

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Διδάσκων: Ιωάννης Γκιάλας

Κεφάλαιο 4

ΧΡΗΣΕΙΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΧΡΗΣΕΙΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Θέρμανση κτιρίων με ηλιακή ενέργεια
- Καλλιέργειες
- Αφαλάτωση
- Θερμικές μηχανές
- Εφαρμογή στην παραγωγή ηλεκτρισμού
- Ηλιακοί συλλέκτες
- Θέρμανση νερού

Θέρμανση Νερού

- Ηλιακοί συλλέκτες
- Νόμος Hottel-Whilier-Bliss
- Παθητικά και ενεργητικά συστήματα
- Συλλέκτες με ανεξάρτητη αποθήκευση
- Επιλεκτικές επιφάνειες
- Συλλέκτες με τοιχώματα κενού

Θέρμανση κτιρίων

- Το εσωτερικό πρέπει να κρατιέται σε θερμοκρασία ευφορίας (15-22 C)
- Θέλουμε ελαχιστοποίηση της τεχνητής θέρμανσης ή ψύξης
- Εξίσωση $\Theta\Delta$

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow P = \dot{Q} = mc \frac{dT}{dt}$$

- Νόμος Hottel-Whilier-Bliss $mc \frac{dT_r}{dt} = \tau aGA + P_{boost} - \frac{(T_r - T_a)}{R}$

- Δεν πρέπει να ξεχνάμε την «ενσωματωμένη ενέργεια» δηλαδή την ενέργεια που δαπανήθηκε για να φτιαχτούν τα υλικά κατασκευής

Θέρμανση κτιρίων (2)

- τ : Συντελεστής διάδοσης του διαφανούς καλύμματος που προστατεύει από τον άνεμο (πχ. Παράθυρα, κάλυμμα συλλεκτών, κλπ)
- A : Εκτεθειμένη περιοχή στην ακτινοβολία
- α : Μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται
- G : Προσπίπτουσα ακτινοβολία
- T_r, T_α : Θερμοκρασίες δωματίου και περιβάλλοντος
- R : Αντίσταση σε απώλεια θερμότητας

Παθητικά Ηλιακά συστήματα

- Σχεδιασμός: Μάζα κτιρίου m , εμβαδόν επιφάνειας που βλέπει τον ήλιο, A , αντίσταση απωλειών, R .
- Μόνωση κτιρίου (μεγάλο R), αποφυγή απωλειών λόγω ρευμάτων.
- Προσανατολισμός και μέγεθος παραθύρων (GA) κάθετα προσπίπτουσα ακτινοβολία
- Σε ψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, η ακτινοβολία σε κάθετα παράθυρα είναι μεγαλύτερη από ότι σε οριζόντια. Εσωτερικοί τοίχοι με σκούρο χρώμα ($\alpha > 0.8$) και μεγάλη μάζα εσωτερικά της μόνωσης

Ηλιακό μαύρο σπίτι (εφαρμογή Washington DC, γεωγρ. Πλάτος 39)

- Μεγάλο παράθυρο N και μεγάλος μαυρισμένος τοίχος B. Υπολογίστε την ηλιακή ακτινοβολία ώστε η εσωτερική θερμοκρασία να διατηρείται 20 C πάνω από την εξωτερική.

$$\left. \begin{array}{l} T_r = \text{σταθ} \\ \Rightarrow \frac{dT_r}{dt} = 0 \\ P_{boost} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \tau\alpha G = \frac{T_r - T_a}{R}$$
$$G = \frac{20^\circ\text{C}}{(0.07\text{m}^2\text{KW}^{-1})(0.9)(0.8)} = 400\text{Wm}^{-2}$$

$R = 0.07\text{m}^2\text{KW}^{-1}$
 $\tau = 0.9$ (γυαλί)
 $\alpha = 0.8$ (τοίχος)
 $A = 1\text{m}^2$

