



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

*Η ανάγκη για την αξιοποίηση των ηλιακών
τεχνολογιών για ψύξη
Περιβαλλοντική-Τεχνική- Οικονομική
αξιολόγηση*

Δρ ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ



ενέργεια- κτίρια- περιβάλλον

- Ο κτιριακός τομέας στη χώρα μας καλύπτει το ~35% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, σε σχέση με το 29% του 1990
- Τα κτίρια ευθύνονται για ~45% των συνολικών εκπομπών CO₂
- Η συμμετοχή του κτιριακού τομέα και ειδικότερα των κτιρίων του τριτογενούς τομέα στην τελική ενεργειακή κατανάλωση στη χώρα αναμένεται ιδιαίτερα αυξητική έως το 2010
- Οδηγία SAVE 93/76/ΕΚ για την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων και τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ από την καύση ορυκτών καυσίμων, στην ατμόσφαιρα



ενέργεια- κτίρια- περιβάλλον

- ΚΥΑ 21475/4707/08 (ΦΕΚ 880/Β/19-08-98) για τη συμμόρφωση με την οδηγία SAVE στα πλαίσια της εθνικής και κοινοτικής πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος, τη βιώσιμη ανάπτυξη και την εξοικονόμηση ενέργειας σχετικά με τον «περιορισμό των εκπομπών CO₂ με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων». Με το άρθρο 4 της ΚΥΑ θεσπίζεται ο ΚΟΧΕΕ
- Ο νέος Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) αναμένεται να εκδοθεί με απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ σύμφωνα με το άρθρο 26 του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (ΓΟΚ) θα αντικαταστήσει τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και θα έχει εφαρμογή σε ΟΛΑ τα νεοανεγειρομενα κτίρια (μελέτη-κατασκευή), σε υφιστάμενα για τη μελέτη των αναγκαίων επεμβάσεων βελτώσης της ενεργειακής τους απόδοσης



Evolution of RAC consumption per sector - BAU scenario

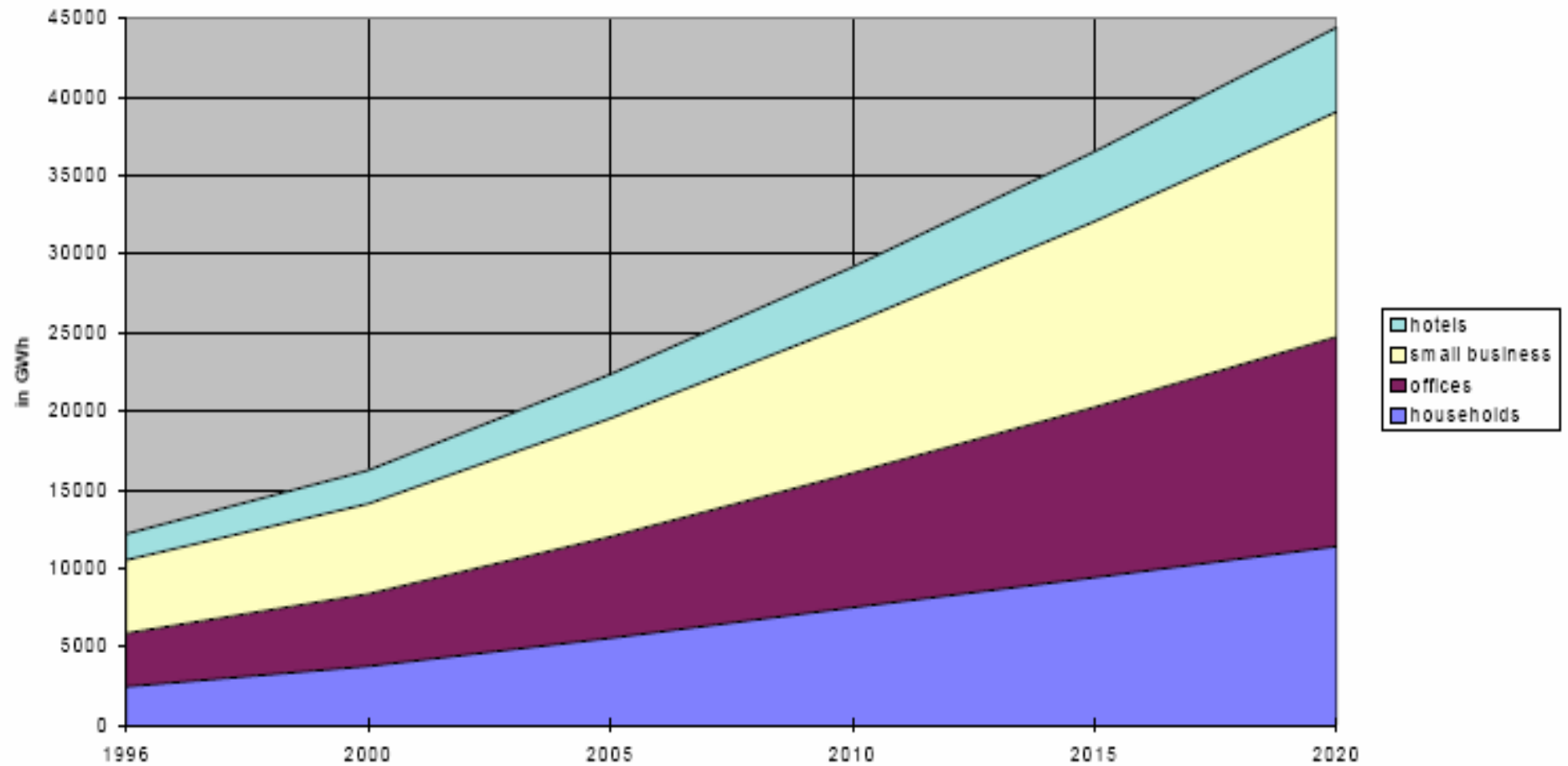
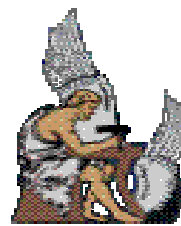


Table 6.14: Energy consumption of RACs by country (GWh/year)

| | 1990 | 1996 | 2010 | 2020 |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| Austria | 68.6 | 121.3 | 235.0 | 364.5 |
| France | 331.6 | 1782.1 | 5517.2 | 8975.5 |
| Germany | 155.9 | 672.4 | 1914.0 | 3197.3 |
| Greece | 208.8 | 1006.6 | 2281.3 | 3478.6 |
| Italy | 761.0 | 4494.1 | 5743.6 | 7033.9 |
| Portugal | 162.4 | 713.8 | 1806.8 | 2552.2 |
| Spain | not av | 2496.4 | 9366.4 | 15146.6 |
| UK | 120.0 | 446.0 | 1135.7 | 1783.8 |
| Other EU | 119.6 | 443.5 | 1159.1 | 1897.7 |
| Total EU | 1927.9 | 12176.2 | 29159.1 | 44430.2 |



