

# Ανακύκλωση εξαρτημάτων εξοπλισμού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

---

## ΟΜΑΔΑ 0

Αθανασίου Ελευθερία AM : 1018961

Ακτύπης Ανδρέας AM : 1047579

Νάνου Παρασκευή AM : 1020047

Ταρσάνης Θεόδωρος AM : 1047593

Υπεύθυνος καθηγητής : Κορνάρος Μιχαήλ



# Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Λύση στο πρόβλημα  
εξάντλησης ορυκτών  
καυσίμων

Φιλικές προς το  
περιβάλλον (πράσινη  
ενέργεια)

Ανεξάντλητες

Μικρή απόδοση (έως  
30%)

Συμπληρωματικές



Αιολική ενέργεια



Ηλιακή ενέργεια



Υδραυλική  
ενέργεια



Βιομάζα



Γεωθερμική  
ενέργεια



Ενέργεια από τη  
θάλασσα



Ωσμωτική  
ενέργεια

# Ανακύκλωση

---

- Επαναχρησιμοποίηση απόβλητων υλικών
- Μείωση των βλαβερών για το περιβάλλον υλικών σε λιγότερο ή καθόλου

Μείωση όγκου  
απορριμμάτων

Εξοικονόμηση  
ενέργειας και  
φυσικών πόρων

Όχι εκ νέου  
παραγωγή  
πρώτης ύλης

Μείωση  
ρύπανσης

# Φωτοβολταικά

---

- Βασική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας
- Σχετικά Υψηλή απόδοση
- Ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα λειτουργίας
- Υποσχόμενη τεχνολογία (2017 → 400 GW / εκτίμηση 2050 → 4500 GW)
- Ποικιλία φωτοβολταϊκών
- Μέσος χρόνος ζωής: 20-25 χρόνια



# Είδη Φωτοβολταϊκών

## 1<sup>η</sup> Γενιάς

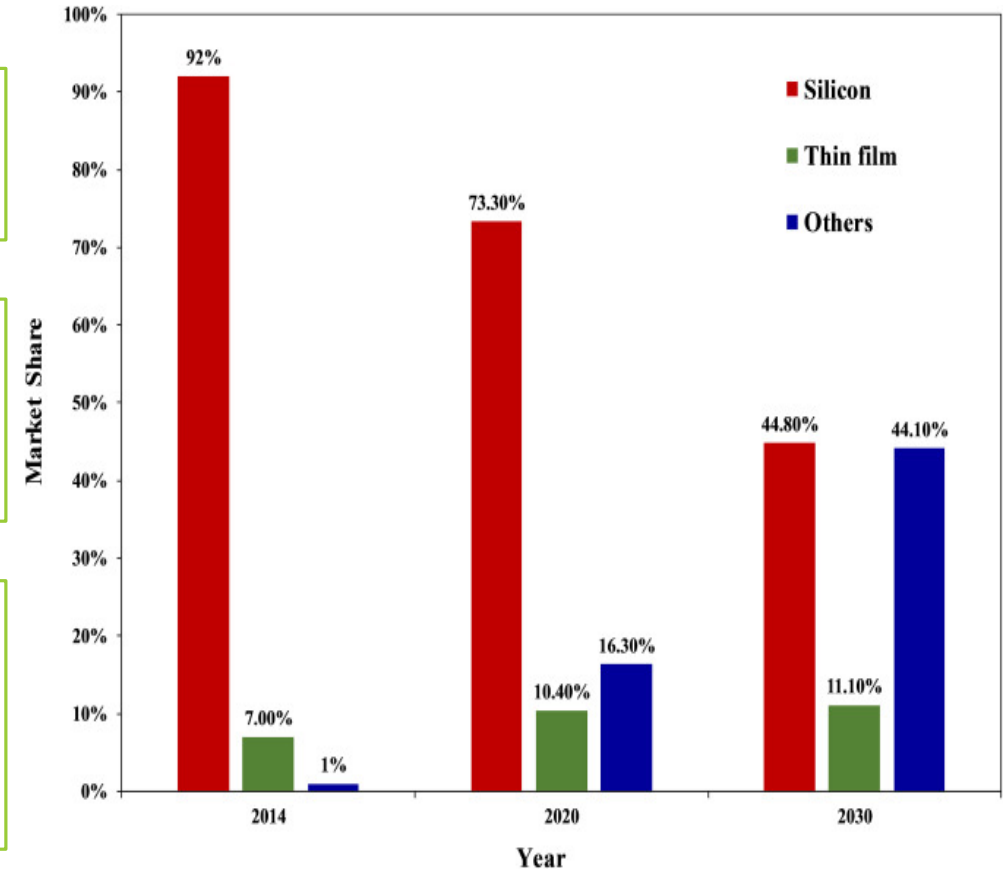
- c-Si (Πολυκρυσταλλική και Μονοκρυσταλλική)
- Περίπου το 80% της παγκόσμιας αγοράς

## 2<sup>η</sup> Γενιάς

- Thin film (flexible substrate)
- Σχετικά φθηνά
- Χρήση μετάλλων και κραμμάτων (Cd,Te,Ga,In, Pb, Cr κτλ.)

## 3<sup>η</sup> Γενιάς

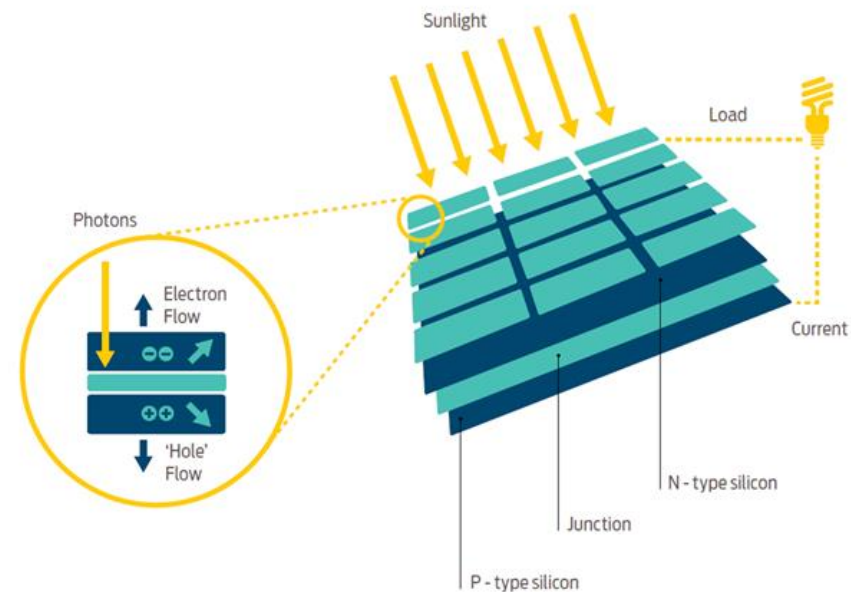
- Βασισμένα στην τεχνολογία Thin film
- Χρήση προηγμένων υλικών (οπτικές ίνες CPV, organic cells)
- Πολύ υψηλές αποδόσεις
- Ευρύτατη μελλοντική χρήση



# Αρχή Λειτουργίας

Αξιοποίηση ηλιακής ακτινοβολίας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Photovoltaic effect)

Φωτόνια -> Διέγερση ηλεκτρονίων στον ημιαγωγό-> Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