- Εφικτό τουλάχιστον κατά την διάρκεια της μέρας

Εφαρμογή: απώλεια θερμότητας από σπίτι

- Το σπίτι του προηγούμενου παραδείγματος είναι 2m ψηλό, 5m πλατύ και 4m βαθύ.
- $T_r = 20^\circ C$ στις 4:00 μμ
- Υπολογίστε την T_r στις 8:00 πμ την επόμενη μέρα
- (α) Απορροφητικός τοίχος, 10cm, μονό παράθυρο
- (β) 50cm τοίχος, χονδρή κουρτίνα στο εσωτερικό του παράθυρου

Επίλυση Εφαρμογής

- Νύκτα
- Απαιτούμε

$$\left. \begin{array}{l} G = 0 \\ P_{boost} = 0 \\ C = mc \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{dT}{dt} = -\frac{T_r - T_a}{RC}$$

$$\Rightarrow T_r - T_a = (T_r - T_a)_{t=0} e^{\left(-\frac{t}{RC}\right)} \quad \text{με } T_a = \text{σταθ}$$

- Έστω όλες οι απώλειες προέρχονται από το παράθυρο $A=10\text{m}^2$
- Ο τοίχος είναι φτιαγμένος από τσιμέντο

$$R = rA^{-1} = 0.007\text{KW}^{-1}$$

$$C = mc = \left[(2.4 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}) (0.1\text{m})(2\text{m})(5\text{m}) \right] (0.84 \times 10^3 \text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}) = \\ = 2.0 \times 10^6 \text{JK}^{-1} \Rightarrow RC = 14 \times 10^3 \text{s} = 4\text{h}$$

Επίλυση εφαρμογής (2)

- Μετά από 16h

$$\Rightarrow T_r - T_a = (20^\circ\text{C})e^{\left(-\frac{16}{4}\right)} = 0.4^\circ\text{C}$$

- (β) Έστω ότι η κουρτίνα ισοδυναμεί με διπλό υαλοπίνακα

$$\left. \begin{array}{l} r \approx 0.2 \text{m}^2 \text{KW}^{-1} \\ R = 0.02 \text{KW}^{-1} \\ C = 10^7 \text{JK}^{-1} \\ RC = 2.0 \times 10^5 \text{s} \end{array} \right\} \Rightarrow T_r - T_a = (20^\circ\text{C})e^{\left(-\frac{16}{55}\right)} = 15^\circ\text{C}$$

- Σημασία των μεταβλητών στοιχείων (διαφράγματα, κουρτίνες, κλπ)
- Έχει σημασία η μεγάλη τ για καλύτερο έλεγχο της T_a σε 24-ωρη βάση

Παράγοντες

- Που επιδρούν στην λειτουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου
- Η παρουσία ανθρώπων με τις απρόβλεπτες αποφάσεις τους (τράβηγμα κουρτίνων, άνοιγμα πόρτας, κλπ)
- Θερμότητα από φωτισμό (80-300W σε δωμάτιο) (Pboost)
- Θερμότητα μεταβολισμού (80-150 W/άτομο) (Pboost)
- Χρειάζονται 1-3 αλλαγές αέρα για εξαερισμό

Παράδειγμα ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου (Center for Environmental Studies at Oberlin College, Ohio)

- Παθητικός ηλιακός σχεδιασμός (προσανατολισμός). Μεγάλη τζαμαρία-αίθριο για βελτιστοποίηση του φωτισμού την ημέρα
- Θερμική μάζα σε πατώματα και τοίχους
- Ενεργειακά αποδοτικός αερισμός
- Μονωμένη οροφή και τοίχοι
- Έλεγχος φωτισμού
- Αντλίες θερμότητας με αέρα για θέρμανση, ψύξη και αερισμό
- Φωτοβολταϊκά
- Σύστημα φυσικής επεξεργασίας αποβλήτων (και υλικά κατασκευής)

The Center for Environmental Studies at Oberlin College, Ohio, USA, (latitude 40N)



(a)