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΑΜΕΣΕΣ

R22 το πλέον χρησιμοποιούμενο ψυκτικό (απαγορευμένο στις αναπτυγμένες χώρες για το πρόβλημα στη στιβάδα του Όζοντος).
Εναλλακτικά χρησιμοποιούνται R290, R407C, R-134a, R-410a

υπερκατανάλωση νερού (πόσιμου ή μη) ως ψυκτικό μέσο

ΕΜΜΕΣΕΣ



Ρύπανση από τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής
(CO₂, SO₂, NO_x, σωματίδια)

Γραμμές μεταφοράς Υψηλής Τάσης



Table 6.17: Emissions by country

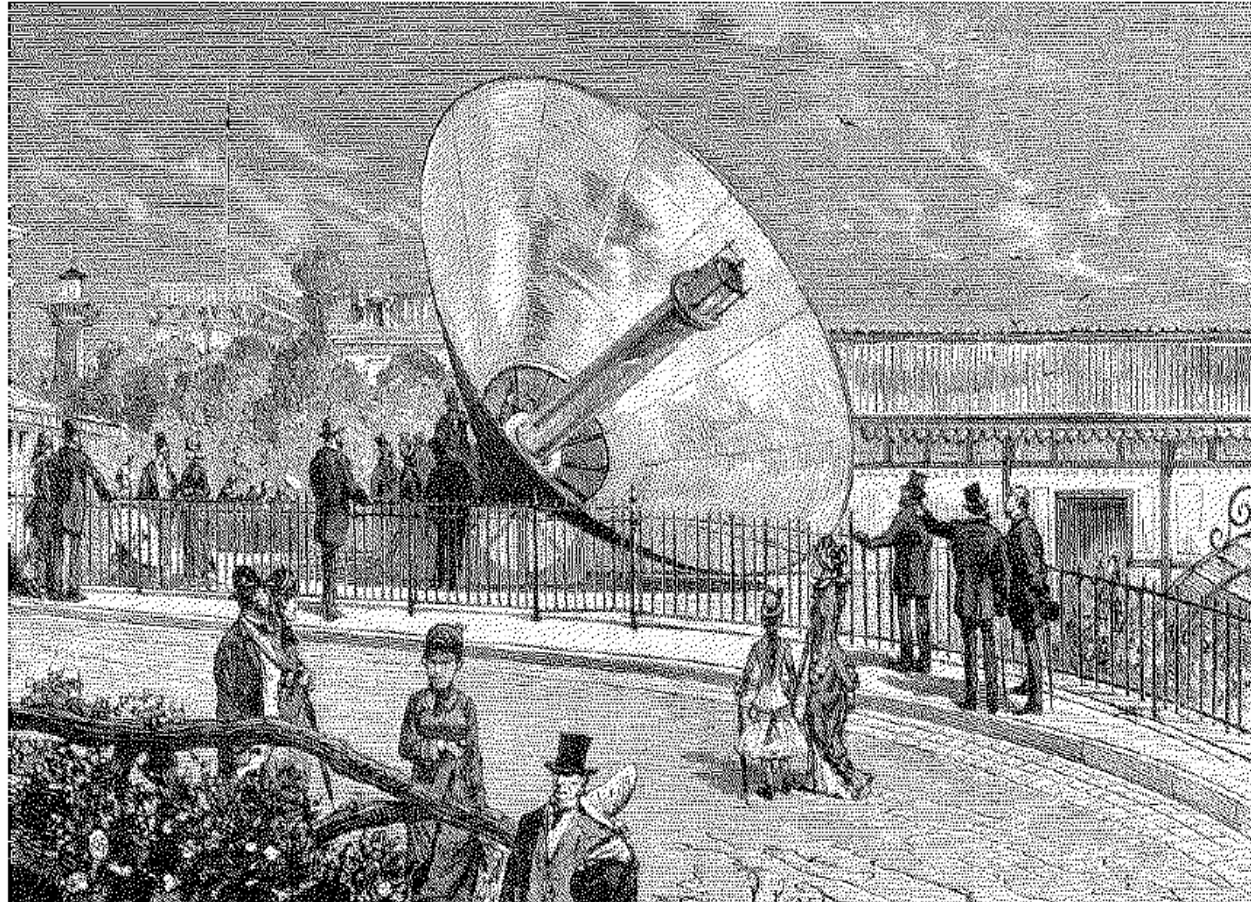
| Unit: tonnes CO2 | 1990 | 1996 | 2010 | 2020 |
|------------------|-------------------------|-----------|------------|------------|
| Austria | 5 186 | 9 170 | 17 765 | 27 554 |
| France | 17 226 | 92 578 | 286 612 | 466 267 |
| Germany | 25 358 | 109 369 | 311 321 | 520 055 |
| Greece | 151 686 | 731 261 | 1 657 288 | 2 527 087 |
| Italy | 389 162 | 2 298 202 | 2 937 174 | 3 597 010 |
| Portugal | 94 768 | 416 537 | 1 054 355 | 1 489 331 |
| Spain | not av (may be 300 000) | 1 171 211 | 4 394 340 | 7 106 179 |
| UK | 76 197 | 283 201 | 721 146 | 1 132 676 |
| Other E.U | 19 453 | 72 137 | 188 533 | 308 669 |
| Total E.U | 779 037 | 5 183 665 | 11 568 532 | 17 174 827 |



Ηλιακός κλιματισμός: Πρώιμη εμπειρία

Παγκόσμια έκθεση
29 Σεπ 1878, Παρίσι:

Ο Augustin Mouchot παράγει πάγο από ηλιακή ενέργεια με την μηχανή απορρόφησης (absorption) του Edmund Carré



