



solarcombi+

Οι πλέον υποσχόμενες αγορές Περιγραφή & Απεικόνιση

Συγγραφή: Juan Rodriguez, Roberto Fedrizzi,
έκδοση v4.0

EURAC
research

Προσαρμογή στα ελληνικά
ΚΑΠΕ, Τμήμα Ανάπτυξης Αγοράς




ΚΑΠΕ
CRES

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Bolzano-Ιταλία, 25.01.2010

Identification of most promising markets and promotion of
standardised system configurations for the market entry of
small scale combined solar heating & cooling applications
EIE/07/158/SI2.466793 09/2007 – 02/2010

Intelligent Energy  Europe

The sole responsibility for the content of this publication lies within the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.



Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	5
2	Μεθοδολογία	6
2.1	Κτιριακοί Δείκτες και Απαιτήσεις.....	6
2.1.1	Βαθμομέρες Θέρμανσης (HDD - Heating Degree Days).....	8
2.1.2	Βαθμομέρες ψύξης (CDD -Cooling Degree Days)	9
2.1.3	Απαιτήσεις σε Ψύξη και Θέρμανση και αποτελέσματα προσομοιώσεων. 9	
2.2	Ακτινοβολία	10
2.2.1	Κρίσιμη Ακτινοβολία	12
2.2.2	Χρήσιμη Ακτινοβολία	13
3	Αποτελέσματα.....	15
3.1	Η αγορά ηλιακών συλλεκτών.....	15
3.2	Τιμές Ενεργειακών Προϊόντων	17
3.3	Θερμικά και Ψυκτικά Φορτία	19
3.4	Χρήσιμη Ακτινοβολία για Θέρμανση χώρου, (40°C).....	19
3.5	Χρήσιμη Ακτινοβολία για προετοιμασία ΖΝΧ (60°C).....	21
3.6	Χρήσιμη Ακτινοβολία και ψύκτες ρόφησης.....	24
3.6.1	Ψύκτες Προσρόφησης (70°C - περίοδος ψύξης).....	24
3.6.2	Ψύκτες απορρόφησης (90°C - περίοδος ψύξης).....	25
4	Συμπεράσματα	27
5	Βιβλιογραφικές Αναφορές	29



Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 – Αποτύπωση βέλτιστων συνθηκών άνεσης σε ψυχομετρικό χάρτη	7
Διάγραμμα 2 – Οι περιβάλλουσες συνθήκες που επιλέχθηκαν στο πλαίσιο του έργου Solar Combi+.	7
Διάγραμμα 3 – Βαθμοημέρες θέρμανσης στην Ευρώπη	8
Διάγραμμα 4 – Βαθμοημέρες ψύξης στην Ευρώπη.	9
Διάγραμμα 5 – Ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.....	10
Διάγραμμα 6 – Ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο στην περίοδο θέρμανσης (8 μήνες).	11
Διάγραμμα 7 – Ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο στην περίοδο ψύξης (4 μήνες).	11
Διάγραμμα 8 – Επίπεδος συλλέκτης: $k_0 = 0.823$, $k_1 = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$	13
Διάγραμμα 9 – Συλλέκτης σωλήνων κενού: $k_0 = 0.601$, $k_1 = 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$	13
Διάγραμμα 10 – Η αγορά των ηλιακών συλλεκτών στην Ευρώπη. Συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια το 2008.	15
Διάγραμμα 11 – Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων στην Ευρώπη. Εγκατεστημένη επιφάνεια το 2004.	16
Διάγραμμα 12 – Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων στην Ευρώπη. Εγκατεστημένη επιφάνεια το 2008	16
Διάγραμμα 13 – Τιμές φυσικού αερίου στην Ευρώπη [πηγή Eurostat].....	18
Διάγραμμα 14 – Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη [πηγή Eurostat].....	18
Διάγραμμα 15 – Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στους 40 °C).....	20
Διάγραμμα 16 – Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στους 40 °C).....	20
Διάγραμμα 17 – Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στους 60 °C).....	22
Διάγραμμα 18 – Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στους 60 °C).....	23
Διάγραμμα 19 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στους 60 °C).....	23
Διάγραμμα 20 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στους 60 °C)	23
Διάγραμμα 21 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για επίπεδους συλλέκτες στους 70 °C.....	25
Διάγραμμα 22 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για συλλέκτες σωλήνων κενού στους 70 °C.....	25
Διάγραμμα 23 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για επίπεδους συλλέκτες στους 90 °C.....	26
Διάγραμμα 24 – Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για συλλέκτες σωλήνων κενού στους 90 °C.....	26



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 – Απαιτήσεις σε ψύξη, θέρμανση και ZNX των κτηρίων της προσομοίωσης [kWh/m ² /έτος]	10
Πίνακας 2 – Ακτινοβολία σε επίπεδο με κλίση 40° για τις περιόδους ψύξης & θέρμανσης.....	12
Πίνακας 3 – Εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες στην Ευρώπη – Πηγή ESTIF, AEE-Intec.....	17
Πίνακας 4 - Τιμές βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για τις πόλεις οι οποίες μελετήθηκαν στο πλαίσιο του έργου.....	19
Πίνακας 5 – Χρήσιμη ακτινοβολία [kWh/m ² /έτος] στους 40°C για θέρμανση (8 μήνες).....	20
Πίνακας 6 – Χρήσιμη ακτινοβολία [kWh/m ² /έτος] στους 60°C για την παραγωγή ZNX	21
Πίνακας 7 – Σύσχέτιση της συλλεχθείσας ενέργειας από επιπέδου συλλέκτες και συλλέκτες κενού σε καθορισμένη περίοδο.....	22
Πίνακας 8 – Χρήσιμη ακτινοβολία [kWh/m ² /έτος] για ψύξη (4 μήνες).....	24
Πίνακας 9 – Χρήσιμη Ακτινοβολία [kWh/m ² /έτος] για ψύξη (4 μήνες).....	26

1 Εισαγωγή

Στόχο, της παρούσας έκθεσης, αποτελεί ο προσδιορισμός των πλέον υποσχόμενων ευρωπαϊκών αγορών προκειμένου να εγκατασταθούν συνδυασμένα συστήματα ηλιακού κλιματισμού (SC+/solar combi plus), λαμβάνοντας υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα των υπό μελέτη περιοχών και τις υφιστάμενες αγορές των ηλιακών συλλεκτών.

Η βασική ιδέα συνοψίζεται στη δημιουργία χαρτών, οι οποίοι μέσω γραφικής απεικόνισης διευκολύνουν τη διαδικασία επιλογής και αξιολόγησης μιας υποψήφιας περιοχής για την εγκατάσταση των συστημάτων αυτών.

Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης αποτέλεσε η συλλογή και μελέτη δεδομένων που αφορούσαν στην αγορά ηλιακών συλλεκτών, ώστε να αναγνωριστούν οι αγορές με την υψηλότερη ευαισθησία στην αξιοποίηση θερμικών ηλιακών εφαρμογών (ζεστό νερό χρήσης και παραγωγή θερμότητας).

Επιπρόσθετα, έγινε μια ανάλυση των τιμών των ενεργειακών προϊόντων με στόχο να αναγνωριστούν οι ευρωπαϊκές χώρες στις οποίες παρατηρείται υψηλή ευαισθησία στην ενεργειακή κατανάλωση.

Στη συνέχεια, η μελέτη των μετεωρολογικών δεδομένων συνέβαλε στην αξιολόγηση του μέγιστου ποσού ενεργειακών απολαβών της εκάστοτε τεχνολογίας ηλιακών συλλεκτών (επίπεδοι και συλλέκτες κενού) σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες σε συνάρτηση με τα διαφορετικά συστήματα διανομής θερμότητας του κτηρίου. Επιπρόσθετα αξιολογήθηκαν οι ανάγκες θέρμανσης-ψύξης στον ευρωπαϊκό κτηριακό τομέα, σε επίπεδο έτους.

Τέλος, μέσω της σύγκρισης της ζήτησης και διαθεσιμότητας ενέργειας αναγνωρίστηκαν οι περιοχές οι οποίες μπορούν να ιεραρχηθούν ως πρώτης προτεραιότητας για την εγκατάσταση των SC+ συστημάτων.

2 Μεθοδολογία

Τα δεδομένα που αφορούν στους ηλιακούς συλλέκτες, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των σχετικών χαρτών, ανακτήθηκαν από την έκθεση της ESTIF με τίτλο “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007”[6]. Τα στοιχεία της έκδοσης είχαν επεξεργαστεί από την AEE-Intec, εταίρο του έργου. Τα δεδομένα αφορούσαν την αγορά θερμικών ηλιακών συστημάτων για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανση χώρου και χρησιμοποιήθηκαν χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Η διαδικασία της επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων περιλάμβανε τη δημιουργία αρχείου Microsoft excel και ενσωμάτωση μακροεντολών μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Visual basic. Οι ωριαίες τιμές γράφτηκαν σε μορφή TM2 (οι πλειονότητά τους προέρχονταν από τη βάση δεδομένων Meteororm[®]6) και προέρχονται από κλιματικές χρονοσειρές 608 μετεωρολογικών σταθμών. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν περιλήφθηκαν επιπλέον δεδομένα από άλλους σταθμούς.

Το αρχείο της μακροεντολής που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από την ιστοσελίδα του National Renewable Energy Laboratory (USA) [<http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/tmy2>]. Τα δεδομένα των 608 μετεωρολογικών σταθμών μεταφορτώθηκαν σε αρχείο excel για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Ορισμένες από τις παραμέτρους ανακτήθηκαν απευθείας από τα πρωτογενή αρχεία είναι και είναι οι εξής:

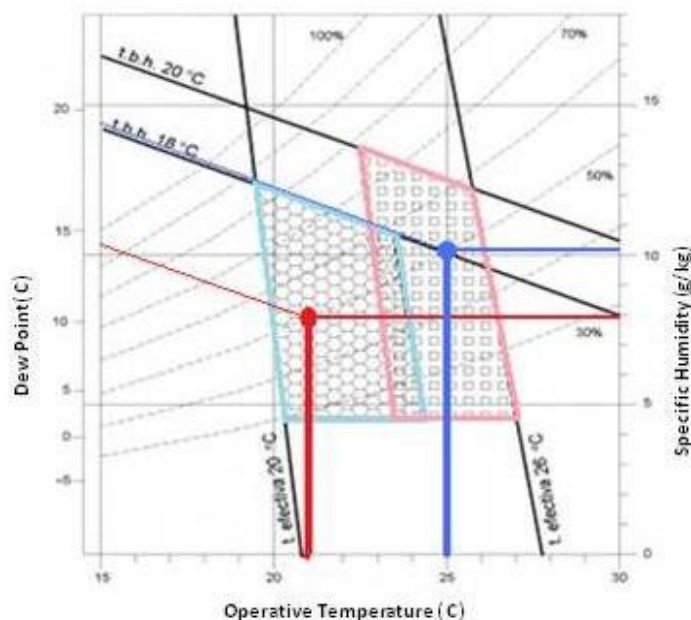
- ➔ Ονομασία Πόλης
- ➔ Χώρα
- ➔ Γεωγραφικό πλάτος
- ➔ Γεωγραφικό μήκος
- ➔ Υψόμετρο
- ➔ Άμεση ακτινοβολία
- ➔ Διάχυτη οριζόντια ακτινοβολία
- ➔ Θερμοκρασία (ξηρού βολβού)

Οι υπόλοιπες παράμετροι προέκυψαν από υπολογισμούς και είναι οι εξής: Βαθμονήμερες θέρμανσης (HDD -Heating Degree Day), Βαθμονήμερες ψύξης (CDD -Cooling Degree Day), Κρίσιμη Ακτινοβολία, αξιοποιήσιμη Ακτινοβολία. Ο υπολογισμός τους έγινε μέσω των προαναφερθέντων παραμέτρων καθώς και των δεδομένων που επιλέγονται από τον χρήστη (τύπος και απόδοση συλλέκτη, θερμοκρασίες κ.ο.κ.). Όλες οι πληροφορίες απεικονίσθηκαν σε χάρτες της Ευρώπης μέσω εργαλείου GIS (freeware).