# Υλικά (1<sup>ης</sup> Γενιάς)

## Γυαλί (tempered)

- Χρήση για λόγους προστασίας
- Front and back cover

## Μέταλλα

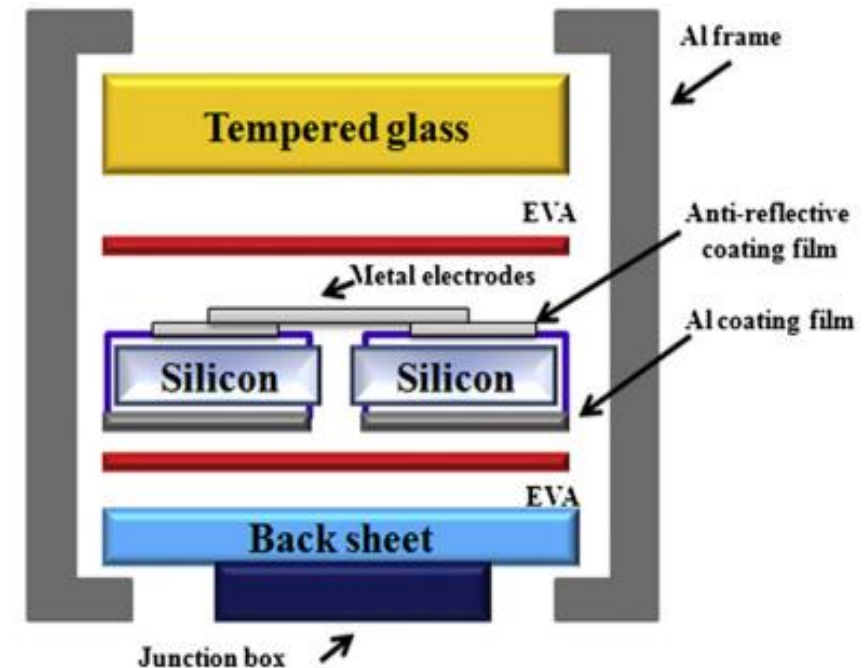
- Αλουμινένιο πλαίσιο
- Άλλα (χαλκός, ατσάλι κτλ.)

## Ρητίνη Πολυμερούς

- EVA
- Προστασία ημιαγωγών

## Ημιαγωγοί

- Κρυσταλλικό Πυρίτιο (1<sup>ης</sup>)
- CdTe, CIGS κτλ. (2<sup>ης</sup>)
- Κράματα υπό έρευνα



Λόγω της σύνθετης δομής και της ποικιλίας υλικών, υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί λόγοι φθοράς του πάνελ.

# Φθορά Φωτοβολταϊκών (Αίτια)

## Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- Ηλιακή ακτινοβολία -> Υψηλές θερμοκρασίες
- Μεγάλες αλλαγές θερμοκρασιών
- Υγρασία
- Καιρικά φαινόμενα (αέρας, βροχή, χαλάζι, χιόνι)
- Σκόνη & Άμμος
- Άλατα (ειδικά κοντά σε θάλασσα)

## Ανθρωπογενείς παράγοντες

- Μεταφορά
- Εγκατάσταση
- Συντήρηση

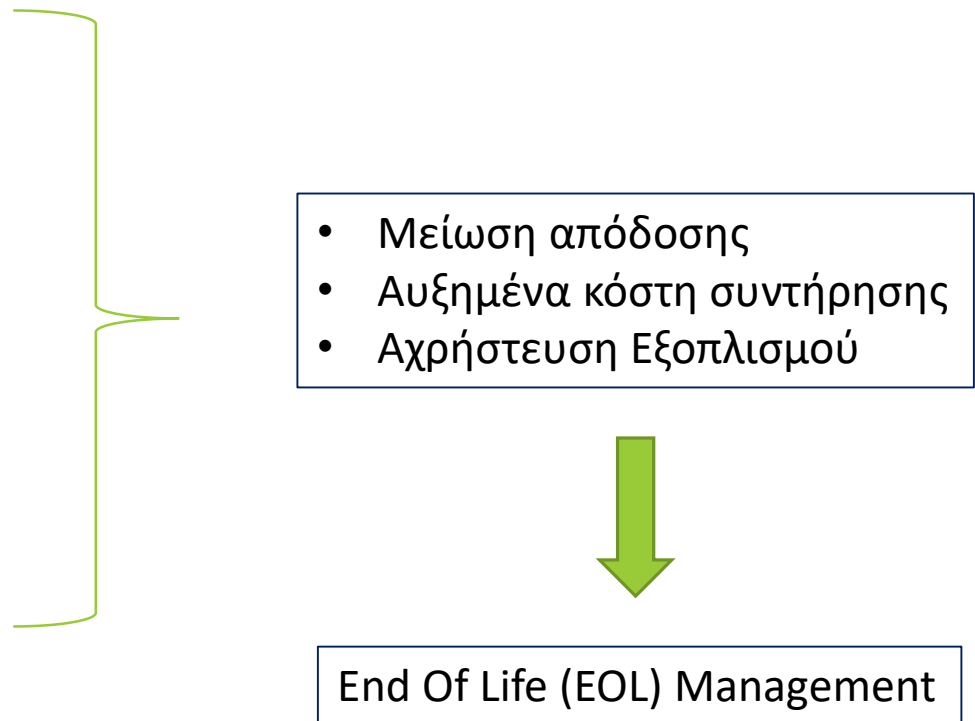
## Φυσικά αίτια

- Φυσική γήρανση υλικών



# Φθορά Φωτοβολταϊκών (Συνέπειες)

- Δημιουργία ρωγμών
- Θάμπωμα και αποχρωματισμός επιφανειών
- Αποσύνθεση πολυμερούς
- Διάβρωση μετάλλων
- Αλλοίωση συνδέσεων, καλωδιώσεων
- Εξασθένηση ημιαγωγών

- 
- Μείωση απόδοσης
  - Αυξημένα κόστη συντήρησης
  - Αχρήστευση Εξοπλισμού

End Of Life (EOL) Management

# Διαχείριση των ΕΟΛ

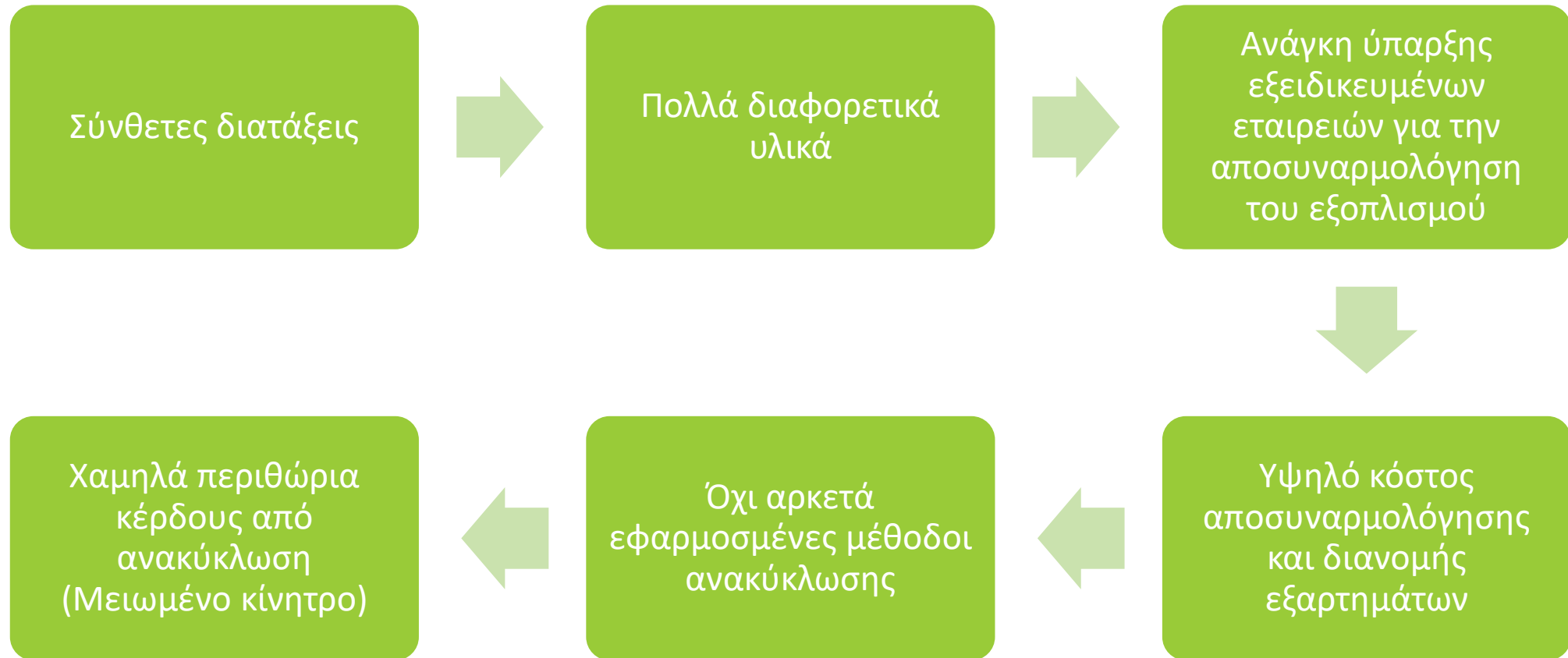
IRENA, 2016: 250,000 t αποβλήτων παγκοσμίως

