηλιακό σύστημα και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια. Αυτά τα δεδομένα μεταφέρθηκαν αυτόματα στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας κατά την συμπλήρωσή τους από το *$2^{ο}$ Φύλλο εργασίας (Solar Resource and Heating Load).*

Στον δεύτερο πίνακα (*System Charasteristics)* παρουσιάζοντα τα χαρακτηριστικά του συστήματος (εφεδρική πηγή ενέργειας και βαθμός απόδοσής της, τύπος και επιφάνεια του συλλέκτη, αριθμός συλλεκτών, χωρητικότητα του δοχείου αποθήκευσης, απόδοση του ηλιακού συστήματος, διάμετρος σωληνώσεων, ποσοστό απωλειών λόγω επικάθισης σκόνης ή χιονιού στην επιφάνεια του συλλέκτη καθώς και ποσοστό απωλειών λόγω των σωληνώσεων ή του δοχείου αποθήκευσης).

Στον τρίτο πίνακα του ίδιου φύλλου *(Annual Energy Production)* παρουσιάζονται τα πρώτα κιόλας αποτελέσματα. Έχουμε υποθέσει ότι το ηλιακό σύστημα δεν χρησιμοποιεί αντλία, αλλά έχουμε φυσική ροή του νερού, γι’ αυτό και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία της αντλίας έχει μηδενική τιμή. Ακολουθούν οι τιμές που προέκυψαν για την ειδική τιμή της απόδοσης, την απόδοση του συστήματος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και τέλος την παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project — Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	
Annual average temperature	°C	20,0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	988	
System efficiency	%	52%	
Solar fraction	%	63%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,57**	
	GJ	9,25	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 — © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. — NRCan/CETC - Varennes

1ο Φύλλο εργασίας: Energy Model (RETScreen).

Στο 2^{o} *Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του ηλιακού συστήματος, καθώς και κάποια ακόμα χαρακτηριστικά του.

Στον πρώτο πίνακα *(Site Latitude and Collector Orientation)* έχουμε εισάγει το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής των Αθηνών και την κλίση του ηλιακού συλλέκτη, όπου την έχουμε ορίσει ίση με το γεωγραφικό πλάτος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Monthly Inputs)* έχουμε εισάγει τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, μέση μηνιαία θερμοκρασία, μέσο μηνιαίο ποσοστό υγρασίας και μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου). Ακριβώς κάτω από τα εισαγόμενα δεδομένα, το πρόγραμμα έχει υπολογίσει τις μέσες ετήσιες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων που προαναφέρθηκαν.

Στον τρίτο πίνακα *(Water Heating Load Calculation)* εισάγαμε τον τύπο του ηλιακού συστήματος και την παρουσία δοχείου αποθήκευσης, χαρακτηρίσαμε τον τύπο του κτιρίου και καθορίσαμε τον αριθμό των ατόμων που διαμένουν εκεί, την ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό και την επιθυμητή του θερμοκρασία και τις μέρες ανά εβδομάδα που λειτουργεί το σύστημα. Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα την θερμοκρασία του νερού που εισέρχεται στο σύστημα και τα παρουσιάζει αμέσως μετά. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίζει την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος.

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	35,0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	2,40	12,9	75,0	3,8	3,62
February	1,00	2,83	13,2	74,0	3,6	3,66
March	1,00	4,23	14,7	73,0	4,0	4,84
April	1,00	5,17	17,3	72,0	3,4	5,15
May	1,00	6,50	21,0	68,0	2,6	5,86
June	1,00	7,20	25,7	60,0	3,6	6,17
July	1,00	7,57	28,1	53,0	4,8	6,61
August	1,00	7,03	28,0	56,0	5,0	6,76
September	1,00	5,47	25,1	63,0	4,2	6,04
October	1,00	4,00	21,6	71,0	3,6	5,16
November	1,00	2,90	18,1	75,0	2,8	4,39
December	1,00	2,30	14,6	75,0	3,8	3,67

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,76	1,76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	1,89
Average temperature	°C	20,0	20,0
Average wind speed	m/s	3,8	3,8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	17,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	22,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	
	GJ	14,7	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0

NRCan/CETC - Varennes

2ο Φύλλο εργασίας: Solar Resource and Heating Load (RETScreen).

Στο *3^{ο} Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα οικονομικά δεδομένα.

Στον πρώτο πίνακα αυτού του φύλλου *(Initial Costs)* εισάγουμε τις τιμές προς τις οποίες πωλούνται τα μέρη του ηλιακού συστήματος (ηλιακός συλλέκτης, δοχείο αποθήκευσης, σωληνώσεις), καθώς και το κόστος της μεταφοράς και εγκατάστασης του συστήματος. Με βάση αυτά τα δεδομένα το πρόγραμμα υπολογίζει το κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Annual Costs)* εισάγουμε το ετήσιο κόστος συντήρησης του ηλιακού συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Periodic Costs)* εισάγουμε το περιοδικό κόστος για την συντήρηση του ηλιακού συστήματος.

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2,6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount		Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**	-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-	-	-
					EUR	-	-	-
End of project life		-			**EUR**	-		*Go to GHG Analysis sheet*

Version 3.0 | | NRCan/CETC - Varennes

3^{o} Φύλλο εργασίας: Cost Analysis (RETScreen).

Στο *4ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε δεδομένα όσον αφορά την εφεδρική μορφή ενέργειας (ηλεκτρική).

Στον πρώτο πίνακα *(Background Information)* φαίνονται οι σχέσεις με τις οποίες θα μεταφράσει το πρόγραμμα όλες τις εκπομπές αερίων που θα υπολογίσει σε tn CO_2.

Στο δεύτερο πίνακα *(Base Case Electricity System)* εισάγουμε το μίγμα καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα.

Στον τρίτο πίνακα *(Base Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και που οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον τέταρτο πίνακα *(Proposed Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά αυτή τη φορά για την ηλιακή ενέργεια.

Στον πέμπτο πίνακα *(GHG Emission Reduction Summary)* το πρόγραμμα υπολογίζει την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε ετήσιο επίπεδο.

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes — Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)		Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,57		2,93
			Net GHG emission reduction	t_{CO2}/yr	**2,93**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

4^{o} Φύλλο εργασίας: GHG Analysis (RETScreen).

Στο $5^{ο}$ *Φύλλο εργασίας* εισάγουμε οικονομολογικά στοιχεία που καθορίζονται από το κράτος.

Στον πρώτο πίνακα *(Annual Energy Balance)* εμφανίζονται ξανά το όνομα του έργου και η περιοχή μελέτης του, η ετήσια ηλιακή ενέργεια που παρέχεται στο σύστημα, η εφεδρική πηγή ενέργειας, η ετήσια μείωση σε εκπομπές αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τέλος η μείωση αυτών των εκπομπών για όλη τη διάρκεια ζωής του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Financial Parameters)* εισάγουμε την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά KWh, το ποσοστό αύξησης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, τον πληθωρισμό, το ποσοστό έκπτωσης και την διάρκεια ζωής του συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Project Costs and Savings)* εμφανίζεται το κόστος του ηλιακού συστήματος, το περιοδικό και ετήσιο κόστος συντήρησής του και το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων.

Στον τέταρτο πίνακα *(Financial Feasibility)* το πρόγραμμα εμφανίζει τα αποτελέσματα αυτών των δεδομένων (δείκτες ROI-IRR προ και μετά φόρων, το χρόνο αποπληρωμής του συστήματος, το χρονικό διάστημα που χρειάζεται μέχρι να επιτευχθεί θετική ταμειακή ροή, το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων, τον δείκτη που αντιπροσωπεύει το λόγο οφέλους- κόστους και την καθαρή παρούσα αξία του συστήματος. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε εισάγει τα κόστη για τα επιμέρους τμήματα του ηλιακού συστήματος μετά φόρου, γι' αυτό και παρατηρούνται κοινές τιμές για τους δείκτες ROI-IRR.

Στον πέμπτο πίνακα *(Yearly Cash Flows)* παρουσιάζονται ανά χρόνο οι αθροιστικές ταμειακές ροές του ηλιακού συστήματος μέχρι το πέρας της ζωής του. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει το γράφημα που ακολουθεί *(Cumulative Cash Flows Graph).*
Παρακάτω παρατίθεται το $5^{ο}$ *Φύλλο εργασίας: Financial Summary (RETScreen).*

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,93
Renewable energy delivered	MWh	2,57			
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	87,94

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs			
Feasibility study	0,0%	EUR	-
Development	0,0%	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-
Energy equipment	80,7%	EUR	830
Balance of system	14,6%	EUR	150
Miscellaneous	4,8%	EUR	49
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**
Incentives/Grants		EUR	-
Periodic Costs (Credits)			
Valves and fittings		EUR	40
Pool heat pump compressor		EUR	-
		EUR	-
End of project life -		EUR	-

Annual Costs and Debt		
O&M	EUR	16
Electricity	EUR	-
Annual Costs and Debt - Total	**EUR**	**16**
Annual Savings or Income		
Heating energy savings/income	EUR	289
Annual Savings - Total	**EUR**	**289**
Schedule yr # 10,20,30		

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	30,2%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	30,2%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(87)
Simple Payback	yr	3,8	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,5			
Net Present Value - NPV	EUR	2.396			
Annual Life Cycle Savings	EUR	254			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,33			

Yearly Cash Flows

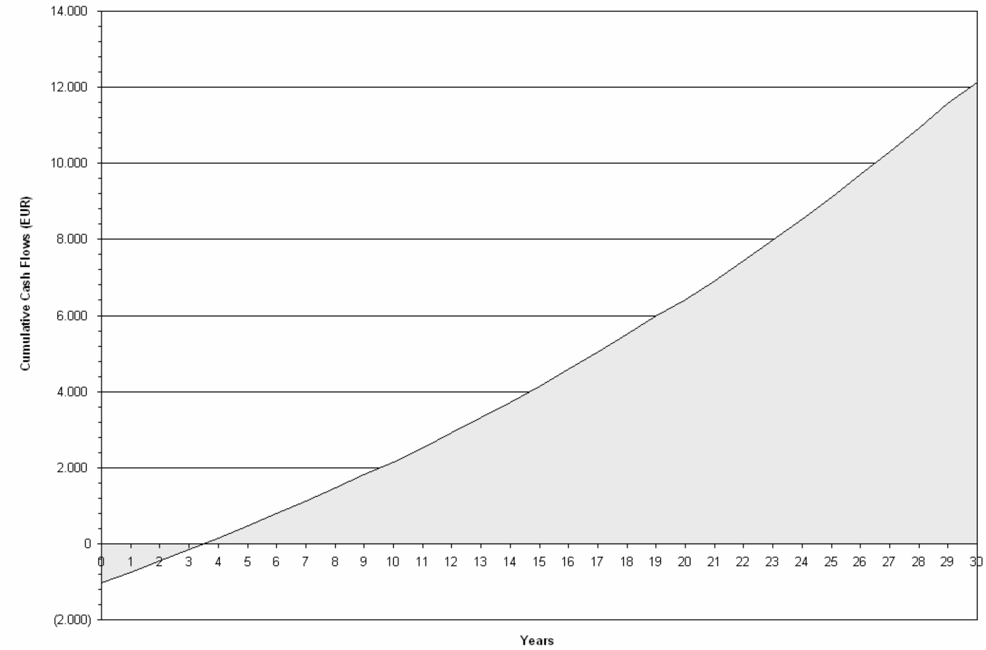
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	281	281	(747)
2	290	290	(457)
3	299	299	(158)
4	307	307	149
5	317	317	466
6	326	326	792
7	336	336	1.128
8	346	346	1.474
9	356	356	1.831
10	313	313	2.144
11	378	378	2.522
12	390	390	2.912
13	401	401	3.313
14	413	413	3.726
15	426	426	4.152
16	438	438	4.590
17	452	452	5.042
18	465	465	5.507
19	479	479	5.986
20	421	421	6.407
21	508	508	6.915
22	523	523	7.439
23	539	539	7.978
24	555	555	8.533
25	572	572	9.105
26	589	589	9.694
27	607	607	10.301
28	625	625	10.926
29	644	644	11.570
30	566	566	12.136

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Ierapetra,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,57 **Total Initial Costs: EUR 1.028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,93**



IRR and ROI: 30,2% **Year-to-positive cash flow: 3,5 yr** **Net Present Value: EUR 2.396**

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

Στο *6^{ο} Φύλλο εργασίας* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας, όσον αφορά το κόστος του ηλιακού συστήματος, με ποσοστό ευαισθησίας 20%.

Στον πρώτο πίνακα *(Sensitivity Analysis)* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας για την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στον δεύτερο πίνακα *(Risk Analysis)* εισάγουμε στο πρόγραμμα τα ποσοστά διακύμανσης του κόστους για την ηλεκτρική ενέργεια, την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος και εκτελεί την ανάλυση επικινδυνότητας, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα υπό μορφή γραφικής παράστασης. Στη συνέχεια, εισάγοντας σαν ποσοστό επικινδυνότητας 10% (δηλαδή 90% επίπεδο εμπιστοσύνης), το πρόγραμμα παρουσιάζει πάλι υπό μορφή γραφικής παράστασης την κατανομή των δεικτών ROI-IRR.

Παρακάτω παρατίθεται το *6^{ο} Φύλλο εργασίας: Sensitivity (RETScreen).*

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15,0 %
Project location	Ierapetra,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
2,05	-20%	19,6%	22,0%	24,4%	26,7%	29,1%
2,31	-10%	22,0%	24,7%	27,3%	29,9%	32,6%
2,57	0%	24,4%	27,3%	**30,2%**	33,2%	36,1%
2,83	10%	26,7%	29,9%	33,2%	36,4%	39,6%
3,08	20%	29,1%	32,6%	36,1%	39,6%	43,0%

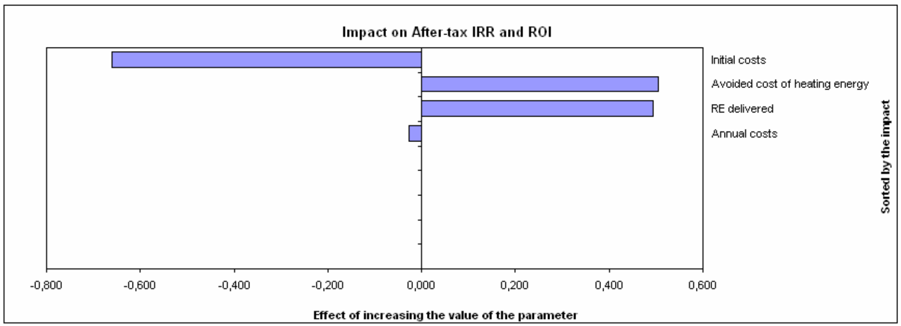
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	29,8%	33,5%	37,1%	40,7%	44,4%
925	-10%	26,8%	30,0%	33,3%	36,5%	39,8%
1.028	0%	24,4%	27,3%	**30,2%**	33,2%	36,1%
1.131	10%	22,4%	25,1%	27,7%	30,4%	33,0%
1.234	20%	20,7%	23,2%	25,6%	28,1%	30,5%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	24,7%	27,6%	30,6%	33,5%	36,4%
14	-10%	24,5%	27,5%	30,4%	33,3%	36,2%
16	0%	24,4%	27,3%	**30,2%**	33,2%	36,1%
17	10%	24,2%	27,1%	30,1%	33,0%	35,9%
19	20%	24,0%	27,0%	29,9%	32,8%	35,7%

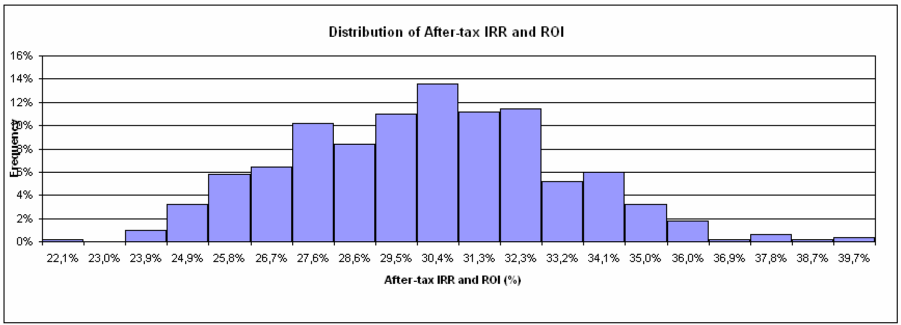
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,57	15%	2,18	2,95
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	30,2%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	25,4%
Maximum within level of confidence	%	35,0%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	25,4%	30,2%	35,0%	

4.1.3 Σενάριο 3^o

Στο σενάριο αυτό εξετάζουμε την περίπτωση εγκατάστασης ηλιακού συστήματος σε οικεία όπου διαμένουν 4 άτομα, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης.

Στο *1^o Φύλλο εργασίας* εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του προγράμματος.

Στον πρώτο πίνακα (*Site Conditions)* που συναντάμε στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας παρουσιάζονται το όνομα του έργου και η τοποθεσία του, ο πλησιέστερος σταθμός παρατήρησης των μετεωρολογικών φαινομένων, το ετήσιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας, η μέση ετήσια θερμοκρασία, η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού, η ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό, ο αριθμός των μηνών που λειτουργεί το ηλιακό σύστημα και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια. Αυτά τα δεδομένα μεταφέρθηκαν αυτόματα στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας κατά την συμπλήρωσή τους από το *2^o Φύλλο εργασίας (Solar Resource and Heating Load).*

Στον δεύτερο πίνακα (*System Charasteristics)* παρουσιάζοντα τα χαρακτηριστικά του συστήματος (εφεδρική πηγή ενέργειας και βαθμός απόδοσής της, τύπος και επιφάνεια του συλλέκτη, αριθμός συλλεκτών, χωρητικότητα του δοχείου αποθήκευσης, απόδοση του ηλιακού συστήματος, διάμετρος σωληνώσεων, ποσοστό απωλειών λόγω επικάθισης σκόνης ή χιονιού στην επιφάνεια του συλλέκτη καθώς και ποσοστό απωλειών λόγω των σωληνώσεων ή του δοχείου αποθήκευσης).

Στον τρίτο πίνακα του ίδιου φύλλου *(Annual Energy Production)* παρουσιάζονται τα πρώτα κιόλας αποτελέσματα. Έχουμε υποθέσει ότι το ηλιακό σύστημα δεν χρησιμοποιεί αντλία, αλλά έχουμε φυσική ροή του νερού, γι’ αυτό και η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία της αντλίας έχει μηδενική τιμή. Ακολουθούν οι τιμές που προέκυψαν για την ειδική τιμή της απόδοσης, την απόδοση του συστήματος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας και τέλος την παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project | Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Alexandroupoli,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,65	
Annual average temperature	°C	15,0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,7	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,60	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	904	
System efficiency	%	55%	
Solar fraction	%	51%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,35**	
	GJ	8,46	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. | NRCan/CETC - Varennes

1ο Φύλλο εργασίας: Energy Model (RETScreen).

Στο *2ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του ηλιακού συστήματος, καθώς και κάποια ακόμα χαρακτηριστικά του.

Στον πρώτο πίνακα *(Site Latitude and Collector Orientation)* έχουμε εισάγει το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής των Αθηνών και την κλίση του ηλιακού συλλέκτη, όπου την έχουμε ορίσει ίση με το γεωγραφικό πλάτος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Monthly Inputs)* έχουμε εισάγει τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, μέση μηνιαία θερμοκρασία, μέσο μηνιαίο ποσοστό υγρασίας και μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου). Ακριβώς κάτω από τα εισαγόμενα δεδομένα, το πρόγραμμα έχει υπολογίσει τις μέσες ετήσιες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων που προαναφέρθηκαν.

Στον τρίτο πίνακα *(Water Heating Load Calculation)* εισάγαμε τον τύπο του ηλιακού συστήματος και την παρουσία δοχείου αποθήκευσης, χαρακτηρίσαμε τον τύπο του κτιρίου και καθορίσαμε τον αριθμό των ατόμων που διαμένουν εκεί, την ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα σε ζεστό νερό και την επιθυμητή του θερμοκρασία και τις μέρες ανά εβδομάδα που λειτουργεί το σύστημα. Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα την θερμοκρασία του νερού που εισέρχεται στο σύστημα και τα παρουσιάζει αμέσως μετά. Με βάση αυτά τα δεδομένα υπολογίζει την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος.

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	40,5	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	40,5	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	1,71	5,0	75,4	4,3	2,80
February	1,00	2,33	5,9	73,6	4,4	3,23
March	1,00	3,65	8,3	72,4	4,1	4,34
April	1,00	4,78	13,2	70,9	3,4	4,83
May	1,00	5,84	18,3	68,8	3,0	5,27
June	1,00	6,85	23,0	61,0	3,1	5,85
July	1,00	6,84	25,8	54,3	3,8	5,98
August	1,00	6,33	25,5	54,2	3,7	6,16
September	1,00	4,69	21,1	60,0	3,6	5,34
October	1,00	3,36	15,7	68,2	4,0	4,64
November	1,00	1,99	10,8	75,4	3,6	3,20
December	1,00	1,53	7,1	76,8	4,1	2,63

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,52	1,52
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,65	1,65
Average temperature	°C	15,0	15,0
Average wind speed	m/s	3,7	3,7

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	11,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	18,8	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,60	
	GJ	16,55	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

2ο Φύλλο εργασίας: Solar Resource and Heating Load (RETScreen).

Στο *3ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε τα οικονομικά δεδομένα.

Στον πρώτο πίνακα αυτού του φύλλου *(Initial Costs)* εισάγουμε τις τιμές προς τις οποίες πωλούνται τα μέρη του ηλιακού συστήματος (ηλιακός συλλέκτης, δοχείο αποθήκευσης, σωληνώσεις), καθώς και το κόστος της μεταφοράς και εγκατάστασης του συστήματος. Με βάση αυτά τα δεδομένα το πρόγραμμα υπολογίζει το κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Annual Costs)* εισάγουμε το ετήσιο κόστος συντήρησης του ηλιακού συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Periodic Costs)* εισάγουμε το περιοδικό κόστος για την συντήρηση του ηλιακού συστήματος.

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project:	Pre-feasibility	Currency:	Greece	Cost references:	None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2,6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost			Amount	Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**	-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-	-	-
					EUR	-	-	-
End of project life		-			**EUR**	-		*Go to GHG Analysis sheet*

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

3^{ο} Φύλλο εργασίας: Cost Analysis (RETScreen).

Στο *4ο Φύλλο εργασίας* εισάγουμε δεδομένα όσον αφορά την εφεδρική μορφή ενέργειας (ηλεκτρική).

Στον πρώτο πίνακα *(Background Information)* φαίνονται οι σχέσεις με τις οποίες θα μεταφράσει το πρόγραμμα όλες τις εκπομπές αερίων που θα υπολογίσει σε tn CO_2.

Στο δεύτερο πίνακα *(Base Case Electricity System)* εισάγουμε το μίγμα καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα.

Στον τρίτο πίνακα *(Base Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και που οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον τέταρτο πίνακα *(Proposed Case Heating System)* το πρόγραμμα υπολογίζει τον βασικό παράγοντα εκπομπής αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά αυτή τη φορά για την ηλιακή ενέργεια.

Στον πέμπτο πίνακα *(GHG Emission Reduction Summary)* το πρόγραμμα υπολογίζει την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε ετήσιο επίπεδο.

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Alexandroupoli,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,35	2,68
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**2,68**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varennes

4ο Φύλλο εργασίας: GHG Analysis (RETScreen).

Στο 5^o *Φύλλο εργασίας* εισάγουμε οικονομολογικά στοιχεία που καθορίζονται από το κράτος.