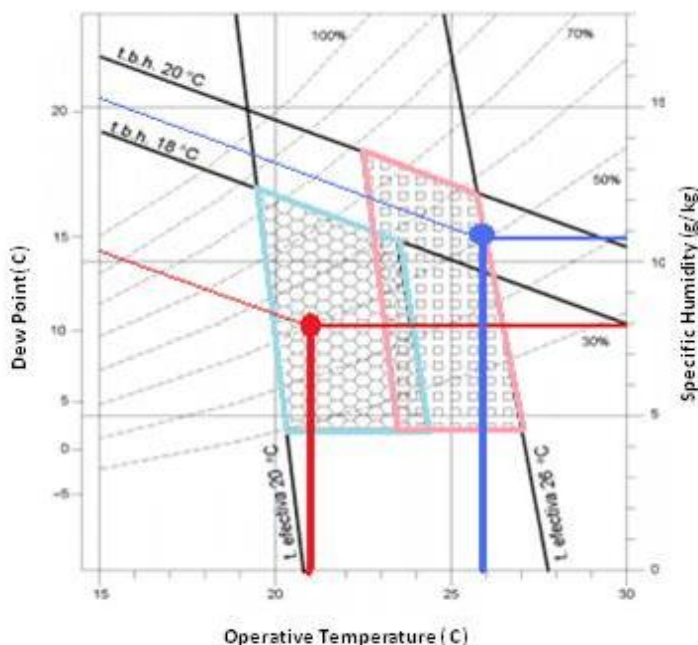
2.1 Κτιριακοί Δείκτες και Απαιτήσεις

Ο ψυχομετρικός χάρτης του επόμενου διαγράμματος (βλ. Διάγραμμα 1), παρουσιάζει τις αποδεκτές συνθήκες άνεσης σε εσωτερικούς χώρους τόσο για τη χειμερινή όσο και για τη θερινή περίοδο (εντός των 2 τραπεζοειδών σχημάτων). Όπως φαίνεται, 50% σχετική υγρασία και 21°C κατά την περίοδο θέρμανσης (μπλε τραπεζοειδές) και 25 °C κατά την περίοδο ψύξης (ροζ τραπεζοειδές) διασφαλίζουν ικανοποιητική άνεση στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Η μετακίνηση του κόκκινου σημείου πάνω στην καμπύλη της σχετικής υγρασίας 50%, προς τα αριστερά, οδηγεί

σε λιγότερες ενεργειακές απώλειες από το κτήριο προς το περιβάλλον κατά τη χειμερινή περίοδο. Το αντίθετο συμβαίνει με την αντίστοιχη μετακίνηση του μπλε σημείου. Προκειμένου να καθοριστούν αυτές οι παράμετροι σε αναλογία με τα φορτία των κτηρίων, ορίστηκαν ως εσωτερικές συνθήκες οι 21°C για τη χειμερινή περίοδο και 26°C για τη θερινή (βλ. Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 1 - Αποτύπωση βέλτιστων συνθηκών άνεσης σε ψυχομετρικό χάρτη



Διάγραμμα 2 - Οι περιβάλλουσες συνθήκες που επιλέχθηκαν στο πλαίσιο του έργου Solar Combi+.

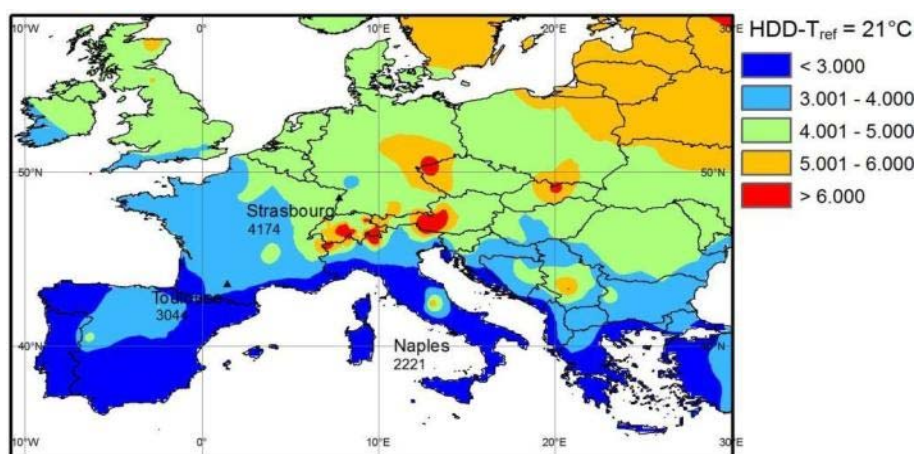
Οι επόμενες δύο παράμετροι (Βαθμομέρες Θέρμανσης και Βαθμομέρες Ψύξης) λειτουργούν ως πρώτη προσέγγιση για την αξιολόγηση των ενεργειακών αναγκών ενός κτηρίου η οποία βασίζεται αποκλειστικά στις εξωτερικές θερμοκρασίες που επικρατούν, και θα αναλυθούν εκτενώς στις επόμενες παραγράφους.

Οι δύο αυτές παράμετροι παρουσιάζουν την απαίτηση (ψύξη ή θέρμανση) για διασφάλιση των πλήρως αποδεκτών συνθηκών άνεσης εντός του κτηρίου, συγκρίνοντας την εξωτερική θερμοκρασία με αυτή που επικρατεί εντός του κτηρίου καθόλη τη διάρκεια του έτους (υπολογισμένη για σχετική υγρασία 50%). Ωστόσο, ενώ η Βαθμομέρα Θέρμανσης (HDD) αποτελεί ένα αξιόπιστο μέγεθος για την αξιολόγηση των αναγκών θέρμανσης, η Βαθμομέρα Ψύξης (CDD) αντιμετωπίζεται ως αμφιβόλου αξιοπιστίας μέγεθος, εφόσον κατά τον υπολογισμό της, δε λαμβάνεται υπόψη η υγρασία (λανθάνουσα θερμότητα) και το ηλιακό κέρδος, τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις έχουν την υψηλότερη συνεισφορά. Παρόλα αυτά, είναι ένα μέγεθος που εύκολα μπορεί να συμβάλλει στην αρχική εκτίμηση.

2.1.1 Βαθμομέρες Θέρμανσης (HDD - Heating Degree Days)

Το μέγεθος αυτό (HDD), αποτελεί έναν ποσοτικό δείκτη ο οποίος σχεδιάστηκε ώστε να περιγράφονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση ενός κτηρίου. Προέρχεται από την παρατήρηση των ημερήσιων θερμοκρασιών και υπολογίζεται ως το ετήσιο άθροισμα της διαφοράς της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (σε °C) από τη θερμοκρασία βάσης του εσωτερικού περιβάλλοντος ενός κτηρίου. Τυπικά η θερμοκρασία βάσης θεωρείται αυτή των 21°C, στην οποία δεν υφίστανται απώλειες προς το περιβάλλον.

$$HDD = \sum_{h=1}^{365} \frac{(21 - T_{amb,h})}{24} \approx \sum_{d=1}^{365} (21 - T_{amb,d})$$



Διάγραμμα 3 - Βαθμομέρες θέρμανσης στην Ευρώπη

Στην περίπτωση του έργου SC+, επιλέχθηκαν τρεις από τις πέντε συνολικά ζώνες, στις οποίες διαχωρίζεται η Ευρώπη. Οι τρεις πόλεις αναφοράς ανήκουν στις τρεις θερμότερες ζώνες (Νάπολη 2221, Τουλούζη 3040, Στρασβούργο). Οι λοιπές ζώνες χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές βαθμομερών θέρμανσης (HDD>5000), με αποτέλεσμα οι ανάγκες σε ψύξη κατά τους θερινούς μήνες να είναι πολύ μικρές, συνεπώς δεν αποτελούν προτεραιότητα για μελέτη.

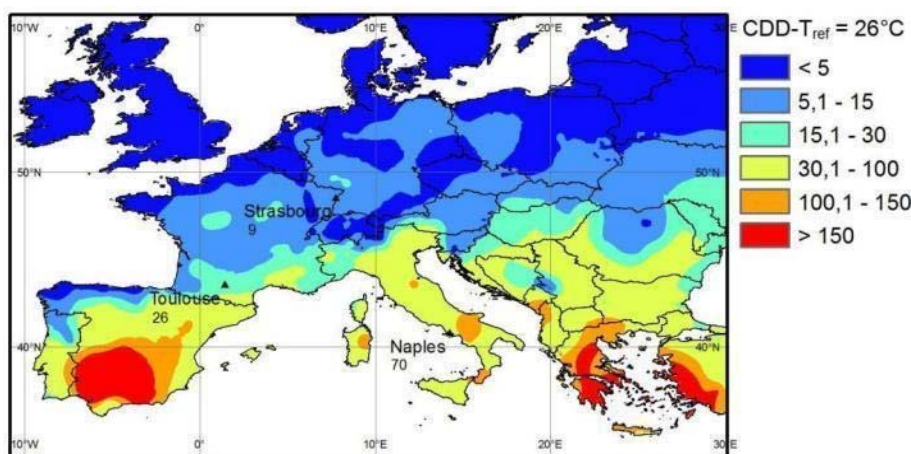
Η σύγκριση μεταξύ των τριών πόλεων αναφοράς αναδεικνύει τη σημαντική αύξηση των βαθμομερών ψύξης η οποία είναι 36% μεταξύ Νάπολης και Τουλούζης και 88% μεταξύ Νάπολης και Στρασβούργου.

2.1.2 Βαθμομέρες ψύξης (CDD -Cooling Degree Days)

Οι Βαθμομέρες Ψύξης (CDD) προσδιορίζονται με αντίστοιχο τρόπο με τις Βαθμομέρες θέρμανσης, ώστε να αξιολογούνται τα ενεργειακά κέρδη του κτηρίου με βάση τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία αναφοράς σε αυτή την περίπτωση είναι 26°C.

$$CDD = \sum_{h=1}^{N_{CDD}} \frac{(T_{amb,h} - 26)}{24} \approx \sum_{d=1}^{N_{CDD}} (T_{amb,d} - 26)$$

Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται οι ζώνες βαθμομερών ψύξης της Ευρώπης. Οι σχετικές τιμές CDD για τις πόλεις αναφοράς παρουσιάζουν έντονη διακύμανση (Νάπολη 70, Τουλούζη 26 και Στρασβούργο 9), πιο συγκεκριμένα οι τιμές για τη Νάπολη είναι υψηλότερες κατά 63% & 87% σε σχέση με αυτές της Τουλούζης και το Στρασβούργο αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4 - Βαθμομέρες ψύξης στην Ευρώπη.