Ηλιακοί συλλέκτες – Συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας

- Πολλές φορές χρειαζόμαστε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, (πχ. > 500C) για κίνηση θερμικών μηχανών
- Ένας ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από έναν «φακό» κάτοπτρο, οπτικό σύστημα που συγκεντρώνει τις ακτίνες του ήλιου πάνω στον δέκτη.
- Ο προσανατολισμός του κατόπτρου είναι χρήσιμος
- Αν A_a η προβολή του κατόπτρου κάθετα στην δέσμη, A_r η επιφάνεια του δέκτη τότε
- $$X = \frac{A_a}{A_r}$$
 ο λόγος συγκέντρωσης (concentration ratio)

Ιδεατός ηλιακός συλλέκτης

$$X = \frac{\text{Πυκνότητα ροής στον δέκτη}}{\text{Πυκνότητα ροής στο κάτοπτρο}}$$

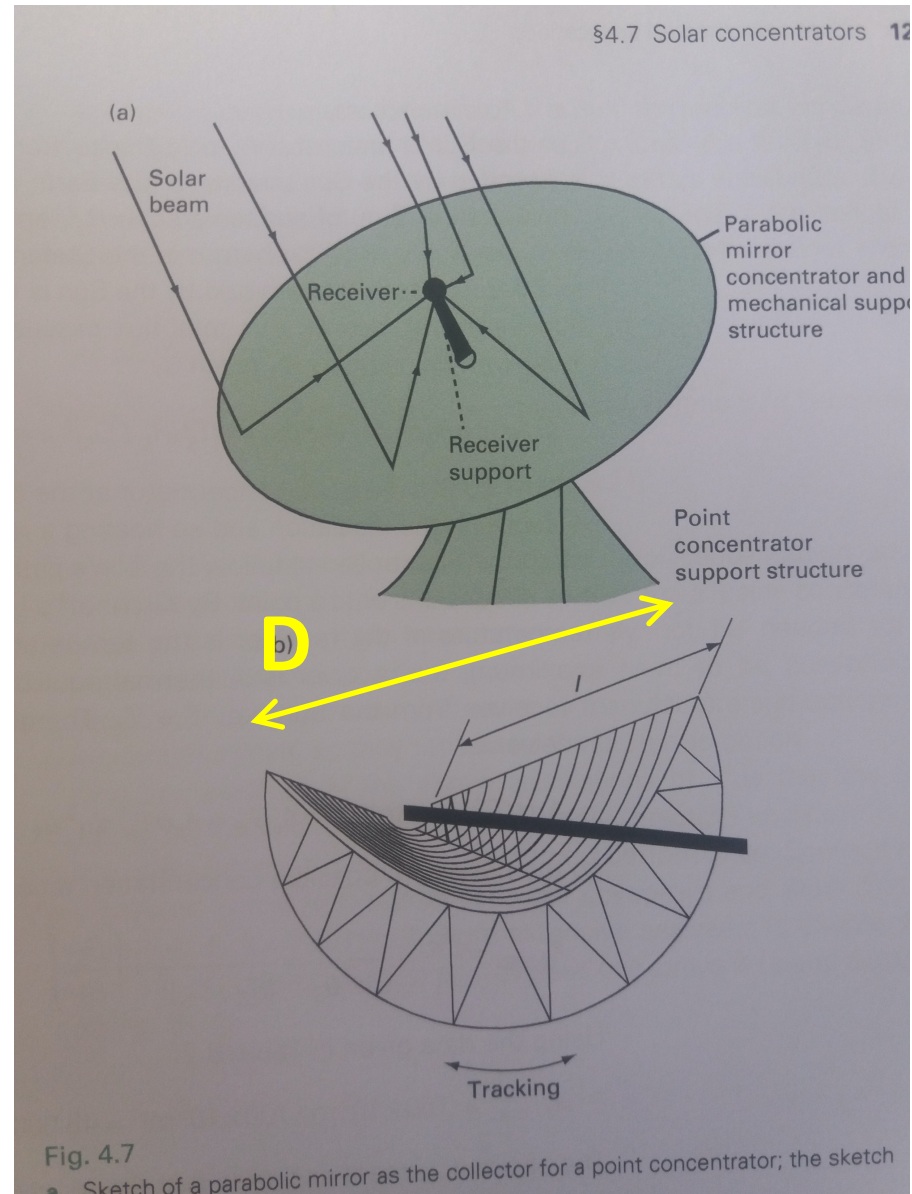
Η θερμοκρασία του δέκτη δεν μπορεί να αυξηθεί επ' αόριστο αφού δεν μπορεί να ξεπεράσει την ισοδύναμη θερμότητα του Ήλιου, T_s