Στον πρώτο πίνακα *(Annual Energy Balance)* εμφανίζονται ξανά το όνομα του έργου και η περιοχή μελέτης του, η ετήσια ηλιακή ενέργεια που παρέχεται στο σύστημα, η εφεδρική πηγή ενέργειας, η ετήσια μείωση σε εκπομπές αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τέλος η μείωση αυτών των εκπομπών για όλη τη διάρκεια ζωής του ηλιακού συστήματος.

Στο δεύτερο πίνακα *(Financial Parameters)* εισάγουμε την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά KWh, το ποσοστό αύξησης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, τον πληθωρισμό, το ποσοστό έκπτωσης και την διάρκεια ζωής του συστήματος.

Στον τρίτο πίνακα *(Project Costs and Savings)* εμφανίζεται το κόστος του ηλιακού συστήματος, το περιοδικό και ετήσιο κόστος συντήρησής του και το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων.

Στον τέταρτο πίνακα *(Financial Feasibility)* το πρόγραμμα εμφανίζει τα αποτελέσματα αυτών των δεδομένων (δείκτες ROI-IRR προ και μετά φόρων, το χρόνο αποπληρωμής του συστήματος, το χρονικό διάστημα που χρειάζεται μέχρι να επιτευχθεί θετική ταμειακή ροή, το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων, τον δείκτη που αντιπροσωπεύει το λόγο οφέλους- κόστους και την καθαρή παρούσα αξία του συστήματος. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε εισάγει τα κόστη για τα επιμέρους τμήματα του ηλιακού συστήματος μετά φόρου, γι' αυτό και παρατηρούνται κοινές τιμές για τους δείκτες ROI-IRR.

Στον πέμπτο πίνακα *(Yearly Cash Flows)* παρουσιάζονται ανά χρόνο οι αθροιστικές ταμειακές ροές του ηλιακού συστήματος μέχρι το πέρας της ζωής του. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει το γράφημα που ακολουθεί *(Cumulative Cash Flows Graph).*
Παρακάτω παρατίθεται το 5^o *Φύλλο εργασίας: Financial Summary (RETScreen).*

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Alexandroupoli,Greece			
Renewable energy delivered	MWh	2,35	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,68
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	80,49

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0,0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0,0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-			
Energy equipment	80,7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14,6%	EUR	150			
Miscellaneous	4,8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**	Heating energy savings/income	EUR	264
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**264**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	27,8%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	27,8%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(82)
Simple Payback	yr	4,1	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,8			
Net Present Value - NPV	EUR	2.086			
Annual Life Cycle Savings	EUR	221			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,03			

Yearly Cash Flows

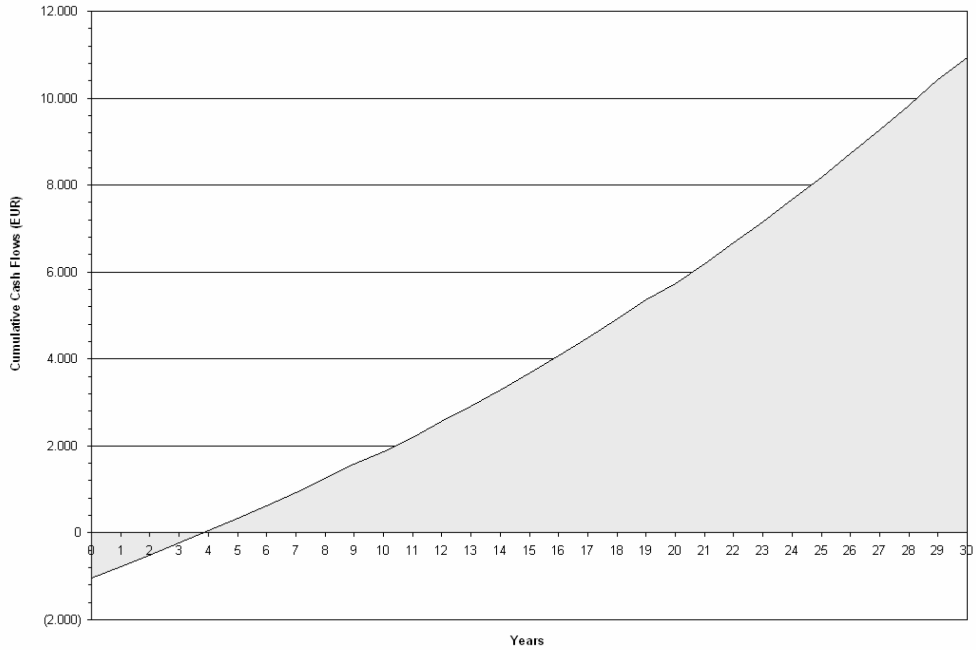
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	256	256	(772)
2	264	264	(508)
3	272	272	(236)
4	280	280	44
5	288	288	332
6	297	297	629
7	306	306	935
8	315	315	1.250
9	325	325	1.575
10	281	281	1.855
11	344	344	2.200
12	355	355	2.554
13	365	365	2.919
14	376	376	3.296
15	388	388	3.683
16	399	399	4.082
17	411	411	4.493
18	423	423	4.917
19	436	436	5.353
20	377	377	5.730
21	463	463	6.193
22	477	477	6.669
23	491	491	7.160
24	506	506	7.666
25	521	521	8.187
26	536	536	8.723
27	553	553	9.276
28	569	569	9.845
29	586	586	10.431
30	507	507	10.938

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Alexandroupoli,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,35 **Total Initial Costs: EUR 1.028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,68**



IRR and ROI: 27,8% **Year-to-positive cash flow: 3,8 yr** **Net Present Value: EUR 2.086**

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

Στο *6ο Φύλλο εργασίας* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας και επικινδυνότητας, όσον αφορά το κόστος του ηλιακού συστήματος, με ποσοστό ευαισθησίας 20%.

Στον πρώτο πίνακα *(Sensitivity Analysis)* το πρόγραμμα εκτελεί ανάλυση ευαισθησίας για την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος του ηλιακού συστήματος.

Στον δεύτερο πίνακα *(Risk Analysis)* εισάγουμε στο πρόγραμμα τα ποσοστά διακύμανσης του κόστους για την ηλεκτρική ενέργεια, την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, το αρχικό και το ετήσιο κόστος και εκτελεί την ανάλυση επικινδυνότητας, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα υπό μορφή γραφικής παράστασης. Στη συνέχεια, εισάγοντας σαν ποσοστό επικινδυνότητας 10% (δηλαδή 90% επίπεδο εμπιστοσύνης), το πρόγραμμα παρουσιάζει πάλι υπό μορφή γραφικής παράστασης την κατανομή των δεικτών ROI-IRR.

Παρακάτω παρατίθεται το *6ο Φύλλο εργασίας: Sensitivity (RETScreen).*

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes		Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes		Sensitivity range	20%
Project name	Single Home		Threshold	15,0 %
Project location	Alexandroupoli,Greece			

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
1,88	-20%	17,9%	20,1%	22,3%	24,5%	26,7%
2,12	-10%	20,1%	22,6%	25,1%	27,5%	29,9%
2,35	0%	22,3%	25,1%	**27,8%**	30,4%	33,1%
2,59	10%	24,5%	27,5%	30,4%	33,4%	36,3%
2,82	20%	26,7%	29,9%	33,1%	36,3%	39,5%

Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	27,3%	30,7%	34,0%	37,4%	40,7%
925	-10%	24,6%	27,6%	30,5%	33,5%	36,5%
1.028	0%	22,3%	25,1%	**27,8%**	30,4%	33,1%
1.131	10%	20,5%	23,0%	25,5%	27,9%	30,3%
1.234	20%	19,0%	21,3%	23,5%	25,8%	28,0%

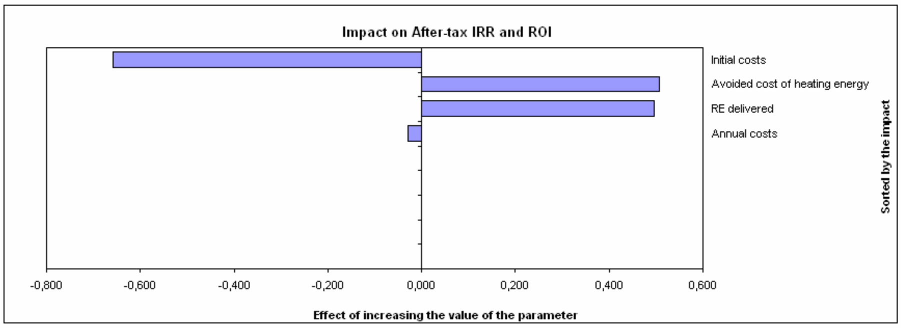
Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	22,7%	25,4%	28,1%	30,8%	33,4%
14	-10%	22,5%	25,2%	27,9%	30,6%	33,3%
16	0%	22,3%	25,1%	**27,8%**	30,4%	33,1%
17	10%	22,2%	24,9%	27,6%	30,3%	32,9%
19	20%	22,0%	24,7%	27,4%	30,1%	32,8%

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

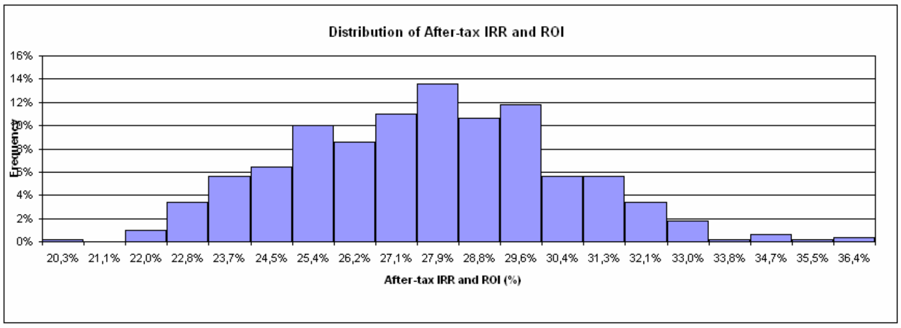
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,35	15%	2,00	2,70
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	27,7%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	23,3%
Maximum within level of confidence	%	32,1%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	23,3%	27,7%	32,1%	

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο}

5.1 Γενικά

Τα ηλιακά συστήματα παρέχουν σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, συμβάλλοντας κατά συνέπεια, στη βιώσιμη ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Μερικές φορές εντούτοις, η ευρεία επέκτασή τους αντιμετωπίζει πιθανές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτά τα πιθανά προβλήματα φαίνονται να είναι ένα ισχυρό εμπόδιο για μια περαιτέρω διάδοση των συγκεκριμένων συστημάτων σε μερικούς καταναλωτές.

Στην προκειμένη εργασία παρουσιάζεται μια επισκόπηση της εκτίμησης των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Αξιολογούμε τις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκειμένου αυτές να βελτιωθούν με τις νέες τεχνολογικές καινοτομίες και τις ορθές πρακτικές στα μελλοντικά ηλιακά συστήματα. Η ανάλυση παρέχει τα πιθανά φορτία στο περιβάλλον, τα οποία προκύπτουν, κατά τη διάρκεια της κατασκευής, εγκατάστασης, τις φάσεις καταστροφής τους, καθώς επίσης και του θορύβου και της οπτικής παρείσφρησης, των εκπομπών αερίου θερμοκηπίου, της ρύπανσης ύδατος και εδάφους, της κατανάλωση ενέργειας, τα ατυχήματα εργασίας, τον αντίκτυπο στις αρχαιολογικές περιοχές ή στα ευαίσθητα οικοσυστήματα, τις θετικές και αρνητικές κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις.

Η αξιολόγηση ενός ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες (Manual SimaPro):

1. Παράγοντας κέρδους

2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Ο παράγοντας κέρδους είναι ένα μέτρο της ικανοποιητικής λειτουργίας του εγκατεστημένου προϊόντος στην διάρκεια ζωής του.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκύπτουν εξετάζοντας τις ακόλουθες παραμέτρους (Manual SimaPro):

- Εκπομπές
- Επιφάνεια που καλύπτεται για την εγκατάστασή του
- Πιθανότητα επαναφοράς της περιοχής στην αρχική της κατάσταση
- Επιρροή στην χλωρίδα και την πανίδα

Επειδή με τον ηλιακό συλλέκτη καλύπτεται μόνο ένα μέρος των αναγκών ενός σπιτιού σε ζεστό νερό είναι απαραίτητη μια εφεδρική πηγή ενέργειας. Στην προκειμένη περίπτωση η εφεδρική πηγή ενέργειας δεν είναι άλλη από την ηλεκτρική ενέργεια. Ο συνδυασμός ανανεώσιμης και συμβατικής πηγής ενέργειας αποδεικνύεται πιο οικονομικός από την χρήση αποκλειστικά μιας εκ των δύο πηγών.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι τα περισσότερα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ένας ηλιακός συλλέκτης είναι ανακυκλώσιμα, οπότε με σωστή διαχείριση τόσο των απορριμμάτων της βιομηχανίας κατασκευής του, όσο και αυτών που προκύπτουν μετά το πέρας της ζωής του, αποφεύγονται κάποιες δυσμενής επιπτώσεις για το περιβάλλον.

5.2 Ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλιακών ενεργειακών τεχνολογιών

Κάθε μέθοδος παραγωγής και μετάδοσης ενέργειας έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. Όπως είναι προφανές, οι συμβατικές πηγές ενέργειας μπορούν να επηρεάσουν τον αέρα, το κλίμα, το νερό, το έδαφος και τη φύση, καθώς επίσης και να αυξήσουν τα επίπεδα επιβλαβούς ακτινοβολίας. Οι ανανεώσιμες τεχνολογίες είναι ουσιαστικά ασφαλέστερες προσφέροντας μια λύση σε πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα που συνδέονται με τα φυσικά και πυρηνικά καύσιμα (EC, 1995, 1997).

Οι ηλιακές ενεργειακές τεχνολογίες παρέχουν προφανή περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, συμβάλλοντας κατά συνέπεια στη βιώσιμη ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το κύριο πλεονέκτημά τους σχετίζεται με τις μειωμένες εκπομπές σε CO_2 και την απουσία οποιωνδήποτε εκπομπών αερίων ή αποβλήτων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

Σχετικά με το περιβάλλον, η χρήση των ηλιακών ενεργειακών τεχνολογιών έχει τις εξής πρόσθετες θετικές επιπτώσεις:

- Μείωση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (κυρίως CO_2, NO_x) και της πρόληψης των εκπομπών τοξικών αερίων (SO_2, μόρια)

- Αποκατάσταση του υποβαθμισμένου εδάφους

- Μείωση των απαραίτητων γραμμών μετάδοσης των πλεγμάτων ηλεκτρικής ενέργειας
- Βελτίωση της ποιότητας των υδάτινων πόρων (Various, 2000)

Από κοινωνικοοικονομικής άποψης τα οφέλη της εκμετάλλευσης των ηλιακών ενεργειακών τεχνολογιών περιλαμβάνει:

- Αύξηση της περιφερειακής / εθνικής ενεργειακής ανεξαρτησίας

- Παροχή σημαντικών ευκαιριών εργασίας

- Διαφοροποίηση και ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού

- Υποστήριξη της άρσης των ελέγχων των αγορών ενέργειας

5.3 Γενικά ζητήματα

Τα δυσμενή αποτελέσματα των ηλιακών ενεργειακών τεχνολογιών είναι συνήθως δευτερεύοντα και μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με κατάλληλα μέτρα. Τα πιθανά περιβαλλοντικά φορτία των ηλιακών ενεργειακών τεχνολογιών είναι συγκεκριμένα, ανάλογα με το μέγεθος και τη φύση του προγράμματος. Είναι προφανές από τους πίνακες 5 και 6, που παρατίθενται στην επόμενη ενότητα, αυτά τα φορτία συνδέονται συνήθως με την απώλεια θελκτικότητας και οι επιδράσεις μπορούν να είναι οι εξής (ETSU, 1996, Gekas et al., 2002, Frantzeskaki et al., 2002, Tsoutsos, 2001):

- Η κατάλληλη τοποθέτηση των κεντρικών ηλιακών συστημάτων, η οποία περιλαμβάνει την προσεκτική αξιολόγηση των εναλλακτικών θέσεων και την εκτίμηση του αναμενόμενου αντίκτυπου (μακριά από τις πυκνοκατοικημένες περιοχές και όχι στις προστατευόμενες ζώνες ή σε περιοχές σημαντικής φυσικής ομορφιάς). Τα οικιακά ηλιακά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν οπουδήποτε, ειδικά ενσωματωμένα στις στέγες των σπιτιών

- Οι κατάλληλες λειτουργικές πρακτικές (συμπεριλαμβανομένης της ορθολογικής χρήσης ύδατος, των μέτρων ασφάλειας, των πρακτικών διάθεσης αποβλήτων, της χρήσης των βιοδιασπάσιμων χημικών ουσιών, κ.λπ.)

- Η δέσμευση των δημόσιων και σχετικών οργανώσεων στα αρχικά στάδια του προγραμματισμού, προκειμένου να εξασφαλιστεί δημόσια αποδοχή

- Η χρήση των καλύτερων διαθέσιμων τεχνολογιών/ τεχνικών και της βελτίωσης της τεχνολογίας (π.χ. χρήση του αέρα ως μέσο μεταφοράς θερμότητας στα κεντρικά συστήματα πύργων)

- Η ενσωμάτωση στη δόμηση

- Οι λογικοί περιορισμοί προγραμματισμού και οι αξιολογήσεις της προ-ανάπτυξης (π.χ. στη χρήση ύδατος, την απώλεια βιότοπων, την εκτίμηση της αναμενόμενης αποταμίευσης του CO_2, κ.λπ.)

- Η κατάρτιση των εργαζομένων, χρήση ειδικών γυαλιών ηλίου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας και κατασκευής, χρήση ειδικής στολής που προστατεύει από την θερμότητα , εξοικείωση με το σύστημα

- Η αποκατάσταση της τοπικής χλωρίδας και πανίδας, που δίνει στο περιβάλλον αρκετό χρόνο να επανέρθει στην αρχική του κατάσταση

- Λεπτομερείς μελέτες εκτίμησης της περιβαλλοντικής επίδρασης για τα κεντρικά ηλιακά συστήματα

5.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Αν και η παραγωγή των ηλιακών θερμικών συστημάτων απαιτεί κάποιες λογικές ποσότητες υλικών, κατά την διάρκεια λειτουργίας τους καταναλώνονται ασήμαντες ποσότητες αυτών. Σε αυτό το χρόνο ο μόνος πιθανός περιβαλλοντικός ρύπος προκύπτει από την αλλαγή ψυκτικού μέσου, η οποία μπορεί να ελεγχθεί εύκολα από την ορθολογική εργασία αλλαγής του. Η τυχαία διαρροή των συστημάτων ψυκτικού μέσου μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά και εκπομπές αερίων από το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο, έχοντας δυσμενής επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και ασφάλεια. Αντίθετα, η μεγάλης κλίμακας επέκταση των ηλιακών θερμικών τεχνολογιών θα μειώσει σημαντικά την καύση των συμβατικών καυσίμων και θα μειώσει συνεπώς τις περιβαλλοντικές επιδράσεις που συνδέονται με αυτά τα καύσιμα.

Επιπτώσεις-Φορτία	**Τεχνολογίες/ Τεχνικές Αντιμετώπισης**
Οπτικός αντίκτυπος στην αισθητική κτιρίου	Τήρηση κανονισμών για περιβαλλοντικά φιλικό σχεδιασμό- Σωστή εγκατάσταση-Βελτιωμένη τοποθέτηση στα κτίρια- Αποφυγή τοποθέτησής τους σε κτίρια με ιστορικό ενδιαφέρον και περιοχές ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας
Στερεότυπη και τυχαία εκπομπή ρύπων	Ανακύκλωση των υλικών και χημικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους
Χρήση εδάφους	Σωστή τοποθέτηση και σχεδιασμός

Πίνακας 5: Αρνητικές επιπτώσεις της τεχνολογίας των ηλιακών συστημάτων

Περιβαλλοντικό πρόβλημα	**Ηλιακό σύστημα**
Οπτικός αντίκτυπος	++
Στερεότυπες και τυχαίες εκπομπές ρύπων	+
Χρήση εδάφους	+
Ασφάλεια και υγιεινή εργαζομένων	++
Αντίκτυπος στο οικοσύστημα	+
Επιπτώσεις στις πηγές ύδατος	++

Πίνακας 6: Διαβάθμιση των πιθανών αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ηλιακών συστημάτων

Πιο αναλυτικά:

5.4.1 Χρήση εδάφους

Για τα χαμηλά και μεσαίου μεγέθους συστήματα θερμότητας είναι τα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου συστήματος, τα οποία καθορίζουν τη χρήση εδάφους. Παραδείγματος χάριν, στην περίπτωση του οικιακού ηλιακού συστήματος παροχής ζεστού νερού, καμία εδαφική χρήση εδάφους δεν θα απαιτηθεί δεδομένου ότι το σύστημα προστίθεται συνήθως στη στέγη του υπάρχοντος κτιρίου. Τα κοινόχρηστα ηλιακά συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας μπορεί να απαιτήσουν κάποιο έδαφος, αν και οι επιφάνειες των συλλεκτών μπορούν να προστεθούν στα ήδη υπάρχοντα κτίρια. Η πρόσθετη χρήση του εδάφους ενδεχομένως να χρειαστεί για την τοποθέτηση του λέβητα αποθήκευσης του παραγόμενου ζεστού νερού.

Για τα συστήματα υψηλής θερμοκρασίας, όπου οι απαιτήσεις σε χρήση εδάφους, λόγω των συγκεντρωμένος συλλεκτών, παρουσιάζουν μεγαλύτερο πρόβλημα, σχετικά με την απώλεια βιότοπου και αλλαγών στο οικοσύστημα της περιοχής, λόγω της αυξημένης χρήσης εδάφους στην περίπτωση των συστημάτων μεγάλης κλίμακας. Από τη στιγμή όμως που αποφεύγεται η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων κοντά σε περιοχές υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας, αυτοί οι παράγοντες δεν λαμβάνονται υπόψη.

5.4.2 Εκπομπές που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε σενάριο οι απαιτήσεις του ηλιακού συστήματος σε ενέργεια, καθώς και ο βασικός παράγοντας εκπομπής αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου:

Περιοχή	Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)	Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)	Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)	Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)	Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})
Αθήνα	8,48	15,57	1,141	0	2,69
Ιεράπετρα	9,25	14,7	1,141	0	2,93
Αλεξανδρούπολη	8,46	16,55	1,141	0	2,68

Σαν βασικό παράγοντα εκπομπής έχουμε ορίσει το μίγμα καυσίμων (29,8% κάρβουνο, 55,9% ντίζελ, 9,8% φυσικό αέριο και 4,5% βιομάζα) , το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα μας, και ως προτεινόμενο παράγοντα την ηλιακή ενέργεια. Παρατηρούμε ότι η ηλιακή ενέργεια έχει μηδενικές εκπομπές, όσον αφορά το φαινόμενο που εξετάζουμε, ενώ το σύνολο των εκπομπών που καταλογίζονται στο ηλιακό σύστημα προέρχονται εξολοκλήρου από την συμβατική πηγή ενέργειας.

Όσον αφορά τις απαιτήσεις του ηλιακού συστήματος σε ενέργεια, αυτές διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή που είναι εγκατεστημένο (εξαρτάται άμεσα από τα μετεωρολογικά δεδομένα) και παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα.