2.1.3 Απαιτήσεις σε Ψύξη και Θέρμανση και αποτελέσματα προσομοιώσεων.

Οι συνολικές απαιτήσεις σε ψύξη και θέρμανση, των κτηρίων τα οποία προσομοιώθηκαν, στο πλαίσιο του έργου SC+ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (βλ. Πίνακας 1).

Πίνακας 1 - Απαιτήσεις σε ψύξη, θέρμανση και ΖΝΧ των κτηρίων της προσομοίωσης [kWh/m²/έτος]

kWh/m ² /έτος	Γραφείο		Τυπική κατοικία			Κατοικία χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης		
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ
Στρασβούργο	69.74	34.19						
Τουλούζη	34.13	50.28	46.05	5.69	12.66	24.58	6.12	12.66
Νάπολη	9.22	80.75	21.11	18.45	11.43	9.37	17.45	11.43

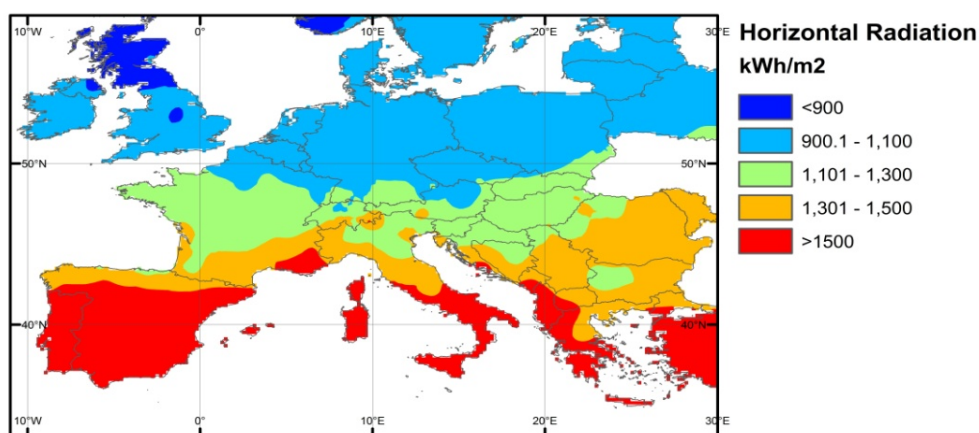
Η συγκριτική μελέτη των εφαρμογών της Τουλούζης και Νάπολης δείχνει πως οι τιμές των θερμικών φορτίων, για τις κατοικίες, κυμαίνονται μεταξύ 9 και 46 kWh/m²/έτος, ενώ τα ψυκτικά φορτία μεταξύ 6 και 20 kWh/m²/έτος. Οι τιμές αυτές αυξάνονται κατά πολύ στην περίπτωση του κτηρίου γραφείων. (50-80 kWh/m²/year).

Τα θερμικά φορτία των εφαρμογών στο Στρασβούργο, είναι 7 φορές υψηλότερα αν συγκριθούν με αυτά στην περίπτωση της Νάπολης (μόνο προσομοίωση κτηρίων γραφείων), ενώ τα ψυκτικά φορτία είναι μόνο 3 φορές υψηλότερα.

2.2 Ακτινοβολία

Ο υπολογισμός της ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο βασίστηκε, αρχικά, στις τιμές της άμεσης και διάχυτης οριζόντιας ακτινοβολίας, οι οποίες εξάχθηκαν από τα αρχεία των μετεωρολογικών δεδομένων.

[Type a quote from the document or the summary of an interesting point. You can position the text box anywhere in the document. Use the Text Box Tools tab to change the formatting of the pull quote text box.]

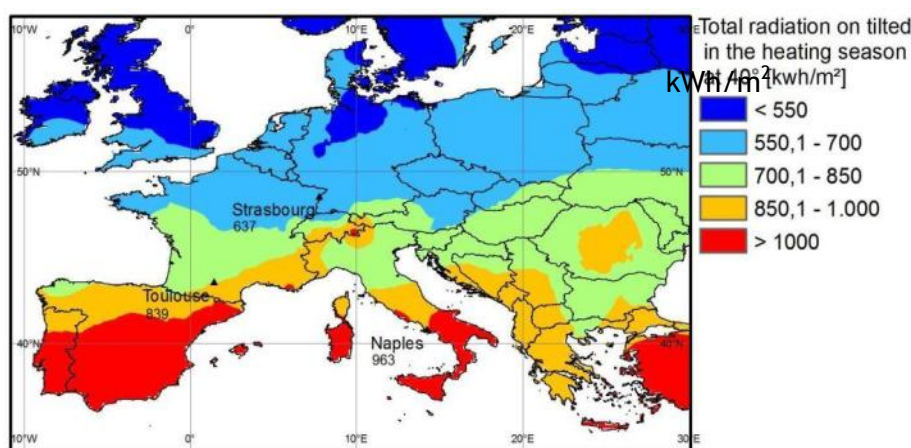


Διάγραμμα 5 - Ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

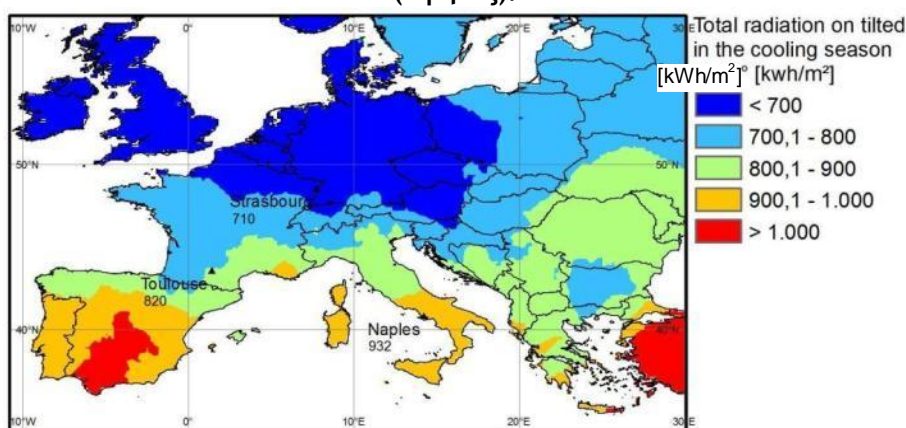
Προκειμένου να εκτιμηθεί η ενέργεια σε κεκλιμένο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό έγινε μια περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων. Για λόγους σύγκρισης, η κλίση των συλλεκτών θεωρήθηκε 40° για όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες ενώ είναι γνωστό πως η βέλτιστη κλίση εξαρτάται από το γεωγραφικό μήκος της περιοχής. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες, ένας για την περίοδο θέρμανσης και ένας για την περίοδο ψύξης (περίοδος ψύξης 15^η Μαΐου έως 15^η Σεπτεμβρίου, περίοδος θέρμανσης το υπόλοιπο του έτους).

Στο Διάγραμμα 6 και Διάγραμμα 7 απεικονίζεται το μέγιστο ποσό διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, ανεξαρτήτως τύπου συλλέκτη και απαιτούμενης θερμοκρασίας διαδικασίας. Σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα (βλ. Πίνακας 2), το ποσό της ακτινοβολίας για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης είναι σχεδόν πανομοιότυπο για κάθε πόλη αναφοράς.

Προκειμένου να παραχθούν περισσότερο αντιπροσωπευτικά γραφήματα μελετήθηκαν επιπλέον δύο μεγέθη, ώστε να ληφθούν υπόψη η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη: η κρίσιμη ακτινοβολία και η χρήσιμη ακτινοβολία.



Διάγραμμα 6 - Ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο στην περίοδο θέρμανσης (8 μήνες).



Διάγραμμα 7 - Ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο στην περίοδο ψύξης (4 μήνες).

Πίνακας 2 - Ακτινοβολία σε επίπεδο με κλίση 40° για τις περιόδους ψύξης & θέρμανσης

[kWh/m ²]	Ολική οριζόντια ακτινοβολία	Ακτινοβολία κατά την περίοδο θέρμανσης, κλίση 40°, προσανατολισμός νότιος (8 μήνες)	Ακτινοβολία κατά την περίοδο ψύξης, κλίση 40°, νότιος προσανατολισμός (4 μήνες)
Στρασβούργο	1540	637	710
Τουλούζη	1897	839	820
Νάπολη	2135	963	932

2.2.1 Κρίσιμη Ακτινοβολία

Ένας ηλιακός συλλέκτης χαρακτηρίζεται από την απόδοσή του, η οποία ουσιαστικά είναι η ικανότητα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει αφαιρουμένων των θερμικών απωλειών προς το περιβάλλον:

$$\eta = IAM \times k_0 - k_1 \cdot \frac{(T_{avg} - T_{amb})}{G_1} - k_2 \cdot \frac{(T_{avg} - T_{amb})^2}{G_1}$$

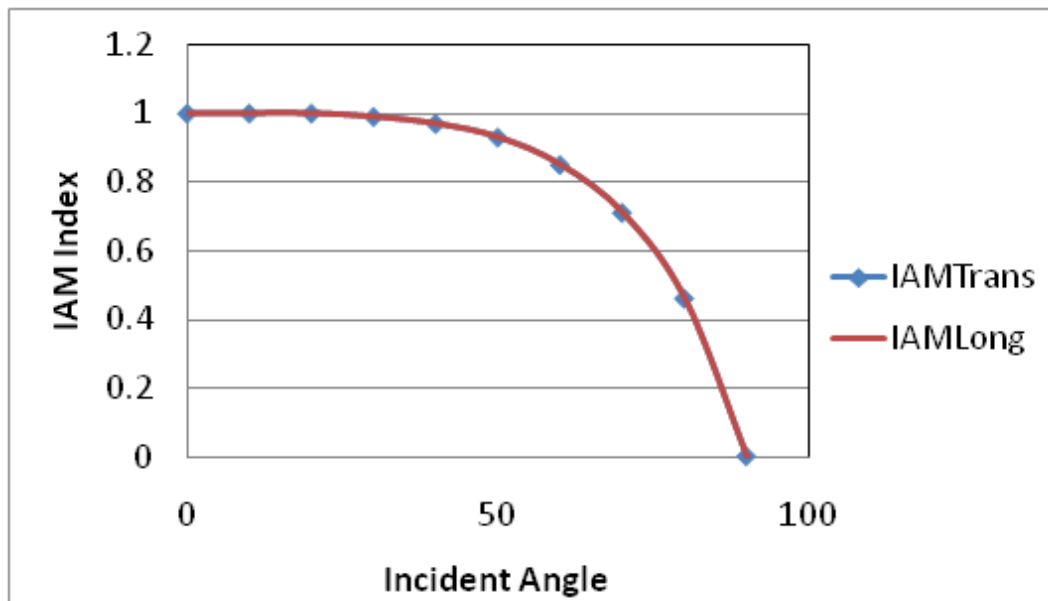
- ➔ k_0 = οπτική απόδοση (0.823 - επίπεδοι, 0.601 - σωλήνων κενού, για δεδομένη μικτή συλλεκτική επιφάνεια)
- ➔ k_1 = συντελεστής γραμμικών απωλειών (3.02 W/(m²*K) - επίπεδοι, 0.767 W/(m²*K) - σωλήνων κενού, για δεδομένη μικτή συλλεκτική επιφάνεια)
- ➔ k_2 = συντελεστής δευτεροβάθμιων απωλειών (δε χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση, λόγω των δευτερευόντων επιδράσεών του)
- ➔ T_{avg} = μέση θερμοκρασία
- ➔ T_{amb} = θερμοκρασία περιβάλλοντος
- ➔ IAM = συντελεστής διόρθωσης γωνίας πρόσπτωσης, αξιολογεί (ποσοστιαία) το ποσό της ενέργειας το οποίο φτάνει στην επιφάνεια του συλλέκτη στις 2 χαρακτηριστικές κλίσεις (εγκάρσια-T και διαμήκης-L) οι οποίες σχηματίζονται από τη θέση του ήλιου (ωριαίως) και της κεκλιμένης επιφάνειας. $IAM = IAM_T \times IAM_L$
- ➔ G = προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Ως Κρίσιμη Ακτινοβολία ορίζεται η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας όπου το μέγεθος των θερμικών απωλειών είναι ίσο με την ηλιακή ενέργεια όπου συλλέχθηκε για δεδομένη θερμοκρασία. Αναπτύσσοντας την τελευταία εξίσωση για απόδοση ίση με μηδέν μη συμπεριλαμβανομένων των δευτεροβάθμιων απωλειών, η ακτινοβολία υπολογίζεται ως εξής:

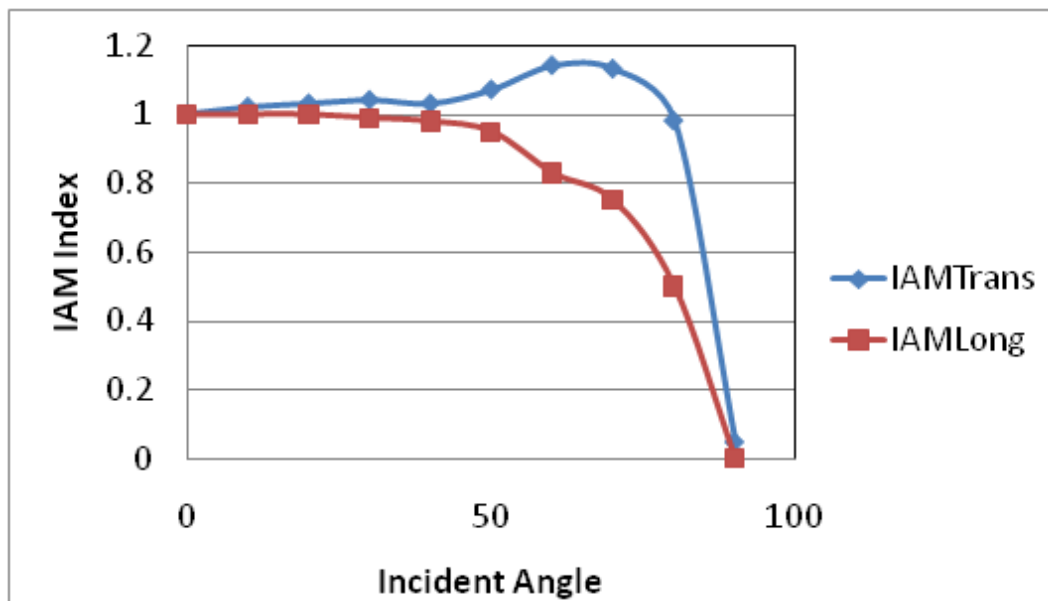
$$I_{Critical}^{temp, coll} = \frac{k_1}{IAM \times k_0} \cdot (T_{process} - T_{amb})$$

Όπου $T_{process}$ = θερμοκρασία διαδικασίας

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, προκειμένου να προσδιοριστεί η κρίσιμη ακτινοβολία, πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν: ο τύπος του συλλέκτη, οι γωνίες IAM (εγκάρσια και διαμήκης) και η αναγκαίες για τη διαδικασία θερμοκρασίες (αρχικά η θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη).



Διάγραμμα 8 - Επίπεδος συλλέκτης: $k_0 = 0.823$, $k_1 = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$



Διάγραμμα 9 - Συλλέκτης σωλήνων κενού: $k_0 = 0.601$, $k_1 = 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.2.2 Χρήσιμη Ακτινοβολία

Η χρήσιμη ακτινοβολία ορίζεται ως η διαφορά της Ολικής Ακτινοβολίας και της Κρίσιμης Ακτινοβολίας ενός συλλέκτη.

Ουσιαστικά, αντιπροσωπεύει το ποσό της ενέργειας που απαιτείται προκειμένου ένας συγκεκριμένος ηλιακός συλλέκτης να θερμάνει το θερμικό ρευστό σε ορισμένη θερμοκρασία, υπό δεδομένες κλιματολογικές συνθήκες:

$$I_{\text{Useful}}^{\text{temp, coil}} = I_{\text{total}} - I_{\text{Critical}}^{\text{temp, coil}}$$



Στο πλαίσιο του έργου, οι θερμοκρασίες λειτουργίας, θεωρήθηκαν εξαρτημένες από την τεχνολογία του ψύκτη ρόφησης για την παραγωγή ψυχρού νερού και τις ανάγκες σε θέρμανση και ζεστού νερού χρήσης. Για το λόγο αυτό, οι θερμοκρασίες που θεωρήθηκαν για τον υπολογισμό της Κρίσιμης Ακτινοβολίας είναι:

- ➔ 40°C για θέρμανση μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος ή fan coils.
- ➔ 60°C για ZNX (ετησίως).
- ➔ 70°C για ψύκτες προσρόφησης (θερινή περίοδος).
- ➔ 90°C για ψύκτες απορρόφησης (θερινή περίοδος)

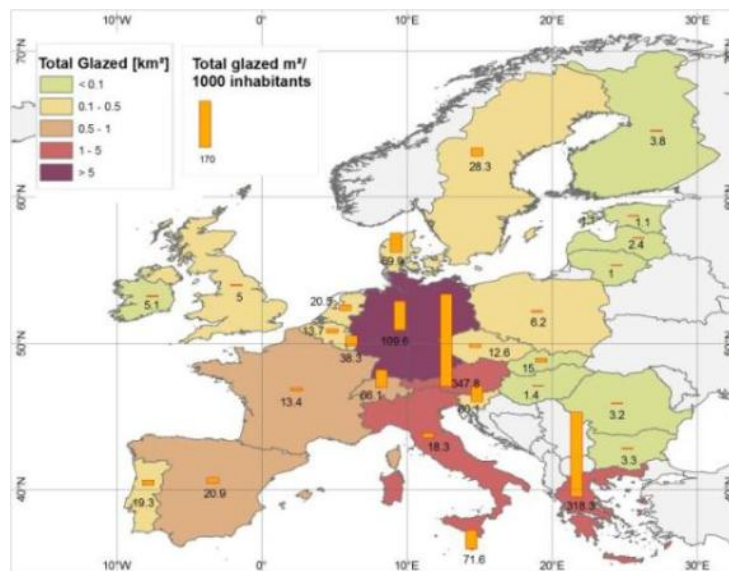
Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως τα αποτελέσματα συσχετίζονται με τη μέγιστη αξιοποιήσιμη ενέργεια σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες λειτουργίας και περιβάλλοντος, συνεπώς για την περίπτωση των ψυκτών, η θερμοκρασία για την οποία αξιολογήθηκαν είναι η ελάχιστη δυνατή για την οποία μπορεί να εκκινηθεί και να λειτουργήσει το σύστημα. Επιπλέον τα χαρακτηριστικά μεγέθη των συλλεκτών (k0 και k1) θεωρούνται σταθερά προκειμένου να γίνουν οι υπολογισμοί, κατάσταση η οποία μπορεί να επιτευχθεί μόνο αν οι θερμοκρασίες εισόδου στους συλλέκτες είναι επίσης σταθερές.

Πρακτικά, αυτό συμβαίνει μόνο όταν η χρήσιμη ακτινοβολία είναι πάντα περισσότερη από τις ανάγκες, γεγονός που δεν ισχύει. Οι παραπάνω παραδοχές είχαν ως αποτέλεσμα να προκύψουν κάποιες απλοποιήσεις στο μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε, οι οποίες οδήγησαν σε μερικώς υπερδιαστασιοποιημένα μεγέθη σε σύγκριση με την πραγματικά διαθέσιμη ενέργεια για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Ωστόσο το μοντέλο είναι επαρκές για τη αξιολόγηση των πλέον υποσχόμενων αγορών, αφού δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε διαφορετικές ευρωπαϊκές περιοχές.

3 Αποτελέσματα

3.1 Η αγορά ηλιακών συλλεκτών

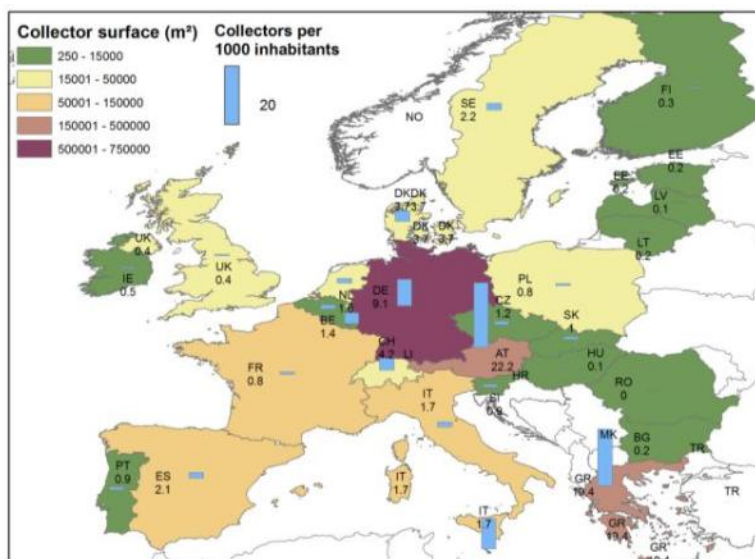
Η ευρωπαϊκή αγορά των ηλιακών συλλεκτών για το έτος 2008, σε όρους πωληθέντων τετραγωνικών μέτρων απεικονίζονται στο Διάγραμμα 10. Η Γερμανία εμφανίζεται στην πρώτη θέση με εγκατεστημένα 11 εκ. m² και με μεγάλη διαφορά από τις επόμενες χώρες, οι οποίες είναι η Ελλάδα, Αυστρία, Ιταλία, Γαλλία και Ισπανία με 3.9, 3.2, 1.6, 1.6 and 1.4 εκ.m². Στην περίπτωση της κατά κεφαλήν εγκατεστημένης επιφάνειας συλλεκτών η Αυστρία, η Ελλάδα και η Γερμανία κατέχουν τις πρώτες θέσεις με 388, 344 and 135 m²/1000 κατοίκους αντίστοιχα. Επομένως αυτές οι χώρες φαίνεται να παρουσιάζουν τις καλύτερες δυνατότητες εισαγωγής στην αγορά των τεχνολογιών ηλιακής ψύξης και θέρμανσης. Η Κύπρος και η Μάλτα, οι οποίες παρουσιάζουν αξιοσημείωτα μεγέθη σε κατά κεφαλήν εγκατεστημένη συλλεκτική επιφάνεια (873 και 75 m²/1000 κατοίκους αντίστοιχα), δε συμπεριλαμβάνονται στις χώρες - στόχους λόγω του μικρού μεγέθους της αγοράς τους σε απόλυτες τιμές. Τέλος οι υπόλοιπες χώρες, όπως η Ιταλία, Ισπανία και Γαλλία που μελετήθηκαν απέχουν κατά πολύ στα μεγέθη της αγοράς.