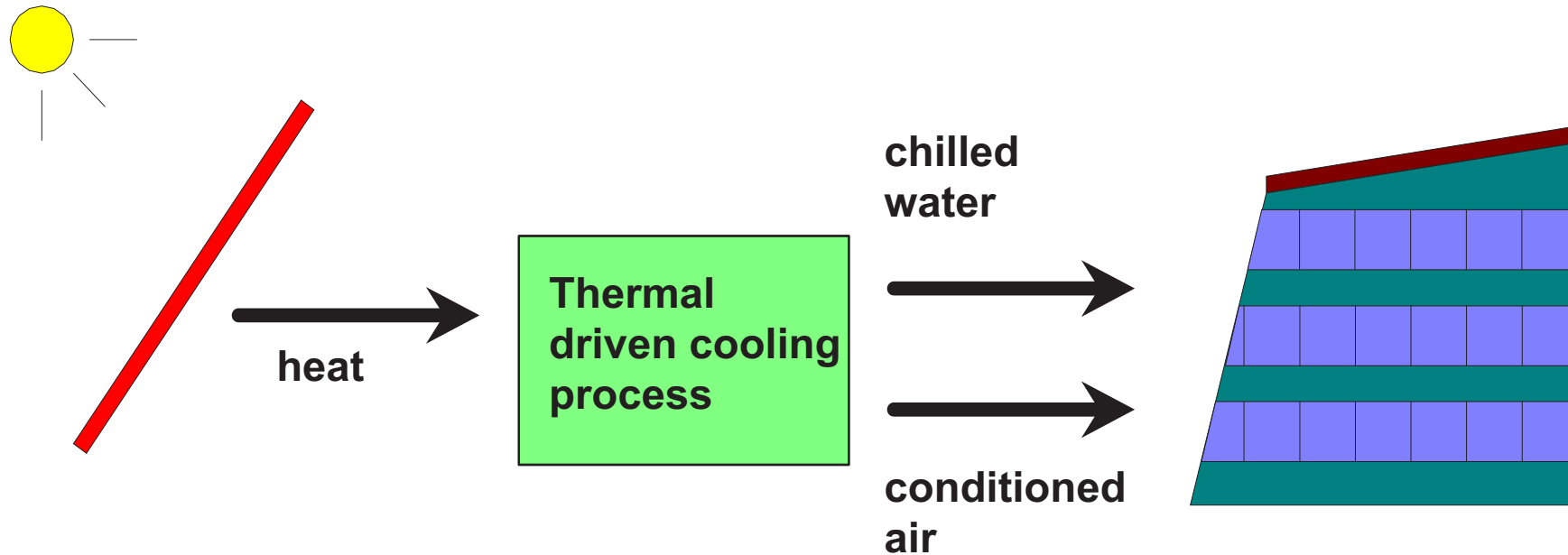
Ηλιακός κλιματισμός: Πρώιμη εμπειρία

Την περίοδο 1850-1880 στη Γαλλία σημειώθηκε ενεργειακή κρίση από την τρομερή αύξηση στα κόστη συμβατικής ενέργειας (κάρβουνο, ξύλο). Η κυριότερη αιτία είναι η βιομηχανική ανάπτυξη και η απότομη αύξηση της εξόρυξης κάρβουνου στη Γαλλία (1 t χάλυβα /7 ts κάρβουνου). Η τιμή της ενέργειας αυξήθηκε 10%/έτος.

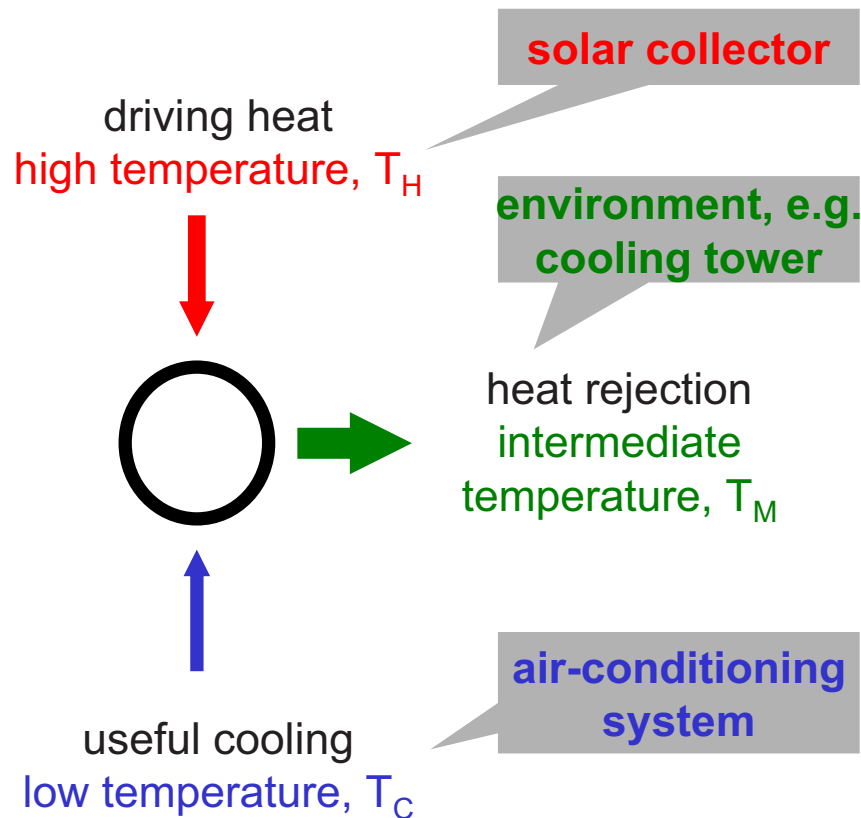
Η Γαλλική κυβέρνηση αποφάσισε να επιδοτήσει την ανάπτυξη ηλιακών εφαρμογών. Οι πιο γνωστές σήμερα τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας (πλήν ΦΒ) δοκιμάστηκαν με τις διαθέσιμες άλλες τεχνολογίες της εποχής



Basic process



thermodynamic process



$$\begin{aligned} & \text{Coefficient of} \\ & \text{Performance} \\ & (COP_{thermal}) \\ & = \\ & \frac{\text{useful cooling}}{\text{driving heat}} \end{aligned}$$



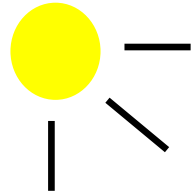
Γιατί Ηλιακός Κλιματισμός

- Τα Ψυκτικά Φορτία και τα Ηλιακά Οφέλη συμπίπτουν τουλάχιστον εποχικά (χρειαζόμαστε κλιματισμό όταν ο ήλιος λάμπει)
- Υπάρχει σημαντική ερευνητική και τεχνική εμπειρία για αποδοτικά και αξιόπιστα συστήματα
- Βιομηχανία Κλιματισμού: εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και αναγωγή των φορτίων αιχμής (electricity peak loads) λόγω του θερινού κλιματισμού (ψύξη, αφύγρανση)
- Ηλιακή βιομηχανία: βελτιωμένη χρήση ηλιακών συστημάτων χρήση όλο το χρόνο