Παραβολικά κάτοπτρα

Σε μία διάσταση

και

σε δύο διαστάσεις



Παραβολικό Κάτοπτρο σε μία διάσταση

- Ο παράγοντας συγκέντρωσης είναι μικρότερος από ότι για τον παραβολοειδή δίσκο.
- Ακολουθεί τον Ήλιο σε μία διασταση
- Ο άξονας είναι στην διεύθυνση Βορρά-Νότου
- Η απορρόφηση γίνεται από το σωλήνα του δέκτη
- ρ_c : Ανακλαστικότητα κατόπτρου
- α : Απορροφητικότητα δέκτη
- LD : Εμβαδόν
- G_b : Μέση ακτινοβολία

$$P_{abs} = \rho_c \alpha l D G_b$$

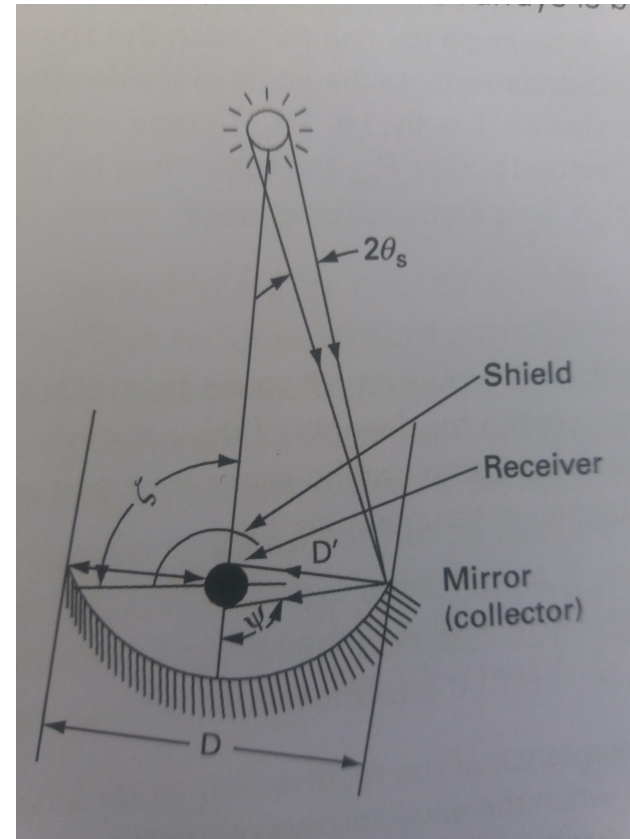
Κάτοπτρο (3)

- Η ασπίδα είναι προστατευτικό κάλυμμα για να περιορίζει τις θερμικές απώλειες από τον απορροφητή.
- Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$P_{rad} = \varepsilon(\sigma T_r^4)(2\pi r l) \left(1 - \frac{\zeta}{\pi}\right)$$

- Σωλήνας απορρόφησης:
 T_r : θερμοκρασία, ε : Συντελεστής εκπομπής, r : ακτίνα σωλήνα
- Το r πρέπει να είναι μικρό αλλά τουλάχιστον τόσο μεγάλο όσο η εικόνα του Ήλιου, Άρα επιλέγουμε

$$r = D' \theta_s$$



Κάτοπτρο σε θερμοδυναμική ισορροπία

- Αν μηδενίσουμε τις θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς και επαφής, δεν μπορούμε να περιορίσουμε τις απώλειες λόγω ακτινοβολίας
- Άρα στην θερμοκρασία θερμοδυναμικής ισορροπίας υπολογίζω το T_r
- Ισχύει $P_{\text{rad}}=P_{\text{abs}}$

