

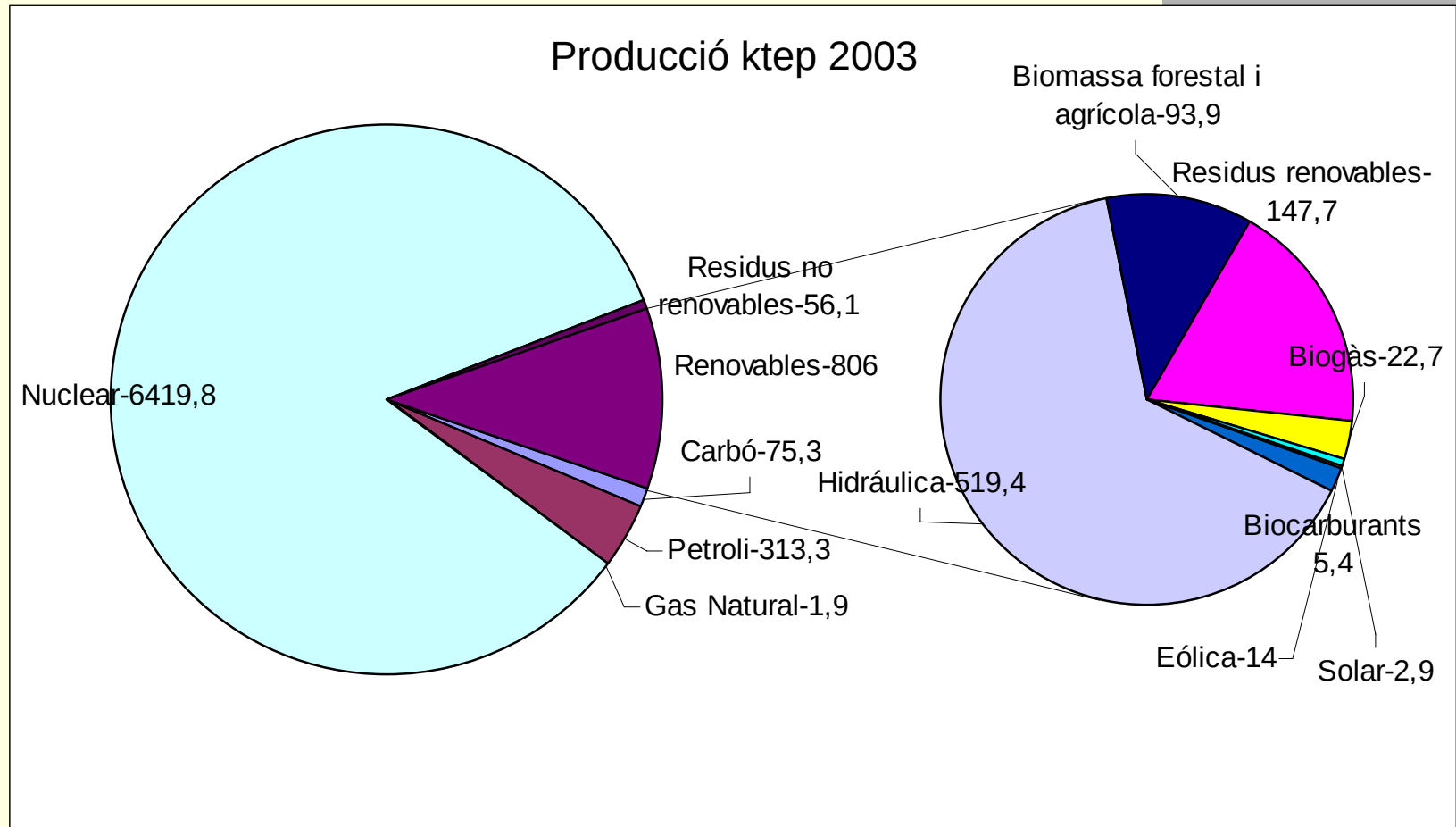
Producció d'energia a partir de biomassa

Ignacio López
Grup d'Aprofitaments Fusters i Biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Reus, 3 de juny de 2008