Πρόβλεψη για τεράστια αύξηση (2030 → +80%) ,ιδίως στην Ασία

- Απόρριψη σε ΧΥΤΑ
  - Επικρατέστερη σήμερα μέθοδος
  - Χαμηλό κόστος
  - Ευκολία
- Καύση εξοπλισμού προς ανάκτηση μετάλλων
  - Εφαρμογή σε αναπτυσσόμενες χώρες
  - Έκλυση καρκινογόνων ουσιών
  - Λιγότερο επιθυμητή μέθοδος
- Ανακύκλωση & επαναχρησιμοποίηση υλικών → Συμφέρουσα μόνο για ορισμένα υλικά υψηλής αξίας
- Διάθεση εξοπλισμού σε αναπτυσσόμενες χώρες
- Υλικό για έρευνα



# Το πρόβλημα της ανακύκλωσης



# Μέθοδοι ανακύκλωσης EOL

## Φυσικές Μέθοδοι

- Εστιάζουν στην αποσυναρμολόγηση του πάνελ
- Διαχωρισμός αλουμινένιου πλαισίου – Γυάλινης επιφάνειας
- Συλλογή solar cells
- Θρυμματισμός γυαλιού για περαιτέρω επεξεργασία
- Απαραίτητες για κάθε είδος επεξεργασίας

## Θερμικές Μέθοδοι

- Απομάκρυνση των πολυμερών (κυρίως EVA)
- Αποτελεσματικές για την απομόνωση των βασικών υλικών
- Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας

## Χημικές Μέθοδοι

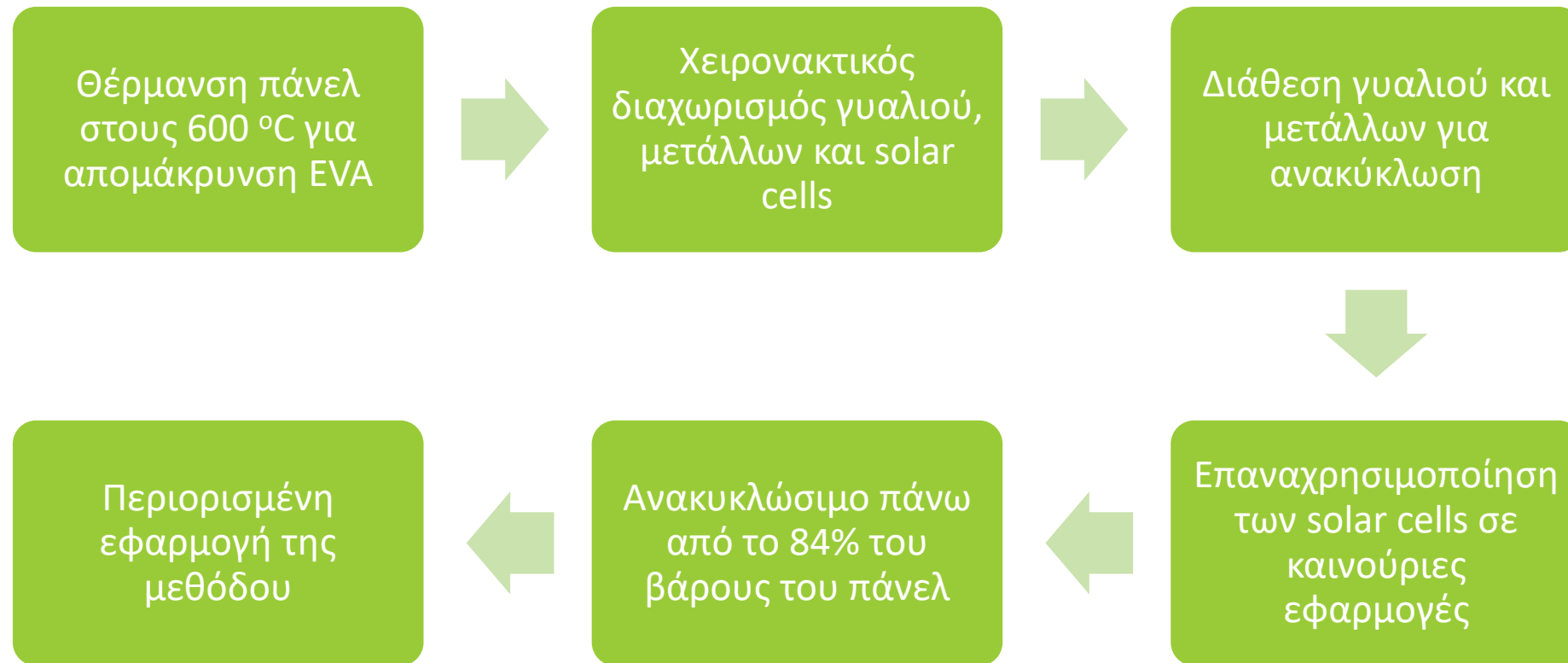
- Ανάκτηση μεταλλικών στοιχείων (Ag, Al, Cu, Si wafer)
- Χρήση ισχυρών οξέων και βάσεων (HNO<sub>3</sub> για Ag, KOH για Al κ.α.)
- Σημαντικές μέθοδοι για τα Thin film PVs λόγω παρουσίας πολύτιμων ή βλαβερών μετάλλων

## Συνδυασμός

- Απαραίτητος για την πλήρη ανακύκλωση ενός EOL
- Υπό έρευνα για ελαχιστοποίηση κόστους

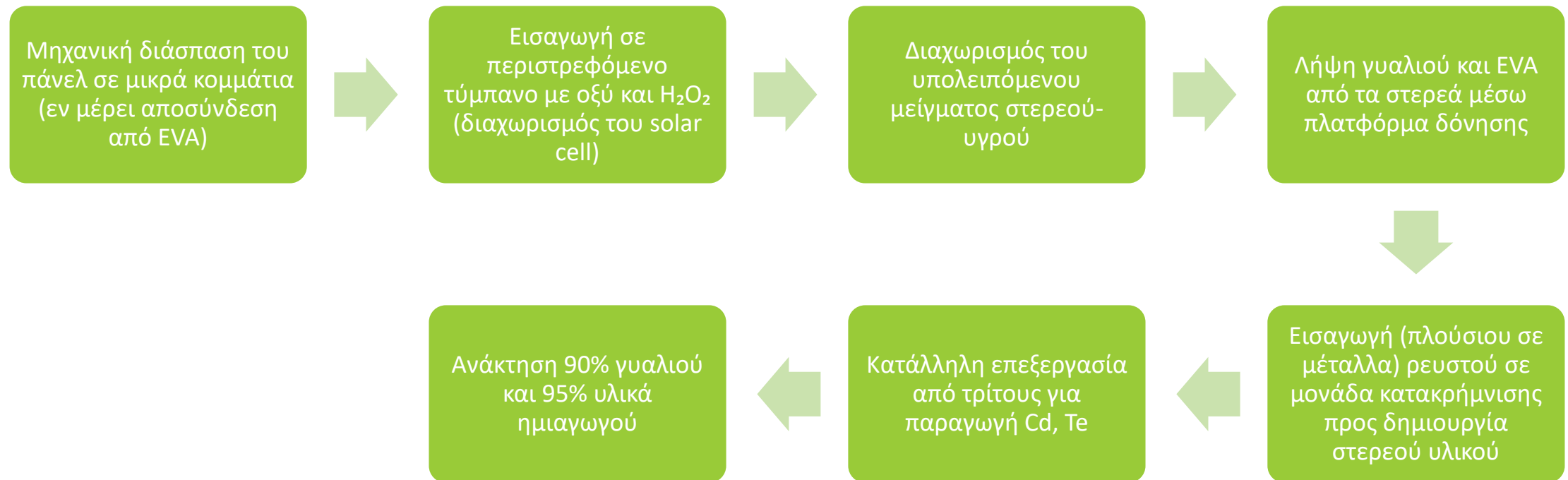
# Περίπτωση μελέτης (1/3)