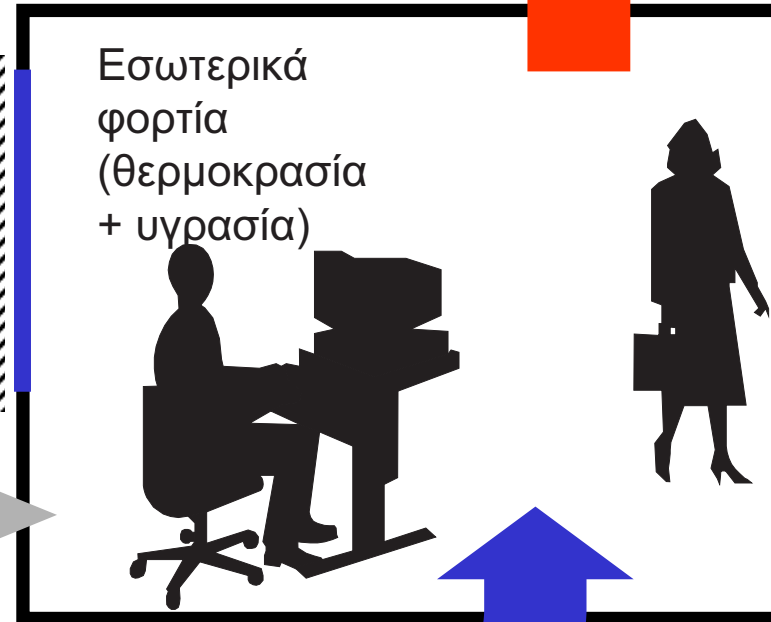


Φορτία κλιματισμού

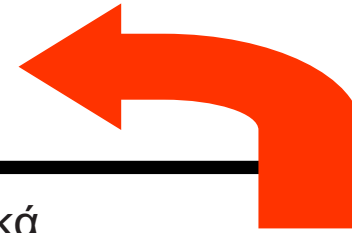
Ηλιακά φορτία
(θερμοκρασία)



Φορτία από
αγωγή
(θερμοκρασία)



Αέρας
επιστροφής



Κλιματισμός φρέσκου
αέρα (θερμοκρασία,
υγρασία)



Εφοδιασμός
αέρα



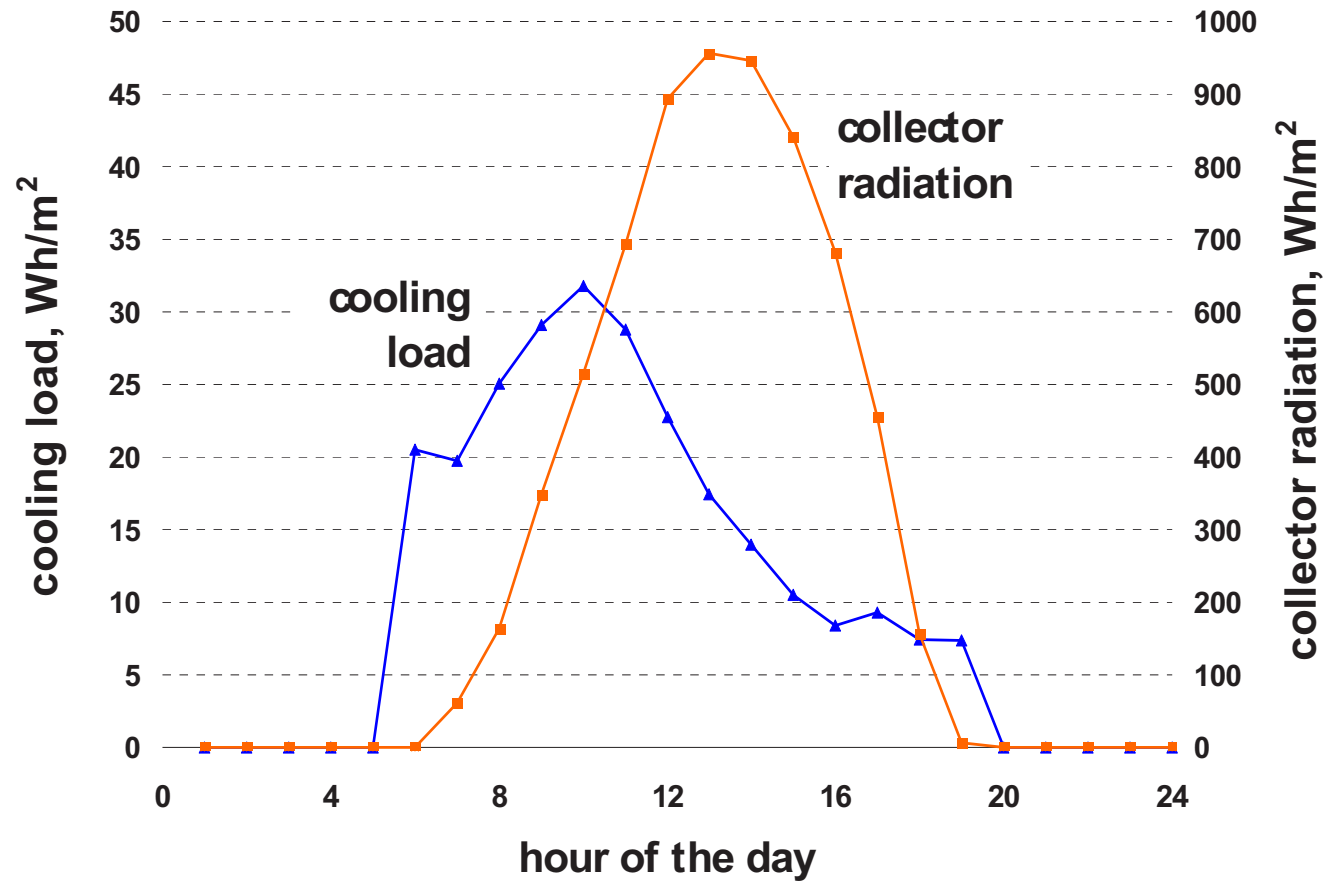
Φορτία και συσχέτιση με ηλιακά φορτία

| | Φορτίο | Συσχέτιση με ηλιακά οφέλη |
|---|---|---|
| Φορτία από μετεωρολογικές συνθήκες | Ακτινοβολία μέσω διαφανών τμημάτων του κτιρίου | ++ ημερήσια εξαρτώμενη από τον κύριο προσανατολισμό των υαλωδών τμημάτων |
| | Αγωγή θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου | + ημερήσια με βάση τη θερμική μάζα του κτιρίου |
| | Ελάττωση ενθαλπίας (μείωση θερμοκρασίας ή/και υγρασίας του αέρα που κυκλοφορεί) | + συσχέτιση κυρίως εποχική |
| Εσωτερικά φορτία | Πρόσωπα, εξοπλισμός, τεχνητός φωτισμός, μηχανές | Εξαρτώμενη από τον τύπο του κτιρίου, πχ Γραφεία:+ (κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας) Ξενοδοχείο:+- (υψηλά φορτία, αργά το απόγευμα) |