L'energia a Catalunya. Producció energia primària a l'any 2003

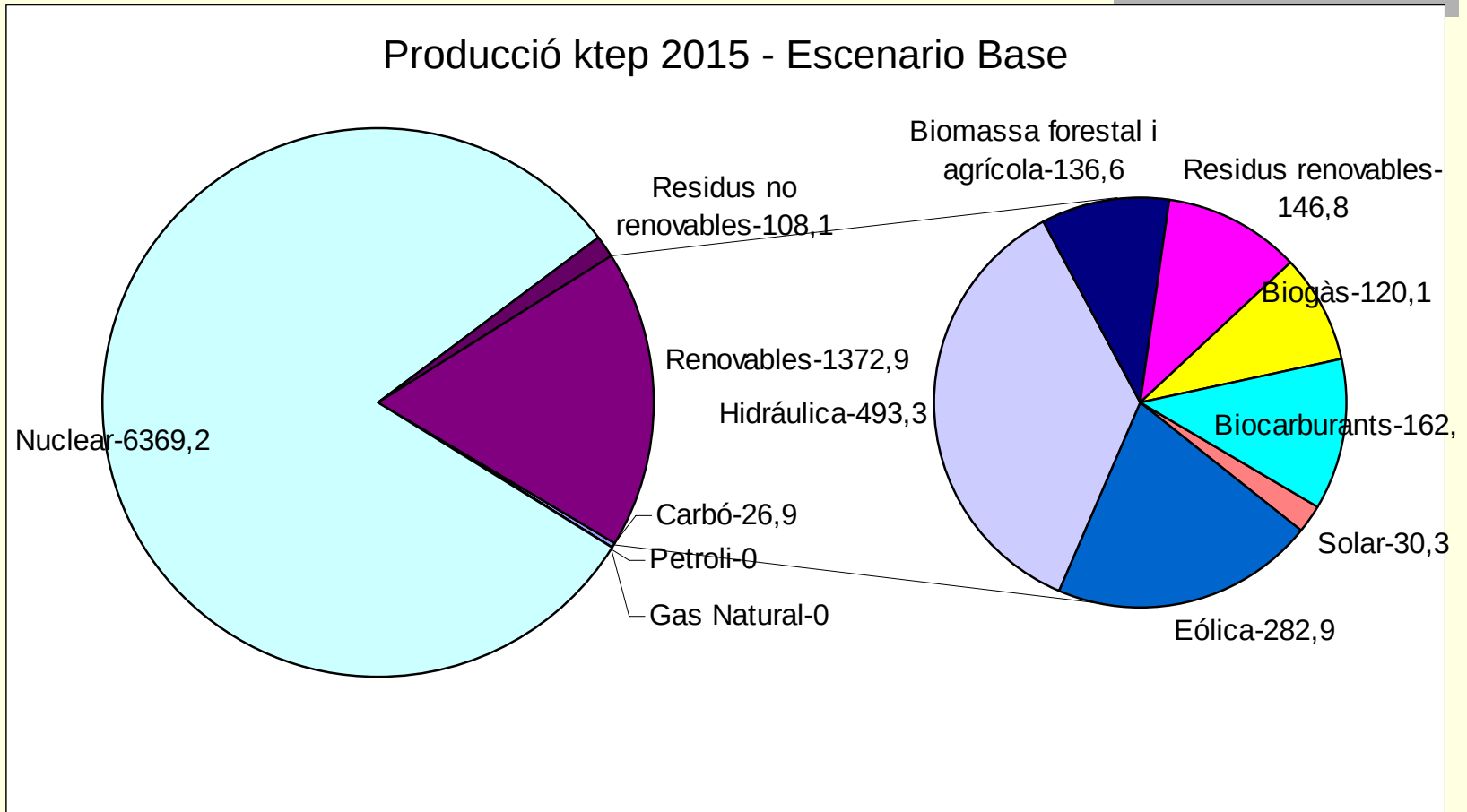


Font: Pla de l'Energia de Catalunya

Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Producció energia primària l'any 2015