- Solar World, Γερμανία: Ανακύκλωση PV 1<sup>ης</sup> γενιάς (εστίαση στο γυαλί και το αλουμίνιο)



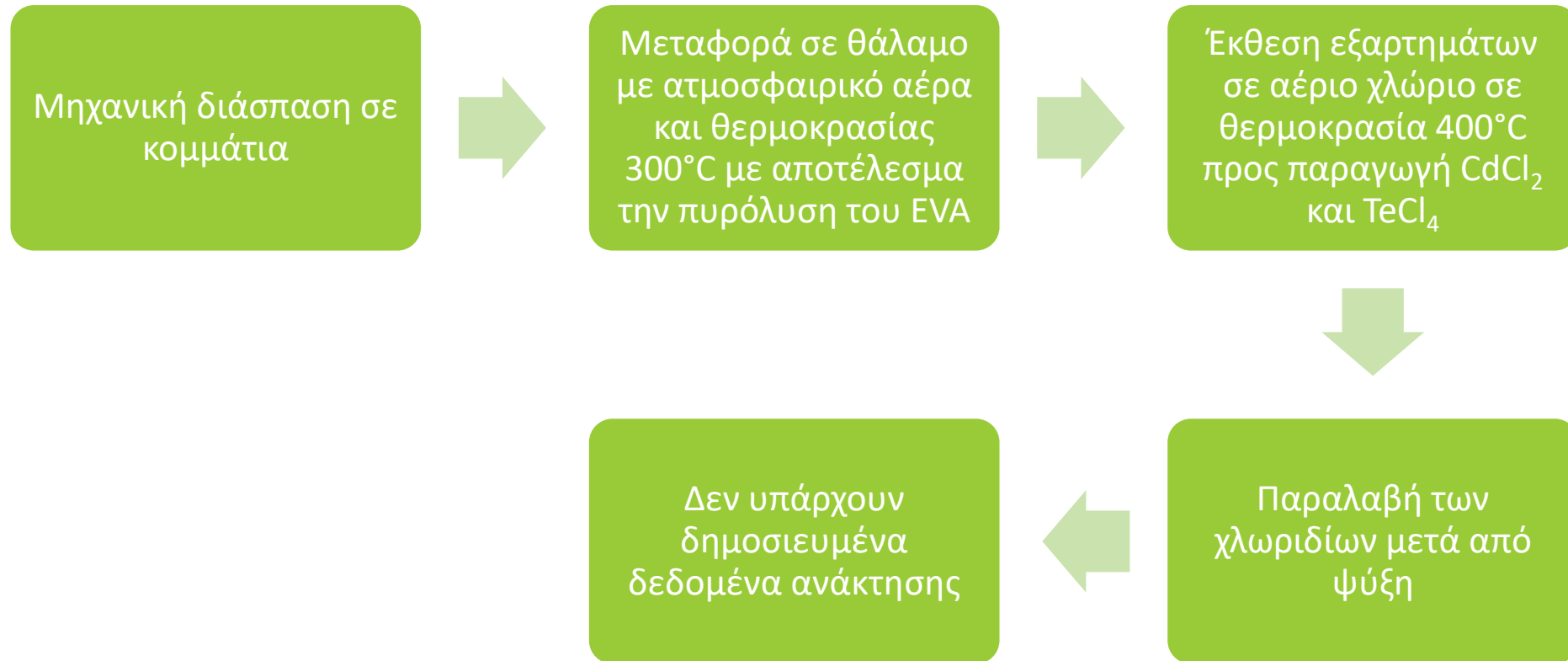
# Περίπτωση μελέτης (2/3)

## □ First Solar, ΗΠΑ: Ανακύκλωση 2<sup>ης</sup> γενιάς CdTe Thin Film



# Περίπτωση μελέτης (3/3)

□ ANTEC Solar GmbH, Γερμανία: Ανακύκλωση 2<sup>ης</sup> γενιάς CdTe/CdS Thin Film



# Σύγκριση των παραπάνω διεργασιών

## Solar World

- Υψηλός βαθμός ανάκτησης
- Επαναχρησιμοποίηση των solar cells
- Πιθανές ανεπιθύμητες βλάβες στο πάνελ λόγω υψηλής θερμοκρασίας
- Εκπομπή βλαβερών αερίων

## First Solar

- Υψηλός βαθμός ανάκτησης
- Αυτοματοποιημένες διεργασίες
- Διάλυση των πάνελ
- Μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια
- Σύνθετη διεργασία
- Χρήση χημικών και ακριβού εξοπλισμού

## ANTEC Solar

- Υψηλός βαθμός ανάκτησης
- Διάλυση των πάνελ
- Σύνθετη διεργασία για την παραγωγή των χλωριδίων



# Κανονισμοί και ενέργειες από φορείς

## Ευρωπαϊκή Ένωση

- 2008-2012: Ειδικές οδηγίες για συλλογή, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση εξοπλισμού
- Συνυπολογισμός των αποβλήτων PV στα WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment)
- Έχουν τεθεί συγκεκριμένοι μελλοντικοί στόχοι
- Έμφαση στην κοινωνική ευθύνη των εταιρειών
- Απαγόρευση εξαγωγής των αποβλήτων από την Ευρώπη

## Λιγοστές ενέργειες από USA και Κίνα

# Συμπεράσματα

## Σήμερα:

- Οικονομικά συμφέρουσα η ανακύκλωση μόνο των Thin Film (χρήση πολυτιμότερων μετάλλων)
- PV 1<sup>ης</sup> γενιάς: Φθηνά υλικά (Γυαλί & αλουμίνιο) - > Χαμηλό κέρδος -> Μικρό ενδιαφέρον από τις επιχειρήσεις
- Μέθοδοι που επιβαρύνουν το περιβάλλον και την υγεία (σε βαθμό που συχνά προτιμάται η ταφή)
- Συνεχώς αυξανόμενη η ανάγκη για αποτελεσματικότερες μεθόδους
- Αδιαφορία πολλών κρατών απέναντι στην ανακύκλωση PV

## Μέλλον

- Πρόβλεψη για δραματική αύξηση του όγκου αποβλήτων (80%)
- Διαρκής εξέλιξη της τεχνολογίας και των υλικών
- Αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση: Υποχρέωση ανακύκλωσης του εξοπλισμού από μέρους των εταιρειών μετά το πέρας λειτουργίας του



# Ανεμογεννήτριες

- Στόχος της ΕΕ για αύξηση των ΑΠΕ κατά 20% έως το 2020 και μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% έως το 2050 → αιολική ενέργεια -ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής
- «Καύσιμο» ανεξάντλητο, αποκεντρωμένο και δωρεάν
- Δεν εκλύονται αέρια και άλλοι ρύποι
- Οικονομική αναβάθμιση περιοχής από την ανάπτυξη αιολικής βιομηχανίας

Έτος	Κάλυψη ηλ. ενέργειας της ΕΕ	Εγκατεστημένη ισχύς
2010	5,3%	80 GW
2016	10,4%	153.7 GW
2020	15,7%	230 GW
2030	28,5%	400 GW
2050	50%	735 GW