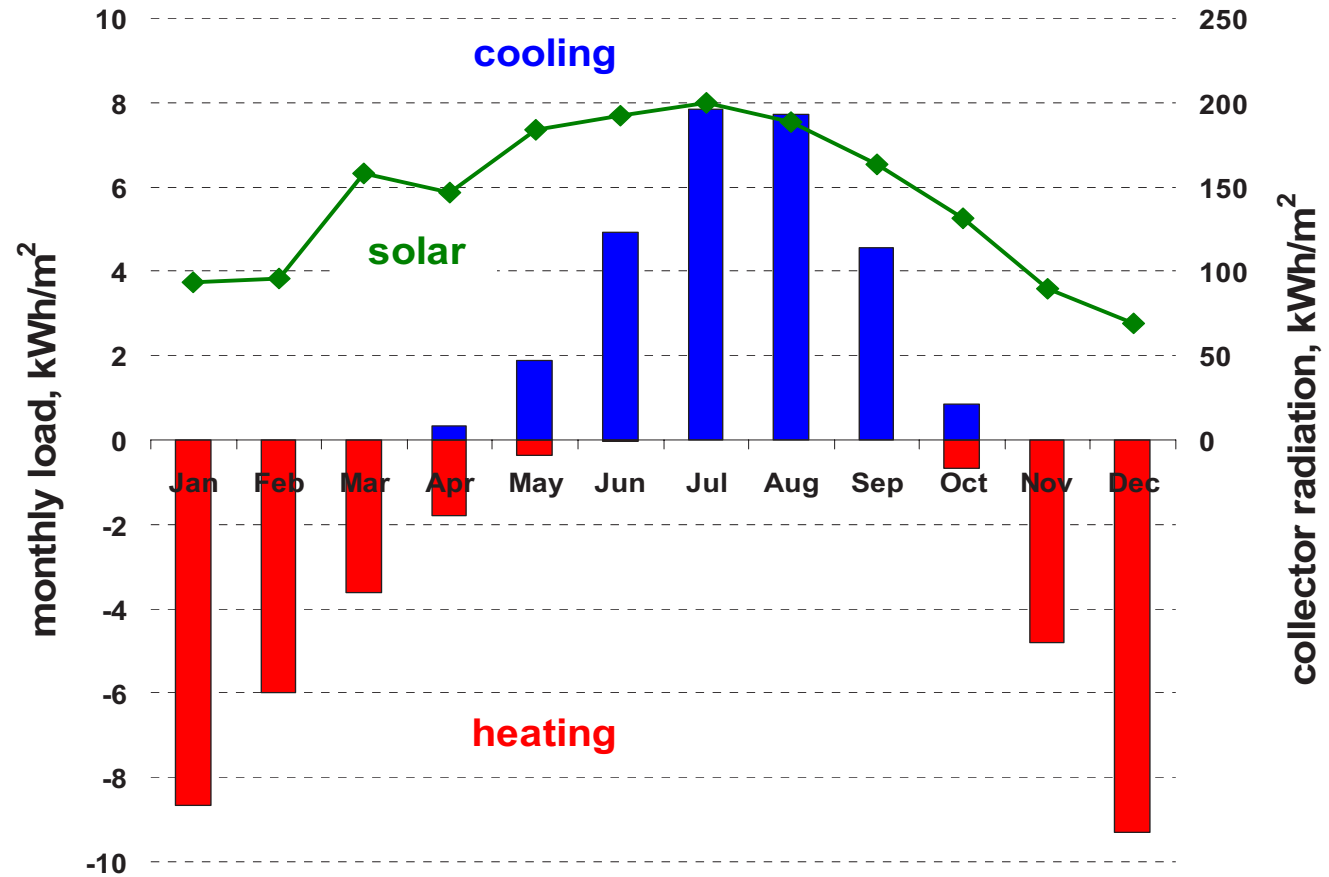


Παράδειγμα ημερήσιων κατανομών ψυκτικών φορτίων

Παράδειγμα:
Κτίριο
γραφείων στη
Μαδρίτη
Ημέρα του
Ιουλίου



Παράδειγμα ετήσιων κατανομών ψυκτικών φορτίων

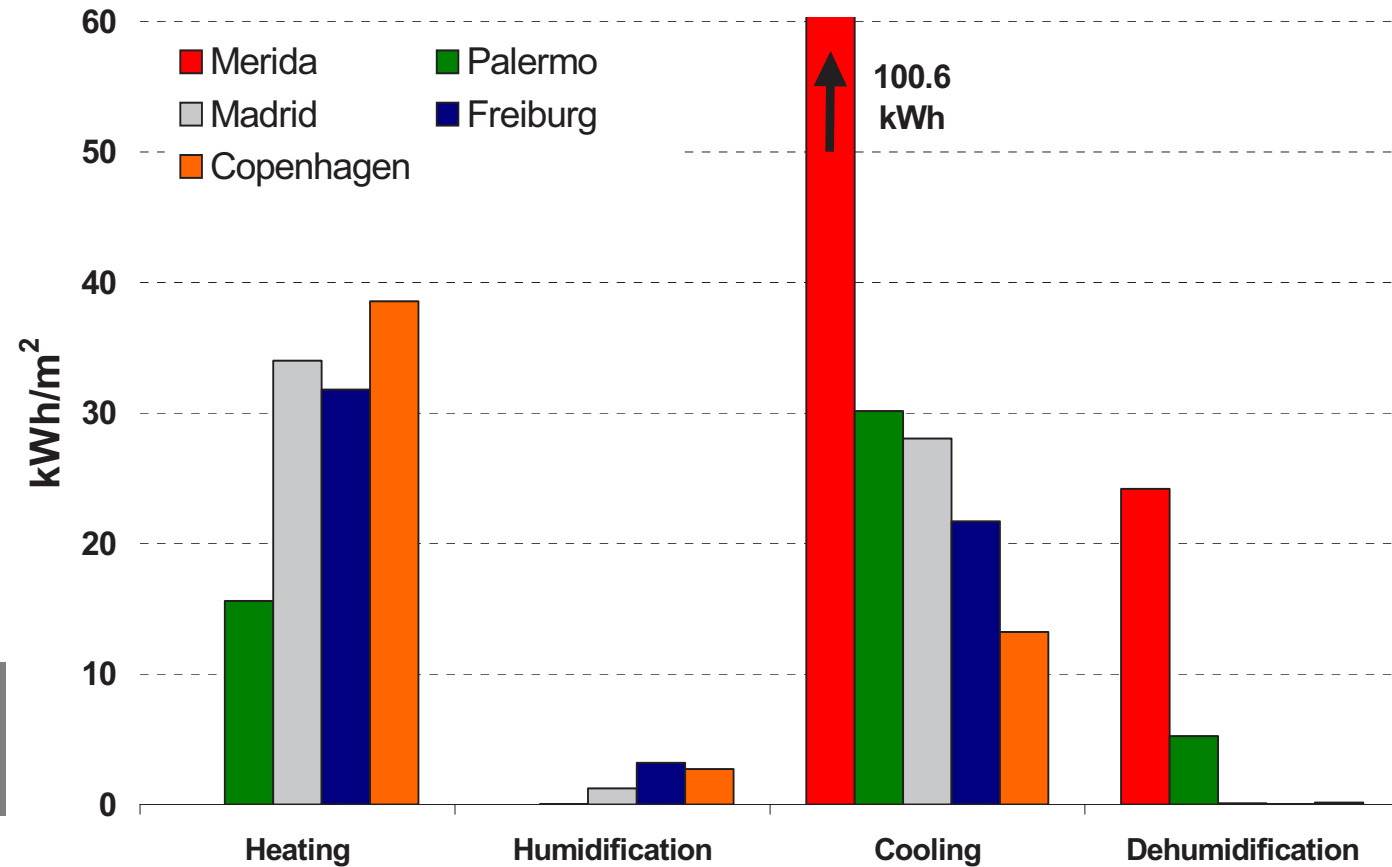


Παράδειγμα:

κτίριο
γραφείων στη
Μαδρίτη



Ετήσια φορτία σε διαφορετικές κλιματικές περιοχές



Παράδειγμα:
Ηλιακή ψύξη



a) Heating (DHW and space heating):

| | | |
|--|-----------|-------------------------------|
| Heating capacity in kW | | 70 – 700 kW |
| Collectors area | | 300 - 2700 m ² |
| Overall conversion efficiency | | 30 - 40% |
| Specific Energy production | | 3 - 5 m ² /kW |
| Typical Domestic Heating volume | | 36 - 400 m ³ |
| Typical domestic space heating (passive) | | 12 - 40 m ² |
| Heated area (custom made) | | 1.200 – 15.000 m ² |
| Heated volume (custom made) | | 3.600 – 60.000 m ³ |
| Annual solar contribution | (MEDbelt) | 60 - 70 % |
| | (North) | 30 - 50 % |
| Max. heating power | (MEDbelt) | 800 - 1000 W/m ² |
| | (North) | 600 W/m ² |
| Energy delivered | (MEDbelt) | up to 1200 kWh/a |
| | (North) | up to 600 kWh/a |

Solar Thermal Heat and Cooling

Scientific and Technological References

Energy Technology Indicators



b) Cooling (absorption):

| | | |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Cooling capacity in kW | | 70 – 700 kW |
| Cooling capacity in BTU/hr | | 240.000 – 1.200.000 BTU/hr |
| Collectors area | | 300 – 2.700 m ² |
| Overall conversion efficiency | | 30 - 40% |
| Specific Energy production | | 1.5 – 2.5 m ² /kW |
| Air-conditioned area | | 1.200 – 10.000 m ² |
| Air conditioned volume | | 3.600 – 45.000 m ³ |
| Annual solar contribution | (MEDbelt) | 60 - 70 % |
| | (North) | 30 - 50 % |

Performance indicators (for demo and commercially available units)

| | | |
|---|---------------|------|
| Efficiency (commonly reported) | 55 %, | |
| Annual capacity factor (fraction of the year in which solar energy is delivered at rated power) | | 100% |
| Design life time | 15 - 20 years | |
| Technical availability : best reported | > 99 % | |
| Common | 97-98 % | |

Economic indicators (for demo and commercially available units)

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| Heat production at: | 0,04 – 0,06 €/kWh for large plants |
| Heat production at: | 0,10 – 0,20 €/kWh domestic systems |
| Typical turn-key costs: | 300 - 500 €/m ² |