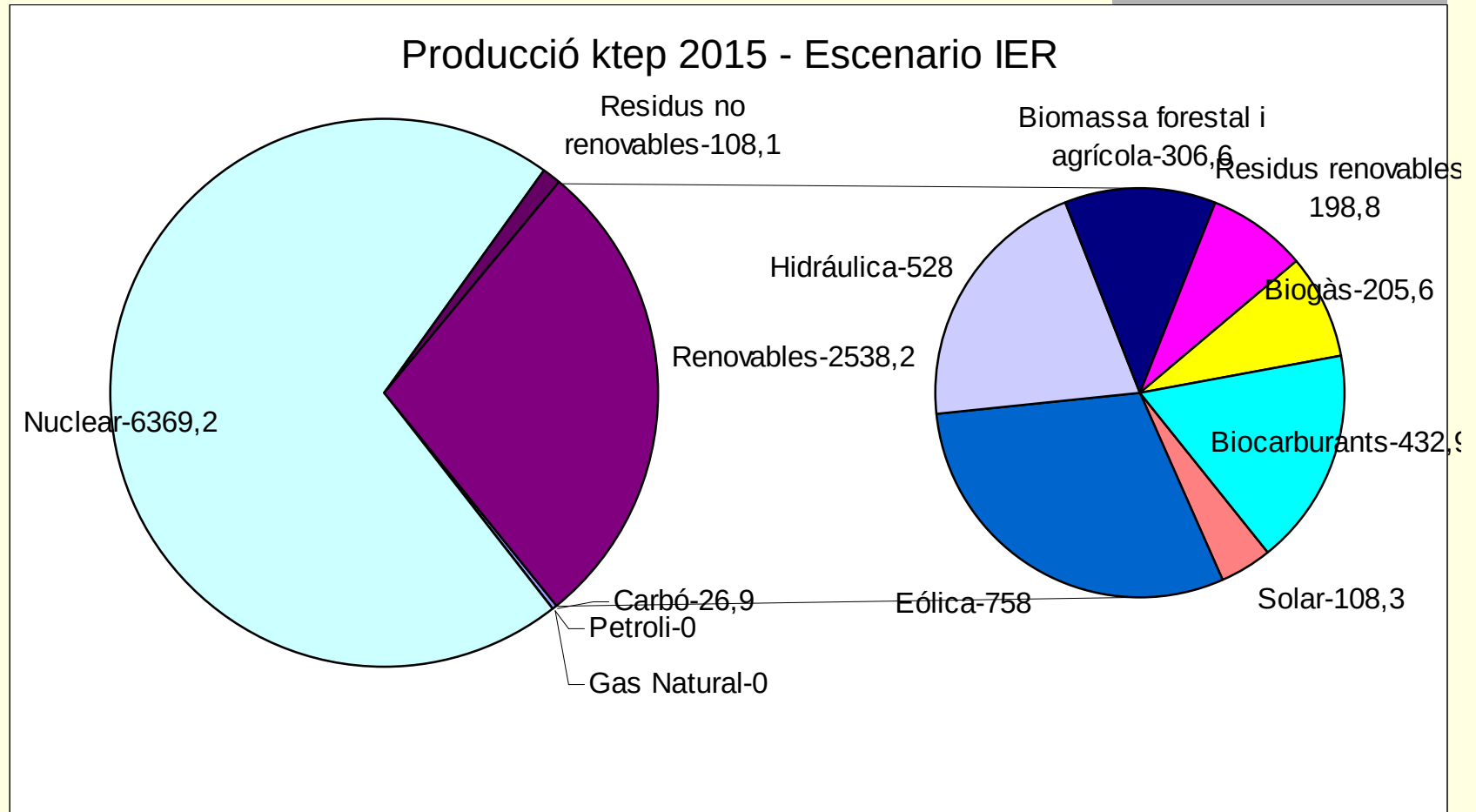


Font: Pla de l'Energia de Catalunya

Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Producció energia primària l'any 2015