Παρατηρούμε ότι για το 2^{ο} Σενάριο (Ιεράπετρα) έχουμε την μεγαλύτερη ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (9,25 GJ) από ότι στις άλλες δύο εξεταζόμενες περιοχές, καθώς επίσης και την μικρότερη ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (14,7 GJ),όπως αναμένεται άλλωστε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην συγκεκριμένη περιοχή έχουμε αυξημένη ηλιοφάνεια και επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την Αθήνα και την Αλεξανδρούπολη. Λογικό επακόλουθο των παραπάνω είναι ο ηλιακός συλλέκτης που είναι τοποθετημένος στην περιοχή της Ιεράπετρας να αποσοβεί μεγαλύτερη ποσότητα CO_2 από ότι αν τοποθετημένος σε μία από τις άλλες δύο εξεταζόμενες περιοχές (2,93 t_{CO2}).

Η αμέσως καλύτερη περιοχή από άποψη ενέργειας είναι η Αθήνα (1^o Σενάριο) και τελευταία έρχεται η Αλεξανδρούπολη (3^o Σενάριο) με ελάχιστη όμως διαφορά. Ένα ηλιακό σύστημα εγκατεστημένο στην περιοχή των Αθηνών παρουσιάζει ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας 8,48 GJ, έναντι 8,46 GJ για την περιοχή της Αλεξανδρούπολης, ενώ η ετήσια ενέργεια απαιτούμενη ενέργεια είναι της τάξης των 15,57 GJ έναντι 16,55 GJ της Αλεξανδρούπολης. Η ετήσια μείωση εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι ίση με 2,69 t_{CO2} για την περιοχή της Αθήνας και 2,68 t_{CO2} για την περιοχή της Αλεξανδρούπολης.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι από ενεργειακής άποψης η καλύτερη τοποθεσία εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος είναι αυτή της Ιεράπετρας.

Επομένως, ένα ηλιακό σύστημα συμβάλλει σημαντικά στην μείωση εκπομπών CO_2, που αποτελεί το κύριο παράγοντα που ευθύνεται για την ύπαρξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το ηλιακό σύστημα αποσοβεί στην έκλυση περίπου 2,77 t_{CO2} ετησίως.

5.4.3 Στερεότυπες και τυχαίες εκπομπές ρύπων

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός ηλιακού συστήματος είναι απαραίτητη η αλλαγή του ψυκτικού μέσου κάθε 2-3 έτη. Τέτοιες εργασίες απαιτούν προσεκτικό χειρισμό. Σε μερικές περιπτώσεις, το ψυκτικό μέσο έχει σαν βάση το νερό, αλλά είναι πιθανό να περιέχει και χημικές ουσίες αντιψυκτικές και κατά της σκουριάς, καθώς επίσης και ουσίες που διυλίζονται από το σύστημα κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Το θερμομεταφέρον υγρό είναι πιθανό να περιέχει γλυκόλη, νιτρικά άλατα, νιτρώδη άλατα, χρωμικά άλατα, θειώδη άλατα και θειικά άλατα. Για τις εφαρμογές υψηλότερης θερμοκρασίας απαιτούνται πιο σύνθετες ουσίες, όπως αρωματικές αλκοόλες, λάδια, CFCs, κ.λπ. Τα ηλιακά συστήματα μεγάλης κλίμακας απαιτούν έλεγχο αυτών των ουσιών (OECD/ IEA, 1998).

Εκτός από τις στερεότυπες εκπομπές ρύπων κατά την φυσιολογική χρήση του συστήματος, μπορεί να υπάρξει ο κίνδυνος τυχαίας ρύπανσης των υδάτων μέσω των διαρροών του θερμομεταφέροντος υγρού. Επιπρόσθετα, αν υπάρχει απώλεια ψυκτικού υγρού, οι ηλιακοί μετατροπείς μπορεί να αναπτύξουν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι και 200^{o} C). Συνεπώς, σε αυτήν την θερμοκρασία, υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς, με το πρόσθετο πρόβλημα απελευθέρωσης αερίων και την απελευθέρωση του θερμομεταφέροντος υγρού σε αεριώδες μορφή.

5.4.4 Οπτικός αντίκτυπος

Μέχρι πρόσφατα η "ενσωμάτωση" ήταν συνώνυμο του " αόρατου". Τα ηλιακά συστήματα θεωρήθηκαν ως κάτι ξεχωριστό και όχι ως μέρος του κτιρίου. Αυτή η τάση ευτυχώς άλλαξε. Οι αρχιτέκτονες ανακάλυψαν ότι τα ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν την αισθητική ενός κτιρίου και οι πελάτες τους έχουν ανακαλύψει τα θετικά αποτελέσματα της διαφήμισης του γεγονότος ότι χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια. Τα ηλιακά στοιχεία χρησιμοποιούνται ως αρχιτεκτονικά στοιχεία με ελκυστικούς τρόπους.

Ο αισθητικός αντίκτυπος των ηλιακών συστημάτων είναι προφανώς ένα θέμα προτίμησης, αν και οι επίπεδοι συλλέκτες συνήθως σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εγκαθίστανται στην σκεπή ενός κτιρίου.

Τα σύγχρονα ηλιακά θερμικά συστήματα επιτρέπουν την κατασκευή συλλεκτών που μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στα κτήρια κατά τρόπο αισθητικά ευχάριστο.

5.4.5 Επίδραση στα κτίρια

Θεωρητικά, η τοποθέτηση ηλιακών συστημάτων σε κτίρία θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο πυρκαγιάς (OECD/ IEA 1998) και την παρείσφρηση ύδατος στη στέγη. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί εύκολα, δεδομένου ότι μόνο τέσσερις τρύπες ανά ηλιακού συλλέκτη στη στέγη θα είναι αναπόσπαστο τμήμα της.

5.4.6 Άλλα φορτία

Άλλα φορτία που εμφανίζονται στα ηλιακά συστήματα (π.χ. θόρυβος κατά τη διάρκεια της περιόδου κατασκευής, οπτική παρείσφρηση, κ.λπ.) αποδεικνύονται ασήμαντα (αποφεύγονται περιοχές φυσικής ομορφιάς), επειδή τέτοια σχέδια είναι πιθανό να τοποθετηθούν σε αραιοκατοικημένες περιοχές. Επομένως, όλες οι επιδράσεις των κατάλληλα τοποθετημένων μεγάλων ηλιακών θερμικών σχεδίων αναμένονται να είναι μικρές και αναστρέψιμες.

5.5 Οικονομική ανάλυση

Κατά την εφαρμογή του RETScreen πραγματοποιείται ανάλυση του κύκλου ζωής του ηλιακού συστήματος, έτσι ώστε να υπολογιστεί το ολικό κόστος του καθώς και το πλεόνασμα των εσόδων του. Στο οικονομικό σενάριο που εφαρμόστηκε υποθέσαμε ότι όλα τα αρχικά έξοδα του ηλιακού συστήματος πληρώθηκαν εξ αρχής. Η περίοδος της οικονομικής ανάλυσης θεωρήθηκε 30 χρόνια, που είναι και η διάρκεια ζωής του συστήματος.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης για τα τρία σενάρια που χρησιμοποιήσαμε:

Περιοχή	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Αθήνα	27,8	4,1	3,8	2.091	222	3,03
Ιεράπετρα	30,2	3,8	3,5	2.396	254	3,33
Αλεξανδρούπολη	27,8	4,1	3,8	2.086	221	3,03

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξετασθεί είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να κάνει απόσβεση το σύστημά μας. Όπως παρατηρείται από τον πίνακα, ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης του ηλιακού συστήματος κυμαίνεται και ο χρόνος απόσβεσης. Για την Αθήνα και την Αλεξανδρούπολη παρατηρείται απόσβεση του συστήματος στα 4,1 χρόνια από την έναρξη λειτουργίας του, ενώ το μικρότερο χρονικό διάστημα παρατηρείται για εγκατάσταση του συστήματος στην Ιεράπετρα (3,8 χρόνια).

Η επίτευξη θετικής ταμειακής ροής αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα που πρέπει να εξετασθεί. Αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα που απαιτείται έτσι ώστε ο ιδιοκτήτης του ηλιακού συστήματος να αποζημιωθεί για την αρχική επένδυση αγοράς του. Όπως παρατηρείται από τον υπερκείμενο πίνακα, στην περιοχή της Ιεράπετρας έχουμε το μικρότερο απαιτούμενο χρονικό διάστημα (3,5 χρόνια) για την επίτευξη θετικής ταμειακής ροής, ενώ για την Αθήνα και την Αλεξανδρούπολη είναι στα 3,8 χρόνια.

Όσον αφορά το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων, παρατηρούμε ότι είναι μεγαλύτερο για ένα ηλιακό σύστημα εγκατεστημένο στην Ιεράπετρα (254 €) από ότι για το ίδιο σύστημα στην Αθήνα (222 €) και την Αλεξανδρούπολη (221 €). Αυτό οφείλεται στις γεγονός ότι στην Ιεράπετρα το σύστημά μας έχει μεγαλύτερη απόδοση, λόγω των ευνοϊκότερων καιρικών συνθηκών που επικρατούν.

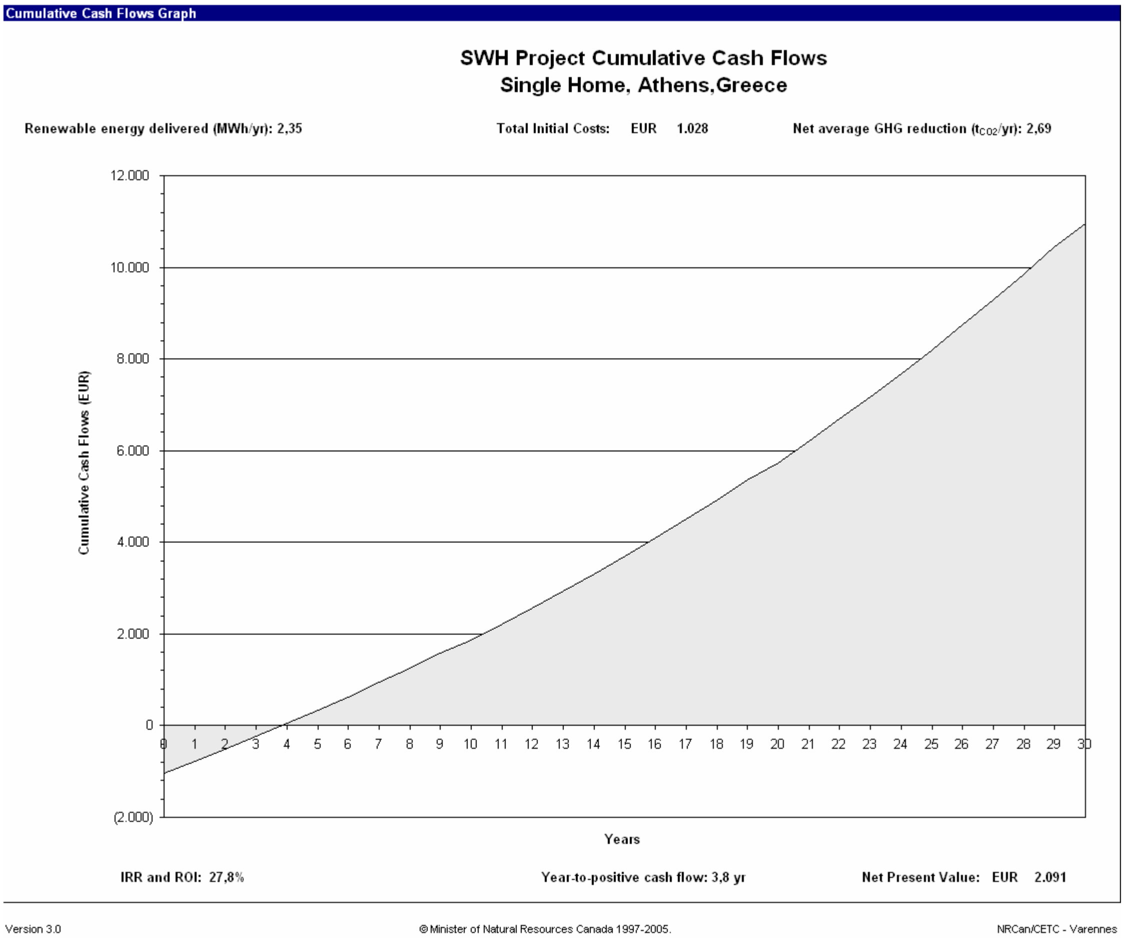
Τέλος, ο λόγος των οφελών προς το αντίστοιχο κόστος αποτελεί έναν ακόμα δείκτη αξιολόγησης του ηλιακού συστήματος. Αν ο δείκτης αυτός είναι μεγαλύτερος της μονάδας, όπως συμβαίνει στα παραπάνω σενάρια, τότε η επένδυση είναι προσοδοφόρα. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη αυτού παρουσιάζεται για εγκατάσταση του ηλιακού στην Ιεράπετρα (3,33) και έπονται οι περιπτώσεις της Αθήνας και της Αλεξανδρούπολης, όπου παρουσιάζουν ίδια τιμή για το δείκτη αυτό και ίση με 3,03.

Όπως παρατηρείται, η εγκατάσταση ενός ηλιακού συστήματος, ανάλογα με την περιοχή τοποθέτησής του, θα κάνει απόσβεση του κόστους του σε περίπου 4 χρόνια και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε κάτι λιγότερο από 4 χρόνια. Επιπλέον, θα εξοικονομεί ετησίως περίπου 230 €, ποσό το οποίο υπό άλλες συνθήκες θα καταβαλλόταν στη ΔΕΗ, αφού υποθέσαμε σαν εναλλακτική μορφή ενέργειας την ηλεκτρική.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι από άποψη κόστους η καλύτερη περιοχή εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος είναι αυτή της Ιεράπετρας.

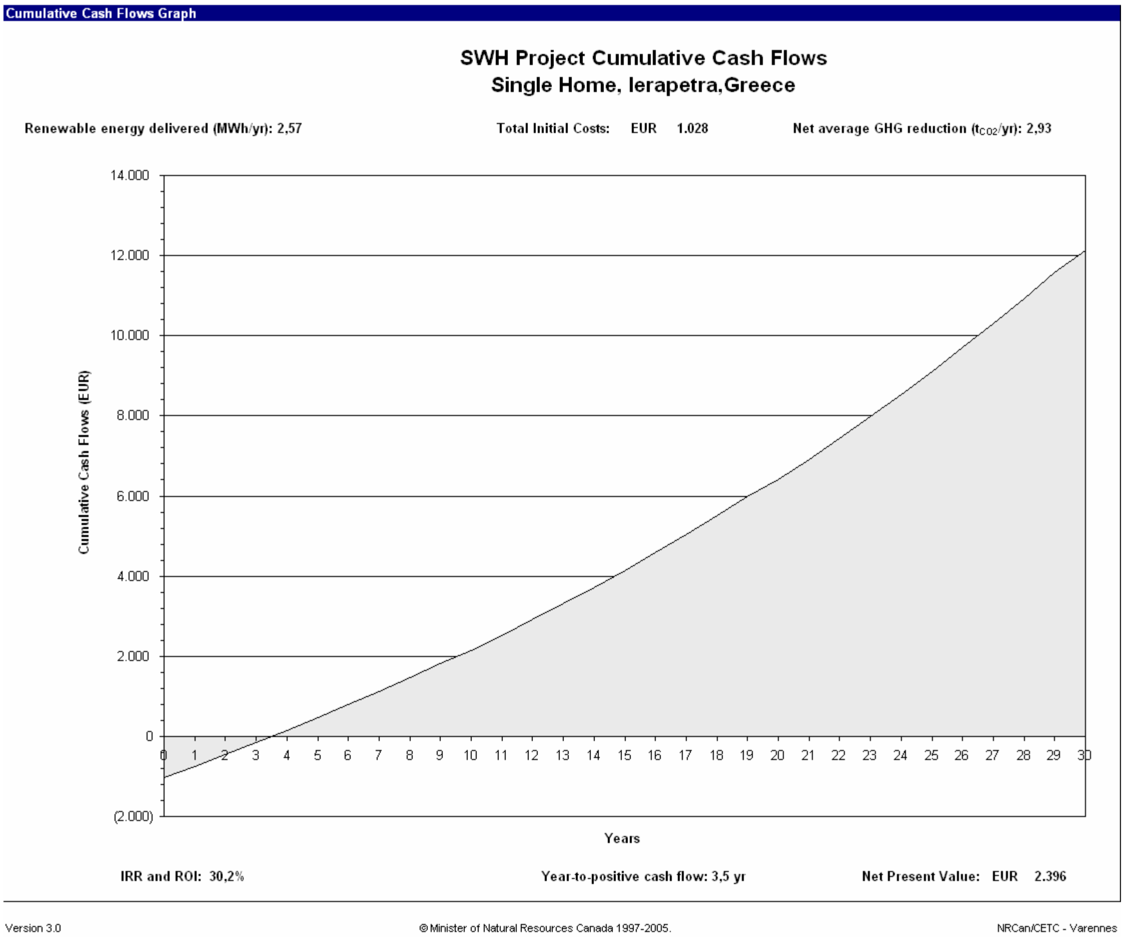
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρατηρούμε την αθροιστική ταμειακή ροή:

❖ **Σενάριο 1^{o}**



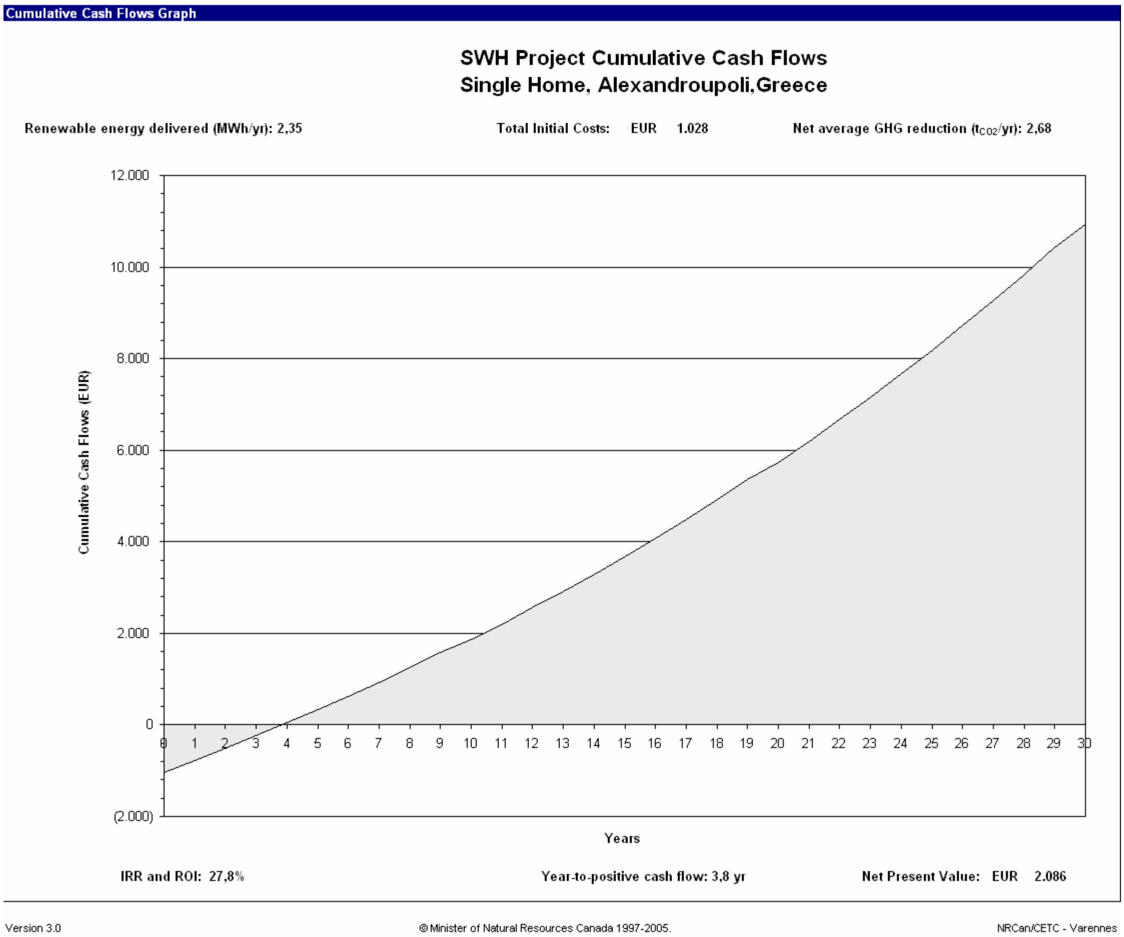
Διάγραμμα αθροιστικής ταμειακής ροής για το 1^{o} Σενάριο (περιοχή Αθηνών) (RETScreen).

❖ **Σενάριο 2ο**



Διάγραμμα αθροιστικής ταμειακής ροής για το 2ο Σενάριο (περιοχή Ιεράπετρας) (RETScreen).

❖ **Σενάριο 3ο**



Διάγραμμα αθροιστικής ταμειακής ροής για το 3ο Σενάριο (περιοχή Αλεξανδρούπολης) (RETScreen).

5.6 Μελέτη της βέλτιστης περιοχής

Συγκρίνοντας τις τρεις περιοχές εγκατάστασης του ηλιακού μας συστήματος βάσει των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά την εφαρμογή του προγράμματος καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η βέλτιστη περιοχή εγκατάστασής του είναι αυτή της Ιεράπετρας.

Στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε το πρόγραμμα για αυτήν την περιοχή και για το ίδιο ηλιακό σύστημα, αλλάζοντας όμως κάποιες από τις παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η απόδοση του συστήματος και η κλίση του ηλιακού συλλέκτη, έτσι ώστε να προσπαθήσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την συμπεριφορά του συστήματος σε πιθανές μελλοντικές κλιματολογικές αλλαγές (π.χ. αύξηση θερμοκρασίας εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου) καθώς και σε μηχανολογικές αλλαγές.

5.6.1 Αλλαγή της κλίσης του ηλιακού συλλέκτη

Στις περισσότερες περιπτώσεις η κλίση του ηλιακού συλλέκτη πρέπει να είναι ίση με:

- Την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί. Αυτή είναι η κλίση, με την οποία μεγιστοποιείται η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

- Την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί μείον 15^o. Αυτή είναι η κλίση που μεγιστοποιεί την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον ηλιακό συλλέκτη κατά της διάρκεια του καλοκαιριού.

- Την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί συν 15^o. Αυτή είναι η κλίση που μεγιστοποιεί την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη κατά την διάρκεια του χειμώνα. Η συγκεκριμένη κλίση προτείνεται επίσης και για κρύα κλίματα, όπου ελαχιστοποιεί την συσσώρευση του χιονιού στην επιφάνεια του συλλέκτη.

- Την κλίση της στέγης στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί ο ηλιακός συλλέκτης. Αυτή η κλίση δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον από ενεργειακής άποψης, απλά μειώνει τα έξοδα εγκατάστασης του συλλέκτη και αυξάνει την καλαισθησία του κτιρίου.

Κατά της εφαρμογή του προγράμματος για τα σενάρια που επιλέξαμε, στην τιμή της κλίσης του συλλέκτη τοποθετήσαμε την τιμή του απόλυτου γεωγραφικού πλάτους της εκάστοτε περιοχής. Για την περιοχή της Ιεράπετρας η κλίση του συλλέκτη είναι ίση με $35{,}5^o$.