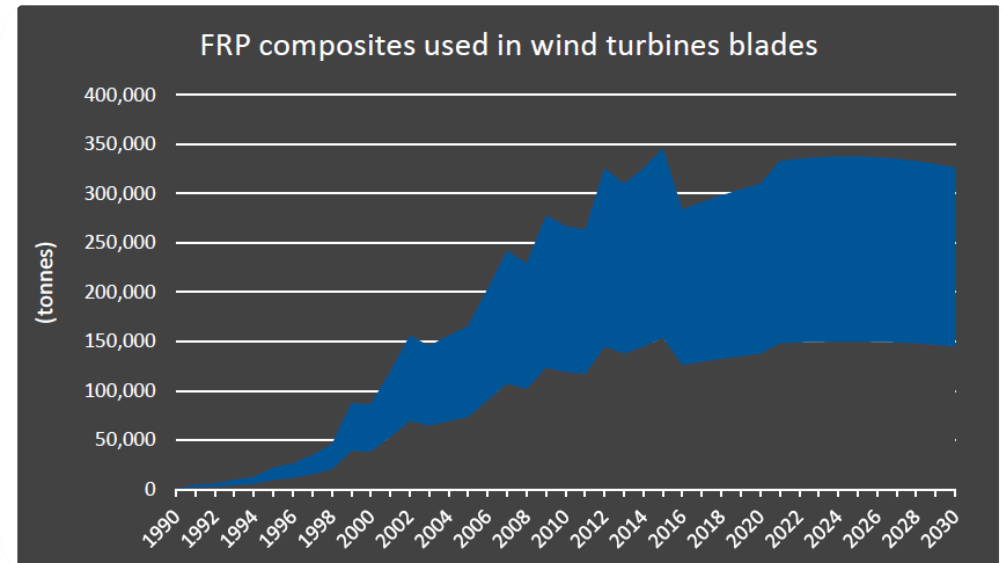


# Το πρόβλημα

Αύξηση αποβλήτων σύνθετων υλικών (2050 → 800.000 t FRP)

Πλήρης ανακύκλωση του 85%-90% των ανεμογεννητριών (μέταλλα κυρίως)

Απόρριψη του υπολειπόμενου 10%-15%(FRP) σε χώρους υγειονομικής ταφής ή για αποτέφρωση χωρίς ανάκτηση ενέργειας ή υλικού και πιθανή απελευθέρωση τοξικών υποπροϊόντων λόγω του συστατικού της μήτρας



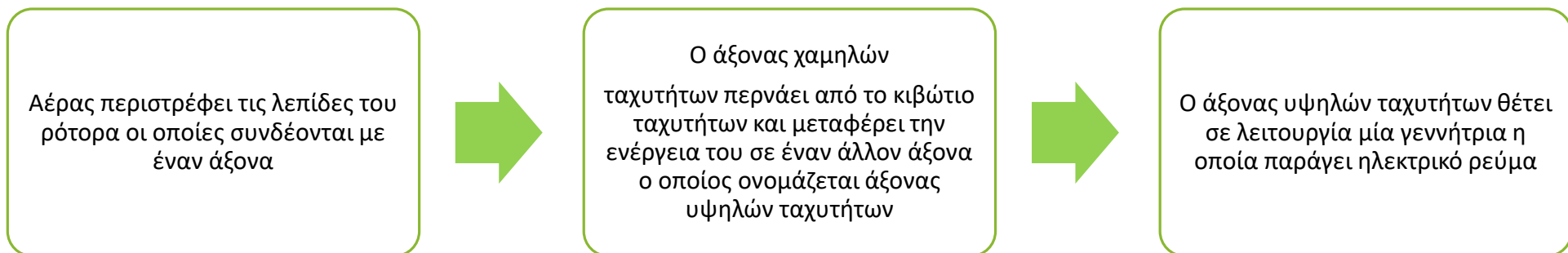
# Τύποι ανεμογεννητριών

---



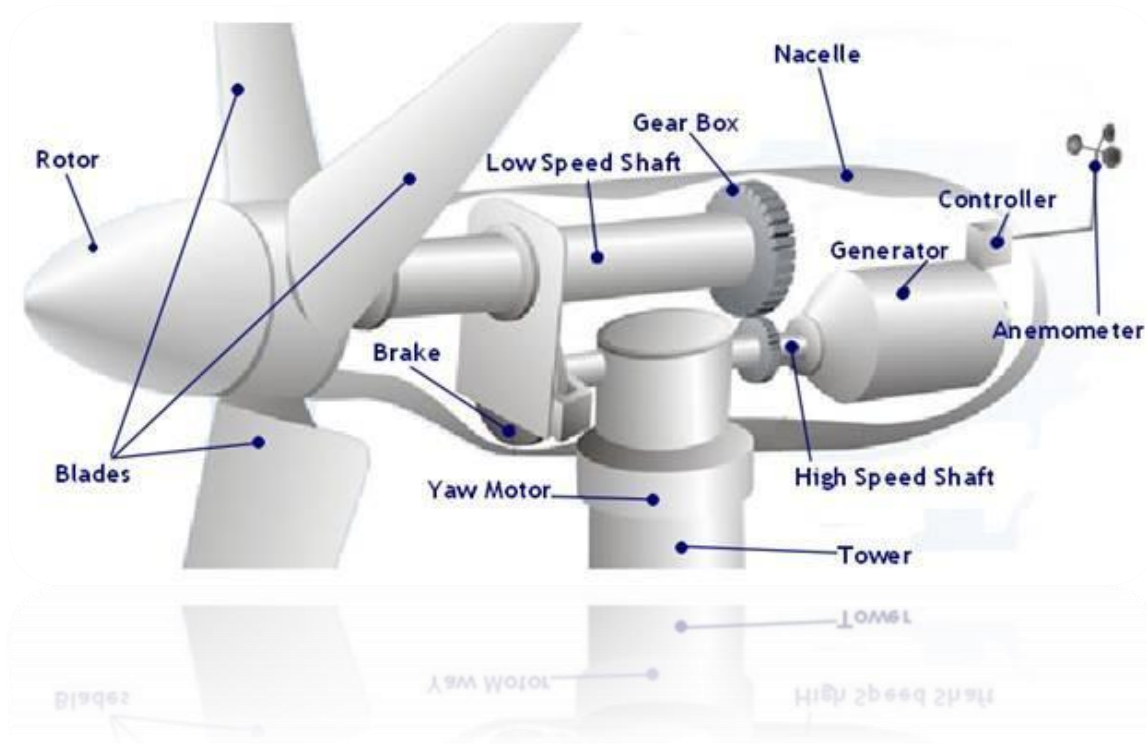
# Αρχή λειτουργίας

- Ανεμογεννήτρια-διάταξη μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική
- Η ισχύς τους μπορεί να είναι από λίγα Watt έως μερικά Megawatt με την τάση να είναι συνεχώς αυξητική
- Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα είναι ασυνεχές χρονικά, επειδή εξαρτάται από την ένταση του ανέμου, για αυτό και σε ένα αυτόνομο σύστημα θα πρέπει να προβλέπεται η ύπαρξη συσσωρευτών
- Απόδοση ανεμογεννήτριας εξαρτώμενη από το ύψος τοποθέτησης του ρότορα και της ατράκτου
- Αξιοποίηση του 54% της ενέργειας του ανέμου λόγω διάφορων απωλειών