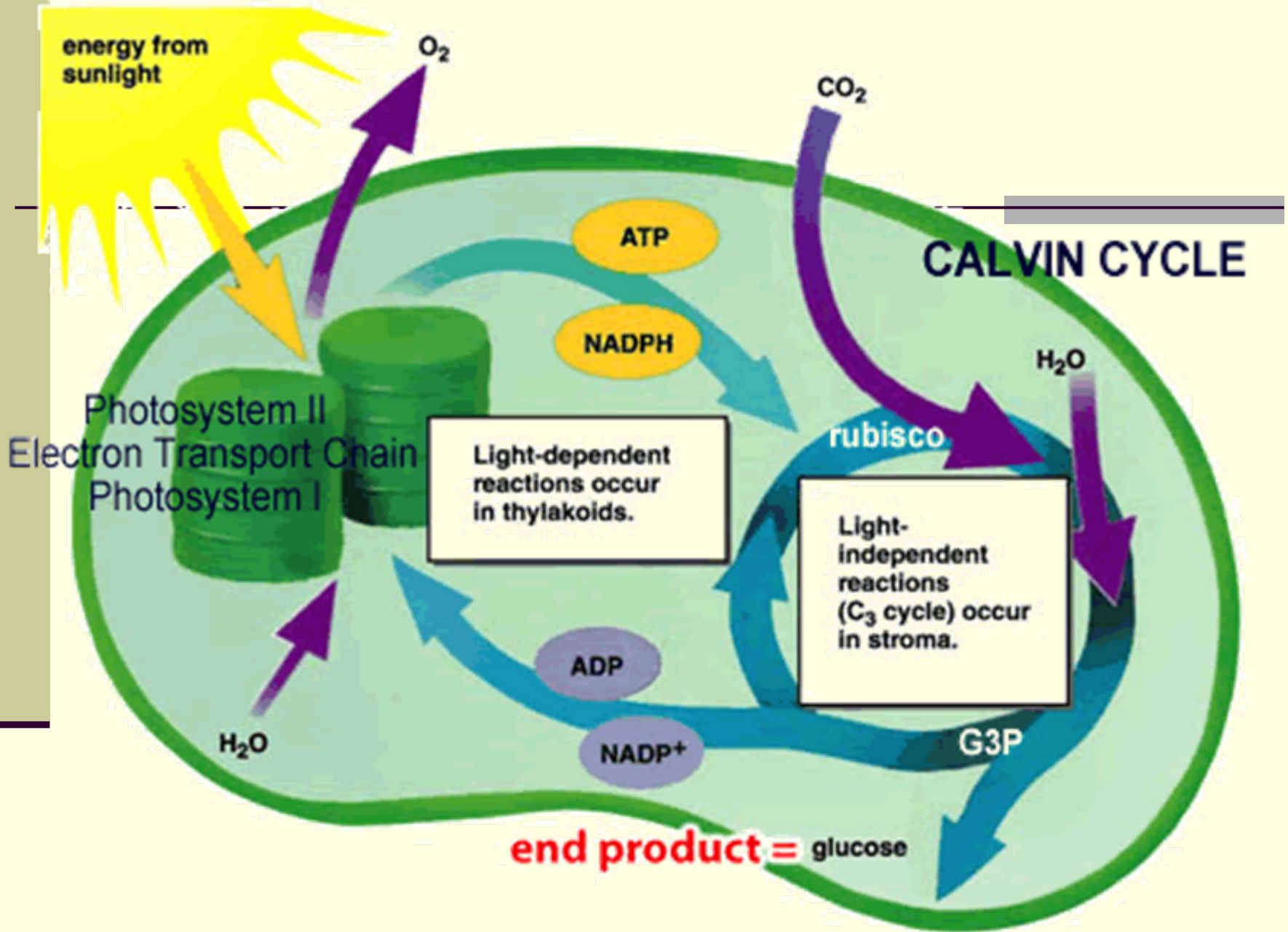
Font: Pla de l'Energia de Catalunya

Reus, 3 de juny de 2008

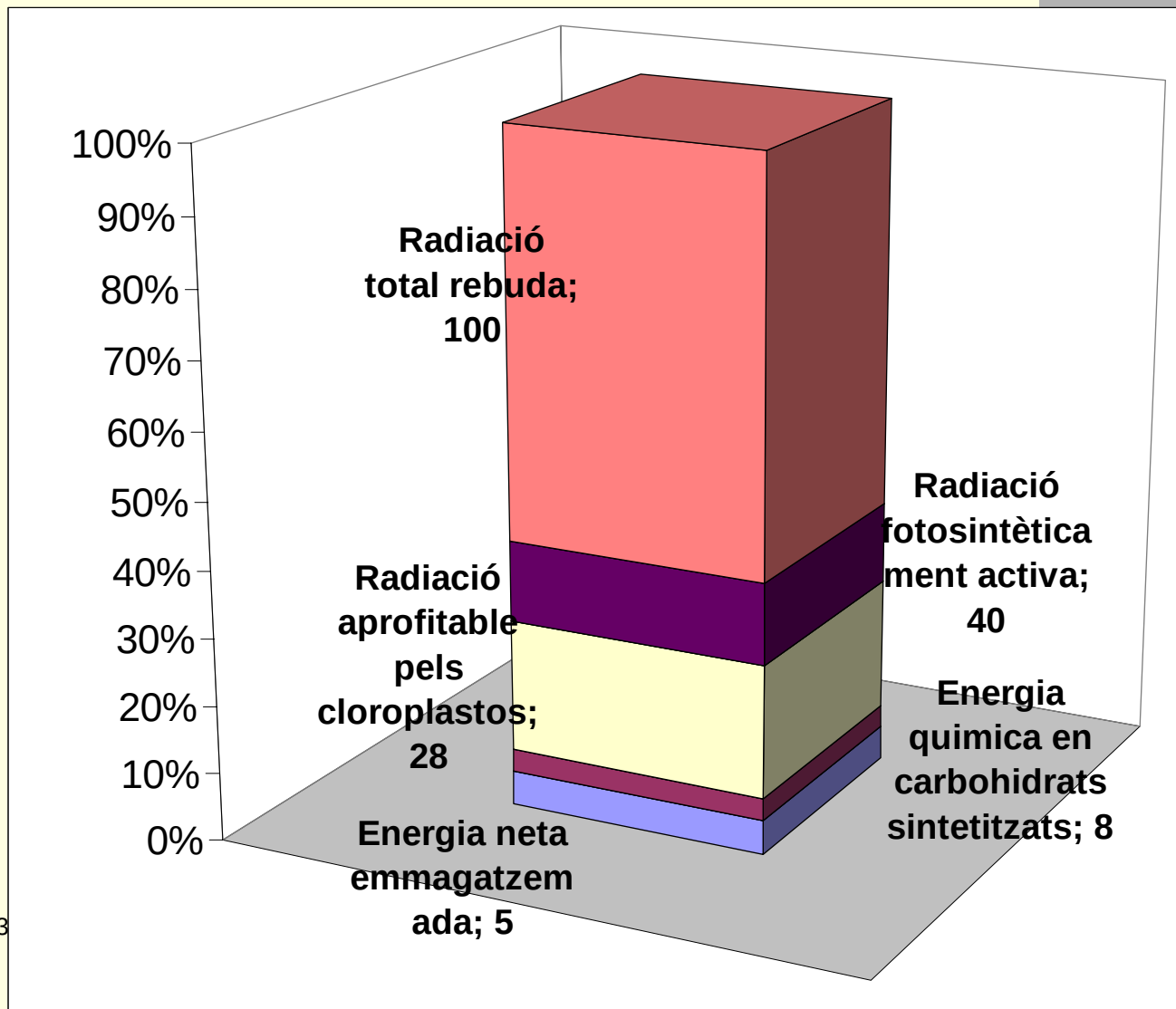
Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