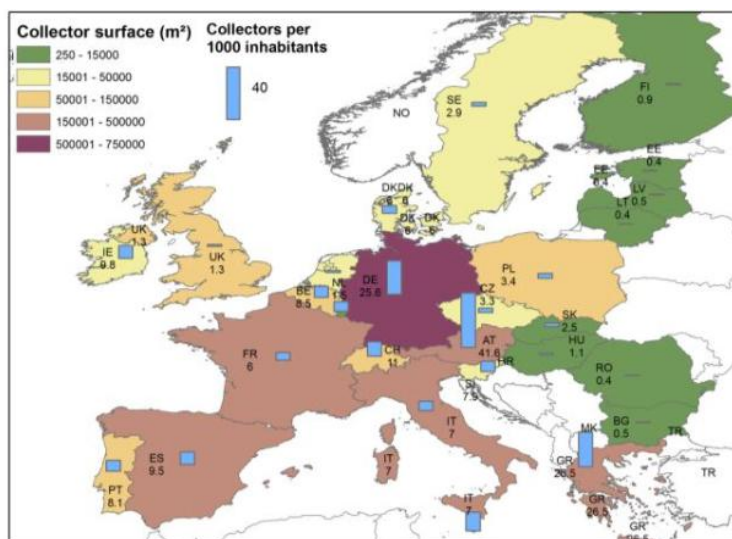
Διάγραμμα 10 - Η αγορά των ηλιακών συλλεκτών στην Ευρώπη. Συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια το 2008.

Προκειμένου να αναγνωριστούν οι πλέον υποσχόμενες αγορές βάση του ρυθμού ανάπτυξης εκτιμήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι εγκατεστημένες επιφάνειες ηλιακών συλλεκτών της τελευταίας τετραετίας. Η αύξηση της αγοράς κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου καταδεικνύει τη δυναμικότητα επιπρόσθετων αγορών πλέον αυτών των χωρών της νότιας Ευρώπης, οι οποίες έχουν υψηλό δυναμικό ηλιακής ενέργειας. Στις χώρες αυτές ανήκουν η Σλοβενία, η Πορτογαλία καθώς και η Γαλλία, Ισπανία και Ιταλία οι οποίες παρουσίασαν εντυπωσιακούς ρυθμούς ανάπτυξης των εγχώριων αγορών ηλιακών συστημάτων με +789%, +760%, +646%, +382% και +260% αντίστοιχα (βλ Διάγραμμα 11, Διάγραμμα 12). Οι καθιερωμένες μεγάλες αγορές όπως είναι η Ελλάδα, η Γαλλία και η Γερμανία, εμφανίζουν μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης με 34%, 90% και 180% αντίστοιχα.

Συνεπώς όλες οι προαναφερθείσες χώρες μπορούν να θεωρηθούν δυναμικές αγορές για τα θερμικά ηλιακά συστήματα και ιδιαίτερα για τα SC+ συστήματα.



Διάγραμμα 11 - Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων στην Ευρώπη. Εγκατεστημένη επιφάνεια το 2004.



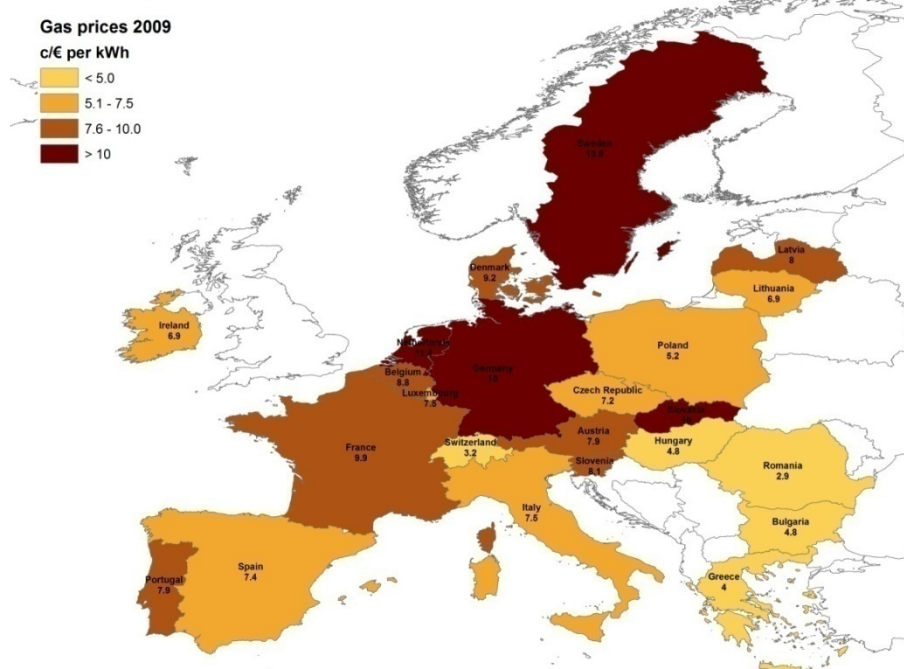
Διάγραμμα 12 - Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων στην Ευρώπη. Εγκατεστημένη επιφάνεια το 2008

Πίνακας 3 - Εγκατεστημένοι ηλιακοί συλλέκτες στην Ευρώπη - Πηγή ESTIF, AEE-Intec

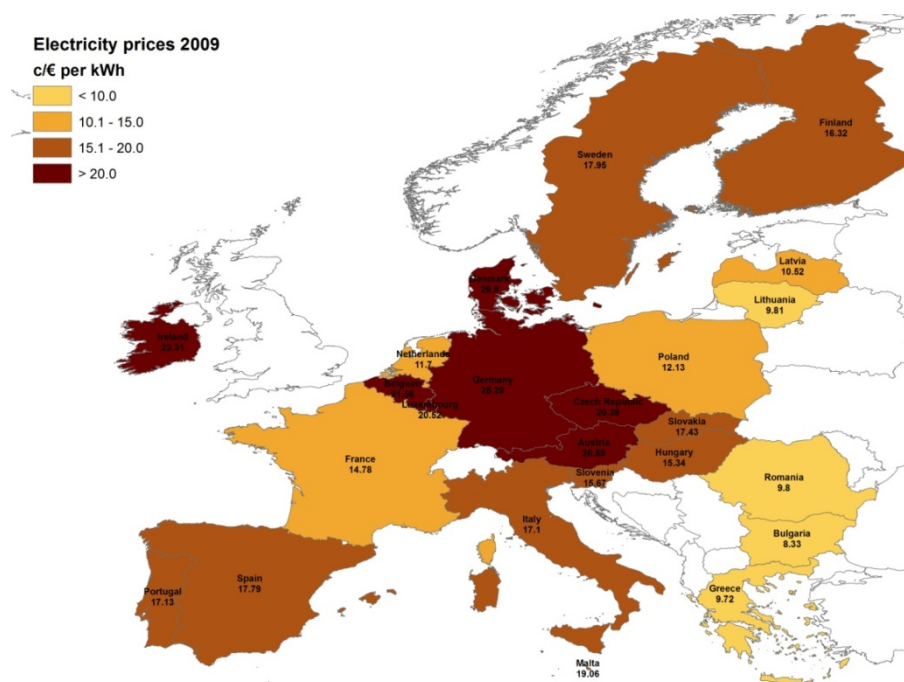
	m ²				m ² /1000 κατοίκους				
	2004	2006	2008	Συνολικά το 2008	2004	2006	2008	Συνολικ ά το 2008	Αύξηση 04-08
AT	182594	292669	347703	3240330	22.2	35.3	41.6	387.8	187%
BE	14700	35636	91000	268947	1.4	3.4	8.5	25.0	607%
BG	1800	2200	4000	31600	0.2	0.3	0.5	4.2	250%
CH	31160	51863	85000	593980	4.2	6.9	11.0	77.1	261%
CY	30000	60000	68000	693200	40.0	77.1	85.6	873.1	214%
CZ	12250	22030	35000	165100	1.2	2.1	3.3	15.8	275%
DE	750000	1500000	2100000	11094000	9.1	18.2	25.6	135.3	281%
DK	20000	25300	33000	418280	3.7	4.6	6.0	75.9	162%
EE	250	300	500	1970	0.2	0.2	0.4	1.5	200%
ES	90000	175000	434000	1411166	2.1	3.9	9.5	30.8	452%
FI	1630	3200	4800	25293	0.3	0.6	0.9	4.7	300%
FR	52000	220000	388000	1624100	0.8	3.5	6.0	25.2	750%
GR	215000	240000	298000	3868200	19.4	21.5	26.5	343.6	136%
HU	1500	1000	11000	25250	0.1	0.1	1.1	2.5	1100%
IE	2000	5000	43610	74400	0.5	1.2	9.8	16.7	1960%
IT	97738	186000	421000	1606230	1.7	3.1	7.0	26.7	411%
LT	500	600	840	4290	0.2	0.3	0.4	1.9	200%
LU	1700	2500	3600	22500	3.7	5.3	7.3	45.6	197%
LV	500	1200	1800	7150	0.1	0.4	0.5	2.1	500%
MT	4215	4500	6000	35360	10.5	11.0	14.5	85.5	138%
NL	26300	14685	25000	363341	1.6	0.9	1.5	22.0	93%
PL	28900	41400	129632	365676	0.8	1.1	3.4	9.6	425%
PT	10000	20000	86000	318950	0.9	1.9	8.1	30.0	900%
RO	400	400	8000	94300	0.0	0.0	0.4	4.4	n.a.
SE	20058	28539	26813	289207	2.2	3.1	2.9	31.2	131%
SI	1800	6900	16000	137300	0.9	3.4	7.9	67.6	877%
SK	5500	8500	13500	95250	1.0	1.6	2.5	17.6	250%
UK	25000	54000	81000	385920	0.4	0.9	1.3	6.3	325%

3.2 Τιμές Ενεργειακών Προϊόντων

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζονται οι διαφοροποιήσεις των τιμών των ενεργειακών προϊόντων στις ευρωπαϊκές χώρες και πιο συγκεκριμένα οι τιμές για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο. Οι καταναλωτές δίνουν υψηλή σημασία στην ενεργειακή τους κατανάλωση, συνεπώς η ενεργειακή απόδοση μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στις επιλογές τους, ιδίως σε χώρες όπου το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό. Όπως φαίνεται και στου επόμενους χάρτες οι χώρες αυτές (κεντρονότιες) είναι οι ακόλουθες: Γερμανία, Αυστρία, Πορτογαλία, Τσεχία, Σλοβακία, Ισπανία, Ιταλία και Γαλλία.