Μέγιστη Θερμοκρασία Κατόπτρου

- Άρα θέτοντας:

$$G_0 = 600 \text{ Wm}^{-2}, G_b = G_0 \cos \omega$$

$$\rho_c = 0.8$$

$$\frac{\alpha}{\varepsilon} = 1$$

$$\theta_s = \frac{R_s}{L} = 4.6 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Συνάγουμε

$$T_r^{\max} = \left[\frac{\alpha \rho_c \tau_\alpha G_0 \cos \omega}{\varepsilon \sigma \theta_s} \right]^{1/4} = 1160 \text{ K}$$

Απόκλιση από τη μέγιστη θερμοκρασία

- Στην πραγματικότητα $T_r^{\text{πρακτικό}} < T_r^{\text{max}}$
- Το ρευστό που κυκλοφορεί στον σωλήνα του απορροφητή απάγει θερμότητα και μειώνει την θερμοκρασία (Απάγεται ισχύς P_u)

$$T_r^4 \propto P_{rad} = (P_{abs} - P_u) < P_{abs}$$

$$T_r^{\text{πρακτικό}} \approx 700^\circ\text{C}$$

- Η μηχανική κατασκευή του κατόπτρου δεν είναι τέλεια

Παραβολικό κάτοπτρο

- Δίσκος

$$T_r^{\max} = \left[\frac{\alpha \rho_c \tau_a G_0 \sin^2 y}{4 \varepsilon \sigma \theta_s^2} \right]^{1/4}$$

$$\zeta \rightarrow 0$$

$$y \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

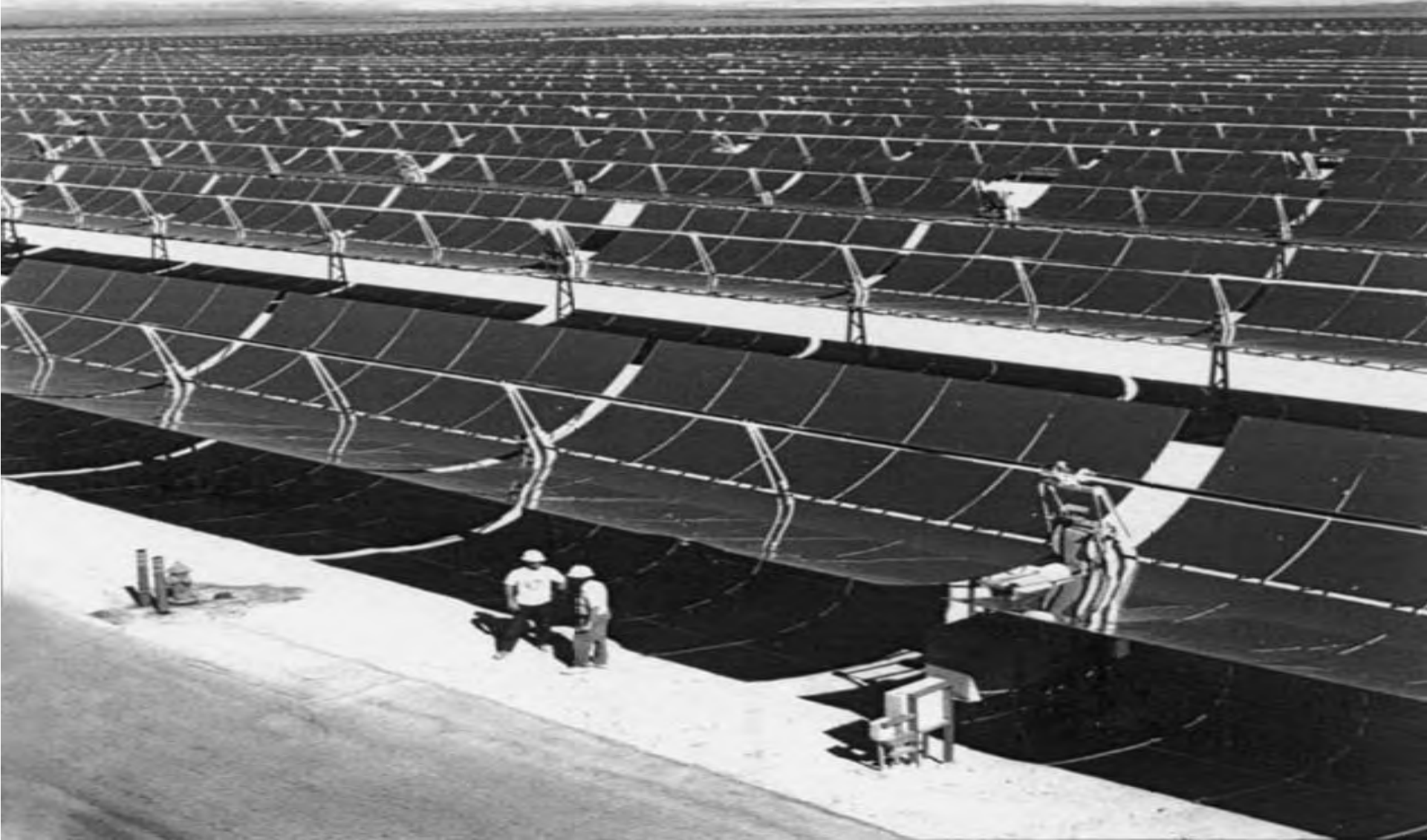
$$\theta_\sigma \rightarrow \left(\frac{2\theta_s}{\sin y} \right)^2 \rightarrow T^{\max} \text{ αυξάνει}$$