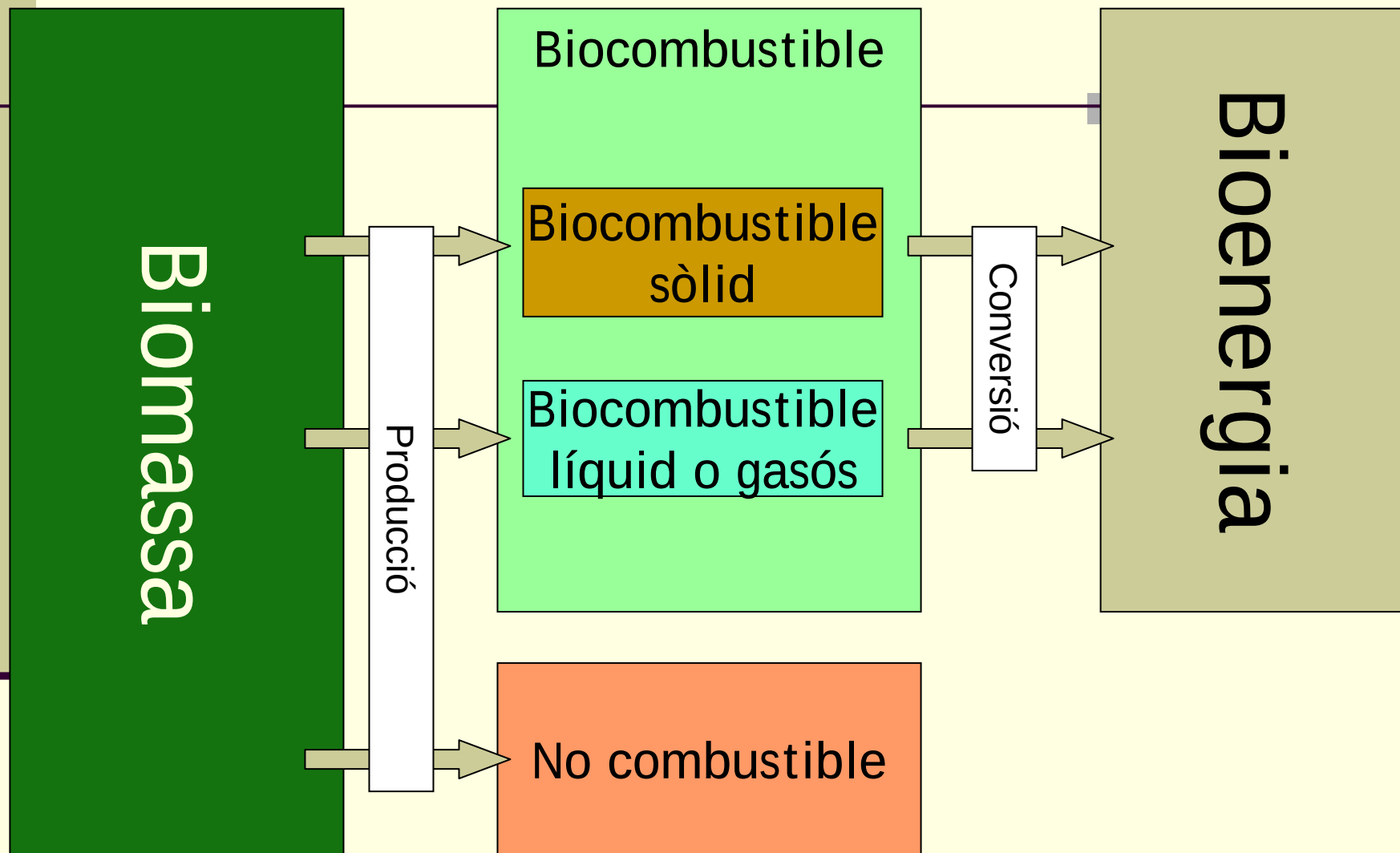
Què és biomassa

- **Matèria orgànica** viva o morta
 - Prové de la **fotosíntesi** vegetal
 - La seva energia prové de la energia solar
- Conjunt de tota la **matèria orgànica** procedent de l'activitat dels éssers vius.
- Conjunt de **matèria orgànica** renovable d'origen vegetal, animal o procedent de la seva transformació natural o artificial
- **Energia solar** emmagatzemada
- Tota **matèria orgànica** susceptible d'aprofitament energètic
- Tot **material d'origen biològic** excloent aquells que es troben dins de formacions geològiques transformant-se en un procés de mineralització