1. Η πρώτη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η κλίση του ηλιακού συλλέκτη να είναι ίση με $35{,}5^o - 15^o = 20{,}5^o$, δηλαδή να είναι ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της Ιεράπετρας μείον 15^o. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται παρακάτω:

Περιοχή	**Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)**	**Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)**	**Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})**
Ιεράπετρα	9,18	14,7	1,141	0	2,91

Με την συγκεκριμένη τιμή της κλίσης παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 9,18 GJ, η οποία είναι μικρότερη από αυτή των 9,25 GJ που επιτυγχάνουμε σε περίπτωση που ο συλλέκτης έχει κλίση ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της εξεταζόμενης περιοχής ($35{,}5^o$). Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η τιμή αυτή για την κλίση μεγιστοποιεί την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον ηλιακό συλλέκτη μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπως προαναφέραμε. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζει διαφορά στην τιμή, όπως άλλωστε συμβαίνει και με τις τιμές του βασικού και προτεινόμενου παράγοντα εκπομπής. Αντίθετα, η τιμή της ετήσιας μείωσης εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενου του θερμοκηπίου παρουσιάζει μείωση σε αυτήν την περίπτωση ($2{,}91\ t_{CO2} < 2{,}93\ t_{CO2}$), που είναι λογικό επακόλουθο της μείωσης της τιμής που προκύπτει για την ετήσια παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

Επομένως, από ενεργειακής άποψης, αν θέσουμε την κλίση του ηλιακού συλλέκτη ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της περιοχή μείον 15^o δεν θα έχουμε την βέλτιστη λειτουργία του ηλιακού συστήματος. Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	30,0	30,0	3,8	3,5	2.367	251	3,30

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε μείωση της τάξης του 0,2%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην χρονική περίοδο που χρειάζεται μέχρι να κάνει απόσβεση η αγορά του προϊόντος. Η μείωσή τους είναι λογικό επακόλουθο, αφού με την συγκεκριμένη κλίση του ηλιακού συλλέκτη δεν αξιοποιούνται στο έπακρο οι δυνατότητές του από ενεργειακής άποψης.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, δεν παρατηρούμε αλλαγές σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Αντίθετα, παρατηρείται μείωση της καθαρής παρούσας αξίας από 2.396 € σε 2.367 €, καθώς και του ετήσιου πλεονάσματος από 254 € σε 251 €, που κι αυτά δικαιολογούνται βάσει των όσων έχουν προαναφερθεί.

Τέλος, παρατηρείται μείωση του λόγου που παρουσιάζουν τα οφέλη προς το κόστος του ηλιακού συστήματος από 3,33 σε 3,30. Ο λόγος αυτός, όπως ειπωθεί παραπάνω, αν είναι μεγαλύτερος της μονάδας σημαίνει πως η αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος είναι προσοδοφόρα επένδυση. Το γεγονός ότι μειώθηκε κατά 0,3 μονάδες αποτελεί επακόλουθο της όχι τόσο καλής εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που παρέχει το ηλιακό μας σύστημα.

2. Η δεύτερη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η κλίση του ηλιακού συλλέκτη να είναι ίση με $35{,}5^o + 15^o = 50{,}5^o$, δηλαδή να είναι ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της Ιεράπετρας συν 15^o. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται παρακάτω:

Περιοχή	**Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)**	**Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)**	**Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})**
Ιεράπετρα	8,85	14,7	1,141	0	2,80

Με την συγκεκριμένη τιμή της κλίσης παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 8,85 GJ, η οποία είναι μικρότερη από αυτή των 9,25GJ που επιτυγχάνουμε σε περίπτωση που ο συλλέκτης έχει κλίση ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της εξεταζόμενης περιοχής ($35{,}5^o$) και μικρότερη από την περίπτωση που ο ηλιακός συλλέκτης έχει κλίση ίση με αυτή των $20{,}5^o$. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η τιμή αυτή για την κλίση μεγιστοποιεί την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον ηλιακό συλλέκτη μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου έχουμε λιγότερη ηλιοφάνεια. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζει διαφορά στην τιμή, όπως άλλωστε συμβαίνει και με τις τιμές του βασικού και προτεινόμενου παράγοντα εκπομπής. Αντίθετα, η τιμή της ετήσιας μείωσης εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενου του θερμοκηπίου παρουσιάζει μείωση σε αυτήν την περίπτωση ($2{,}80\ t_{CO2} < 2{,}91\ t_{CO2} < 2{,}93\ t_{CO2}$), που είναι λογικό επακόλουθο της μείωσης της τιμής που προκύπτει για την ετήσια παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

Επομένως, από ενεργειακής άποψης, αν θέσουμε την κλίση του ηλιακού συλλέκτη ίση με την απόλυτη τιμή του γεωγραφικού πλάτους της περιοχή συν 15^o δεν θα έχουμε την βέλτιστη λειτουργία του ηλιακού συστήματος.

Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	29,0	29,0	3,9	3,7	2.238	237	3,18

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε μείωση της τάξης του 1,2%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην χρονική περίοδο που χρειάζεται μέχρι να κάνει απόσβεση η αγορά του προϊόντος. Η μείωσή τους είναι λογικό επακόλουθο, αφού με την συγκεκριμένη κλίση του ηλιακού συλλέκτη δεν αξιοποιούνται στο έπακρο οι δυνατότητές του από ενεργειακής άποψης.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, παρατηρούμε αλλαγές σε σχέση τόσο με το αρχικό όσο και με το προηγούμενο σενάριο, που είχαμε θέσει ως κλίση του συλλέκτη τις $20{,}5^o$. Το ηλιακό σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 3,9 χρόνια (>3,8 χρόνια) και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε 3,7 χρόνια (>3,5 χρόνια). Επιπρόσθετα, παρατηρείται μείωση της καθαρής παρούσας αξίας από 2.396 € σε 2.238 € (μικρότερη και από αυτή των 2.367 € που σημειώθηκε για κλίση $20{,}5^o$), καθώς και του ετήσιου πλεονάσματος από 254 € σε 237 € (κι εδώ μικρότερο των 251 € που σημειώθηκε για κλίση $20{,}5^o$) , που κι αυτά δικαιολογούνται βάσει των όσων έχουν προαναφερθεί.

Τέλος, παρατηρείται μείωση του λόγου που παρουσιάζουν τα οφέλη προς το κόστος του ηλιακού συστήματος από 3,33 σε 3,18 (<3,30). Ο λόγος αυτός, όπως ειπωθεί παραπάνω, αν είναι μεγαλύτερος της μονάδας σημαίνει πως η αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος είναι προσοδοφόρα επένδυση. Το γεγονός ότι μειώθηκε κατά 0,15 μονάδες αποτελεί επακόλουθο της όχι τόσο καλής εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που παρέχει το ηλιακό μας σύστημα.

5.6.2 Μεταβολή της θερμοκρασίας

Σε αυτή την περίπτωση θα εξετάσουμε την αντίδραση του ηλιακού συστήματος που μελετάμε σε ενδεχόμενη αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας για την περιοχή της Ιεράπετρας. Για αυτό το σκοπό μεταβάλλαμε τις ήδη υπάρχουσες τιμές για τις μηνιαίες θερμοκρασίες που παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης μας κατά ±5^{o} C.

1. Η πρώτη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η αύξηση των μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας κατά 5^{o} C. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ως εξής:

Περιοχή	**Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)**	**Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)**	**Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})**
Ιεράπετρα	8,73	12,86	1,141	0	2,77

Με την συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 8,73 GJ, η οποία είναι μικρότερη από αυτή των 9,25GJ που επιτυγχάνουμε με την υπάρχουσα κατάσταση. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχουμε τόσο μικρότερες απαιτήσεις σε ενέργεια έχει το ηλιακό σύστημα για να επιτύχει τη θέρμανση του νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία των 60^o C. Το ίδιο συμβαίνει και με την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια, όπου κι εκεί παρατηρούμε μείωση της τιμής της από 14,7 GJ σε 12,86 GJ. Αντίθετα, στην τιμή τόσο του βασικού όσο και του προτεινόμενου παράγοντα εκπομπής δεν παρατηρείται διαφορά σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Τέλος, όσον αφορά την ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου παρατηρείται απόκλιση από το αρχικό σενάριο και συγκεκριμένα έχουμε μείωση από 2,93 t_{CO2} σε 2,77 t_{CO2}, που είναι λογικό επακόλουθο της μείωσης της τιμής που προκύπτει για την ετήσια παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

Επομένως, από ενεργειακής άποψης, αν έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας θα έχουμε και μικρότερες απαιτήσεις από το ηλιακό σύστημα.

Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	28,6	28,6	4,0	3,7	2.192	233	3,13

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε μείωση της τάξης του 1,6%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην πραγματική τιμή της απόδοσης του ηλιακού συστήματος.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, παρατηρούμε αποκλίσεις από το αρχικό σενάριο. Το ηλιακό σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 4 χρόνια (>3,8 χρόνια) και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε 3,7 χρόνια (>3,5 χρόνια). Επιπρόσθετα, παρατηρείται μείωση της καθαρής παρούσας αξίας από 2.396 € σε 2.192 €, καθώς και του ετήσιου πλεονάσματος από 254 € σε 233 € , που κι αυτά δικαιολογούνται βάσει των όσων έχουν προαναφερθεί.

Τέλος, παρατηρείται μείωση του λόγου που παρουσιάζουν τα οφέλη προς το κόστος του ηλιακού συστήματος από 3,33 σε 3,13. Ο λόγος αυτός, όπως ειπωθεί παραπάνω, αν είναι μεγαλύτερος της μονάδας σημαίνει πως η αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος είναι προσοδοφόρα επένδυση. Το γεγονός ότι μειώθηκε κατά 0,2 μονάδες αποτελεί επακόλουθο της όχι τόσο καλής εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που παρέχει το ηλιακό μας σύστημα.

2. Η δεύτερη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η μείωση των μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας κατά 5^o C. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ως εξής:

Περιοχή	**Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)**	**Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)**	**Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})**
Ιεράπετρα	9,69	16,54	1,141	0	3,07

Με την συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 9,69 GJ, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή των 9,25GJ που επιτυγχάνουμε με την υπάρχουσα κατάσταση. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο μικρότερη θερμοκρασία έχουμε τόσο μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ενέργεια έχει το ηλιακό σύστημα για να επιτύχει τη θέρμανση του νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία των 60^o C. Το ίδιο συμβαίνει και με την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια, όπου κι εκεί παρατηρούμε αύξηση της τιμής της από 14,7 GJ σε 16,54 GJ. Αντίθετα, στην τιμή τόσο του βασικού όσο και του προτεινόμενου παράγοντα εκπομπής δεν παρατηρείται διαφορά σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Τέλος, όσον αφορά την ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου παρατηρείται απόκλιση από το αρχικό σενάριο και συγκεκριμένα έχουμε αύξηση από 2,93 t_{CO2} σε 3,07 t_{CO2}, που είναι λογικό επακόλουθο της αύξησης της τιμής που προκύπτει για την ετήσια παροχή σε ανανεώσιμη ενέργεια.

Επομένως, από ενεργειακής άποψης, αν έχουμε μείωση της θερμοκρασίας θα έχουμε και μεγαλύτερες απαιτήσεις από το ηλιακό σύστημα.

Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	31,6	31,6	3,6	3,4	2.571	273	3,50

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε αύξηση της τάξης του 1,4%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην πραγματική απόδοση του ηλιακού συστήματος.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, παρατηρούμε αποκλίσεις από το αρχικό σενάριο. Το ηλιακό σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 3,6 χρόνια (<3,8 χρόνια) και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε 3,4 χρόνια (<3,5 χρόνια). Επιπρόσθετα, παρατηρείται αύξηση της καθαρής παρούσας αξίας από 2.396 € σε 2.571 €, καθώς και του ετήσιου πλεονάσματος από 254 € σε 273 € , που κι αυτά δικαιολογούνται βάσει των όσων έχουν προαναφερθεί.

Τέλος, παρατηρείται αύξηση του λόγου που παρουσιάζουν τα οφέλη προς το κόστος του ηλιακού συστήματος από 3,33 σε 3,50. Ο λόγος αυτός, όπως ειπωθεί παραπάνω, αν είναι μεγαλύτερος της μονάδας σημαίνει πως η αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος είναι προσοδοφόρα επένδυση. Το γεγονός ότι αυξήθηκε κατά 0,2 μονάδες αποτελεί επακόλουθο της αναγκαίας αγοράς ηλιακού συλλέκτη.

5.6.3 Άλλες αλλαγές παραμέτρων

Για την εφαρμογή του προγράμματος είναι απαραίτητη η εισαγωγή τιμών για παραμέτρους όπως η απόδοση του συλλέκτη, οι γενικές απώλειες του συλλέκτη, η απόδοση του συστήματος θέρμανσης με ηλεκτρική ενέργεια, η αποτελεσματικότητα του εναλλάκτη θερμότητας, οι θερμοκρασιακές απώλειες του λέβητα και οι απώλειες εξαιτίας χιονόπτωσης ή επικάθισης κόκκων σκόνης στην επιφάνεια του συλλέκτη και το ποσοστό του ζεστού νερού που χρησιμοποιείται ημερησίως. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων κυμαίνονται μεταξύ ενός ελάχιστου κι ενός μέγιστου.

Θα εφαρμόσουμε το πρόγραμμα για τις δυσχερέστερες περιπτώσεις, για να ερευνήσουμε τη συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος για ακραίες μεταβολές.

1.Η πρώτη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος αν έχουμε την μικρότερη δυνατή απόδοση του συστήματος θέρμανσης όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια (55%), την μικρότερη απόδοση του συλλέκτη (0,5), τις μεγαλύτερες γενικές απώλειες του συλλέκτη (6,00), την μικρότερη απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας (50%), το μεγαλύτερο ποσοστό θερμικών απωλειών του λέβητα (10%) και το μεγαλύτερο ποσοστό θερμικών απωλειών του συλλέκτη (10%), εξαιτίας επικάθισης σκόνης ή χιονιού. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ως εξής:

Περιοχή	Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)	Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)	Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)	Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)	Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})
Ιεράπετρα	2,59	14,7	1,660	0	1,19

Με την εφαρμογή αυτών των μέγιστων τιμών παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 2,59 GJ, η οποία είναι μικρότερη από αυτή των 9,25GJ που επιτυγχάνουμε με την υπάρχουσα κατάσταση. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουμε υποθέσει ότι ο ηλιακός συλλέκτης έχει την μικρότερη δυνατή απόδοση (0,5) και τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες (6 $W/m^2/^oC$). Όσον αφορά την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια δεν παρατηρείται καμία μεταβολή της τιμής της. Η τιμή του βασικού παράγοντα εκπομπής παρουσιάζει διαφορά σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Εδώ υπολογίζεται σε 1,660 t_{CO2}/MWh ενώ στο αρχικό σενάριο υπολογίσθηκε 0,141 t_{CO2}/MWh. Αυτό οφείλεται στην μείωση του συντελεστή απόδοσης για θέρμανση του ύδατος με ηλεκτρική ενέργεια από 80% σε 55%. Τέλος, όσον αφορά την ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου παρατηρείται απόκλιση από το αρχικό σενάριο και συγκεκριμένα έχουμε μείωση από 2,93 t_{CO2} σε 1,19 t_{CO2}, που είναι λογικό επακόλουθο της μείωσης της παρεχόμενης ανανεώσιμης ενέργειας.

Επομένως, από ενεργειακή άποψη, αν εφαρμόσουμε στο ηλιακό μας σύστημα τις συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν θα έχουμε μειωμένη απόδοση του συστήματος (από 52% σε 15%).

Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	12,2	12,2	10,1	8,7	225	24	1,22

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε μείωση της τάξης του 18%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην πραγματική απόδοση του ηλιακού συστήματος.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, παρατηρούμε αποκλίσεις από το αρχικό σενάριο. Το ηλιακό σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 10,1 χρόνια (>>3,8 χρόνια) και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε 8,7 χρόνια (>>3,5 χρόνια). Η καθαρή παρούσα αξία του μειώνεται στα 225€ από 2.396€ που ήταν στο αρχικό μας σενάριο, όπως επίσης και το ετήσιο πλεόνασμα εσόδων, το οποίο από 254€ μειώνεται στα 24€. Τέλος, ο λόγος όφελος προς κόστος μειώνεται από 3,33, που ήταν στο αρχικό σενάριο, στο 1,22. Όλα τα παραπάνω απορρέουν από το γεγονός ότι το ηλιακό μας σύστημα, σε αυτό το σενάριο, έχει πολύ μικρή απόδοση.

Παρόλα αυτά, ο λόγος όφελος προς κόστος είναι μεγαλύτερος της μονάδας (1,22 > 1), οπότε ακόμα και με μειωμένη απόδοση το σύστημά μας αποτελεί προσοδοφόρα αγορά και λειτουργεί ικανοποιητικά.

2.Η δεύτερη περίπτωση που θα εξετάσουμε είναι η συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος αν έχουμε την μεγαλύτερη απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του ύδατος με ηλεκτρική ενέργεια (350%), την μεγαλύτερη απόδοση του συλλέκτη (0,9), τις ελάχιστες γενικές απώλειες του συλλέκτη (3,50), την μεγαλύτερη απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας (85%), τις ελάχιστες θερμικές απώλειες του λέβητα (1%) και τις ελάχιστες απώλειες εξαιτίας επικάθισης σκόνης ή χιονιού στην επιφάνεια του συλλέκτη (2%) . Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ως εξής:

Περιοχή	**Ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (GJ)**	**Ετήσια απαιτούμενη ενέργεια (GJ)**	**Βασικός παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Προτεινόμενος παράγοντας εκπομπής (t_{CO2}/MWh)**	**Ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (t_{CO2})**
Ιεράπετρα	9,39	14,7	0,261	0	0,68

Με την εφαρμογή αυτών των τιμών παρατηρούμε ότι η ετήσια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας είναι 9,39 GJ, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή των 9,25GJ που επιτυγχάνουμε με την υπάρχουσα κατάσταση. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουμε υποθέσει ότι ο ηλιακό μας συλλέκτης έχει τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση (0,9) καθώς και τις μικρότερες θερμικές απώλειες (3,50 $W/m^2/^oC$). Όσον αφορά την ετήσια απαιτούμενη ενέργεια δεν παρατηρείται καμία μεταβολή της τιμής της. Η τιμή του βασικού παράγοντα εκπομπής παρουσιάζει διαφορά σε σχέση με το αρχικό σενάριο. Εδώ υπολογίζεται σε 0,261 t_{CO2}/MWh ενώ στο αρχικό σενάριο υπολογίσθηκε 0,141 t_{CO2}/MWh. Αυτό οφείλεται στην αλλαγή του συντελεστή απόδοσης του συστήματος από 80% σε 350%. Τέλος, όσον αφορά την ετήσια μείωση εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου παρατηρείται απόκλιση από το αρχικό σενάριο και συγκεκριμένα έχουμε μείωση από 2,93 t_{CO2} σε 0,68 t_{CO2}, που είναι λογικό επακόλουθο της αύξησης της τιμής που προκύπτει για τον βασικό παράγοντα εκπομπής.

Επομένως, από ενεργειακή άποψη, αν εφαρμόσουμε στο ηλιακό μας σύστημα τις συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν θα έχουμε αυξημένη απόδοση του συστήματος (από 52% σε 53%).

Από οικονομικής άποψης προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Οικονομική Βιωσιμότητα							
Περιοχή	**Προ-φόρων IRR-ROI (%)**	**Μετά-φόρων IRR-ROI (%)**	**Χρόνος Αποπληρωμής (yr)**	**Επίτευξη θετικής ταμειακής ροής (yr)**	**Καθαρή παρούσα αξία (€)**	**Ετήσιο πλεόνασμα εσόδων (€)**	**Λόγος Οφέλη-κόστους (B-C)**
Ιεράπετρα	5,4	5,4	20	16,2	-415	-44	0,60

Για τους δείκτες IRR-ROI παρατηρούμε μείωση της τάξης του 24,8%. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην πραγματική απόδοση του ηλιακού συστήματος.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται έτσι ώστε το ηλιακό μας σύστημα να κάνει απόσβεση καθώς επίσης και αυτό της επίτευξης θετικής ταμειακής ροής, παρατηρούμε αποκλίσεις από το αρχικό σενάριο. Το ηλιακό σύστημα θα κάνει απόσβεση σε 20 χρόνια (>>3,8 χρόνια) και θα επιτύχει θετική ταμειακή ροή σε 16,2 χρόνια (>>3,5 χρόνια). Επιπρόσθετα, παρατηρείται αρνητική τιμή της καθαρής παρούσας αξίας (-415€), καθώς και του ετήσιου πλεονάσματος (-44€). Τέλος, ο λόγος οφέλη προς κόστος προκύπτει 0,60 κι επειδή είναι μικρότερος της μονάδας συμπεραίνουμε ότι δεν είναι προσοδοφόρα η αγορά του ηλιακού συστήματος με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

5.7 Μεθοδολογικές αδυναμίες

Το RETScreen δεν παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης του κύκλου ζωής του ηλιακού συλλέκτη. Δεν χρησιμοποιεί καθόλου δεδομένα όσον αφορά τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται το σύστημά μας (είδος υλικών, απαιτούμενες ποσότητες, βαθμούς επικινδυνότητας, επεξεργασία των υλικών αυτών μετά το πέρας της ζωής τους) με αποτέλεσμα να μην έχουμε μια πιο εμπεριστατωμένη άποψη για την περιβαλλοντική συμπεριφορά του. Ασχολείται περισσότερο με τις εκπομπές που προέρχονται από την χρήση της συμβατικής ενέργειας και με αυτό τον τρόπο αξιολογεί κατά πόσο ο ηλιακός συλλέκτης είναι φιλικός προς το περιβάλλον. Επικεντρώνεται δε ιδιαίτερα στις οικονομικές επιπτώσεις ενός τέτοιου συστήματος, απαντώντας στο ερώτημα του καταναλωτή «Κατά πόσο είναι συμφέρουσα η αγορά του;»

5.8 Προτάσεις

Η κυβερνητική πολιτική για τα ηλιακά θερμικά συστήματα διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα και είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό της επιτυχίας ή μη της αγοράς. Σε κάποιες χώρες τα ηλιακά θερμικά συστήματα τιμωρούνται με την επιβολή μεγαλύτερου συντελεστή ΦΠΑ από άλλα καύσιμα. Σε άλλες χώρες δίδονται κίνητρα για την ώθηση της αγοράς και αυτές τείνουν να είναι οι χώρες με την δυναμικότερη ανάπτυξη αγοράς. Όμως, τέτοια κίνητρα πρέπει να γίνουν πιο διαδεδομένα, ομοιόμορφα και διαφανή.

Για την πλήρη εκμετάλλευση των ευκαιριών που προσφέρει η ηλιακή ενέργεια, χρειάζονται κυβερνητικές πολιτικές που προωθούν ενεργά τα ηλιακά συστήματα μέσω κινήτρων που στοχεύουν στην αύξηση της διείσδυσης στην αγορά. Είναι αναγκαία η ανάπτυξη μιας μεγάλης ηλιακής αγοράς για να επιτευχθεί μία σημαντική ηλιακή συνεισφορά στην παροχή ενέργειας της Ευρώπης, η οποία επιπλέον θα δυναμώσει τις οικονομίες των Μελών Κρατών της Ενωμένης Ευρώπης, θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και θα αυξήσει τις ευκαιρίες εξαγωγών παγκοσμίως.

Το πιο σημαντικό στοιχείο στις εθνικές πολιτικές και στην πολιτική της Ενωμένης Ευρώπης για την προώθηση των ηλιακών θερμικών είναι να εστιάζονται στην στήριξη της διείσδυσης της αγοράς. Συγκεκριμένες ενέργειες που πρέπει να γίνουν συμπεριλαμβάνουν τις ακόλουθες:

- Άρση των επιδοτήσεων των ορυκτών και πυρηνικών μορφών ενέργειας που παρέχονται από την ενσωμάτωση των εξωτερικών εξόδων.