- Ακόμα και με τις ατέλειες κατασκευής του δίσκου και της ιχνηλάτησης του Ήλιου, επιτυγχάνεται $T_{\max} = 3000\text{K}$

Παραγωγή ηλεκτρισμού από μεγάλης κλίμακας ηλιακά συστήματα

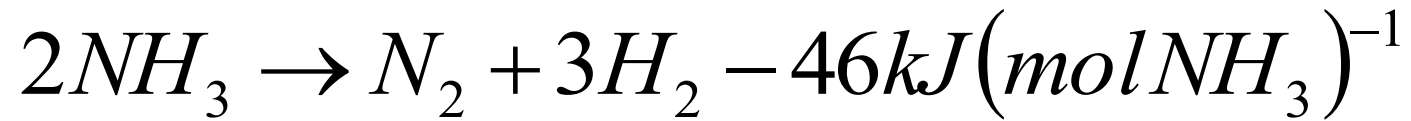
- Παραγωγή ηλεκτρισμού σε μεγάλη κλίμακα από θερμικά ηλιακά συστήματα
- Κατανεμημένος συλλέκτης
- Το ρευστό που μεταφέρει θερμότητα μπορεί να είναι ατμός ή λάδι
- Μπορεί να είναι και θερμοχημικό μέσον αποθήκευσης ενέργειας όπως η αμμωνία NH_3
- Ενεργειακός πύργος

Kramer Junction, California, total capacity 150MW (elec)