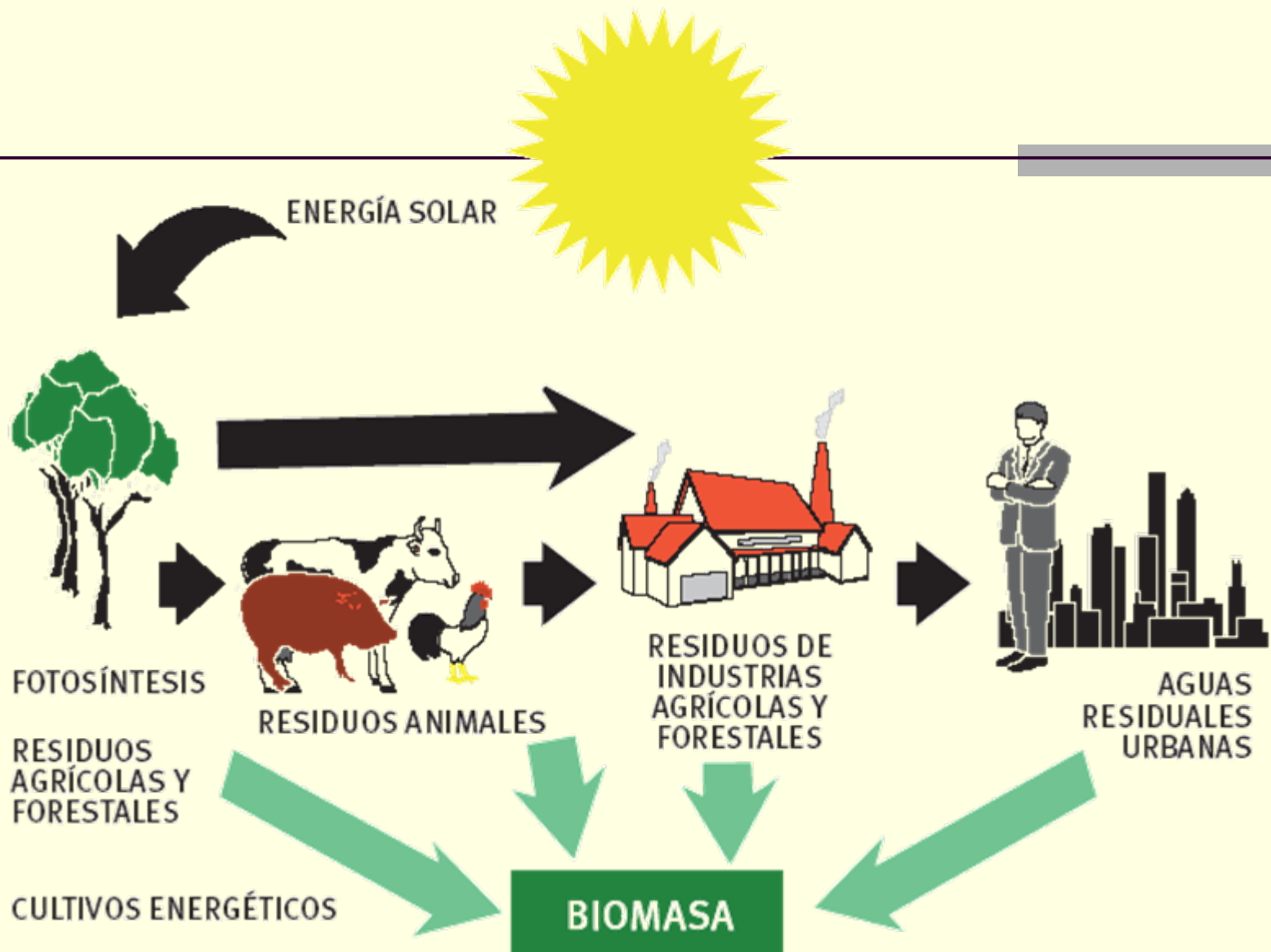


Transformació d'energia solar en energia vegetal





GENERACIÓN DE BIOMASA



Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Tipus de biomassa

- Biomassa d'origen **agrícola**:
 - Residus de cultius llenyosos (poda d'oliveres i fruiters, sarments, etc.)
 - Residus de cultius herbacis (palla de blat, ordi, etc.)
 - Residus indústries agrícoles i agroalimentàries (closques de fruits secs, pinyols, clofolla arròs, marro cafè, etc.)
- Residus del sector **ramader** i d'instal·lacions agropecuàries (purins, fems, residus d'animals morts,...)

Tipus de biomassa

- Biomassa **residual** procedent d'un procés de transformació artificial:
 - **Fangs** generats en depuradores d'aigües residuals (EDAR)
 - Fracció orgànica dels Residus Sòlids Urbans (**RSU**)
 - **Olis vegetals**
- Biomassa d'origen **forestal**:
 - Restes d'aprofitaments a bosc (peus menors, matolls, estelles, etc.)
 - Residus d'indústries forestals (serradures, retalls, escorça, etc.)

Formes d'aprofitar l'energia

- **Gasificació** (transformació a gas i combustió)
- **Piròlisi** (transformació a líquid/sòlid i combustió)
- **Digestió anaeròbia** (producció biogàs i combustió) – Purins, EDAR, RSU
- **Fermentació** alcohòlica (bioetanol - combustible) – Vegetals amb sucre, midó i cel·lulosa
- **Extracció i esterificació** (biodièsel - combustible) – Vegetals amb olis i greixos animals
- **Combustió**

Gasificació

- Combustió amb poc oxígen
- Formació de gas de CO, CO₂, H₂ i CH₄
- No és nou: a mitjans del segle XX ja es feia gas (GASOGEN) amb carbó i residuos de petroli
- Matèria prima actual: estelles de fusta, orujillo, alperujo, closques de fruits secs, etc.

Gasificació: gasogen



Abb. 2. Pkw mit einer hinter dem Kofferraum angebauten Holzgas-Generatoranlage
Der Aufbau wird in keiner Weise durch die Anlage verändert

Gasificació

- Utilització de l'energia del gas generat:
 - Combustió: forns de cal de papereres, forns de cementeres, barreges amb combustibles fòssils
 - Motors de combustió interna per generació d'energia elèctrica, amb o sense barreja d'altres combustibles fòssils
 - Turbines de gas per a generació d'energia elèctrica

Planta de gasificació de closca d'ametlla de Móra d'Ebre (500 kW)

1. Càrrega de combustible
2. Reactor - gasificador
3. Filtre ciclònic
4. Postfiltre repassador
5. Filtre de partícules

Closca d'ametlla

Aire (O_2)

CO, H_2, N_2, CH_4, CO_2
Quitrans
Cendres volants
Carbó

Aigua torre

Aigua torre refrig.