- Προγράμματα επιδοτήσεων για ηλιακά θερμικά συστήματα χρειάζονται για περιορισμένο χρόνο κατά την τωρινή φάση ανάπτυξης, ώστε να αυξηθεί η διείσδυση στην αγορά.

- Παρακίνηση της ζήτησης με ενημερωτικές καμπάνιες και επιδεικτικά έργα.

- Υποστήριξη της ανάπτυξης της υποδομής της ηλιακής βιομηχανίας μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων για σχεδιαστές και εγκαταστάτες, της ανάπτυξης τυποποίησης και κωδικών λειτουργίας και της διεύρυνσης των διαδικασιών για την εγγυημένη ηλιακή απόδοση.

- Βελτίωση της μεταφοράς γνώσεων από χώρες με μεγαλύτερη διείσδυση αγοράς σε χώρες χωρίς καμία διείσδυση.

- Αυστηρή τήρηση πολεοδομικών κανόνων ρύθμισης της ενεργειακής κατανάλωσης σε νέα κτίρια – αυτό θα παρακινήσει την αγορά για ηλιακά συστήματα οικιακής χρήσης μαζί με άλλα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο}

6.1 Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά ενός οικιακού ηλιακού συλλέκτη, όσον αφορά το περιβάλλον και τις κοινωνικο-οικονομικές του επιπτώσεις, στο περιβάλλον εργασίας του RETScreen.

Η μελέτη ηλιακού συστήματος με συνολική επιφάνεια συλλέκτη 2,6 m^2 και δοχείο αποθήκευσης χωρητικότητας 150 l, έχει ως αποτέλεσμα την παροχή περίπου 8,73 GJ ηλιακής ενέργειας ετησίως. Αυτά τα αποτελέσματα αναφέρονται σε μια τετραμελή οικογένεια. Οι μηνιαίες τιμές της ενεργειακής ροής, που προκύπτουν από την ολική ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ο συλλέκτης, η απαιτούμενη ενέργεια που παρέχεται στο δοχείο αποθήκευσης του νερού, οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή ζεστού νερού, η θερμοκρασία περιβάλλοντος του νερού που εισέρχεται στο σύστημα, η ενέργεια που απαιτείται από την εναλλακτική πηγή και η συμβολή του ηλιακού συλλέκτη υπολογίζονται αυτόματα από το RETScreen σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα της εκάστοτε περιοχής.

Τα οικονομικά χαρακτηριστικά του συστήματος (τιμές των επιμέρους τμημάτων του και κοστολόγηση εγκατάστασης και συντήρησής του) έδωσαν θετικές ροές στα διαγράμματα που αναπτύχθηκαν. Χρησιμοποιώντας σαν εφεδρική πηγή ενέργειας την ηλεκτρική με τιμή 0,09 €/kWh, προέκυψε το συμπέρασμα ότι το ηλιακό σύστημα παρουσιάζει χρόνο αποπληρωμής 4 χρόνια περίπου, ενώ από οικονομική άποψη έχουμε εξοικονόμηση 232 €/yr περίπου. Οπότε κατά την διάρκεια ζωής του, που υπολογίζεται γύρω στα 30 χρόνια, η ολική ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων φθάνει τα 6.960 € περίπου.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα (ενεργειακά και οικονομικά), που προέκυψαν σε κάθε μία από τις τρεις περιοχές μελέτης για την συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος, παρατηρήσαμε ότι το σύστημά μας έχει καλύτερη συμπεριφορά στην περιοχή της Ιεράπετρας. Μετά από αυτή μας τη διαπίστωση, αναρωτηθήκαμε τι θα άλλαζε στην ενεργειακή και οικονομική του ηλιακού συστήματος στην περίπτωση που αλλάξουν είτε κάποια χαρακτηριστικά του συστήματος (κλίση του συλλέκτη, άλλες παράμετροι), είτε τα κλιματολογικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής.

Από τα καινούρια σενάρια που δημιουργήθηκαν παρατηρήσαμε ότι η αλλαγή της κλίσης του συλλέκτη οδηγεί σε ενεργειακά και οικονομικά αποτελέσματα μικρότερης αξίας από αυτά του αρχικού σεναρίου. Το ίδιο συμβαίνει και για τις αλλαγές σε κλιματολογικά δεδομένα και άλλες παραμέτρους του συστήματος. Αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε κανένα από τα σενάρια που εξετάσθηκαν (αρχικά ή δευτερεύοντα) δεν διαπιστώθηκαν εκπομπές αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, για την φάση λειτουργίας του ηλιακού συστήματος. Όλα τα σενάρια είχαν μηδενικές τιμές όσον αφορά τις συγκεκριμένες εκπομπές.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα εξάγουμε το συμπέρασμα ότι τα ηλιακά συστήματα παρέχουν σημαντική προστασία του περιβάλλοντος με χαμηλό κόστος.

Βιβλιογραφία

1. ΕΒΗΕ 2005, *Η αγορά των ηλιοθερμικών συστημάτων.*
2. Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Απρίλιος 2005, *Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την περίοδο 2005-2007*
3. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency of Toxic Substances and Disease Registry, July 1999, *Toxicological Profile for Aluminum.*
4. ATSDR, January 20 2005, *Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances.*
5. ATSDR, September 2004, *Public Health Statement for Copper.*
6. ATSDR, July 1999, *Toxicological Profile for Aluminum.*
7. Barometre du Solaire Thermique, Octobre 2004, Systemes Solaires n^{o} 163
8. Volume II of *Risk Assessment Guidance for Superfund* is the *Environmental Evaluation Manual* (EPA 1989b).
9. European Commission, Eurostat, 2001, *Collection of Statistical data on Solar Energy Applications in Greece,* Final Report by C.R.E.S.-Department of Energy Information Systems.
10. F. Ardente et al., February 2005, *Life Cycle Assessment of a Solar Thermal Collector,* Renewable Energy Volume 30, Issue 2, Pages 109-130.
11. T. Tsoutsos et al., 2005, *Environmental impacts from the solar energy technologies,* Energy Policy 33, Pages 289-296.
12. G. Tsilingiridis et al., 11 December 2003, *Life cycle environmental impacts of a solar thermosyphonic domestic solar hot water system in comparison with electrical and gas water heating,* Renewable Energy 29 (2004), Pages 1277-1288.
13. European Solar Thermal Industry Federation, April 2003, *Sun in Action II- A Solar Thermal Strategy for Europe.*
14. ATSDR, August 23, 2004, Public Health Statement, *Elizabeth Copper Mine,* CERLIS No VTD988366621.
15. U.S. EPA, IRIS, *Diesel Engine Exhaust.*

16. ESTIF 2005, *Solar Thermal Systems in Europe.*
17. Dr. I. Paradissiadis, *Greek Solar Thermal Market.*
18. ATSDR 2004, Public Health Statement, ICG Iselin Railroad Yard, Jackson, Madison County, Tennessee, *Environmental Contamination and other Hazards.*
19. S. Behrendt et al., 1997, *Life Cycle Assessment.*
20. Manual RETScreen
21. Manual SimaPro
22. Β.Ι.Π.Ε.- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 2000, *Οικολογική Δόμηση,* Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

Κατάλογος Πινάκων

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Λεξιλόγιο

MF= Modifying Factor

RfC = Reference Concentration

RfD = Reference Dose

UF = Uncertainty Factor

E.C. = European Committee

ESTIF = European Solar Thermal Industry Federation

EBHE = Ένωση Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας

E.E. = Ευρωπαϊκή Ένωση

ΑΠΕ = Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

IEA = International Environmental Agency

AKZ = Ανάλυση Κύκλου Ζωής

ATSDR = Agency for Toxic Substances and Disease Registry

EPA = U.S. Environmental Protection Agency

OSHA =Occupational Safety and Health Administration

FDA = Food and Drug Administration

NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health

RDA = Recommended Dietary Allowances

MRL = Minimal Risk Level

RBC-N = Risk- Based Concentration for Non Concern effects

DE = Diesel

DPM = Diesel Particulate Matter

NOAEL = No Observed Adverse Effect Level

LOAEL = Lowest Observed Adverse Effect Level

$BMCL_{10}$ = Lower 95% confidence estimate of the concentration of DPM associated with 10% incidence of chronic pulmonary inflammation or fibrosis

AEL = Adverse Effect Level

HEC = Human Equivalent Concentration

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Είδη ηλιακών συλλεκτών

Οι συλλέκτες χωρίζονται σε κατηγορίες όπως επίπεδοι με διαφανές κάλυμμα, ή συλλέκτες χωρίς κάλυμμα και σωλήνες κενού.

1.1 Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα

Αυτοί οι απλοί και φτηνοί συλλέκτες συνήθως αποτελούνται από μαύρους πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες μέσα από τους οποίους κυκλοφορεί το νερό. Δεν έχουν μόνωση, οπότε οι θερμοκρασίες περιορίζονται περίπου 20^oC πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι γυμνοί συλλέκτες είναι ιδανικοί για εφαρμογές, όπου απαιτούνται χαμηλές θερμοκρασίες, όπως θερμαινόμενες πισίνες (ESIF, 2005).

1.2 Επίπεδοι συλλέκτες

Αυτοί είναι οι πιο διαδεδομένοι συλλέκτες. Ο επίπεδος συλλέκτης αποτελείται από ένα επίπεδο μονωμένο πλαίσιο, του οποίου η μία πλευρά έχει διαφανές κάλυμμα από τζάμι ή πλαστικό. Το πλαίσιο περιέχει μία επίπεδη μαύρη πλάκα που απορροφά την ηλιακή ενέργεια. Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας (π.χ. νερό ή αέρας) κυκλοφορεί μέσα ή πάνω από την απορροφητική πλάκα παίρνοντας και την θερμότητα. Το τζάμι στην πάνω πλευρά και η μόνωση στην κάτω πλευρά μειώνουν τις θερμικές απώλειες. Η απορροφητική πλάκα μπορεί να έχει «επιλεκτική» επιφάνεια, που βελτιώνει τις επιδόσεις του. Οι περισσότεροι επίπεδοι συλλέκτες παράγουν θερμοκρασίες μέχρι 70^oC πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και γι’ αυτό είναι κατάλληλοι για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, θέρμανση χώρου και θέρμανση ολόκληρων περιφερειών. Ορισμένοι επίπεδοι συλλέκτες υψηλών επιδόσεων μπορούν να λειτουργούν σε ακόμη υψηλότερες θερμοκρασίες (ESIF, 2005).

1.3 Σωλήνες κενού

Αυτοί οι συλλέκτες αποτελούνται από σειρά γυάλινων σωλήνων κενού. Ο κάθε σωλήνας περιέχει έναν απορροφητή (συνήθως μία μαύρη μεταλλική πλάκα), που απορροφά την ηλιακή ενέργεια και την μεταφέρει στον μεταφορέα θερμότητας. Οι μονωτικές ιδιότητες του κενού καθιστούν τις θερμικές απώλειες χαμηλές και μπορούν να παραχθούν θερμοκρασίες άνω των $100^{o}C$ πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επομένως, αυτοί οι συλλέκτες είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών (ESIF, 2005).

2. Τα ηλιακά θερμικά συστήματα και η οικονομία

Σήμερα, η Ευρωπαϊκή ηλιακή βιομηχανία απασχολεί πάνω από 10.000 άτομα στο σχεδιασμό, στην παραγωγή, στο μάρκετινγκ, στην εγκατάσταση και στο σέρβις των ηλιακών θερμικών συστημάτων (όλες τις φάσεις εργασίας που χρειάζονται εκπαιδευμένο ανθρώπινο δυναμικό). Η προβλεπόμενη αύξηση της αγοράς με βάση τις τρέχουσες τάσεις θα δημιουργήσει 70.000 ειδικευμένες θέσεις εργασίας στην βιομηχανία μέσα στα επόμενα 10 χρόνια, χρηματοδοτημένες εν μέρει από την εξοικονόμηση από εισαγωγές καυσίμων. Ωστόσο, σημαντικός αριθμός επιπλέον θέσεων εργασίας μπορούν να δημιουργηθούν αν υπάρξει δυναμική πολιτική στήριξη της ηλιακής ενέργειας. Αυτές οι θέσεις εργασίας θα είναι κατανεμημένες σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, συμπεριλαμβανομένων και των αγροτικών περιοχών που αντιμετωπίζουν υψηλά ποσοστά ανεργίας σήμερα (ESIF, 2005).

3. Η Λευκή Βίβλος για την ενέργεια: το χάσμα που διευρύνεται

Τον Ιανουάριο του 1996, μετά από μακρόχρονη διαδικασία διαβουλεύσεων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την Λευκή Βίβλο, «Η Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρωπαϊκή Ένωση», συνοψίζοντας την ενεργειακή στρατηγική της Ευρώπης για τα επόμενα 25 χρόνια.

Η Λευκή Βίβλος προβλέπει ότι η ενεργειακή ζήτηση στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα αυξάνεται σταθερά σε ρυθμό περίπου 1% ετησίως. Αλλά σημειώνει ότι η παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη φαίνεται να μειώνεται, ίσως κατά 1/5 μέχρι το 2020 και θα έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια, από 50% σήμερα σε 75% μέχρι το 2020. Επίσης, αναγνωρίζει ότι χωρίς δυναμικές πολιτικές παρεμβάσεις, η αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας θα επιφέρει σημαντική αύξηση των εκπομπών του CO_2 στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε πολύ μεγαλύτερα επίπεδα από αυτά του 1990 μέσα στα επόμενα 25 χρόνια. Αυτή η τάση στις εκπομπές δεν θα συμβάδιζε με τις διεθνείς δεσμεύσεις.

Είναι φανερό ότι υπάρχει μεγάλο και αυξανόμενο κενό μεταξύ δύο πραγματικοτήτων. Από τη μία, η αυξανόμενη ζήτηση στην Ευρώπη (και στον κόσμο) για ενέργεια σε μορφή φωτισμού, θέρμανσης, μεταφοράς και άλλων υπηρεσιών. Από την άλλη, τα όρια της παροχής συμβατικής ενέργειας στη μορφή της δυναμικότητας τοπικής παραγωγής ενέργειας, των διεθνών στόχων μείωσης των εκπομπών CO_2 και η άγνωστη δυνατότητα του περιβάλλοντος να απορροφήσει το CO_2 και άλλους ρύπους, χωρίς την μη αναστρέψιμη αλλαγή του κλίματος. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας την ηλιακή, πρέπει να παίξουν σημαντικό ρόλο στον περιορισμό του χάσματος (ESIF, 2005).

4. Λευκή Βίβλος για Ανανεώσιμες: η γέφυρα προς το μέλλον

Το Νοέμβριο του 1997 μία επιπλέον βίβλος για την ενεργειακή στρατηγική κυκλοφόρησε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή – η Λευκή Βίβλος, «Ενέργεια του Μέλλοντος: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Σήμερα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετέχουν με λιγότερο από 6% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Λευκή Βίβλος προτείνει τον διπλασιασμό του ποσοστού σε 12% μέχρι το 2010, ως εύκολα κατανοητή και υπολογίσιμη πολιτική στρατηγική. Καλεί τα Κράτη Μέλη να ορίσουν τους δικούς τους στόχους για να συνεισφέρουν στην γενική πολιτική , δηλώνοντας ότι αυτοί οι στόχοι θα μπορούσαν να είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη της μείωσης των εκπομπών του CO_2, στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, στην ανάπτυξη της εθνικής βιομηχανίας και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Σχετικά με τα ηλιακά θερμικά συστήματα, η βίβλος δηλώνει ότι η τεχνολογία τώρα είναι σχεδόν τελείως ώριμη και ανταγωνιστική στο κόστος με την ηλεκτρική θέρμανση νερού, ιδιαίτερα στην νότια Ευρώπη. Αναφέρει ότι εν τούτοις υπάρχει στόχος για παραπέρα μείωση του κόστους από μεγαλύτερης κλίμακας παραγωγής και βελτιώσεις στις παραγωγικές διαδικασίες και στο μάρκετινγκ. Δηλώνει ότι ένας ρυθμός ανάπτυξης κατά 20% το χρόνο στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να οδηγήσει σε 100.000.000 m^2 εγκατεστημένη επιφάνεια συλλεκτών μέχρι το 2010, ενώ μία μεγαλύτερη ετήσια αύξηση κατά 25% μπορεί να επιτευχθεί αν το παράδειγμα του ρυθμού εγκατάστασης στην Αυστρία, στην Γερμανία και στην Ελλάδα ακολουθηθεί από τα άλλα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Λευκή Βίβλος προσδιορίζει ότι τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης περιφερειών έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν την παραγωγή συλλεκτών δραστικά και δηλώνει ότι οι ενημερωτικές καμπάνιες για το κοινό μπορούν αποδοτικά να ωθήσουν την αγορά.

Η Λευκή Βίβλος για τις ανανεώσιμες πηγές είναι ένα ενθαρρυντικό βήμα προς τα μέλλον, όπου η ανανεώσιμη ενέργεια, συμπεριλαμβάνοντας και την ηλιακή θερμική, παίζει κύριο ρόλο σε μία ενισχυτική ενεργειακή στρατηγική για την Ευρώπη (ESIF, 2005).

5. Η παγκόσμια διάσταση: ιδιαίτερα σημαντικές συμφωνίες

Στην Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέϊρο της Βραζιλίας, υπογράφτηκε η πρώτη παγκόσμια συνθήκη για θέματα ενέργειας, ατμόσφαιρας και κλίματος. Το Πλαίσιο Συνθήκης για τη Αλλαγή του Κλίματος ήταν ένα προσεκτικό έγγραφο που δέσμευσε τους υπογράφοντες, σήμερα αριθμούν 165 και περιλαμβάνουν όλες τις κυριότερες κυβερνήσεις του κόσμου, μόνο στη διαδικασία ανάπτυξης μιας πραγματικής συνθήκης. Οι υπογράφοντες συναντήθηκαν ξανά αρκετές φορές από τότε και έχει γίνει σταδιακή πρόοδος για την δημιουργία μιας συνθήκης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση πρότεινε στόχους για την ουσιαστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2010. Η Συνάντηση Κορυφής του Κυότο το 1997 έχει βάλει τις βάσεις για καθαρούς στόχους στην μείωση του CO_2 στον βιομηχανικά ανεπτυγμένο κόσμο.

Η διαδικασία της ανάπτυξης δεσμευτικών διεθνών συμφωνιών για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου είναι αργή, αλλά έχει κερδίσει αρκετή βαρύτητα και δεν φαίνεται πιθανόν να λοξοδρομήσει. Γι' αυτό είναι πιθανό μέσα στα επόμενα 10 χρόνια οι τιμές των ορυκτών καυσίμων να αρχίσουν να αυξάνονται, όχι μόνο επειδή θα έχουν αρχίσει να εξαντλούνται τα αποθέματα, αλλά επειδή τα κράτη θα επιβάλλουν φόρους στις εκπομπές του CO_2 και στα άλλα αέρια του θερμοκηπίου, ώστε να καλύψουν τις διεθνείς υποχρεώσεις τους. Οποιοσδήποτε κάνει μακροπρόθεσμα σχέδια για επένδυση σε ενεργειακή τεχνολογία, είτε είναι κυβερνητικός υπουργός ή ιδιοκτήτης σπιτιού, πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη του τα παραπάνω. Η ηλιακή ενέργεια πάλι δεν θα στοιχίζει τίποτα, όποιες ρυθμιστικές συνθήκες και να επικρατούν (ESIF, 2005).

6. Σενάρια για την βέλτιστη περιοχή

6.1 Αλλαγή της κλίσης του συλλέκτη

6.1.1 Κλίση συλλέκτη ίση με 20,5°

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project — Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	
Annual average temperature	°C	20,0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	980	
System efficiency	%	52%	
Solar fraction	%	62%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,55**	
	GJ	9,18	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 — — NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	20,0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	2,40	12,9	75,0	3,8	3,21
February	1,00	2,83	13,2	74,0	3,6	3,42
March	1,00	4,23	14,7	73,0	4,0	4,73
April	1,00	5,17	17,3	72,0	3,4	5,33
May	1,00	6,50	21,0	68,0	2,6	6,32
June	1,00	7,20	25,7	60,0	3,6	6,80
July	1,00	7,57	28,1	53,0	4,8	7,23
August	1,00	7,03	28,0	56,0	5,0	7,11
September	1,00	5,47	25,1	63,0	4,2	6,00
October	1,00	4,00	21,6	71,0	3,6	4,83
November	1,00	2,90	18,1	75,0	2,8	3,89
December	1,00	2,30	14,6	75,0	3,8	3,19

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,76	1,76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	1,89
Average temperature	°C	20,0	20,0
Average wind speed	m/s	3,8	3,8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	17,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	22,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	
	GJ	14,7	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study								
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Development								
Other - Development	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Engineering								
Other - Engineering	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Energy Equipment								
Solar collector	m²	2,6	EUR 115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR 2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR 6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR -	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR -	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR 100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System								
Collector support structure	m²	2,6	EUR -	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR 30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR 10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR 2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR 30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR 25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous								
Training	p-h	0	EUR -	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR 979	EUR	49		-	-
Sub-total :				**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total				**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M								
Property taxes/Insurance	project	0	EUR -	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR 15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR 15	EUR	1		-	-
Sub-total :				**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR** -	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total				EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount		Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR 40	**EUR**	**40**		-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR -	**EUR**	-		-	-
				EUR	-		-	-
End of project life		-		**EUR**	-		*Go to GHG Analysis sheet*	

Version 3.0 | | NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes   Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,55	2,91
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**2,91**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0 UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,91
Renewable energy delivered	MWh	2,55			
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	87,26

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs			
Feasibility study	0,0%	EUR	-
Development	0,0%	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-
Energy equipment	80,7%	EUR	830
Balance of system	14,6%	EUR	150
Miscellaneous	4,8%	EUR	49
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**
Incentives/Grants		EUR	-
Periodic Costs (Credits)			
Valves and fittings		EUR	40
Pool heat pump compressor		EUR	-
		EUR	-
End of project life -		EUR	-

Annual Costs and Debt		
O&M	EUR	16
Electricity	EUR	-
Annual Costs and Debt - Total	**EUR**	**16**
Annual Savings or Income		
Heating energy savings/income	EUR	287
Annual Savings - Total	**EUR**	**287**
Schedule yr # 10,20,30		

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	30,0%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	30,0%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(86)
Simple Payback	yr	3,8	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,5			
Net Present Value - NPV	EUR	2.367			
Annual Life Cycle Savings	EUR	251			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,30			