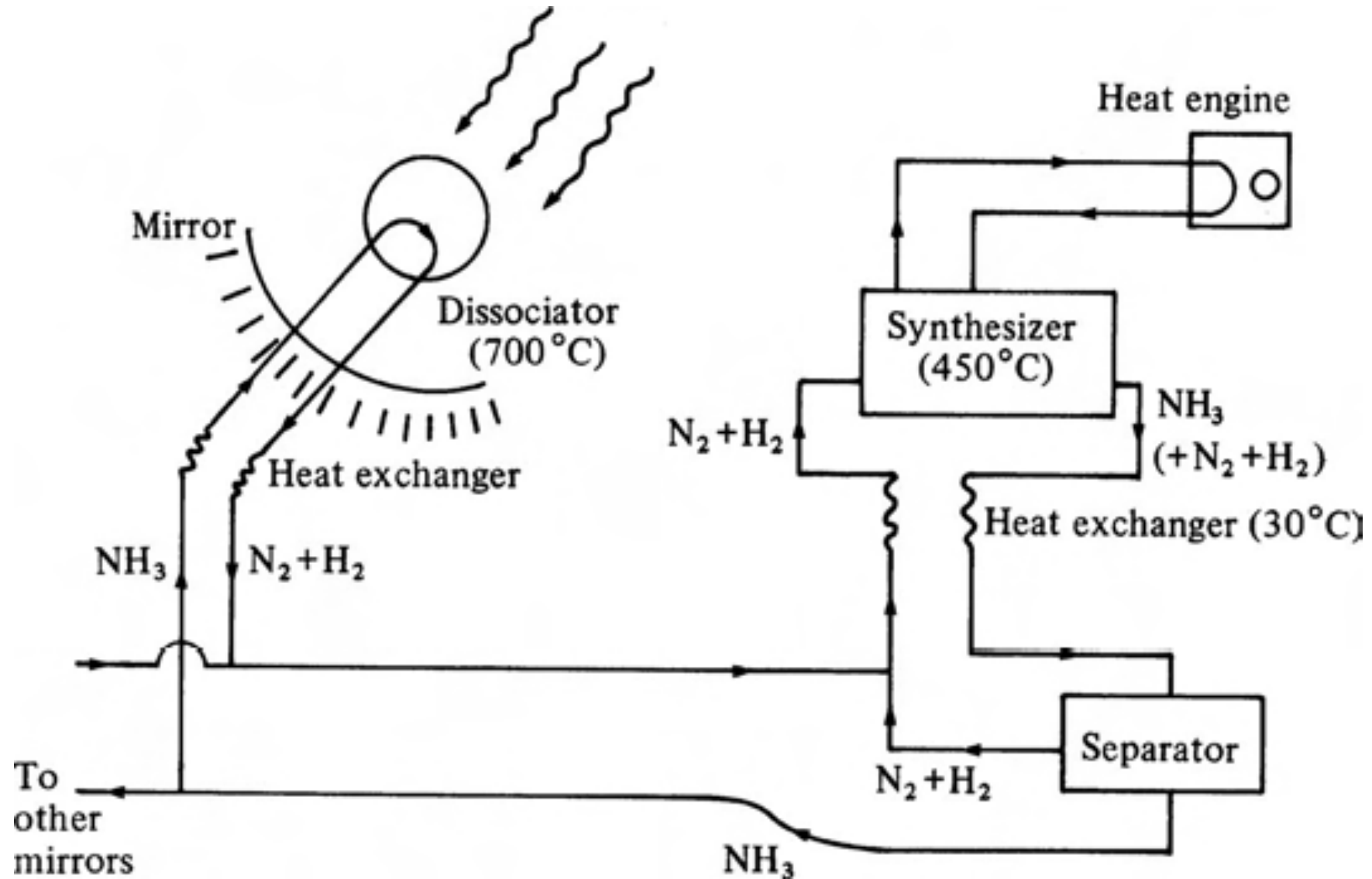
Εφαρμογή: Σύστημα με αμμωνία NH_3

- Το πλεονέκτημα της αμμωνίας (Carden 1977) μεταφέρει την ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις και για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς απώλειες
- Ο δέκτης περιέχει NH_3 (300atm). Με την ηλιακή ενέργεια στους 700C γίνεται η ενδοθερμική αντίδραση



- Στον κεντρικό θάλαμο γίνεται η αντίστροφη αντίδραση σύνθεσης με την βοήθεια καταλύτη με την έκλυση της αντίστοιχης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους

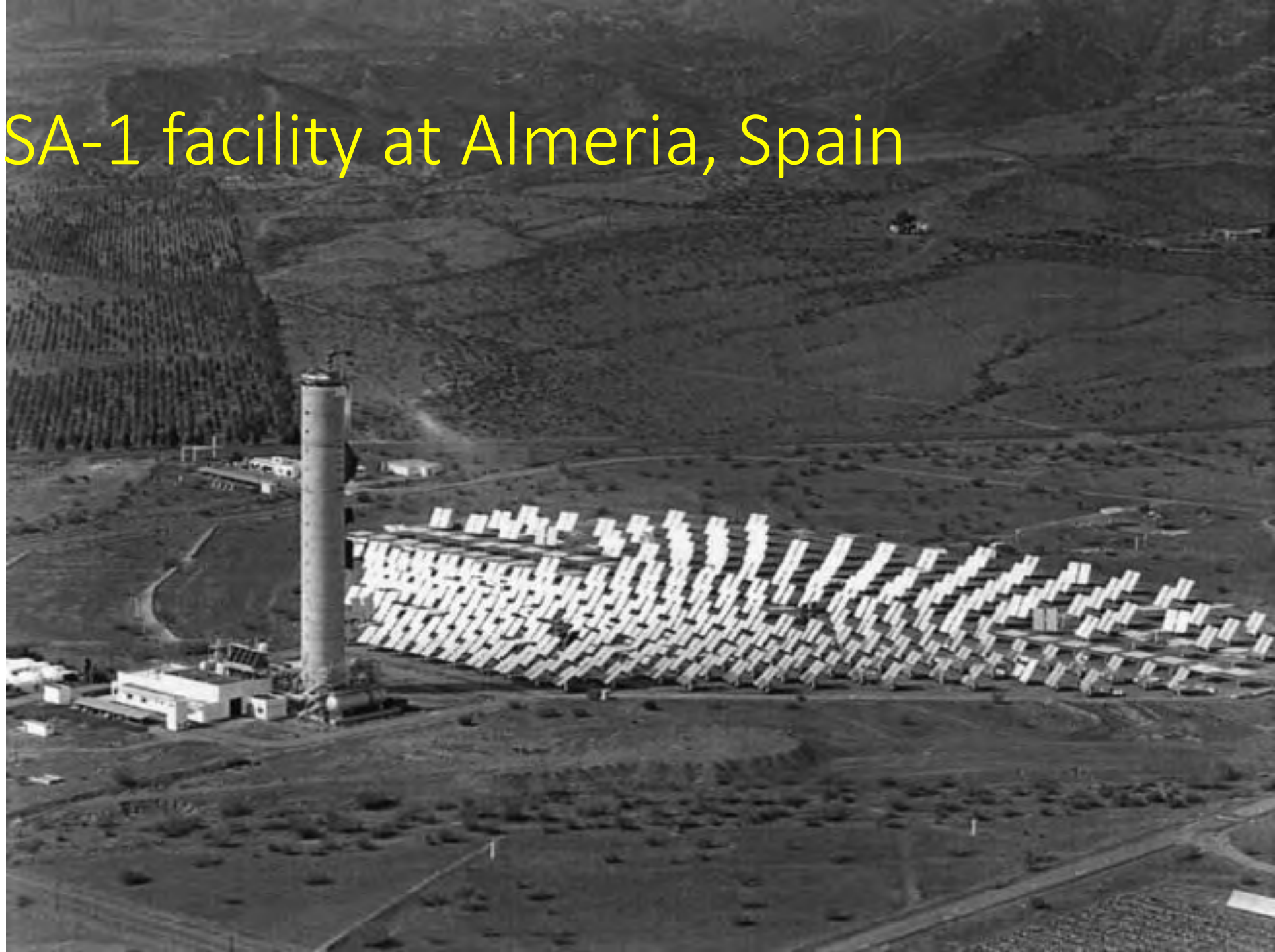
Σχεδιάγραμμα ηλιακού συλλέκτη με NH_3



CESA-1 facility at Almeria, Spain

- Η εγκατάσταση έχει 330 κάτοπτρα, το κάθε ένα με 396 m^2 . Με τυπική ακτινοβολία 950 W/m^2 , επιτυγχάνεται μία ένταση ακτινοβολίας $130/12.56=10.4 \text{ MW/m}^2$ σε μία κυκλική επιφάνεια ακτίνας 2 m
- Μέγιστη προσπίπτουσα ακτινοβολία
 $(1 \text{ kW/m}^2) \times 330 \times 396 \text{ m}^2 = 130 \text{ MW}$

CESA-1 facility at Almeria, Spain



- Θερμοκρασίες μέχρι 700C για να λιώσουν μέταλλευμα αλουμινίου.
- Θα δοκιμασθεί σε Γερμανία και Ν. Αφρική για να υποκαταστήσει ηλεκτρισμό που παράγεται από καύση κάρβουνου.

Λιώσιμο μετάλλου με ηλιακή ακτινοβολία