# Δομή ανεμογεννήτριας



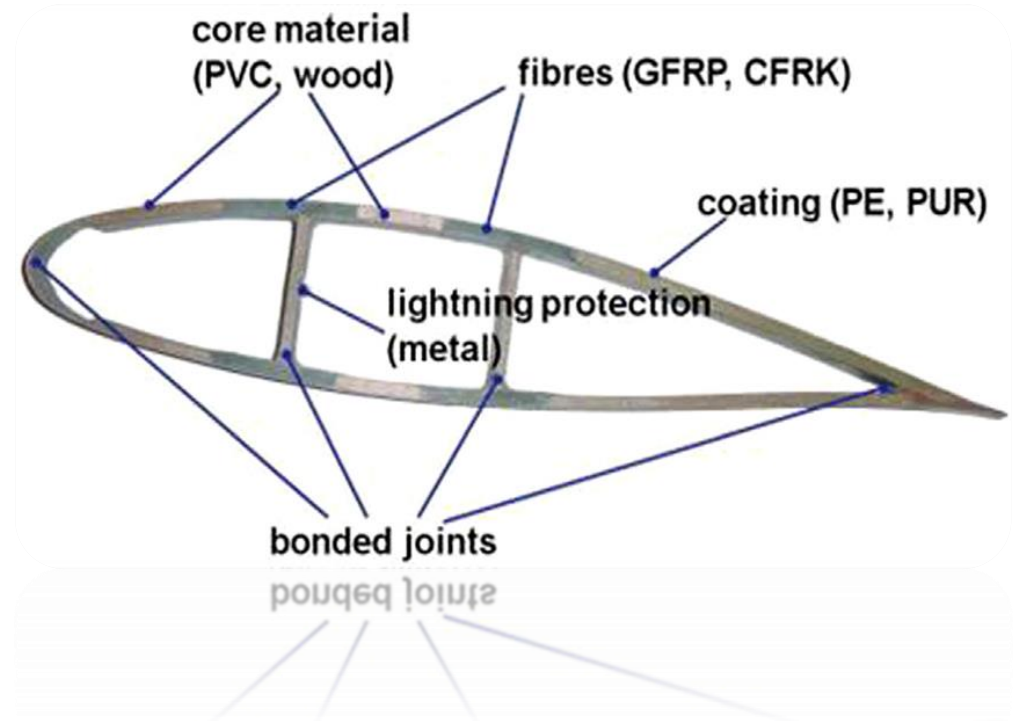
# Δομή πτερυγίου

## Κέλυφος λεπίδων από σύνθετα υλικά

- ίνες γυαλιού (GFRP) και άνθρακα (CFRP), αραμίδια, ίνες βασάλτη κ.ά.
- τύποι μήτρας: θερμοπλαστικοί, νανομηχανικά πολυμερή και σύνθετα υλικά
- υλικά πυρήνα: ξύλο, (PVC, polyvinyl chloride)

## Σκελετός από μέταλλα

- χυτοσίδηρος
- χάλυβας



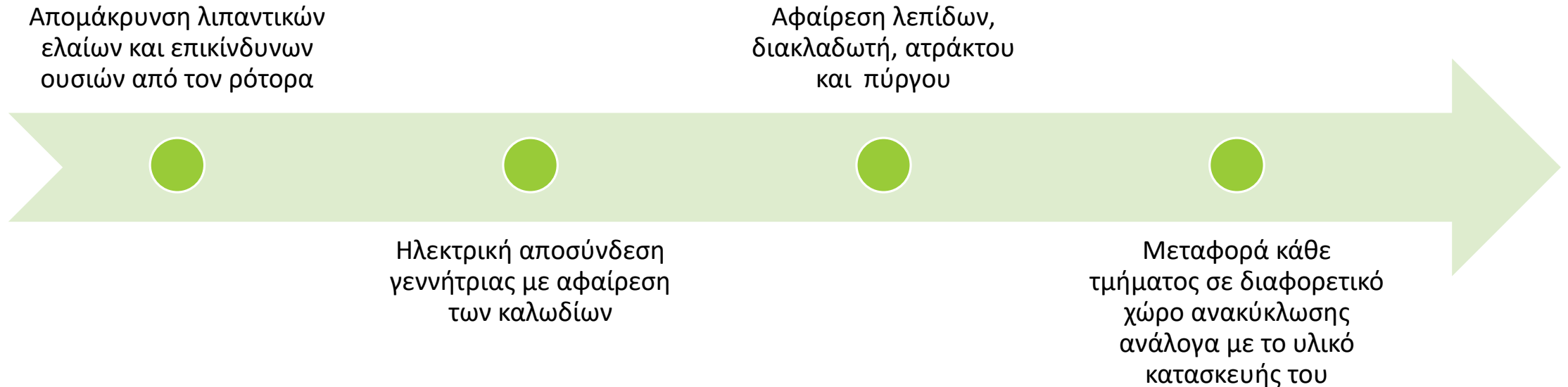


---

# ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

# Αποσυναρμολόγηση χερσαίας ανεμογεννήτριας

- **Αποσυναρμολόγηση** ανεμογεννήτριας στο τέλος του κύκλου ζωής της και όταν δεν είναι οικονομικά εφικτή η επισκευή της



# Αποσυναρμολόγηση υπεράκτιας ανεμογεννήτριας

Ίδια διαδικασία με επιπλέον μεταφορά στη στεριά

Τμήμα της θεμελίωσης παραμένει θαμμένο στον πυθμένα της θάλασσας ,ενώ τα καλώδια απομακρύνονται

Υψηλό κόστος σε σχέση με τις χερσαίες ανεμογεννήτριες

Έρευνα για την εύρεση εναλλακτικών μεθόδων απομάκρυνσης πχ.(Κοπή ανεμογεννήτριας από πύργο και μεταφορά στη στεριά)→Μέθοδος εγείρει ζητήματα ασφάλειας για τους θαλάσσιους οργανισμούς , τον άνθρωπο και την ανεμογεννήτρια



# Ανακύκλωση μετάλλων από ανεμογεννήτριες

## Αλουμίνιο

- 95% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την παραγωγή αλουμινίου από πρώτες ύλες, υλικό με μεγάλη αξία ως απόβλητο
- Απλή και οικονομική διαδικασία
- Συνεχής ανακύκλωση καθαρού αλουμινίου χωρίς συνέπειες στις ιδιότητες του υλικού
- Σε περίπτωση μεγάλου ποσοστού προσμίξεων από άλλα υλικά χρειάζεται να γίνει προσθήκη καθαρού αλουμινίου για να αυξηθεί η καθαρότητα του τελικού κράματος

## Χαλκός

- Εύκολη ανακύκλωση που μπορεί να φτάσει μέχρι και το 90% της τιμής του καινούργου χαλκού
- Αρχικά την τήξη σκραπ υψηλής καθαρότητας σε κλίβανο ανόδου και στη συνέχεια την χύτευση σε πλίνθους. Το σκραπ χαμηλής καθαρότητας καθαρίζεται αρχικά σε λουτρό θειικού οξέος και στην συνέχεια τήκεται σε κλίβανο τύπου Kaldo ή TSL

## Χάλυβας

- Απεριόριστη ανακύκλωσή διατηρώντας την απόδοσή και τις βασικές του ιδιότητες
- Μέθοδος Καμίνου οξυγόνου (BOF) → λιγότερες δυνατότητες απομάκρυνσης των ανεπιθύμητων στοιχείων
- Μέθοδος Κλίβανου ηλεκτρικού τόξου (EAF) → απομάκρυνση πολλών από τα πρόσθετα στοιχεία στη διαδικασία της τήξης, το κράμα που προκύπτει δεν έχει πάντα την επιθυμητή σύσταση, προορίζεται για συγκεκριμένες χρήσεις με λιγότερες απαιτήσεις όσον αφορά την καθαρότητα του χάλυβα

## Χυτοσίδηρος

- Παρόμοια με τον χάλυβα
- Εφικτή η επανειλημμένη ανακύκλωση χωρίς πτώση ποιότητας

# Σύνθετα υλικά



- ✓ Δύο ή περισσότερα χημικά ευδιάκριτα συστατικά μέρη
- ✓ Συστατικό ενίσχυσης -προσδίδει βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες
- ✓ Συστατικό -μήτρα, χαμηλής πυκνότητας εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των ιδιοτήτων της ενίσχυσης

## Γιατί;

Μικρό βάρος, υψηλή αντοχή, εξαιρετική αντοχή σε διάβρωση, πολύ καλή συμπεριφορά σε κόπωση, σε κρούση και στη διάδοση ρωγμών, σχετικά εύκολες διαδικασίες παραγωγής και μικρό κόστος συντήρησης