Διάγραμμα 13 - Τιμές φυσικού αερίου στην Ευρώπη [πηγή Eurostat]



Διάγραμμα 14 - Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη [πηγή Eurostat]

3.3 Θερμικά και Ψυκτικά Φορτία

Ο χάρτης των βαθμομερών θέρμανσης- HDD (Διάγραμμα 3) παρουσιάζει τη μεγάλη διακύμανση των τιμών που εμφανίζονται μεταξύ των διάφορων περιοχών της Ευρώπης (η ενεργειακή ζήτηση για τις ανάγκες θέρμανσης αυξάνεται αναλογικά), οι οποίες κυμαίνονται από 2000°HDD στη νότια Ευρώπη σε περισσότερες από 5000°HDD στις βόρειες ευρωπαϊκές περιοχές (συγκρίνονται και τα δεδομένα των τριών πόλεων στο πλαίσιο του έργου, Πίνακας 4). Συγκρίνοντας τον τελευταίο χάρτη με αυτόν που εμφανίζεται στο Διάγραμμα 4, βαθμομέρες ψύξης (CDD), παρατηρείται ότι η διακύμανση των τιμών είναι λιγότερο έντονη, γεγονός το οποίο οφείλεται στη χρονική διάρκεια της περιόδου (4 μήνες χειμερινή, 8 μήνες θερινή) και στη μικρότερη μέση τιμή της διαφοράς εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του θέρους. Επιπλέον, τα φορτία λανθάνουσας θερμότητας και ακτινοβολίας δε λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης. Τα ψυκτικά φορτία είναι μια τάξη μεγέθους χαμηλότερα από τα θερμικά φορτία στη δυσμενέστερη περίπτωση από άποψη ψυκτικών αναγκών. Ωστόσο, οι τιμές μπορούν μέχρι και να οκταπλασιάζονται στη βόρεια σε σχέση με τη νότια Ευρώπη (Πίνακας 4)

Πίνακας 4 - Τιμές βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για τις πόλεις οι οποίες μελετήθηκαν στο πλαίσιο του έργου.

	HDD (21°C)	CDD (26°C)
Στρασβούργο	4174	9
Τουλούζη	3044	26
Νάπολη	2221	70

Τα παραπάνω μεγέθη οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι η Νάπολη και η Τουλούζη είναι περιοχές με χαρακτηριστικά που καλύπτουν αποδοτικότερα τα συστήματα SC+ λόγω των υψηλών ψυκτικών και θερμικών αναγκών τους, ενώ οι ανάγκες της περιοχής του Στρασβούργου εντοπίζονται κυρίως στις υψηλές απαιτήσεις σε θέρμανση.

3.4 Χρήσιμη Ακτινοβολία για Θέρμανση χώρου, (40°C)

Λαμβάνοντας υπόψη τη χρήσιμη ενέργεια στην έξοδο του συλλέκτη, θα αναλυθούν αρχικά οι χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας - απαραίτητες για θέρμανση μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος διανομής θέρμανσης.

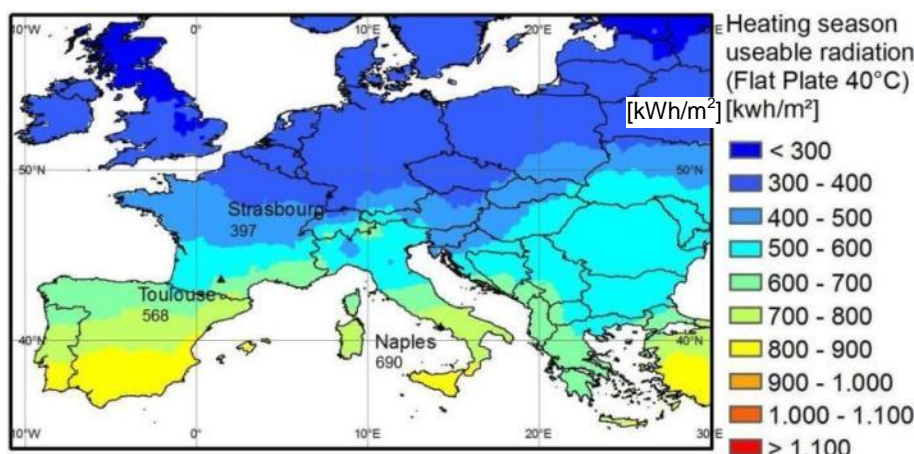
Όπως εμφανίζεται στα παρακάτω διαγράμματα αλλά και στον σχετικό πίνακα (βλ. Πίνακας 5, Διάγραμμα , Διάγραμμα 16), όταν η θερμοκρασία ρευστού θεωρείται αυτή των 40 °C τότε τα ποσά ενέργειας που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι σημαντικά τόσο στις νότιες όσο και στις βόρειες περιοχές της Ευρώπης. Το εύρος των τιμών της αξιοποιήσιμης ακτινοβολίας μεταξύ των διαφορετικών τύπων ηλιακών συλλεκτών (επίπεδοι και σωλήνων κενού) κυμαίνεται μεταξύ 300 και 900 kWh/m²/έτος αντίστοιχα (βλ. Διάγραμμα Διάγραμμα 16). Συγκρίνοντας τις τρεις διαφορετικές πόλεις οι τιμές της χρήσιμης ακτινοβολίας κυμαίνονται μεταξύ 400 και 700 kWh/m²/έτος στην περίπτωση των επίπεδων συλλεκτών και μεταξύ 540 και 860 kWh/m²/έτος για τους σωλήνων κενού.

Πίνακας 5 - Χρήσιμη ακτινοβολία [$\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$] στους 40°C για θέρμανση (8 μήνες)

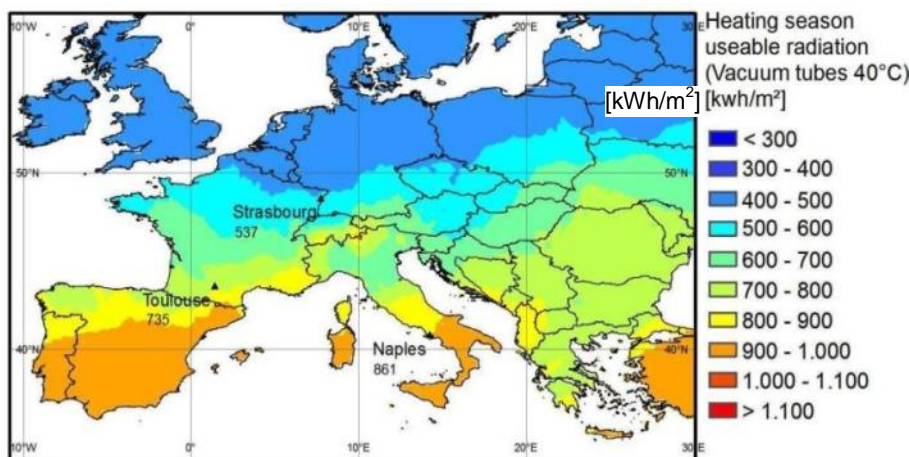
	FP-περίοδος θέρμανσης	ET- περίοδος θέρμανσης	λόγος FP/ET
Στρασβούργο	397	537	73.92%
Τουλούζη	568	735	77.28%
Νάπολη	690	861	80.13%

FP: επίπεδοι συλλέκτες, ET: συλλέκτες σωλήνων κενού

Η τιμή της χρήσιμης ακτινοβολίας για την περίπτωση των συλλεκτών σωλήνων κενού για την περιοχή του Στρασβούργου πλησιάζει αυτή των επίπεδων συλλεκτών για την περιοχή της Τουλούζης η οποία ξεπερνά την αντίστοιχη τιμή για την Νάπολη. Η αποδοτικότητα των συλλεκτών σωλήνων κενού είναι μεγαλύτερη στις βορειότερες περιοχές, όπως ήταν αναμενόμενο. Ο λόγος της χρήσιμης ακτινοβολίας μεταξύ συλλεκτών σωλήνων κενού και επίπεδων συλλεκτών παρουσιάζεται στην τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα (βλ. Πίνακας 5) και οποίος κυμαίνεται μεταξύ 74 και 80%. Προκειμένου να είναι εφικτή η κάλυψη ικανού μέρους των ενεργειακών αναγκών για ψύξη-θέρμανση στις βόρειες χώρες θα πρέπει να αξιοποιηθεί η αποδοτικότερη τεχνολογία, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα της ελεύθερης επιφάνειας καθώς και άλλες τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους.



Διάγραμμα 15 - Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στοις 40°C)



Διάγραμμα 16 - Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στοις 40°C)

3.5 Χρήσιμη Ακτινοβολία για προετοιμασία ZNX (60°C)

Θεωρώντας πως θερμοκρασία του παραγόμενου ZNX είναι αυτή των 60°C, τότε τα ποσά ενέργειας που μπορούν να συλλεχθούν κατά τη θερινή περίοδο αλλά και κατά την υπόλοιπη διάρκεια του έτους είναι συγκρίσιμα, λαμβάνοντας πάντα υπόψη πως η διάρκεια της θερινής περιόδου ισούται με το μισό της χειμερινής. Τα επόμενα διαγράμματα (βλ. Διάγραμμα 17 και Διάγραμμα 18) (περίοδος θέρμανσης) καθιστούν σαφές πως το εύρος των τιμών κυμαίνεται μεταξύ 300 και 900 kWh/m²/έτος. Στις περιπτώσεις των τριών εξεταζόμενων πόλεων και για την περίπτωση των επίπεδων συλλεκτών οι τιμές της χρήσιμης ακτινοβολίας βρίσκονται μεταξύ 300 και 550 kWh/m²/έτος, ενώ για τους συλλέκτες κενού μεταξύ 500 και 800 kWh/m²/έτος.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης (Διάγραμμα 19 και Διάγραμμα 20) η χρήσιμη ακτινοβολία, και για τις τρεις πόλεις, βρίσκεται μεταξύ των 450 και των 650 kWh/m²/έτος για τους επίπεδους συλλέκτες και μεταξύ των 600 και 850 kWh/m²/έτος για τους συλλέκτες σωλήνων κενού. Αξιοσημείωτα καλά αποτελέσματα εμφανίζονται στις άνω δεξιά γωνίες των χαρτών, γεγονός που οφείλεται στο μικρό αριθμό καταγεγραμμένων στοιχείων σε εκείνες τις περιοχές και που οδηγεί σε λάθος εκτιμήσεις κατά την παρεμβολή.

Λόγω των απαιτούμενων υψηλότερων θερμοκρασιών για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, η περίπτωση των συλλεκτών σωλήνων κενού φαίνεται να πλεονεκτεί με αύξηση των πλεονεκτημάτων τους κατά 28% κατά την περίοδο ψύξης και 36% κατά την περίοδο θέρμανσης, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα (βλ. Πίνακας 6 και Πίνακας 7). Αυτές οι διαφορές οφείλονται στη σχέση της ακτινοβολίας με την εξωτερική θερμοκρασία, στη οποία οφείλονται οι θερμικές απώλειες. Κατά μέσο όρο, πιο έντονες θερμοκρασιακές διαφορές παρατηρούνται στη διάρκεια του χειμώνα μεταξύ ηλιακών συλλεκτών και περιβάλλοντος.