Solar Thermal Heat and Cooling

Scientific and Technological References

Energy Technology Indicators



Environmental and other specific indicators
Energy saving

1,4 kg CO₂/kWh or 840 kg CO₂/m²/a

Solar Thermal Heat and Cooling

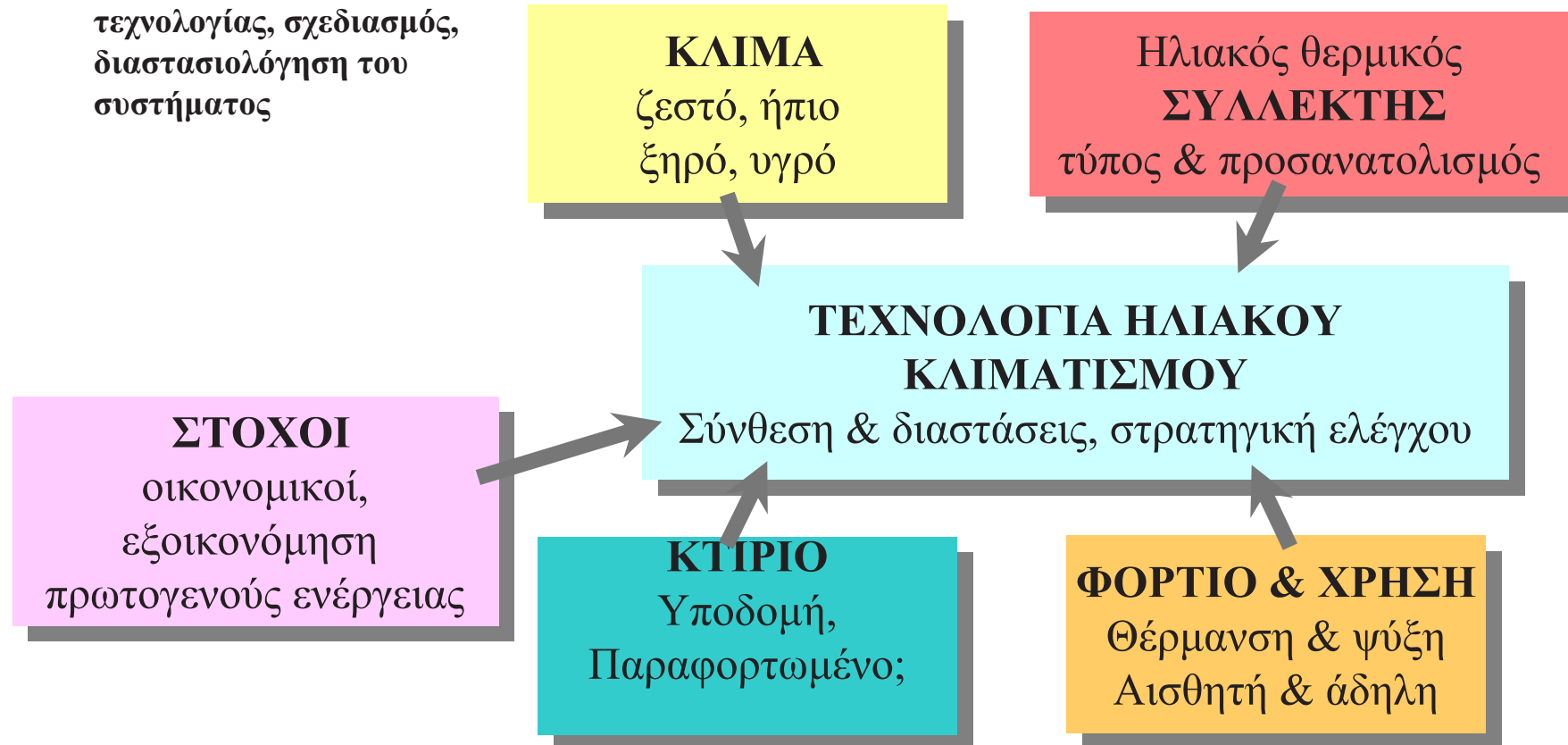
Scientific and Technological References

Energy Technology Indicators



ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Κατάλληλη επιλογή
τεχνολογίας, σχεδιασμός,
διαστασιολόγηση του
συστήματος

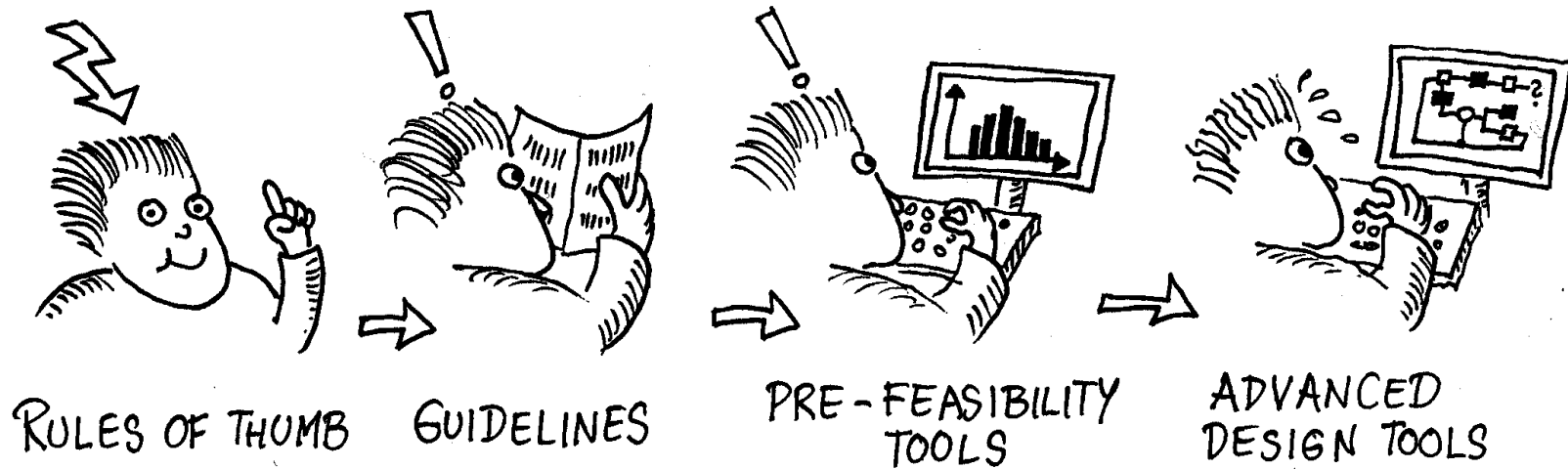


Σχεδιασμός στον Ηλιακό Κλιματισμό

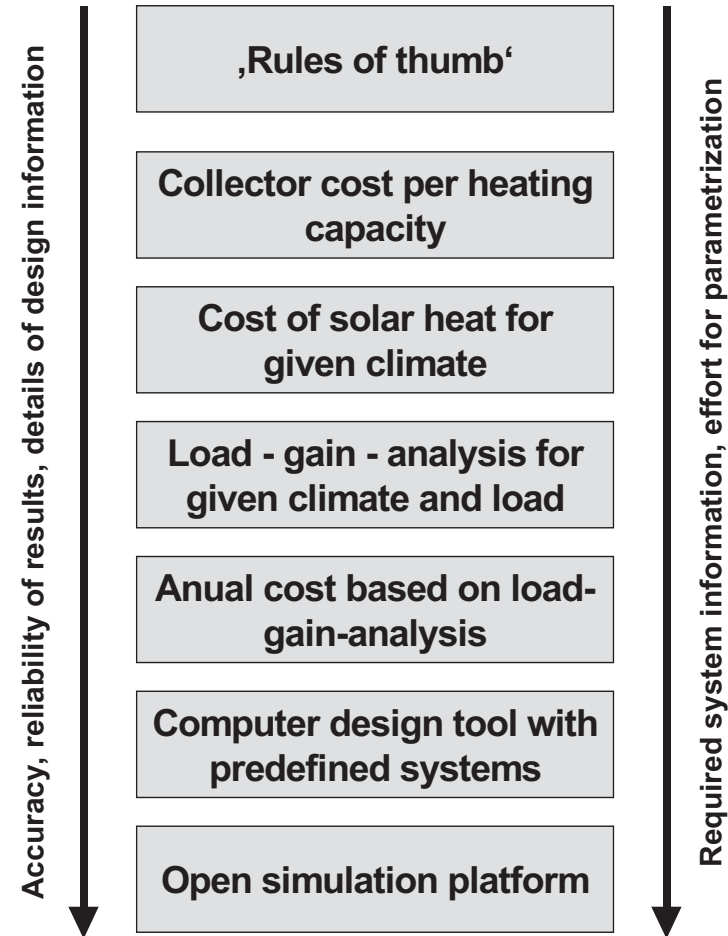
- **Επιλογή της κατάλληλης θερμικά ωθούμενης ψυκτικής εγκατάστασης**
- **Επιλογή των ηλιακών συλλεκτών κατάλληλου τύπου**
- **Διαστασιολόγηση των ηλιακών συλλεκτών και των άλλων συστατικών του ηλιακού συστήματος σε σχέση με ενέργεια-κόστος**