Torxa
Gasos escapament

Calor residual

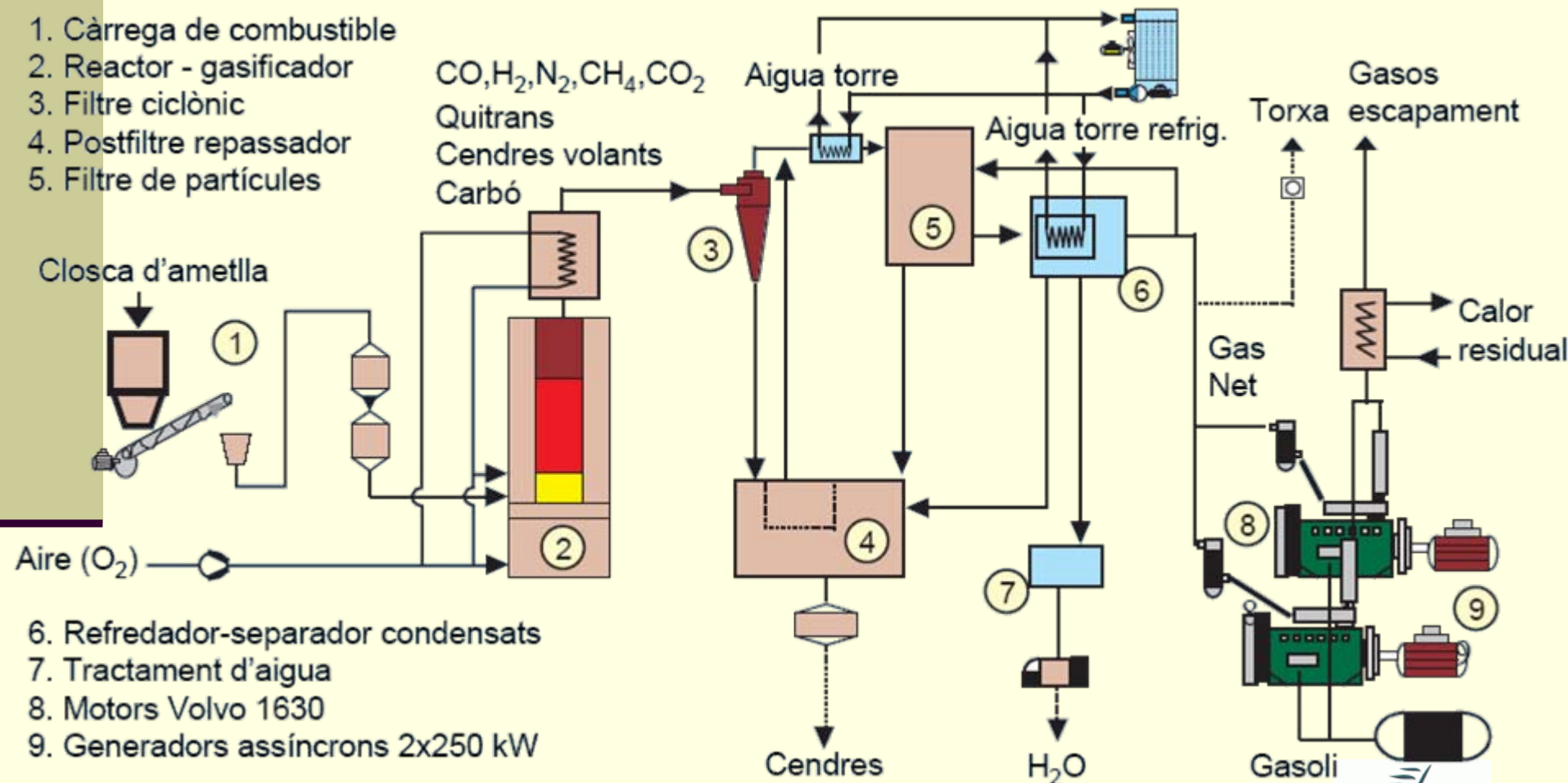
Gas Net

6. Refredador-separador condensats
7. Tractament d'aigua
8. Motors Volvo 1630
9. Generadors assíncrons 2x250 kW

Cendres

H_2O

Gasoli



Planta de gasificació de closca d'ametlla de Móra d'Ebre (500 kW)

Reactor gasificador





Motors dual-fuel per a generació d'energia electrica
5-8% gas-oil + gas pobre
Rendiment: 21%

Piròlisi

- Descomposició tèrmica d'un sòlid orgànic per efecte de la temperatura (300 – 600 °C) i sense oxígen
- Producte final
 - Líquid orgànic, oli de piròlisi o brea
 - Residu sòlid carbonòs (carbó vegetal i quitrans)
 - Gas pobre CO, H₂, C₂H₄, C₂H₆, CH₄
- La piròlisi és la etapa inicial dels processos de combustió i gasificació
- Alta densitat energètica del producte final (líquid): facilitat de transport

Digestió anaeròbia

- Presentació de les 15:00

Fermentació alcohólica

- Procés de transformació de sucres en alcohol: etanol (bioetanol)
- Ús: biocarburant d'automoció:
 - Al 100%, pur
 - Barrejat amb benzina
 - Transformat en ETBE, com aditiu per benzina per incrementar l'octanatge
- Matèries primeres:
 - remolatxa, canya de sucre (sucres), cereals (midó): biocarburants de **primera generació**
 - material lignocelulòsic (palla, fusta, etc): biocarburants de segona generació (**B2G**)