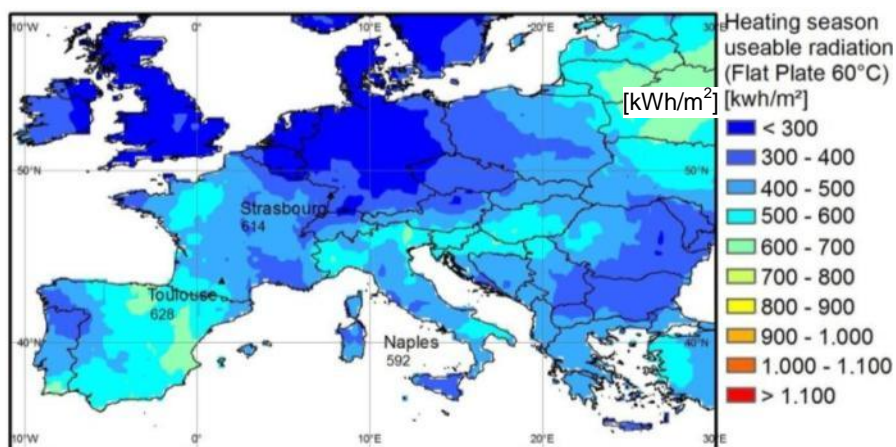
Πίνακας 6 - Χρήσιμη ακτινοβολία [kWh/m²/έτος] στους 60°C για την παραγωγή ZNX

	FP-περίοδος ψύξης	ET- περίοδος ψύξης	FP-περίοδος θέρμανσης	ET- περίοδος θέρμανσης
Στρασβούργο	438	624	302	490
Τουλούζη	530	734	445	678
Νάπολη	632	855	552	802
FP: επίπεδοι συλλέκτες, ET: συλλέκτες σωλήνων κενού				

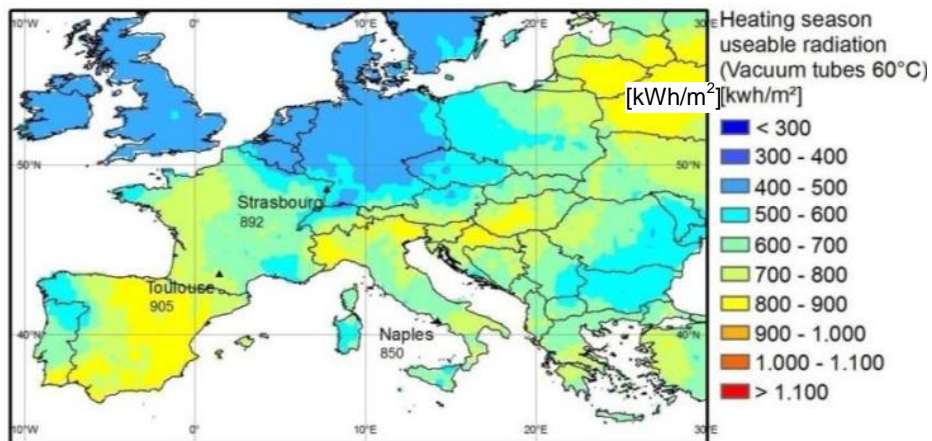
Επιπλέον, μπορεί να υπολογιστεί η σχέση μεταξύ των τριών πόλεων για δεδομένη απαίτηση σε ZNX (η θερμοκρασία του νερού του δικτύου ύδρευσης, διαφέρει μεταξύ των τριών πόλεων, ωστόσο οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις για ZNX είναι χαμηλότερες από τις ενεργειακές διαφορές που προκύπτουν). Με γνώμονα το γεγονός αυτό, η Νάπολη και οι περιοχές που ανήκουν στην αντίστοιχη κλιματική ζώνη αποτελούν τις πλέον υποσχόμενες αγορές με 20% καλύτερα αποτελέσματα από την Τουλούζη και 50% από το Στρασβούργο. Η επιλογή του τύπου συλλέκτη βασίζεται κυρίως στο κόστος του για τη συγκεκριμένη ενεργειακή ζήτηση.

Πίνακας 7 - Συσχέτιση της συλλεχθείσας ενέργειας από επίπεδου συλλέκτες και συλλέκτες κενού σε καθορισμένη περίοδο.

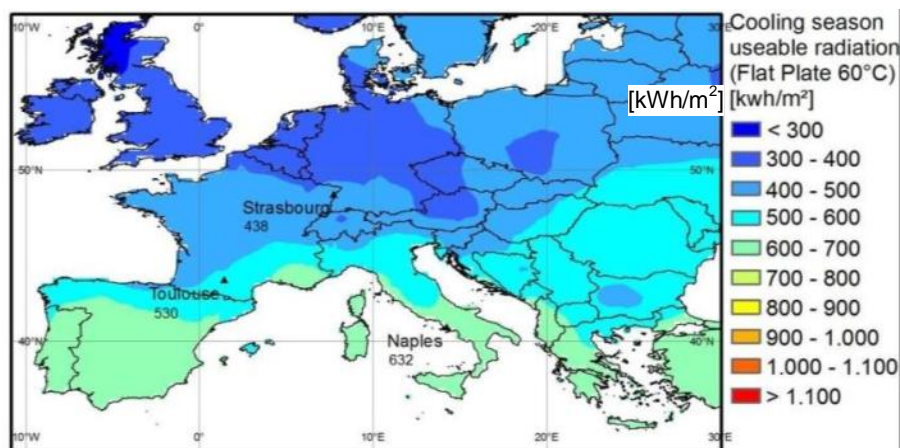
	Συσχέτιση FP/ET - περίοδος ψύξης	Συσχέτιση FP/ET - περίοδος θέρμανσης
Στρασβούργο	70.20%	61.63%
Τουλούζη	72.21%	65.63%
Νάπολη	73.91%	68.82%
FP: επίπεδοι συλλέκτες, ET: συλλέκτες σωλήνων κενού		



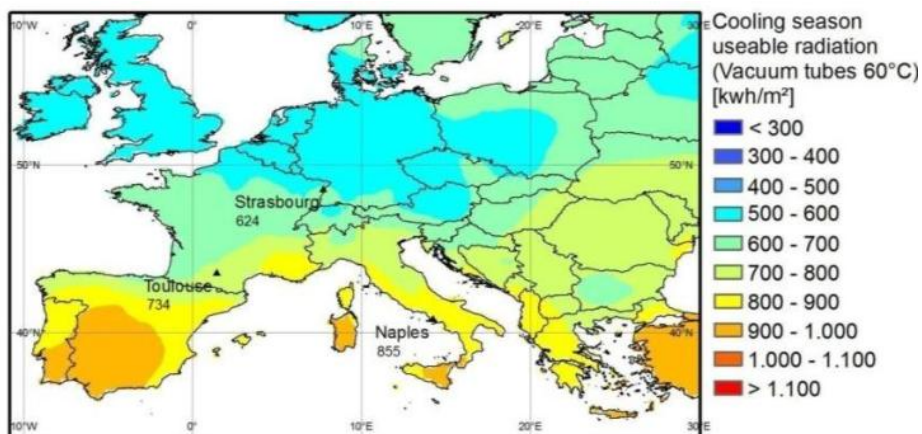
Διάγραμμα 17 - Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στους 60 °C)



Διάγραμμα 18 - Περίοδος θέρμανσης (8 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στους 60 °C)



Διάγραμμα 19 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους επίπεδους συλλέκτες (στους 60 °C)



Διάγραμμα 20 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες) αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για τους συλλέκτες σωλήνων κενού (στους 60 °C)

3.6 Χρήσιμη Ακτινοβολία και ψύκτες ρόφησης

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι πλέον υποσχόμενες αγορές, είναι απαραίτητο να καθοριστεί η ζήτηση του κτηρίου: η χαμηλή διαθέσιμη ακτινοβολία στις βόρειες χώρες μπορεί να εξισορροπηθεί μέσω ενός ισοδύναμου, ή υψηλότερου, ποσοστού μείωσης του ψυκτικού φορτίου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 21 και στο Διάγραμμα 22, η ζήτηση σε ψύξη στο Στρασβούργο και την Τουλούζη είναι 60% και 40% αντίστοιχα μικρότερη από αυτή της Νάπολης (περίπτωση κτηρίου γραφείου), ενώ για τις οικιακές χρήσεις η περίπτωση της Τουλούζης εμφανίζει 70 και 65 % μειωμένη ενεργειακή ζήτηση σε σχέση με αυτή της Νάπολης.

3.6.1 Ψύκτες Προσρόφησης (70°C – περίοδος ψύξης)

Θεωρώντας ότι η διαθέσιμη ενέργεια επιτυγχάνει τη θερμοκρασία λειτουργίας του ψύκτη προσρόφησης (70°C), οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ των 300 και 850 kWh/m²/έτος, όπως φαίνεται στα επόμενα διαγράμματα (βλ. Διάγραμμα 21 και Διάγραμμα 22). Σε ότι αφορά τις τρεις υπό μελέτη πόλεις τότε προκύπτει εύρος τιμών για την περίπτωση της χρήσιμης ακτινοβολίας των επίπεδων συλλεκτών, 400 - 600 kWh/m²/έτος και 600-850 kWh/m²/έτος για τους συλλέκτες σωλήνων κενού.

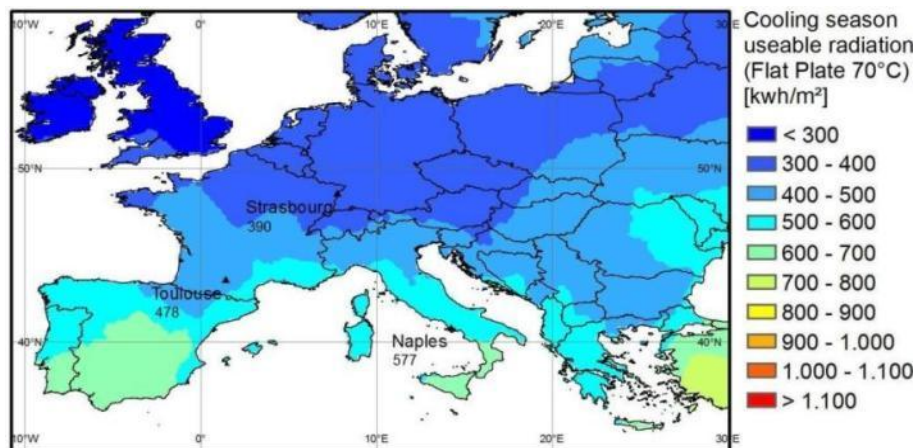
Θεωρώντας την Νάπολη ως πόλη αναφοράς, τότε παρατηρείται μείωση της χρήσιμης ακτινοβολίας της τάξεως του 18% και 33% για την Τουλούζη και το Στρασβούργο αντίστοιχα σε ότι αφορά του επίπεδους συλλέκτες και 15 και 28% για τους συλλέκτες σωλήνων κενού.

Από αυτή την ανάλυση προκύπτει ότι η πλέον εύκολη κάλυψη των ψυκτικών αναγκών (για δεδομένο κτήριο και μέγεθος συλλεκτικής επιφάνειας) αντιστοιχεί στις βορειοευρωπαϊκές χώρες. Μολαταύτα, όσο μειώνονται οι απαιτήσεις σε ψύξη τόσο αυξάνεται το αρχικό κόστος επένδυσης, ενώ σε αυτές τις περιπτώσεις θα ήταν σκόπιμο να επιλεγούν παθητικά συστήματα δροσισμού.

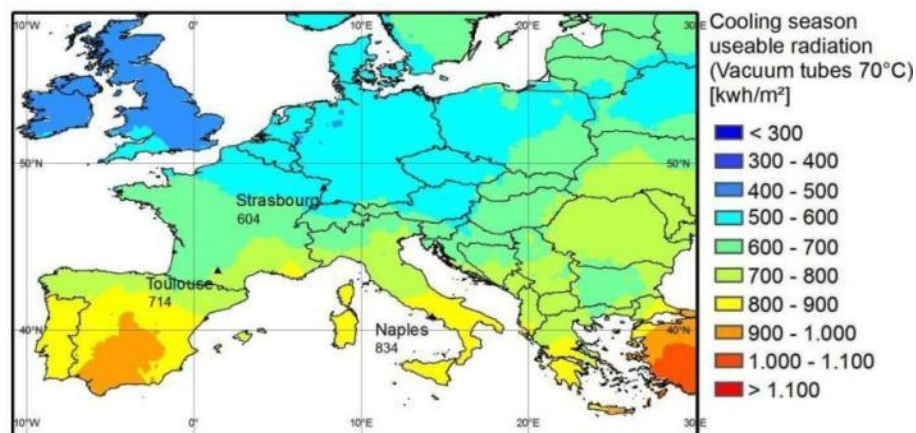
Συγκρίνοντας τον Πίνακα 7 (περίοδος ψύξης) και τον Πίνακα 8 προκύπτει πως η αποδοτικότητα των συλλεκτών σωλήνων κενού γίνεται υψηλότερη όσο αυξάνεται το επίπεδο των αναγκαίων θερμοκρασιών.