Yearly Cash Flows

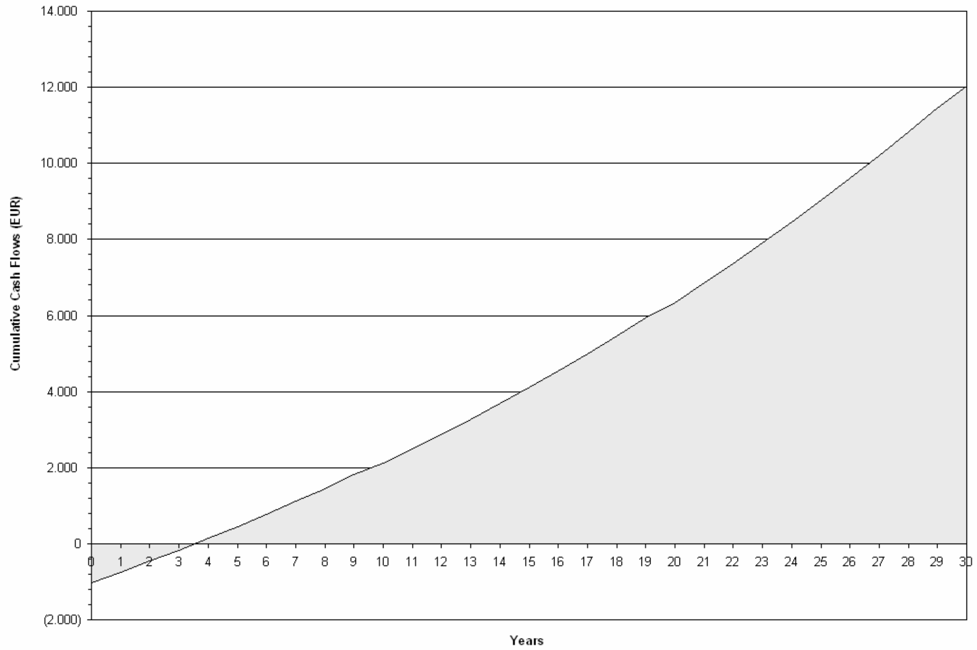
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	279	279	(749)
2	287	287	(462)
3	296	296	(165)
4	305	305	140
5	314	314	454
6	324	324	777
7	333	333	1.110
8	343	343	1.454
9	354	354	1.807
10	310	310	2.118
11	375	375	2.493
12	386	386	2.879
13	398	398	3.277
14	410	410	3.687
15	422	422	4.109
16	435	435	4.544
17	448	448	4.992
18	461	461	5.453
19	475	475	5.928
20	417	417	6.345
21	504	504	6.849
22	519	519	7.369
23	535	535	7.903
24	551	551	8.454
25	567	567	9.022
26	584	584	9.606
27	602	602	10.208
28	620	620	10.828
29	639	639	11.466
30	561	561	12.027

Version 3.0 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. | NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Ierapetra,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,55 | **Total Initial Costs: EUR 1.028** | **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,91**



IRR and ROI: 30% | **Year-to-positive cash flow: 3,5 yr** | **Net Present Value: EUR 2.367**

Version 3.0 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. | NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes		Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes		Sensitivity range	20%
Project name	Single Home		Threshold	15,0 %
Project location	Ierapetra,Greece			

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
2,04	-20%	19,4%	21,8%	24,2%	26,5%	28,8%
2,29	-10%	21,8%	24,5%	27,1%	29,7%	32,3%
2,55	0%	24,2%	27,1%	**30,0%**	32,9%	35,8%
2,80	10%	26,5%	29,7%	32,9%	36,1%	39,3%
3,06	20%	28,8%	32,3%	35,8%	39,3%	42,7%

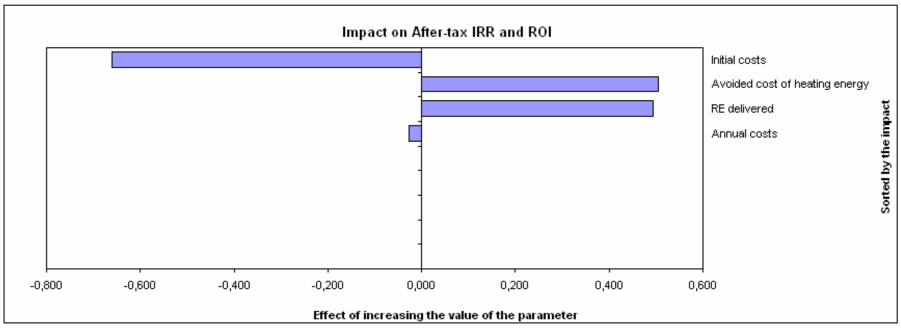
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	29,6%	33,2%	36,8%	40,4%	44,0%
925	-10%	26,6%	29,8%	33,0%	36,3%	39,5%
1.028	0%	24,2%	27,1%	**30,0%**	32,9%	35,8%
1.131	10%	22,2%	24,9%	27,5%	30,2%	32,8%
1.234	20%	20,5%	23,0%	25,4%	27,9%	30,3%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720	0,0810	**0,0900**	0,0990	0,1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	24,5%	27,4%	30,3%	33,2%	36,1%
14	-10%	24,3%	27,3%	30,2%	33,1%	36,0%
16	0%	24,2%	27,1%	**30,0%**	32,9%	35,8%
17	10%	24,0%	26,9%	29,8%	32,7%	35,6%
19	20%	23,9%	26,8%	29,7%	32,6%	35,5%

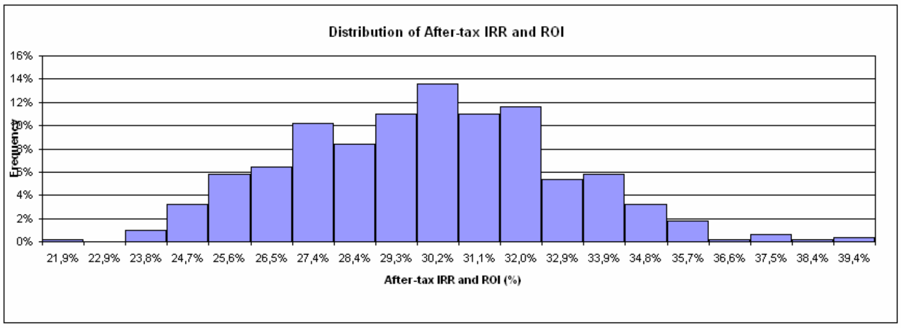
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,55	15%	2,17	2,93
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	30,0%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	25,2%
Maximum within level of confidence	%	34,8%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	25,2%	30,0%	34,8%	

6.1.2 Κλίση συλλέκτη ίση με 50,5°

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project — Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,79	
Annual average temperature	°C	20,0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	945	
System efficiency	%	53%	
Solar fraction	%	60%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,46**	
	GJ	8,85	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	50,5	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	2,40	12,9	75,0	3,8	3,85
February	1,00	2,83	13,2	74,0	3,6	3,72
March	1,00	4,23	14,7	73,0	4,0	4,69
April	1,00	5,17	17,3	72,0	3,4	4,72
May	1,00	6,50	21,0	68,0	2,6	5,13
June	1,00	7,20	25,7	60,0	3,6	5,27
July	1,00	7,57	28,1	53,0	4,8	5,67
August	1,00	7,03	28,0	56,0	5,0	6,05
September	1,00	5,47	25,1	63,0	4,2	5,75
October	1,00	4,00	21,6	71,0	3,6	5,21
November	1,00	2,90	18,1	75,0	2,8	4,65
December	1,00	2,30	14,6	75,0	3,8	3,95

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,76	1,76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,79	1,79
Average temperature	°C	20,0	20,0
Average wind speed	m/s	3,8	3,8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	17,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	22,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,08	
	GJ	14,7	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study								
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Development								
Other - Development	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Engineering								
Other - Engineering	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	-	0,0%		
Energy Equipment								
Solar collector	m²	2,6	EUR 115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR 2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR 6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR -	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR -	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR 100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	830	80,7%		
Balance of System								
Collector support structure	m²	2,6	EUR -	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR 30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR 10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR 2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR 30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR 25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Sub-total :				EUR	150	14,6%		
Miscellaneous								
Training	p-h	0	EUR -	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR 979	EUR	49		-	-
Sub-total :				EUR	49	4,8%		
Initial Costs - Total				EUR	1.028	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M								
Property taxes/Insurance	project	0	EUR -	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR 15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR -	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR 15	EUR	1		-	-
Sub-total :				EUR	16	100,0%		
Electricity	kWh	0	EUR -	EUR	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total				EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount	Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR 40	EUR	40	-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR -	EUR	-	-	-
				EUR	-	-	-
End of project life		-		EUR	-		Go to GHG Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes

Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)		Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,46		2,80
			Net GHG emission reduction	t_{CO2}/yr	**2,80**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,80
Renewable energy delivered	MWh	2,46			
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	84,14

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0,0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0,0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-			
Energy equipment	80,7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14,6%	EUR	150			
Miscellaneous	4,8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**	Heating energy savings/income	EUR	276
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**276**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	29,0%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	29,0%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(85)
Simple Payback	yr	3,9	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,7			
Net Present Value - NPV	EUR	2.238			
Annual Life Cycle Savings	EUR	237			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,18			

Yearly Cash Flows

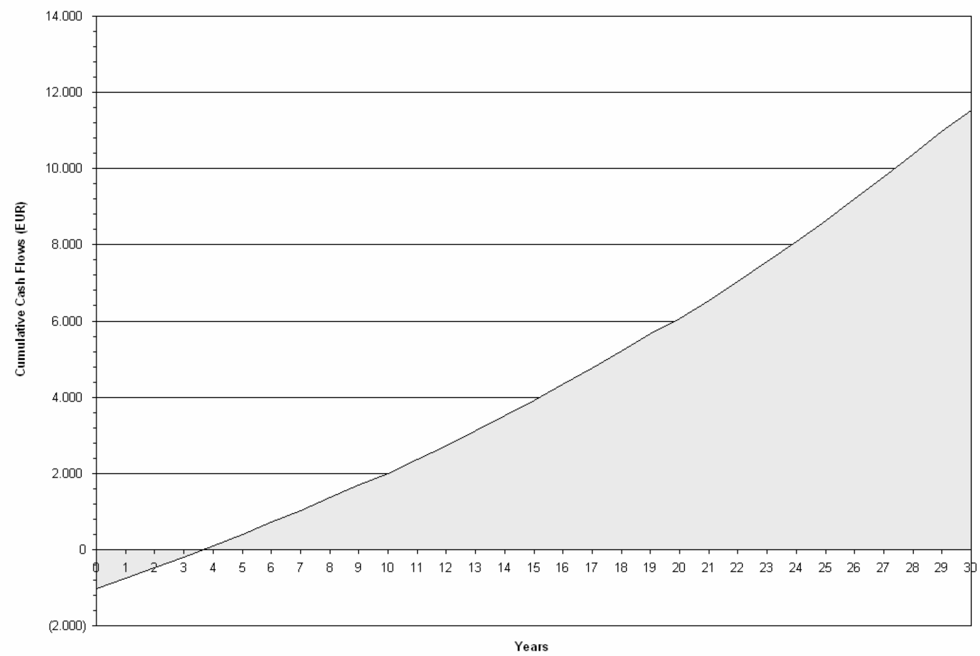
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	269	269	(760)
2	277	277	(483)
3	285	285	(198)
4	293	293	95
5	302	302	398
6	311	311	709
7	321	321	1.030
8	330	330	1.360
9	340	340	1.700
10	297	297	1.997
11	361	361	2.358
12	372	372	2.729
13	383	383	3.112
14	394	394	3.507
15	406	406	3.913
16	418	418	4.331
17	431	431	4.762
18	444	444	5.206
19	457	457	5.663
20	399	399	6.062
21	485	485	6.547
22	500	500	7.046
23	515	515	7.561
24	530	530	8.091
25	546	546	8.637
26	562	562	9.199
27	579	579	9.778
28	597	597	10.375
29	614	614	10.989
30	536	536	11.525

Version 3.0 | | NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Ierapetra,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,46 **Total Initial Costs: EUR 1.028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,80**



IRR and ROI: 29% **Year-to-positive cash flow: 3,7 yr** **Net Present Value: EUR 2.238**

Version 3.0 | © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. | NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15,0 %
Project location	Ierapetra,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
1,97	-20%	18,7%	21,0%	23,3%	25,6%	27,8%
2,21	-10%	21,0%	23,6%	26,2%	28,7%	31,2%
2,46	0%	23,3%	26,2%	**29,0%**	31,8%	34,6%
2,70	10%	25,6%	28,7%	31,8%	34,8%	37,9%
2,95	20%	27,8%	31,2%	34,6%	37,9%	41,2%

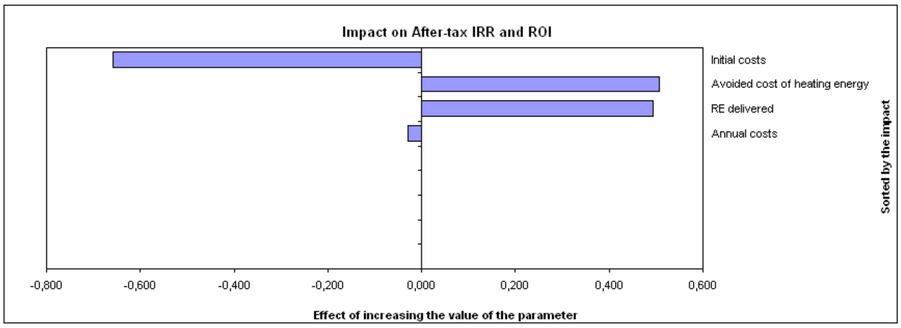
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
822	-20%	28,5%	32,0%	35,5%	39,0%	42,5%
925	-10%	25,7%	28,8%	31,9%	35,0%	38,1%
1.028	0%	23,3%	26,2%	**29,0%**	31,8%	34,6%
1.131	10%	21,4%	24,0%	26,6%	29,1%	31,7%
1.234	20%	19,8%	22,2%	24,6%	26,9%	29,3%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
13	-20%	23,7%	26,5%	29,3%	32,1%	34,9%
14	-10%	23,5%	26,3%	29,1%	31,9%	34,7%
16	0%	23,3%	26,2%	**29,0%**	31,8%	34,6%
17	10%	23,2%	26,0%	28,8%	31,6%	34,4%
19	20%	23,0%	25,8%	28,7%	31,4%	34,2%

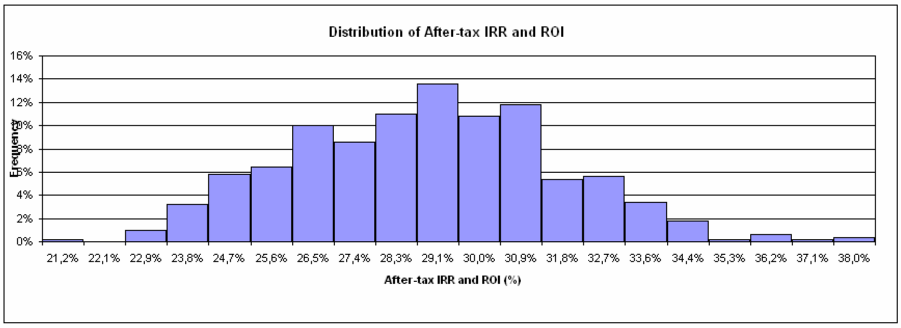
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,46	15%	2,09	2,83
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	28,9%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	24,3%
Maximum within level of confidence	%	33,5%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	24,3%	28,9%	33,5%	

© Minister of Natural Resources Canada 1997-2005.

6.2 Μεταβολή της θερμοκρασίας

6.2.1 Αύξηση των μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας κατά 5^oC

Site Conditions		Estimate		Notes/Range
Project name		Single Home		See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece		
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory		Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89		
Annual average temperature	°C	25,0		-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,8		
Desired load temperature	°C	60		
Hot water use	L/d	240		
Number of months analysed	month	12,00		
Energy demand for months analysed	MWh	3,57		

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	933	
System efficiency	%	49%	
Solar fraction	%	68%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,43**	
	GJ	8,73	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	35,0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	2,40	17,9	75,0	3,8	3,62
February	1,00	2,83	18,2	74,0	3,6	3,66
March	1,00	4,23	19,7	73,0	4,0	4,84
April	1,00	5,17	22,3	72,0	3,4	5,15
May	1,00	6,50	26,0	68,0	2,6	5,86
June	1,00	7,20	30,7	60,0	3,6	6,17
July	1,00	7,57	33,1	53,0	4,8	6,61
August	1,00	7,03	33,0	56,0	5,0	6,76
September	1,00	5,47	30,1	63,0	4,2	6,04
October	1,00	4,00	26,6	71,0	3,6	5,16
November	1,00	2,90	23,1	75,0	2,8	4,39
December	1,00	2,30	19,6	75,0	3,8	3,67

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,76	1,76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	1,89
Average temperature	°C	25,0	25,0
Average wind speed	m/s	3,8	3,8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	22,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	27,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	3,57	
	GJ	12,86	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2,6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installation	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost			Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost			Amount		Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**		-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-		-	-
					EUR	-		-	-
End of project life		-			**EUR**	-		*Go to GHG Analysis sheet*	

Version 3.0

NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes   Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,43	2,77
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**2,77**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece			
Renewable energy delivered	MWh	2,43	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	2,77
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	83,05

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0,0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0,0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-			
Energy equipment	80,7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14,6%	EUR	150			
Miscellaneous	4,8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**	Heating energy savings/income	EUR	273
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**273**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	28,6%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	28,6%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(84)
Simple Payback	yr	4,0	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,7			
Net Present Value - NPV	EUR	2.192			
Annual Life Cycle Savings	EUR	233			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,13			

Yearly Cash Flows

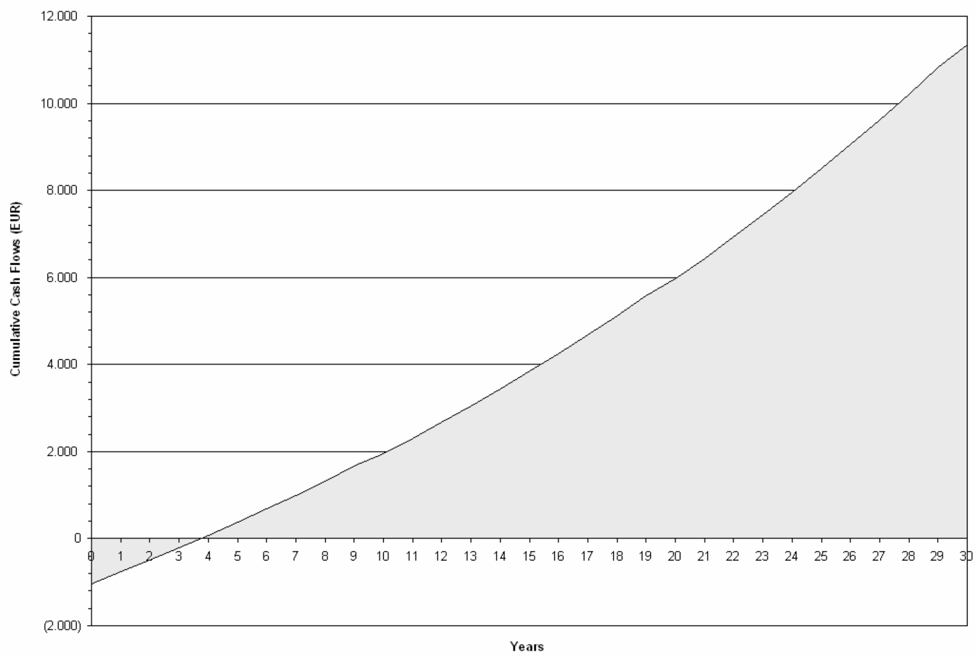
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	265	265	(763)
2	273	273	(490)
3	281	281	(209)
4	289	289	80
5	298	298	378
6	307	307	685
7	316	316	1.001
8	326	326	1.327
9	336	336	1.663
10	292	292	1.954
11	356	356	2.310
12	367	367	2.677
13	378	378	3.055
14	389	389	3.444
15	401	401	3.844
16	413	413	4.257
17	425	425	4.682
18	438	438	5.120
19	451	451	5.571
20	392	392	5.963
21	478	478	6.441
22	493	493	6.934
23	507	507	7.441
24	523	523	7.964
25	538	538	8.502
26	555	555	9.057
27	571	571	9.628
28	588	588	10.217
29	606	606	10.822
30	527	527	11.350

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Ierapetra,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 2,43 **Total Initial Costs: EUR 1.028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 2,77**



IRR and ROI: 28,6% **Year-to-positive cash flow: 3,7 yr** **Net Present Value: EUR 2.192**

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes		Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes		Sensitivity range	20%
Project name	Single Home		Threshold	15,0 %
Project location	Ierapetra,Greece			

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
1,94	-20%	18,5%	20,8%	23,0%	25,3%	27,5%
2,18	-10%	20,8%	23,3%	25,8%	28,3%	30,8%
2,43	0%	23,0%	25,8%	**28,6%**	31,4%	34,1%
2,67	10%	25,3%	28,3%	31,4%	34,4%	37,4%
2,91	20%	27,5%	30,8%	34,1%	37,4%	40,7%

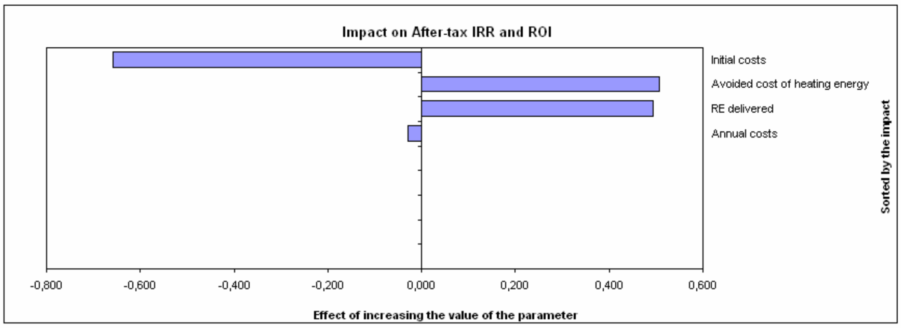
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
822	-20%	28,2%	31,6%	35,1%	38,5%	41,9%
925	-10%	25,3%	28,4%	31,5%	34,5%	37,6%
1.028	0%	23,0%	25,8%	**28,6%**	31,4%	34,1%
1.131	10%	21,1%	23,7%	26,2%	28,8%	31,3%
1.234	20%	19,6%	21,9%	24,3%	26,6%	28,9%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
13	-20%	23,4%	26,1%	28,9%	31,7%	34,4%
14	-10%	23,2%	26,0%	28,8%	31,5%	34,3%
16	0%	23,0%	25,8%	**28,6%**	31,4%	34,1%
17	10%	22,9%	25,7%	28,4%	31,2%	34,0%
19	20%	22,7%	25,5%	28,3%	31,0%	33,8%

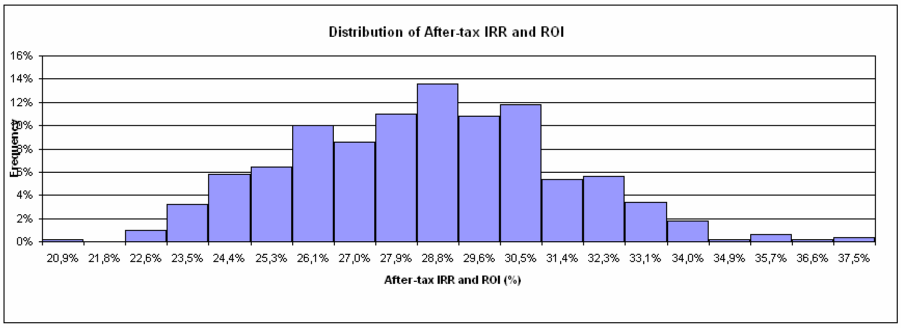
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,43	15%	2,06	2,79
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	28,6%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	24,0%
Maximum within level of confidence	%	33,1%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	24,0%	28,6%	33,1%	

© Minister of Natural Resources Canada 1997-2005.