# Εμπορικές μέθοδοι ανακύκλωσης σύνθετων υλικών

# Κοπή σύνθετων υλικών

## Υδροκοπή

- Κοπή με συμβολή νερού υψηλής πίεσης(ποικίλων υλικών και μετάλλων)
- διαδικασία φιλική προς το περιβάλλον ,αλλά με μεγάλη κατανάλωση νερού
- Χρονοβόρα

## Συρματοκοπή

- Κοπή με χρήση αδαμαντοφόρου χαλύβδινου σύρματος (διάφορα υλικά ,μέταλλα και ξύλο)
- Διαδικασία φιλική προς το περιβάλλον με επαναχρησιμοποίηση νερού

## Δισκοπρίονο

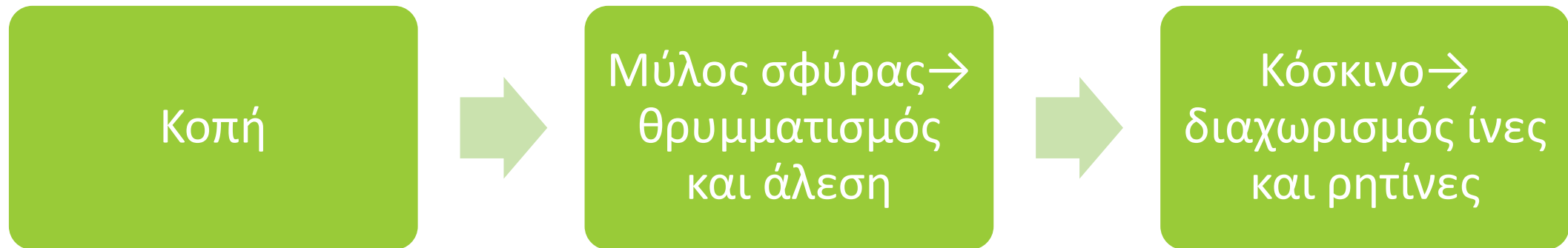
- διαφορετικοί τύποι και μεγέθη δισκοπρίονων ,από φορητά μηχανήματα μέχρι υδραυλικά πριόνια
- Παραγωγή σκόνης και θορύβου
- Δυνατότητα εξαγωγής επιλεγμένων υλικών.

## Υδραυλικός κόφτης

- Πιο κοινή μέθοδος
- Εκπομπή σκόνης και ινών κατά την κόπή –χρήση νερού σε μορφή σπρέι για καθαρισμό περιοχής

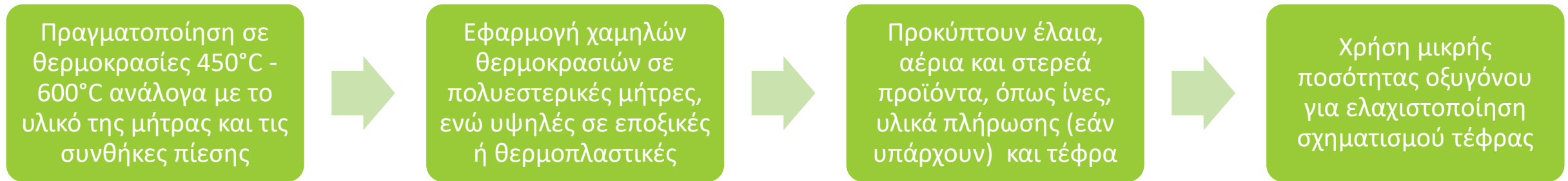
# Μηχανική επεξεργασία

---





# Θερμική επεξεργασία(Πυρόλυση)



CFK στη Γερμανία→πυρόλυση και λαμβάνει ροές αποβλήτων από αθλητικά είδη για να διανείμει τις ανακτημένες ίνες ως ψιλοκομμένα και αλεσμένα προϊόντα.

# Παραγωγή τσιμέντου

Καύση σύνθετων υλικών με γυάλινες ίνες σε κλίβανο παραγωγής τσιμέντου

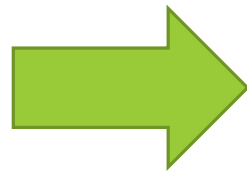


Παραγωγή ενέργειας για τροφοδοσία θερμότητας κλιβάνου



Ανάμειξη υπολειπόμενων ιών με άλλα υλικά για παραγωγή ενισχυμένου τσιμέντου

**Neocomp - Γερμανία:** το εργοστάσιο διαλύει τα GFRP και στη συνέχεια τα συνδυάζει με κατάλοιπα παραγωγής χαρτιού για να δημιουργήσει μια πρώτη ύλη για τσιμέντο



In a multi-stage process, the plant breaks up GFRPs and then combines them with paper production residue to create a raw material for cement

© WFB/Raveling

# Αξιολόγηση των παραπάνω διεργασιών

## Μηχανική επεξεργασία

- ⑩ Απλή διαδικασία
- ⑩ Ανάκτηση ινών και ενέργειας
- ⑩ Τα ανακτώμενα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως υλικά πλήρωσης ή καύσιμο

## Θερμική επεξεργασία(Πυρόλυση)

- ⑩ Χρήση ανακτώμενων προϊόντων ( έλαια και αέρια) ως καύσιμα για την αυτοσυντήρηση της διαδικασίας
- ⑩ Ανακύκλωση μήτρας από θερμοπλαστικού υλικού
- ⑩ Ανάκτηση ινών άνθρακα που διατηρούν τις μηχανικές ιδιότητες τους κατά 90%
- ⑩ Δεν προτιμάται για σύνθετα υλικά με ίνες γυαλιού

## Παραγωγή τσιμέντου

- ⑩ Αποδοτικότερη της αποτέφρωσης

---

# Ερευνητικές μέθοδοι ανακύκλωσης σύνθετων υλικών

# Χημική επεξεργασία

## Πανεπιστήμια LTN και ICAM της Νάντης

- Μέθοδος διάλυσης πολυμερικής μήτρας με χρήση οργανικού διαλύτη σε θερμοκρασίες  $< 400^{\circ}\text{C}$
- Εφαρμογή σε σύνθετο υλικό γυάλινων ινών με πολυμερική μήτρα και χρήση διαλύτη(νερό, αλκοόλες ή οξύ) για διάσπαση των δεσμών της μήτρας
- Ανάκτηση ινών γυαλιού με μειωμένες μηχανικές ιδιότητες λόγω κυρίως θερμοκρασίας

## Πανεπιστήμια Shenzhen Chongqing της Κίνας

- Ηλεκτροχημική μέθοδος για ανακύκλωση άνθρακα από GFRP
- Διεξαγωγή πειραμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις NaCl στο διάλυμα και εντάσεις ρεύματος
- Ανάκτηση άνθρακα με μέγιστη αντοχή 20% λιγότερη σε σχέση με τον καινούριο άνθρακα σε διάλυμα συγκέντρωσης 3% NaCl και έντασης ρεύματος 25mA
- Αύξηση της συγκέντρωσης ηλεκτρολυτών δεν βελτιώνει την απόδοση και οδηγεί σε σοβαρή οξείδωση και χλωρίωση στην επιφάνεια των προϊόντων
- Απλή και οικονομική διαδικασία

# Θερμική επεξεργασία

## Πανεπιστήμιο του Nottingham

- Τεχνολογία για ανάκτηση ινών C από σύνθετα υλικά με χρήση FBR
- Αντιδραστήρας με διάτρητη επιφάνεια πάνω στην οποία τοποθετείται το υλικό που θα διαχωριστεί με την παροχή αέρα θερμοκρασίας (>500°C)
- Οξείδωση οργανικών υλικών, διαχωρισμός ινών άνθρακα, ρευστοποίηση ινών → αιωρούμενα σωματίδια
- Συλλογή (μηχανισμός αναρρόφησης) χωρίς επιπλέον επεξεργασία καθαρισμού
- Κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας
- Ανάκτηση ινών με χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες σε σύγκριση με άλλες μεθόδους