Πίνακας 8 - Χρήσιμη ακτινοβολία [kWh/m²/έτος] για ψύξη (4 μήνες)

	FP-70°C	ET-70°C	Συσχέτιση FP/ET 70°C
Στρασβούργο	390	604	64.57%
Τουλούζη	478	714	66.95%
Νάπολη	577	834	69.18%
FP: επίπεδοι συλλέκτες, ET: συλλέκτες σωλήνων κενού			



Διάγραμμα 21 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για επίπεδους συλλέκτες στους 70 °C



Διάγραμμα 22 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για συλλέκτες σωλήνων κενού στους 70 °C

3.6.2 Ψύκτες απορρόφησης (90°C – περίοδος ψύξης)

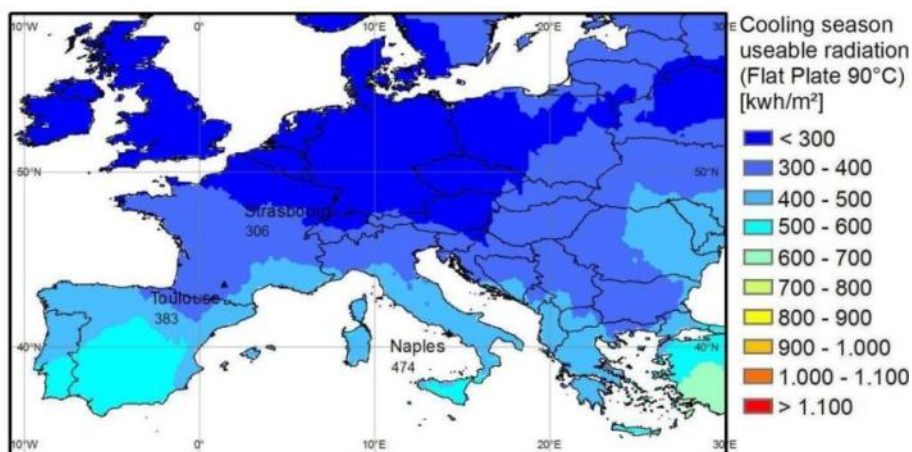
Αντίστοιχα είναι τα σχόλια της προηγούμενης παραγράφου για την περίπτωση χρήσιμης ενέργειας στους 90 °C. Από τα διαγράμματα 21 & 22 προκύπτουν αντίστοιχα μεγέθη με αυτά της προηγούμενης παραγράφου. Εύρος τιμών από 300 έως 800 kWh/m²/έτος, εύρος 300-500 kWh/m²/έτος για τις τρεις υπό μελέτη πόλεις για την περίπτωση των επίπεδων συλλεκτών και 550 έως 800 για τους συλλέκτες σωλήνων κενού.

Συγκρίνοντας τον Πίνακα 7 (για την περίοδο ψύξης) με τον Πίνακα 8 και τον Πίνακα 9 παρατηρείται και πάλι ότι η αποδοτικότητα για την αξιοποίηση ενέργειας των συλλεκτών κενού είναι πολύ καλύτερη από αυτή των επίπεδων συλλεκτών, όσο οι απαιτούμενες θερμοκρασίες αυξάνονται και η γεωγραφική τοποθεσία γίνεται βορειότερη. Όταν λαμβάνονται υπόψη υψηλές θερμοκρασίες, η αποδοτικότητα των συλλεκτών κενού αυξάνεται μέχρι και στο διπλάσιο.

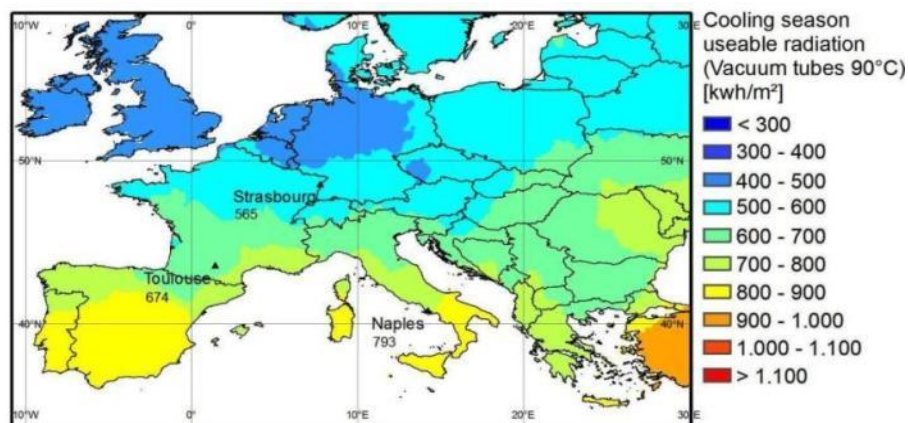
Η μείωση της χρήσιμης ακτινοβολίας συγκρίνοντας την Νάπολη, με την Τουλούζη και το Στρασβούργο είναι αντίστοιχη με αυτή που αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο: 20% και 36% για την Τουλούζη και το Στρασβούργο για τους επίπεδους συλλέκτες και 16% και 29% για τους συλλέκτες σωλήνων κενού

Πίνακας 9 - Χρήσιμη Ακτινοβολία [$\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$] για ψύξη (4 μήνες)

	FP-90 °C	ET-90 °C	Συσχέτιση FP/ET 90°C
Στρασβούργο	306	565	54.16%
Τουλούζη	383	674	56.82%
Νάπολη	474	793	59.77%
FP: επίπεδοι συλλέκτες, ET: συλλέκτες σωλήνων κενού			



Διάγραμμα 23 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για επίπεδους συλλέκτες στους 90 °C



Διάγραμμα 24 - Περίοδος ψύξης (4 μήνες), αξιοποιήσιμη ακτινοβολία για συλλέκτες σωλήνων κενού στους 90 °C

σ

4 Συμπεράσματα

Η φυσική τοποθεσία της εγκατάστασης καθορίζει το ποσό της παρεχόμενης ηλιακής ενέργειας και ως ένα βαθμό τις ανάγκες σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Ο συνδυασμός της χρήσιμης ενέργειας που δύναται να απορροφηθεί και των συνολικών φορτίων, είναι αυτός που προσδιορίζει τις πλέον υποσχόμενες κλιματικές ζώνες για την εγκατάσταση μιας εφαρμογής solar combi plus.

Όλες οι εξεταζόμενες περιοχές είναι κατάλληλες για την εφαρμογή, αν ληφθούν υπόψη οι ανάγκες για θέρμανση και η ενδεχόμενη κάλυψη των φορτίων από ένα υψηλό ποσοστό ηλιακής ενέργειας, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών ρευστού που απαιτούνται για θέρμανση (ως απαιτούμενη θερμοκρασία ρευστού για θέρμανση θεωρήθηκε αυτή των 40°C). Οι νοτιότερες χώρες είναι προφανώς καταλληλότερες για εφαρμογές ψύξης λόγω τόσο των υψηλών επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας όσο και των υψηλών ψυκτικών αναγκών που εμφανίζουν. Οι ψυκτικές αυτές ανάγκες, αξίζει να σημειωθεί, ότι παρουσιάζονται τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας. Αντίθετα, ένα σύστημα παθητικού δροσισμού θα αποτελούσε ιδανικότερη λύση για την κάλυψη των αναγκών βορειότερων χωρών.

Αντίστοιχα, για τα συγκεκριμένα συστήματα ηλιακού κλιματισμού (ψύκτες από-/προσρόφησης) προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοσή τους θα πρέπει επιπρόσθετα να λαμβάνεται υπόψη και το είδος του ηλιακού συλλέκτη που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Ειδικότερα, καθώς αυξάνονται τα απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα του ρευστού για τη λειτουργία του συστήματος και η τοποθεσία της εγκατάστασης μετακινείται βορειότερα, πρέπει να επιλέγονται ηλιακοί συλλέκτες υψηλότερης απόδοσης. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο, η επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης συλλεκτών υψηλής απόδοσης (συλλέκτες κενού) θα πρέπει πάντα να συγκρίνεται με το επιπρόσθετο αρχικό κόστος του συστήματος που απαιτείται για την εγκατάστασή τους. Επιπλέον, σημαντική παράμετρος για την επιλογή του συλλέκτη είναι και οι εποχιακές απαιτήσεις, όπου για παράδειγμα οι απαιτήσεις σε ψύξη μπορούν να είναι αναλογικά χαμηλότερες από τις ανάγκες θέρμανσης της χειμερινής περιόδου, ενώ η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης λόγω χρήσης ακριβότερων συλλεκτών δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Συμπερασματικά, ακόμη και αν ο συνδυασμός υψηλών αναγκών κάλυψης φορτίων ψύξης - θέρμανσης και ΖΝΧ οδηγεί σε σημαντική μείωση του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης, στο πλαίσιο των περιοχών που ερευνήθηκαν δεν αναγνωρίστηκε κάποια συγκεκριμένη αγορά υψηλού ενδιαφέροντος για χρήση αυτών των συστημάτων. Ο κύριος λόγος είναι ότι για τον κάθε τύπο εγκατάστασης εμφανίζεται μεγάλη μεταβλητότητα στη συνολική απόδοσή του, λόγω των τεχνολογικών παραμέτρων του συστήματος (σχετίζεται πέρα από τα συστήματα ψύξης/θέρμανσης ακόμη και με το ίδιο το κτιριακό κέλυφος). Για αυτό το λόγο, πρέπει να εκτιμώνται αφενός η τεχνολογία και αφετέρου οι οικονομικές παράμετροι της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Από κοινωνική άποψη, μόνο ορισμένες χώρες φαίνεται να πλεονεκτούν έναντι των υπολοίπων, γεγονός που αφορά τις περιπτώσεις όπου η χρήση ηλιακών τεχνολογιών για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης είναι ήδη διαδεδομένη και κατ'επέκταση υπάρχει ήδη εξοικείωση του πληθυσμού σε σχέση με αυτές τις τεχνολογίες συνεπώς και ευκολότερη αποδοχή των νέων συστημάτων ηλιακού κλιματισμού. Αντίστοιχα συμπεράσματα εξάγονται και για τις χώρες που



παρουσιάζουν υψηλές τιμές στα ενεργειακά προϊόντα, όπου οι καταναλωτές δείχνουν περισσότερο διατεθειμένοι να εγκαταστήσουν συστήματα ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη.



5 Βιβλιογραφικές Αναφορές

- ESTIF, “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007”, Bruxelles, June 2007.
- ESTIF, “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2008”, Bruxelles, May 2009.
- Henning, H.M., “Solar Assisted Air Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners”, 2003.
- Duffie, J., “Solar Engineering of Thermal Process”, 2006.