Σχεδιασμός



Design approaches



Υπολογιστικό εργαλείο SACE

SACE Solar Cooling Evaluation Tool Light

File Calculate Help

Input data

Collector data:

Collector type:

optical efficiency: [-]

linear loss coefficient: W/(m² K)

quadratic loss coefficient: W/(m² K²)

K50, long: [-]

K50, trans: [-]

room:

room area: m²

operation temperature heating: °C

operation temperature cooling: °C

efficiencies:

efficiency backup heater: [-]

efficiency thermal chiller: [-]

| Reference | File |
|--------------------------|---|
| Load and Meteo Data File | |
| Configuration | D:\projekte\laufend\261580_SACE\8_Projektarbeit\WP3_EcoStudy\S... |
| Results | D:\projekte\laufend\261580_SACE\8_Projektarbeit\WP3_EcoStudy\S... |

correlation method

building model ↔ meteo data ↔ collector model

heat load vs solar gains

heat load

solar gains

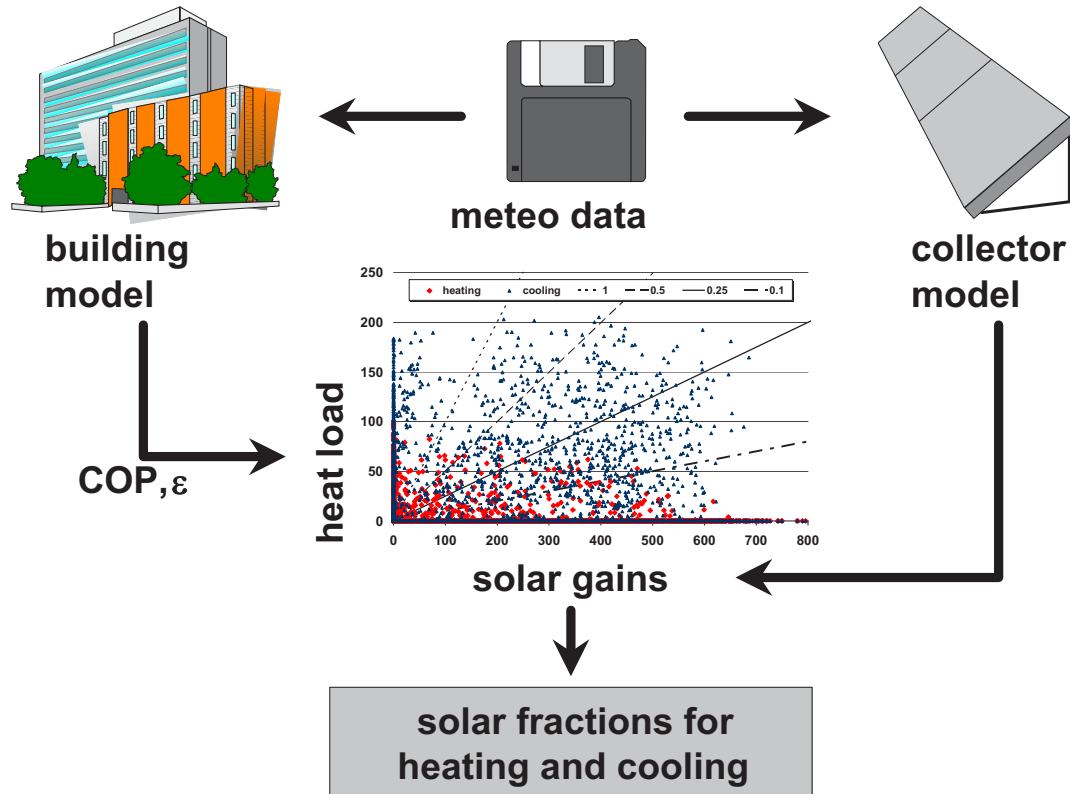
solar fractions for heating and cooling

COP, ε



Συσχέτιση φορτίων και ωφελειών

- Υπολογίζεται η απαιτούμενη θερμότητα για θέρμανση/ψύξη (με ένα προσομοιωτή κτιρίου)
- Συντελεστές απόδοσης χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή θερμότητας σε ψύξη/θέρμανση
- Υπολογίζονται τα ωριαία οφέλη του συλλέκτη χρησιμοποιώντας διαφορετικές θερμοκρασίες λειτουργίας



Ηλιακός Κλιματισμός- Δυνατότητες εφαρμογής

- Κτίρια Γραφείων
- Οινοποιεία- Κελλάρια
- Κατοικίες
- Ξενοδοχεία

Η Ν. Ευρώπη με ζεστό και υγρό κλίμα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες δυνατότητες



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

- Ενεργειακά αποδοτικότερα και φθηνότερα ηλιακά εξαρτήματα
- Αποδοτικότεροι κύκλοι, μηχανές, ΣΗΘ
- Αναβαθμισμένα υλικά
- Βελτιωμένη Λειτουργία & Συντήρηση
- Διαχείριση της ζήτησης σε δίκτυα ενέργειας και αερίου
- Νέα υλικά και μέθοδοι παραγωγής
- Αντι-ανακλαστική επίστρωση σε γυαλί, μόνωση και διαδικασίες
- Αποθήκευση
- Συστήματα ψύξης/θέρμανσης συσχετιζόμενα με την ηλιακή ενέργεια
- Βελτιωμένος σχεδιασμός και ολοκλήρωση στα κτίρια



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