## Οι Akesson, Foltynowicz, Christeen και Skrifvars

- Ανακύκλωση σύνθετων υλικών με ίνες γυαλιού → πυρόλυση με χρήση μικροκυμάτων
- Τεμαχισμός των λεπίδων σε μικρότερα κομμάτια (7-30 mm), πυρόλυση σε περιβάλλον αζώτου και θερμοκρασία 300°C-600°C
- Ανάκτηση του 70%, ύπαρξη υπολειμμάτων μη αποικοδομημένου πολυεστέρα -περεταίρω χημική επεξεργασία
- Γρήγορη διαδικασία, δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας η οποία όμως ακόμα, δεν προσφέρει μία λύση που μπορεί να εφαρμοστεί σε εμπορική κλίμακα

# Παραγωγή πολυμερούς κονιάματος

---

## Πανεπιστήμιο του Πόρτο στην Πορτογαλία

- Χρήση αποβλήτων από GFRP σε κονιάματα με βάση πολυεστέρα
- Μελέτη τεσσάρων διαφορετικών περιεκτικότητας σε ανακυκλωμένο GFRP(λεπτόκοκκο και χονδρόκοκκο) και αξιολόγηση της αντοχής τους
- Αύξηση απόδοσης του κονιάματος από άποψη μηχανικής αντοχής σε ποσοστό μέχρι 8% της συνολικής μάζας του. Επιπλέον αύξηση της ποσότητας του υλικού → προοδευτική μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων
- Καλύτερος συνδυασμός όλων των παραγόντων που μεγιστοποιούν την αντοχή επιτεύχθηκε για περιεκτικότητα 8% χονδρόκοκκου ανακυκλωμένου GFRP

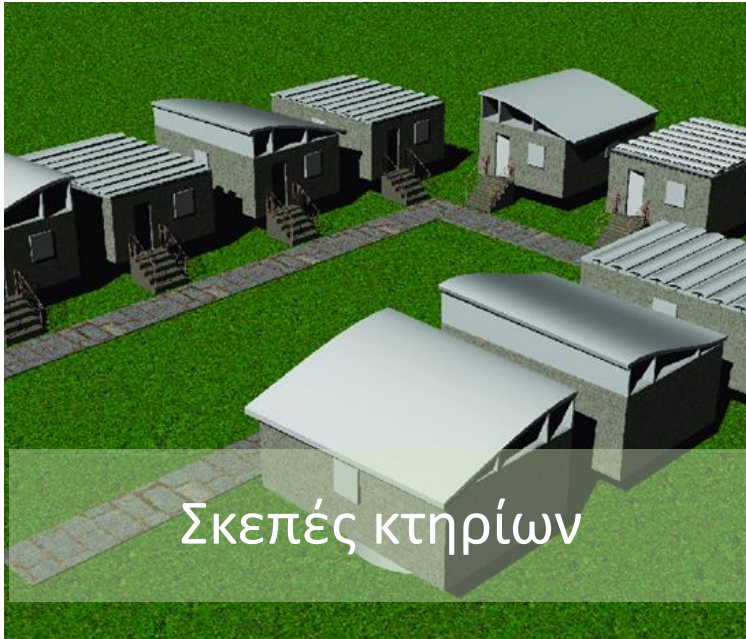
Οι σύνθετες τεχνολογίες ανακύκλωσης για τα GFRP και CFRP είναι:

- Με βιοτεχνολογική μέθοδο, με χρήση μικροοργανισμών για την αποικοδόμηση της μήτρας
- Μέσω χημικής ανακύκλωσης, δηλαδή με χρήση διαλυτών (νερό, αλκοόλη και οξύ) για να διασπαστούν οι δεσμοί της μήτρας σε συνήθως αυξημένες θερμοκρασίες και επίπεδα πίεσης
- Μέσω ηλεκτροχημικής μεθόδου, εφαρμογή ενός ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ενός διαλύματος ηλεκτρολύτη για την αποικοδόμηση της μήτρας.
- Μέσω ρευστοποιημένης κλίνης (fluidised bed), αποσύνθεση της μήτρας μέσω ρευστοποιημένου αέρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.
- Μέσω κατακερματισμού υψηλής τάσης (high voltage fragmentation method), χρήση υψηλής τάσης για τη δημιουργία κυμάτων πίεσης κατά μήκος καναλιών πλάσματος για την αποσύνθεση υλικών στο νερό.
- Μέσω μηχανικής μεθόδου, μείωση μεγέθους και διαχωρισμός σε σκόνη και ινώδη κλάσματα.
- Μέσω πυρόλυσης μικροκυμάτων (microwave pyrolysis), αποσύνθεση της μήτρας με θέρμανση μικροκυμάτων σε αδρανή ατμόσφαιρα.



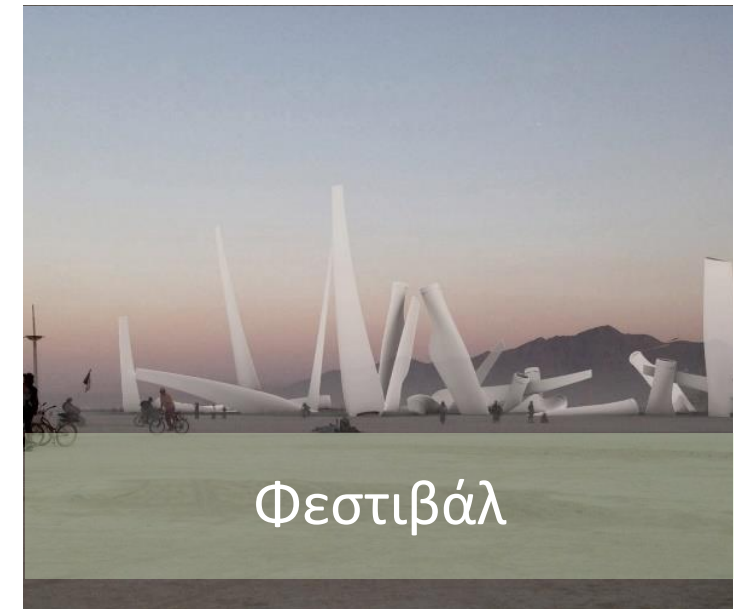
# Επαναχρησιμοποίηση της λεπίδας FRP ή μεγάλων μερών της σε νέες δομικές εφαρμογές (1/2)

---



# Επαναχρησιμοποίηση της λεπίδας FRP ή μεγάλων μερών της σε νέες δομικές εφαρμογές (2/2)

---



# Συμπεράσματα

---

- Ανάπτυξη βέλτιστων τεχνολογιών ανακύκλωσης ικανών για μέγιστη ανάκτηση από άποψη υλικών και ενέργειας
- Σύνθεση νέων σύνθετων υλικών που διατηρούν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και είναι δεκτά στην ανακύκλωση
- Δημιουργία κατάλληλου νομικού πλαισίου που θα περιορίζει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από τα απόβλητα των ΑΠΕ, στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό

# Βιβλιογραφία

---

1. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΜΑΥΡΟΚΩΣΤΙΔΟΥ Διπλ. Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης 2019
2. Constantinos S. January ,2019, A Review of the Potential for the Recovery of Wind Turbine Blade Waste Materials
3. <https://www.offshorewindindustry.com/news/first-ever-decommissioning-offshore-wind-0>
4. Sumkin Kang ,2012, Experimental investigations for recycling of silicon and glass from waste photovoltaic modules
5. Jing Tao, 2015, Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules
6. J.P. Jensen, 2018, Wind turbine blade recycling: Experiences, challenges and possibilities in a circular economy
7. Kristen Skelton, 2017, Discussion paper on managing composite blade waste
8. Md. Shahariar Chowdhury , 2020, An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling
9. Flavia C.S.M Padoan, 2018, Recycling of end of life photovoltaic panels: A chemical prospective on process development

Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!