6.2.2 Μείωση των μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας κατά 5°C

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project

Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	
Annual average temperature	°C	15,0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3,8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,59	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	80%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1,30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3,50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2,6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55,0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	80%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0,00**	
Specific yield	kWh/m²	1.035	
System efficiency	%	55%	
Solar fraction	%	59%	
Renewable energy delivered	MWh	**2,69**	
	GJ	9,69	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0

NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	See Weather Database
Latitude of project location	°N	35,0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	35,0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0,0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1,00	2,40	7,9	75,0	3,8	3,62
February	1,00	2,83	8,2	74,0	3,6	3,66
March	1,00	4,23	9,7	73,0	4,0	4,84
April	1,00	5,17	12,3	72,0	3,4	5,15
May	1,00	6,50	16,0	68,0	2,6	5,86
June	1,00	7,20	20,7	60,0	3,6	6,17
July	1,00	7,57	23,1	53,0	4,8	6,61
August	1,00	7,03	23,0	56,0	5,0	6,76
September	1,00	5,47	20,1	63,0	4,2	6,04
October	1,00	4,00	16,6	71,0	3,6	5,16
November	1,00	2,90	13,1	75,0	2,8	4,39
December	1,00	2,30	9,6	75,0	3,8	3,67

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1,76	1,76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1,89	1,89
Average temperature	°C	15,0	15,0
Average wind speed	m/s	3,8	3,8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	12,5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	17,9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12,00	
Energy demand for months analysed	MWh	4,59	
	GJ	16,54	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project:	Pre-feasibility	Currency:	Greece	Cost references:	None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0,0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2,6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2,20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6,00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80,7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2,6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2,6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2,00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14,6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4,8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1.028**	100,0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100,0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0,0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100,0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount			Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**		-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-		-	-
					EUR	-		-	-
End of project life		-			**EUR**	-			*Go to GHG Analysis sheet*

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes — Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29,8%	94,6	0,0020	0,0030	35,0%	8,0%	1,069
Diesel (#2 oil)	55,9%	74,1	0,0020	0,0020	30,0%	8,0%	0,975
Biomass	4,5%	0,0	0,0320	0,0040	25,0%	8,0%	0,030
Natural gas	9,8%	56,1	0,0030	0,0010	45,0%	8,0%	0,491
Electricity mix	100%	250,9	0,0129	0,0078		8,0%	0,913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100,0%	250,9	0,0129	0,0078	80,0%	1,141

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0,0%	250,9	0,0129	0,0078	100,0%	0,000
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Heating energy mix	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1,141	0,000	2,69	3,07
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**3,07**

Complete Financial Summary sheet

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	3,07
Renewable energy delivered	MWh	2,69			
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	92,14

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,090	Debt ratio	%	0,0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	3,0%			
Discount rate	%	10,0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs			
Feasibility study	0,0%	EUR	-
Development	0,0%	EUR	-
Engineering	0,0%	EUR	-
Energy equipment	80,7%	EUR	830
Balance of system	14,6%	EUR	150
Miscellaneous	4,8%	EUR	49
Initial Costs - Total	100,0%	**EUR**	**1.028**
Incentives/Grants		EUR	-
Periodic Costs (Credits)			
Valves and fittings		EUR	40
Pool heat pump compressor		EUR	-
		EUR	-
End of project life -		EUR	-

Annual Costs and Debt		
O&M	EUR	16
Electricity	EUR	-
Annual Costs and Debt - Total	**EUR**	**16**
Annual Savings or Income		
Heating energy savings/income	EUR	303
Annual Savings - Total	**EUR**	**303**
Schedule yr # 10,20,30		

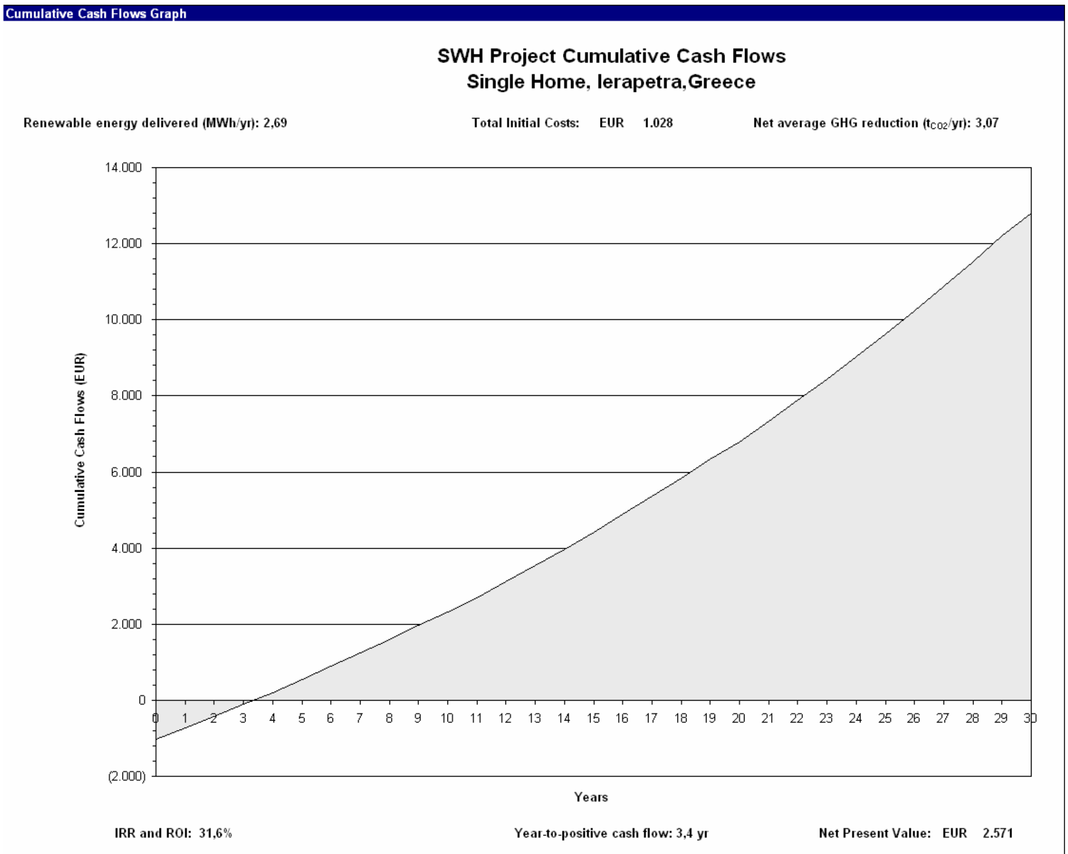
Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	31,6%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	31,6%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(89)
Simple Payback	yr	3,6	Project equity	EUR	1.028
Year-to-positive cash flow	yr	3,4			
Net Present Value - NPV	EUR	2.571			
Annual Life Cycle Savings	EUR	273			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	3,50			

Yearly Cash Flows

Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1.028)	(1.028)	(1.028)
1	296	296	(733)
2	304	304	(428)
3	314	314	(114)
4	323	323	209
5	333	333	541
6	343	343	884
7	353	353	1.237
8	364	364	1.601
9	374	374	1.975
10	332	332	2.307
11	397	397	2.704
12	409	409	3.114
13	421	421	3.535
14	434	434	3.969
15	447	447	4.416
16	461	461	4.877
17	474	474	5.351
18	489	489	5.840
19	503	503	6.343
20	446	446	6.789
21	534	534	7.323
22	550	550	7.873
23	566	566	8.440
24	583	583	9.023
25	601	601	9.624
26	619	619	10.243
27	638	638	10.880
28	657	657	11.537
29	676	676	12.213
30	600	600	12.813

Cumulative Cash Flows Graph



RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15,0 %
Project location	Ierapetra,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
2,15	-20%	20,5%	23,0%	25,5%	28,0%	30,4%
2,42	-10%	23,0%	25,8%	28,6%	31,3%	34,1%
2,69	0%	25,5%	28,6%	**31,6%**	34,7%	37,7%
2,96	10%	28,0%	31,3%	34,7%	38,0%	41,4%
3,23	20%	30,4%	34,1%	37,7%	41,4%	45,0%

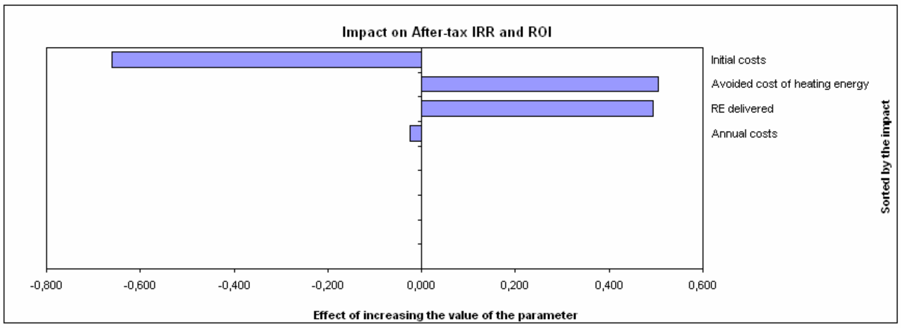
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
822	-20%	31,2%	35,0%	38,8%	42,7%	46,5%
925	-10%	28,0%	31,4%	34,8%	38,2%	41,6%
1.028	0%	25,5%	28,6%	**31,6%**	34,7%	37,7%
1.131	10%	23,4%	26,2%	29,0%	31,8%	34,6%
1.234	20%	21,6%	24,2%	26,8%	29,4%	31,9%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0,0720 -20%	0,0810 -10%	**0,0900** 0%	0,0990 10%	0,1080 20%
13	-20%	25,8%	28,9%	31,9%	35,0%	38,1%
14	-10%	25,6%	28,7%	31,8%	34,8%	37,9%
16	0%	25,5%	28,6%	**31,6%**	34,7%	37,7%
17	10%	25,3%	28,4%	31,5%	34,5%	37,6%
19	20%	25,2%	28,2%	31,3%	34,4%	37,4%

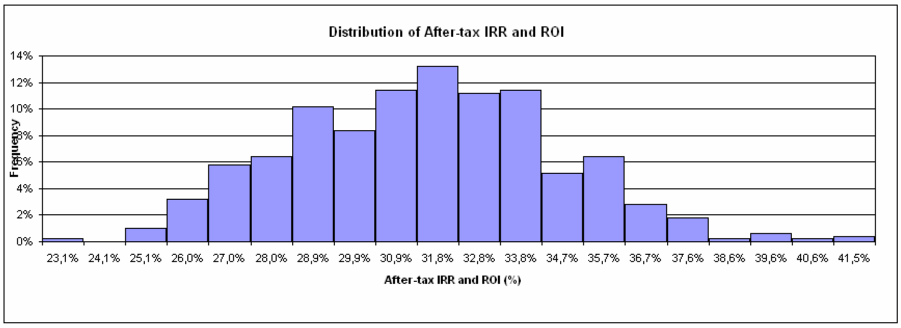
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0,0900	15%	0,0765	0,1035
RE delivered	MWh	2,69	15%	2,29	3,09
Initial costs	EUR	1.028	20%	822	1.234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	31,6%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	26,6%
Maximum within level of confidence	%	36,7%



	Minimum	Median	Maximum	
5,0%		Level of confidence = 90%		5,0%
	26,6%	31,6%	36,7%	

6.3 Άλλες αλλαγές παραμέτρων

6.3.1 Μέγιστες τιμές

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project — Training & Support

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Single Home	See Online Manual
Project location		Ierapetra,Greece	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1.89	
Annual average temperature	°C	20.0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3.8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12.00	
Energy demand for months analysed	MWh	4.08	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	55%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1.30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0.50	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	6.00	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		4	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2.6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55.0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	50%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	10%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	10%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0.00**	
Specific yield	kWh/m²	276	
System efficiency	%	15%	
Solar fraction	%	18%	
Renewable energy delivered	MWh	**0.72**	
	GJ	2.59	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	*See Weather Database*
Latitude of project location	°N	35.0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	35.0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0.0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1.00	2.40	12.9	75.0	3.8	3.62
February	1.00	2.83	13.2	74.0	3.6	3.66
March	1.00	4.23	14.7	73.0	4.0	4.84
April	1.00	5.17	17.3	72.0	3.4	5.15
May	1.00	6.50	21.0	68.0	2.6	5.86
June	1.00	7.20	25.7	60.0	3.6	6.17
July	1.00	7.57	28.1	53.0	4.8	6.61
August	1.00	7.03	28.0	56.0	5.0	6.76
September	1.00	5.47	25.1	63.0	4.2	6.04
October	1.00	4.00	21.6	71.0	3.6	5.16
November	1.00	2.90	18.1	75.0	2.8	4.39
December	1.00	2.30	14.6	75.0	3.8	3.67

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1.76	1.76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1.89	1.89
Average temperature	°C	20.0	20.0
Average wind speed	m/s	3.8	3.8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	100%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	240	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	17.5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	22.9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12.00	
Energy demand for months analysed	MWh	4.08	
	GJ	14.7	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0

NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2.6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2.20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6.00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1.6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80.7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2.6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2.6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2.00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installatior	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14.6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4.8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1,028**	100.0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100.0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0.0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100.0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount			Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**		-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-		-	-
					EUR	-		-	-
End of project life		-			**EUR**	-			Go to GHG Analysis sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes — Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name	Single Home
Project location	Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 =	21 tonnes CO2	(IPCC 1996)
1 tonne N2O =	310 tonnes CO2	(IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29.8%	94.6	0.0020	0.0030	35.0%	8.0%	1.069
Diesel (#2 oil)	55.9%	74.1	0.0020	0.0020	30.0%	8.0%	0.975
Biomass	4.5%	0.0	0.0320	0.0040	25.0%	8.0%	0.030
Natural gas	9.8%	56.1	0.0030	0.0010	45.0%	8.0%	0.491
Electricity mix	100%	250.9	0.0129	0.0078		8.0%	0.913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100.0%	250.9	0.0129	0.0078	55.0%	1.660

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0.0%	250.9	0.0129	0.0078	100.0%	0.000
Solar	100.0%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	0.000
Heating energy mix	100.0%	0.0	0.0000	0.0000		0.000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reduction (t_{CO2})
Heating system	1.660	0.000	0.72	1.19
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**1.19**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece			
Renewable energy delivered	MWh	0.72	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	1.19
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	35.78

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0.090	Debt ratio	%	0.0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3.0%			
Inflation	%	3.0%			
Discount rate	%	10.0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0.0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0.0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0.0%	EUR	-			
Energy equipment	80.7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14.6%	EUR	150			
Miscellaneous	4.8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100.0%	**EUR**	**1,028**	Heating energy savings/income	EUR	118
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**118**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	12.2%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	12.2%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	(20)
Simple Payback	yr	10.1	Project equity	EUR	1,028
Year-to-positive cash flow	yr	8.7			
Net Present Value - NPV	EUR	225			
Annual Life Cycle Savings	EUR	24			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1.22			

Yearly Cash Flows

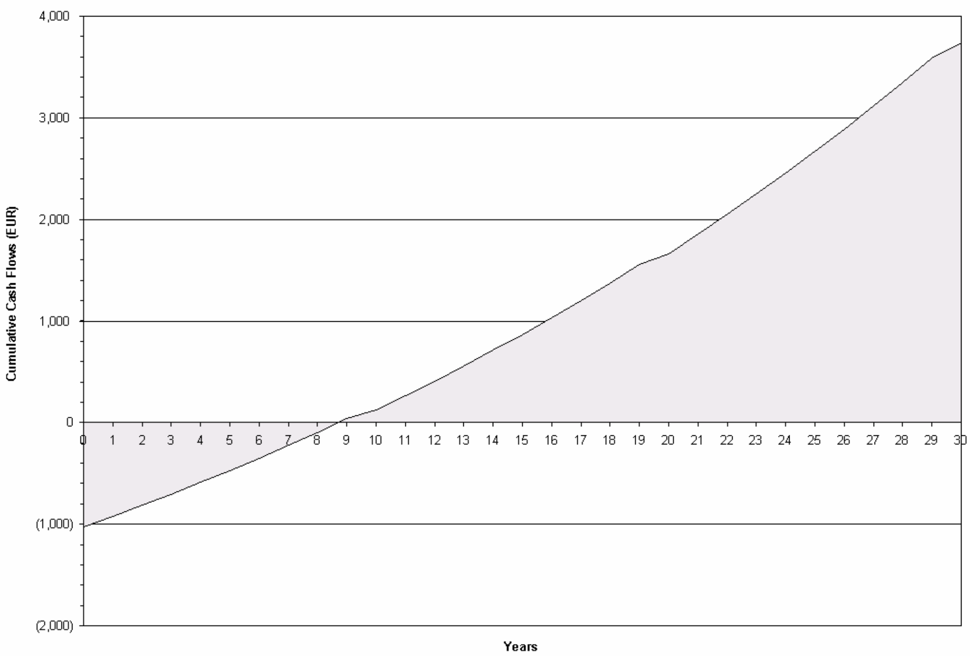
Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1,028)	(1,028)	(1,028)
1	105	105	(923)
2	108	108	(815)
3	111	111	(704)
4	115	115	(589)
5	118	118	(471)
6	122	122	(350)
7	125	125	(224)
8	129	129	(95)
9	133	133	37
10	83	83	120
11	141	141	261
12	145	145	407
13	150	150	556
14	154	154	710
15	159	159	869
16	163	163	1,032
17	168	168	1,200
18	173	173	1,374
19	179	179	1,552
20	112	112	1,664
21	189	189	1,853
22	195	195	2,049
23	201	201	2,250
24	207	207	2,456
25	213	213	2,670
26	220	220	2,889
27	226	226	3,115
28	233	233	3,348
29	240	240	3,588
30	150	150	3,738

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph

SWH Project Cumulative Cash Flows
Single Home, Ierapetra,Greece

Renewable energy delivered (MWh/yr): 0.72 **Total Initial Costs: EUR 1,028** **Net average GHG reduction (t_{CO2}/yr): 1.19**



IRR and ROI: 12.2% **Year-to-positive cash flow: 8.7 yr** **Net Present Value: EUR 225**

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15.0 %
Project location	Ierapetra,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
0.57	-20%	6.6%	8.0%	9.3%	10.5%	11.6%
0.65	-10%	8.0%	9.4%	10.7%	12.0%	13.3%
0.72	0%	9.3%	10.7%	**12.2%**	13.5%	14.9%
0.79	10%	10.5%	12.0%	13.5%	15.0%	16.4%
0.86	20%	11.6%	13.3%	14.9%	16.4%	17.9%

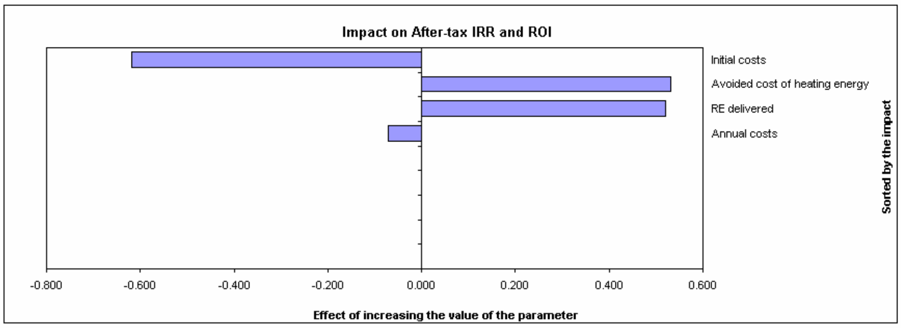
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	11.6%	13.3%	15.0%	16.6%	18.2%
925	-10%	10.3%	11.9%	13.4%	14.9%	16.4%
1,028	0%	9.3%	10.7%	**12.2%**	13.5%	14.9%
1,131	10%	8.3%	9.8%	11.1%	12.4%	13.6%
1,234	20%	7.6%	8.9%	10.2%	11.4%	12.5%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	9.7%	11.1%	12.5%	13.9%	15.2%
14	-10%	9.5%	10.9%	12.4%	13.7%	15.0%
16	0%	9.3%	10.7%	**12.2%**	13.5%	14.9%
17	10%	9.0%	10.6%	12.0%	13.3%	14.7%
19	20%	8.8%	10.4%	11.8%	13.2%	14.5%

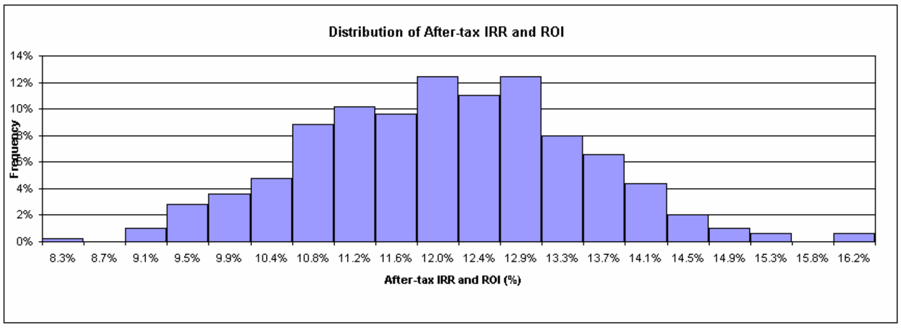
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0.0900	15%	0.0765	0.1035
RE delivered	MWh	0.72	15%	0.61	0.83
Initial costs	EUR	1,028	20%	822	1,234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	12.1%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	9.9%
Maximum within level of confidence	%	14.2%



5.0%	Minimum	Median	Maximum	5.0%
	9.9%	12.1% (Level of confidence = 90%)	14.2%	

6.3.2 Ελάχιστες τιμές

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project | *Training & Support*

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		**Single Home**	See Online Manual
Project location		**Ierapetra,Greece**	
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	Complete SR&HL sheet
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1.89	
Annual average temperature	°C	20.0	-20.0 to 30.0
Annual average wind speed	m/s	3.8	
Desired load temperature	°C	60	
Hot water use	L/d	240	
Number of months analysed	month	12.00	
Energy demand for months analysed	MWh	4.08	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Service hot water (with storage)	
Base Case Water Heating System			
Heating fuel type	-	**Electricity**	
Heating system seasonal efficiency	%	350%	55% to 350%
Solar Collector			
Collector type	-	Glazed	See Technical Note 1
Solar water heating collector manufacturer		S.H.E.	See Product Database
Solar water heating collector model		model XYZ	
Area per collector	m²	1.30	1.00 to 5.00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0.90	0.50 to 0.90
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	3.50	3.50 to 6.00
Suggested number of collectors		2	
Number of collectors		2	
Total collector area	m²	2.6	
Storage			
Ratio of storage capacity to coll. area	L/m²	55.0	37.5 to 100.0
Storage capacity	L	143	
Balance of System			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	Yes	
Heat exchanger effectiveness	%	85%	50% to 85%
Suggested pipe diameter	mm	10	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pipe diameter	mm	20	8 to 25 or PVC 35 to 50
Pumping power per collector area	W/m²	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	2%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	1	0 to 20

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (electricity)	MWh	**0.00**	
Specific yield	kWh/m²	1,004	
System efficiency	%	53%	
Solar fraction	%	64%	
Renewable energy delivered	MWh	**2.61**	
	GJ	9.39	
			Complete Cost Analysis sheet

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Solar Resource and Heating Load Calculation - Solar Water Heating Project

Site Latitude and Collector Orientation		Estimate	Notes/Range
Nearest location for weather data		Athinai(Athens) Observatory	*See Weather Database*
Latitude of project location	°N	35.0	-90.0 to 90.0
Slope of solar collector	°	35.0	0.0 to 90.0
Azimuth of solar collector	°	0.0	0.0 to 180.0

Monthly Inputs

(Note: 1. Cells in grey are not used for energy calculations; 2. Revisit this table to check that all required inputs are filled if you change system type or solar collector type or pool type, or method for calculating cold water temperature).

Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average relative humidity (%)	Monthly average wind speed (m/s)	Monthly average daily radiation in plane of solar collector (kWh/m²/d)
January	1.00	2.40	12.9	75.0	3.8	3.62
February	1.00	2.83	13.2	74.0	3.6	3.66
March	1.00	4.23	14.7	73.0	4.0	4.84
April	1.00	5.17	17.3	72.0	3.4	5.15
May	1.00	6.50	21.0	68.0	2.6	5.86
June	1.00	7.20	25.7	60.0	3.6	6.17
July	1.00	7.57	28.1	53.0	4.8	6.61
August	1.00	7.03	28.0	56.0	5.0	6.76
September	1.00	5.47	25.1	63.0	4.2	6.04
October	1.00	4.00	21.6	71.0	3.6	5.16
November	1.00	2.90	18.1	75.0	2.8	4.39
December	1.00	2.30	14.6	75.0	3.8	3.67

		Annual	Season of Use
Solar radiation (horizontal)	MWh/m²	1.76	1.76
Solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1.89	1.89
Average temperature	°C	20.0	20.0
Average wind speed	m/s	3.8	3.8

Water Heating Load Calculation		Estimate	Notes/Range
Application type	-	Service hot water	
System configuration	-	With storage	
Building or load type	-	House	
Number of units	Occupant	4	
Rate of occupancy	%	50%	50% to 100%
Estimated hot water use (at ~60 °C)	L/d	120	
Hot water use	L/d	240	
Desired water temperature	°C	60	
Days per week system is used	d	7	1 to 7
Cold water temperature	-	Auto	
Minimum	°C	17.5	1.0 to 10.0
Maximum	°C	22.9	5.0 to 15.0
Months SWH system in use	month	12.00	
Energy demand for months analysed	MWh	4.08	
	GJ	14.7	

Return to Energy Model sheet

Version 3.0 NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Cost Analysis - Solar Water Heating Project

Type of project: Pre-feasibility | Currency: Greece | Cost references: None

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Feasibility Study									
Other - Feasibility study	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Development									
Other - Development	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Engineering									
Other - Engineering	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	-	0.0%		
Energy Equipment									
Solar collector	m²	2.6	EUR	115	EUR	299		-	-
Solar storage tank	L	143	EUR	2.20	EUR	315		-	-
Solar loop piping materials	m	19	EUR	6.00	EUR	116		-	-
Circulating pump(s)	W	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Heat exchanger	kW	1.6	EUR	-	EUR	-		-	-
Transportation	project	1	EUR	100	EUR	100		-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**830**	80.7%		
Balance of System									
Collector support structure	m²	2.6	EUR	-	EUR	-		-	-
Plumbing and control	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Collector installation	m²	2.6	EUR	10	EUR	26		-	-
Solar loop installation	m	19	EUR	2.00	EUR	39		-	-
Auxiliary equipment installation	project	1	EUR	30	EUR	30		-	-
Transportation	project	1	EUR	25	EUR	25		-	-
Other - Balance of system	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Sub-total :					**EUR**	**150**	14.6%		
Miscellaneous									
Training	p-h	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	979	EUR	49		-	-
Sub-total :					**EUR**	**49**	4.8%		
Initial Costs - Total					**EUR**	**1,028**	100.0%		

Annual Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost		Amount		Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
O&M									
Property taxes/Insurance	project	0	EUR	-	EUR	-		-	-
O&M labour	project	1	EUR	15	EUR	15		-	-
Other - O&M	Cost	0	EUR	-	EUR	-		-	-
Contingencies	%	5%	EUR	15	EUR	1		-	-
Sub-total :					**EUR**	**16**	100.0%		
Electricity	kWh	0	**EUR**	-	**EUR**	-	0.0%	-	-
Annual Costs - Total					EUR	16	100.0%		

Periodic Costs (Credits)		Period	Unit Cost		Amount		Interval Range	Unit Cost Range
Valves and fittings	Cost	10 yr	EUR	40	**EUR**	**40**	-	-
Pool heat pump compressor	Credit	10 yr	EUR	-	**EUR**	-	-	-
					EUR	-	-	-
End of project life		-			**EUR**	-		Go to GHG Analysis sheet

Version 3.0

NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Solar Water Heating Project

Use GHG analysis sheet? Yes   Type of analysis: Standard

Background Information

Project Information

Project name: Single Home
Project location: Ierapetra,Greece

Global Warming Potential of GHG

1 tonne CH4 = 21 tonnes CO2 (IPCC 1996)
1 tonne N2O = 310 tonnes CO2 (IPCC 1996)

Base Case Electricity System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Coal	29.8%	94.6	0.0020	0.0030	35.0%	8.0%	1.069
Diesel (#2 oil)	55.9%	74.1	0.0020	0.0020	30.0%	8.0%	0.975
Biomass	4.5%	0.0	0.0320	0.0040	25.0%	8.0%	0.030
Natural gas	9.8%	56.1	0.0030	0.0010	45.0%	8.0%	0.491
Electricity mix	100%	250.9	0.0129	0.0078		8.0%	0.913

Base Case Heating System (Baseline)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	100.0%	250.9	0.0129	0.0078	350.0%	0.261

Proposed Case Heating System (Solar Water Heating Project)

Fuel type	Fuel mix (%)	CO_2 emission factor (kg/GJ)	CH_4 emission factor (kg/GJ)	N_2O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)
Heating system						
Electricity	0.0%	250.9	0.0129	0.0078	100.0%	0.000
Solar	100.0%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	0.000
Heating energy mix	100.0%	0.0	0.0000	0.0000		0.000

GHG Emission Reduction Summary

	Base case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	Proposed case GHG emission factor (t_{CO2}/MWh)	End-use annual energy delivered (MWh)	Annual GHG emission reductio (t_{CO2})
Heating system	0.261	0.000	2.61	0.68
			Net GHG emission reduction t_{CO2}/yr	**0.68**

Complete Financial Summary sheet

Version 3.0

UNEP/DTIE and NRCan/CETC - Varenne

RETScreen® Financial Summary - Solar Water Heating Project

Annual Energy Balance

Project name		Single Home	Electricity required	MWh	-
Project location		Ierapetra,Greece	Net GHG reduction	t_{CO2}/yr	0.68
Renewable energy delivered	MWh	2.61			
Heating fuel displaced	-	Electricity	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t_{CO2}	20.42

Financial Parameters

Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0.090	Debt ratio	%	0.0%
GHG emission reduction credit	EUR/t_{CO2}	-	Income tax analysis?	yes/no	No
Retail price of electricity	EUR/kWh	-			
Energy cost escalation rate	%	3.0%			
Inflation	%	3.0%			
Discount rate	%	10.0%			
Project life	yr	30			

Project Costs and Savings

Initial Costs				**Annual Costs and Debt**		
Feasibility study	0.0%	EUR	-	O&M	EUR	16
Development	0.0%	EUR	-	Electricity	EUR	-
Engineering	0.0%	EUR	-			
Energy equipment	80.7%	EUR	830	**Annual Costs and Debt - Total**	**EUR**	**16**
Balance of system	14.6%	EUR	150			
Miscellaneous	4.8%	EUR	49	**Annual Savings or Income**		
Initial Costs - Total	100.0%	**EUR**	**1,028**	Heating energy savings/income	EUR	67
Incentives/Grants		EUR	-			
				Annual Savings - Total	**EUR**	**67**
Periodic Costs (Credits)						
Valves and fittings		EUR	40	Schedule yr # 10,20,30		
Pool heat pump compressor		EUR	-			
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

Financial Feasibility

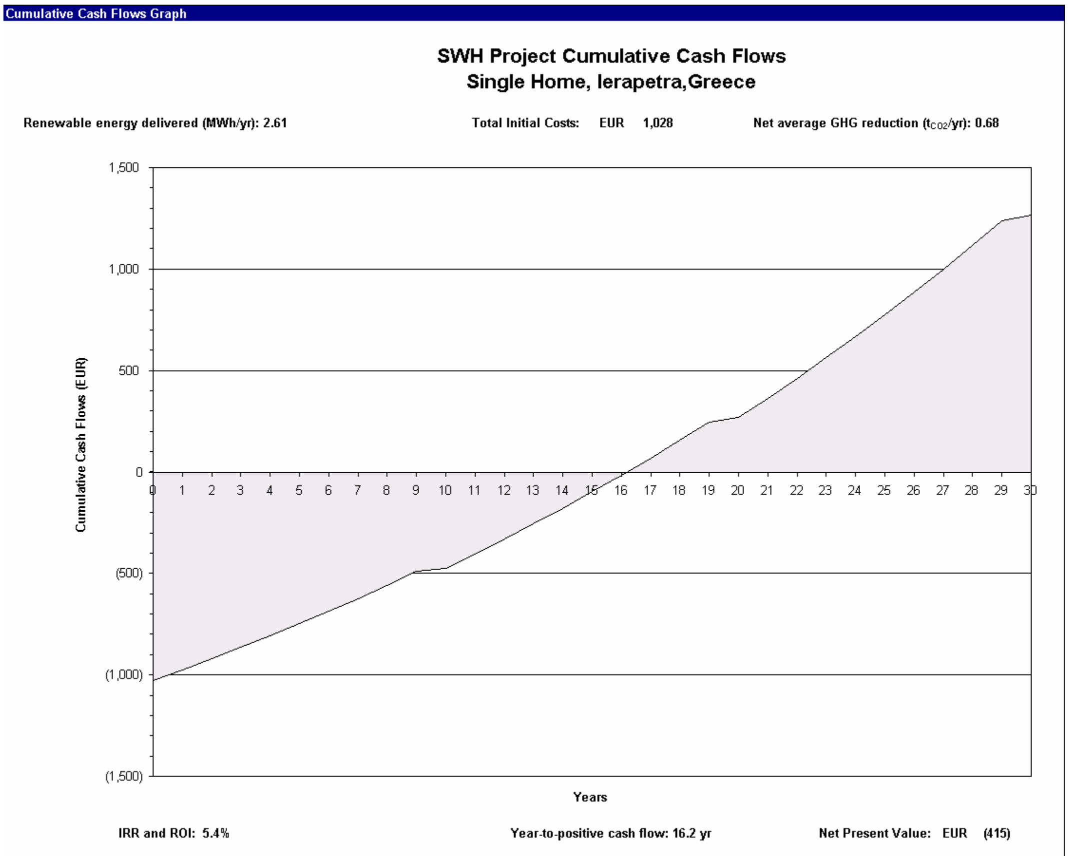
Pre-tax IRR and ROI	%	5.4%	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	5.4%	GHG emission reduction cost	EUR/t_{CO2}	65
Simple Payback	yr	20.0	Project equity	EUR	1,028
Year-to-positive cash flow	yr	16.2			
Net Present Value - NPV	EUR	(415)			
Annual Life Cycle Savings	EUR	(44)			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	0.60			

Yearly Cash Flows

Year #	Pre-tax EUR	After-tax EUR	Cumulative EUR
0	(1,028)	(1,028)	(1,028)
1	53	53	(975)
2	54	54	(921)
3	56	56	(865)
4	58	58	(807)
5	60	60	(747)
6	61	61	(686)
7	63	63	(623)
8	65	65	(558)
9	67	67	(491)
10	15	15	(476)
11	71	71	(405)
12	73	73	(331)
13	75	75	(256)
14	78	78	(178)
15	80	80	(98)
16	82	82	(16)
17	85	85	69
18	87	87	156
19	90	90	246
20	20	20	267
21	96	96	362
22	98	98	461
23	101	101	562
24	104	104	667
25	108	108	774
26	111	111	885
27	114	114	999
28	117	117	1,116
29	121	121	1,237
30	28	28	1,265

Version 3.0 — — NRCan/CETC - Varennes

Cumulative Cash Flows Graph



Version 3.0 — © Minister of Natural Resources Canada 1997-2005. — NRCan/CETC - Varennes

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Solar Water Heating Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Single Home	Threshold	15.0 %
Project location	Ierapetra,Greece		

Click here to Calculate Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI

RE delivered (MWh)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
2.09	-20%	0.5%	1.8%	2.9%	4.0%	4.9%
2.35	-10%	1.8%	3.1%	4.2%	5.2%	6.2%
2.61	0%	2.9%	4.2%	**5.4%**	6.4%	7.4%
2.87	10%	4.0%	5.2%	6.4%	7.5%	8.5%
3.13	20%	4.9%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%

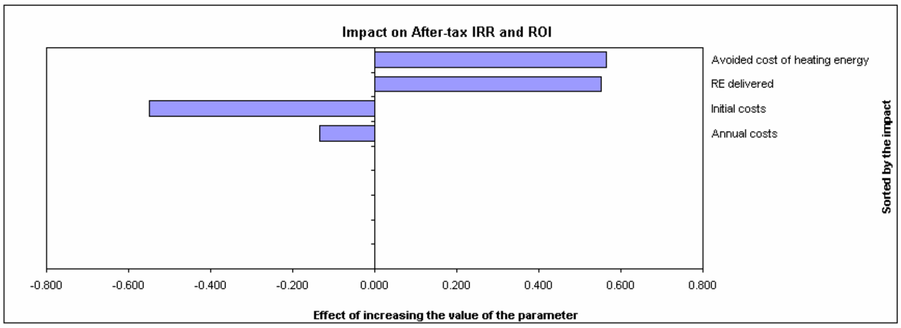
Initial costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
822	-20%	4.5%	5.9%	7.2%	8.4%	9.5%
925	-10%	3.7%	5.0%	6.2%	7.3%	8.4%
1,028	0%	2.9%	4.2%	**5.4%**	6.4%	7.4%
1,131	10%	2.3%	3.5%	4.6%	5.6%	6.6%
1,234	20%	1.7%	2.9%	4.0%	5.0%	5.9%

Annual costs (EUR)		Avoided cost of heating energy (EUR/kWh) 0.0720	0.0810	**0.0900**	0.0990	0.1080
		-20%	-10%	0%	10%	20%
13	-20%	3.5%	4.8%	5.9%	6.9%	7.9%
14	-10%	3.2%	4.5%	5.6%	6.7%	7.6%
16	0%	2.9%	4.2%	**5.4%**	6.4%	7.4%
17	10%	2.6%	3.9%	5.1%	6.2%	7.2%
19	20%	-86.5%	3.6%	4.8%	5.9%	6.9%

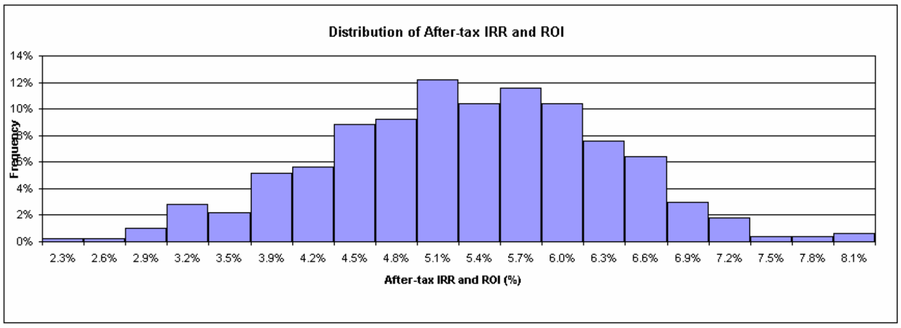
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of heating energy	EUR/kWh	0.0900	15%	0.0765	0.1035
RE delivered	MWh	2.61	15%	2.22	3.00
Initial costs	EUR	1,028	20%	822	1,234
Annual costs	EUR	16	15%	13	18

Click here to Calculate Risk Analysis



Median	%	5.3%
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	%	3.6%
Maximum within level of confidence	%	6.8%



5.0%	**Minimum**	**Median**	**Maximum**	5.0%
	3.6%	Level of confidence = 90% **5.3%**	**6.8%**	

7. Ερωτηματολόγιο

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Στοιχεία ατόμου που απαντά

Φορέας	
Ονοματεπώνυμο	
Διεύθυνση	
Τηλέφωνο	
Fax	
e-mail	

2. Υλικά του συλλέκτη

Α/Α	Υλικά	Ποσότητα (gr)	Απορρίμματα (gr)
1.	Αλουμίνιο		
2.	Ανοξείδωτο Ατσάλι		
3.	Γυαλί		
4.	Χαλκός		
5.	Πολυουρεθάνη		
6.	Ηλιακή Μπογιά		
7.	Χαλυβδόφυλλα γαλβανιζέ		
8.	Υαλοβάμβακας		
9.	Άλλο		
10.	Άλλο		

3. Υλικά του λέβητα

Α/Α	Υλικά	Ποσότητα (gr)	Απορρίμματα (gr)
1.	Πλαστικό		
2.	Ανοξείδωτο Ατσάλι		
3.	Σκόνη Γυαλιού		
4.	Μαγνήσιο		
5.	Πολυουρεθάνη		
6.	Χαλυβδόφυλλα γαλβανιζέ		
7.	Άλλο		
8.	Άλλο		

4. Ψυκτικά υγρά

Α/Α	Ψυκτικό υγρό	Ποσότητα (gr)
1.	Προπυλενογλυκόλη	
2.	Αιθυλενογλυκόλη	
3.	Άλλο.........................	

5. Μεταφορά ηλιακού συστήματος

Α/Α	Μεταφορικό μέσο	Είδος καυσίμου	Τεμάχια ανά διαδρομή	Απόσταση διαδρομής (km)
1.	Φορτηγό			
2.	Πλοίο			
3.	Συνδυασμός των παραπάνω			
4.	Άλλο			

6. Επαναχρησιμοποίηση υλικών που απορρίπτονται

Α/Α	Υλικά που απορρίπτονται	Επεξεργασία
1.	Αλουμίνιο	
2.	Ανοξείδωτο Ατσάλι	
3.	Γυαλί	
4.	Χαλκός	
5.	Πολυουρεθάνη	
6.	Ηλιακή Μπογιά	
7.	Πλαστικό	
8.	Σκόνη Γυαλιού	
9.	Μαγνήσιο	
10.	Μπογιά	
11.	Χαρτί	
12.	Άλλο........................	
13.	Άλλο........................	

7. Ενέργεια που καταναλώνεται κατά την διαδικασία παραγωγής

Α/Α	Είδος ενέργειας που καταναλώνεται	Ποσότητα (μονάδες)	Επιφάνεια συλλέκτη (m^2)	Όγκος λέβητα (Lt)
1.	Ηλεκτρική			
2.	Θερμότητα			
3.	Άλλη........................			

Ευχαριστούμε πολύ για την συνεργασία σας.

8. Συνοδευτικό γράμμα

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνειούπολη, 73 100 ΧΑΝΙΑ

Προς: Μέλη ΕΒΗΕ

Χανιά, 6 Ιουνίου 2005

Αγαπητή/έ Κυρία/ε,

Το Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, στα πλαίσια των ερευνητικών και εκπαιδευτικών του δραστηριοτήτων, καταγράφει δεδομένα που αφορούν την παραγωγή, τη μεταφορά και τη λειτουργία ηλιακών συστημάτων. Στα πλαίσια αυτά διεξάγεται διπλωματική εργασία από την κ. Θεοδώρα Βαρβαρέσου, τελειόφοιτο του Τμήματός μας, που συνέταξε το ερωτηματολόγιο που παρατίθεται.

Θα σας ήμασταν ευγνώμονες αν το συμπληρώνατε και μας το στέλνατε το συντομότερο δυνατό. Για περισσότερες πληροφορίες και τυχόν επεξηγήσεις θα επικοινωνήσουμε άμεσα μαζί σας.

Η εμπειρία σας μας είναι πολύτιμη και όλοι όσοι συμμετέχετε στην έρευνα αυτή, θα παραλάβετε σύντομη περιγραφή της εργασίας μόλις ολοκληρωθεί. Εννοείται ότι τα στοιχεία σας θα παραμείνουν εμπιστευτικά και δεν θα χρησιμοποιηθούν για άλλη χρήση εκτός από την αυστηρά επιστημονική.

Για οποιαδήποτε απορία μπορείτε να επικοινωνείτε μαζί μου ή με την κ. Θεοδώρα Βαρβαρέσου στην εξής ηλεκτρονική διεύθυνση: tvarvaresou@yahoo.com.

Ευχαριστούμε για την συνεργασία σας.

Συναδελφικά

Δρ. Θεοχάρης Τσούτσος
Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνείο Κρήτης

9. Στοιχεία για το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα

***Πίνακας 2-6*: Συνολική ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα (ktoe).**

	Ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας (ktoe)						Ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης (%)		
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	95/00	00/10	10/20
Στερεά καύσιμα	8374	9131	9260	9336	9383	9533	1.7%	0.2%	0.2%
Υγρά καύσιμα	14238	16192	17405	18940	20327	21950	2.6%	1.6%	1.5%
ΑΠΕ	1152	1299	1413	1502	1556	1722	2.4%	1.5%	1.4%
Φυσικό αέριο	58	1710	3028	5094	6622	8096	96.7%	11.5%	4.7%
Ηλεκτρισμός	69	-1	150	-1	100	100	-141.5%	-1.9%	
Σύνολο	***23891***	***28331***	***31256***	***34871***	***37990***	***41402***	***3.5%***	***2.1%***	***1.7%***
Ενεργειακή ένταση (ktoe/εκατ. Euro 1995)	0.30	0.30	0.27	0.26	0.24	0.23	0.0%	-1.5%	-1.2%
Ανά κάτοικο κατανάλωση ενέργειας (toe/cap)	2.27	2.61	2.79	3.05	3.27	3.52	2.8%	1.6%	1.5%

Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος, αυξάνει κατά περίπου 9,2 GW την περίοδο 1995-2020. Η χρήση των λιγνιτικών και πετρελαϊκών σταθμών, δεν αλλάζει σημαντικά κατά την εξεταζόμενη περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, μόνο μία καινούρια λιγνιτική μονάδα εγκαθίσταται στο σύστημα μετά το έτος 2000 (η οποία έχει ήδη εγκατασταθεί στη Φλώρινα), ενώ μερικοί νέοι πετρελαϊκοί σταθμοί εγκαθίστανται την ίδια χρονική περίοδο στα αυτόνομα συστήματα των νησιών. Στο σημείο αυτό βέβαια, εν όψει της σημασίας του λιγνίτη για την ασφάλεια της ενεργειακής κάλυψης της χώρας, θα πρέπει να σημειωθεί η δυνατότητα ένταξης στο σύστημα νέων σύγχρονων λιγιντικών μονάδων υψηλού βαθμού απόδοσης, προς αντικατάσταση παλαιωμένων σταθμών. Ένας τέτοιος σχεδιασμός θα μπορούσε να συμπεριλάβει την κατασκευή τουλάχιστον μίας λιγνητικής μονάδας μέχρι το 2012. Μια τέτοια εξέλιξη δεν έχει συμπεριληφθεί στο παρόν ΣΑΕ.

Οι αυξημένες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια και ισχύ καλύπτονται κυρίως με την εγκατάσταση νέων μονάδων συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο. Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων της κατηγορίας αυτής αυξάνει περίπου 5 φορές κατά την περίοδο 2000 – 2020 για να φτάσει τα 5,8 GW (31% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος) το 2020. Αυτή η μάλλον εντυπωσιακή αύξηση, οφείλεται κατά κύριο λόγο στα σημαντικά οικονομικά και τεχνικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η εν λόγω τεχνολογία. Ακόμη, αναμένεται σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Παρά το γεγονός ότι η εγκατεστημένη ισχύς των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων αυξάνει ελαφρά κατά τη διάρκεια της αναφερόμενης περιόδου, περίπου 1,6 GW αιολικών πάρκων αναμένεται να εγκατασταθούν σαν αποτέλεσμα του πλούσιου αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα και των πολιτικών υποστήριξης που εφαρμόζονται από την Ελληνική κυβέρνηση.

Σε σχέση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μονάδες φυσικού αερίου καλύπτουν περίπου το 28% της συνολικής καθαρής παραγωγής ηλεκτρισμού το 2010 (1,6 Mtoe), ενώ το ποσοστό αυτό φτάνει στο 36% (2,6 Mtoe) το 2020. Αυτή η σημαντική διείσδυση του φυσικού αερίου στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα περιορίζει τη σχετική συμμετοχή των λιγνιτικών μονάδων από 67% το έτος 1995 σε 47% το 2010 και σε 38% το 2020. Ωστόσο, σε απόλυτες τιμές, η παραγόμενη από λιγνιτικούς σταθμούς ηλεκτρική ενέργεια αυξάνει κατά 5,1% κατά την περίοδο 2000 - 2020. Αντίστοιχα, το μερίδιο του παραγόμενου ηλεκτρισμού από πετρελαϊκούς σταθμούς μειώνεται σε