Fermentació alcohòlica

- Fases producció
 - Sacarificació
 - Fermentació amb llevats i bacteries
 - Destilació
 - Deshidratació de l'etanol
- Origina:
 - Matèries seques
 - CO₂

Extracció i esterificació

- Procés de transformació d'olis i greixos en biodièsel
- Combustible líquid d'ús en automoció o industrial: transesterificació
- Matèries primeres:
 - oli de palma, llavors de colza, girasol i soja: **primera generació**
 - greixos animals i oli reciclat: segona generació (**B2G**)

Brassica carinata: inflorescència



Brassica carinata: síliqua



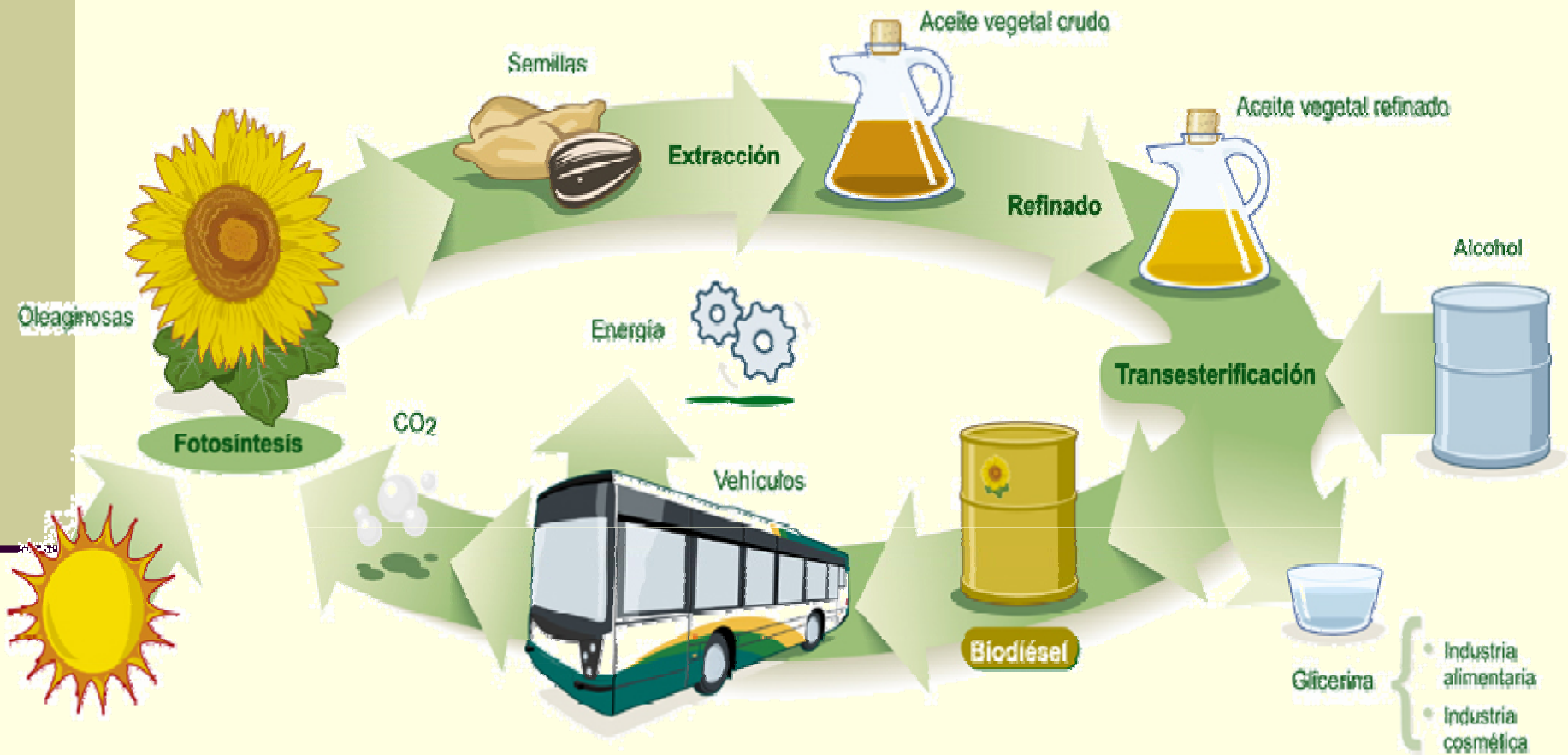
Extracció i esterificació

■ Producció:

- Oli o greix + metanol/etanol + catalitzador
- Origina: metilèster o etilèster d'olis grsos i glicerina
- Es pot fer servir pur o en barreja amb dièsel

Extracció i esterificació

EL CICLO DEL BIODIÉSEL



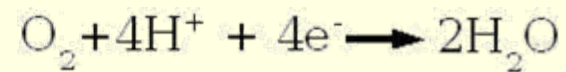
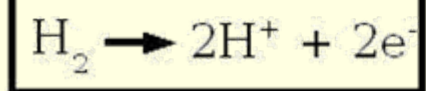
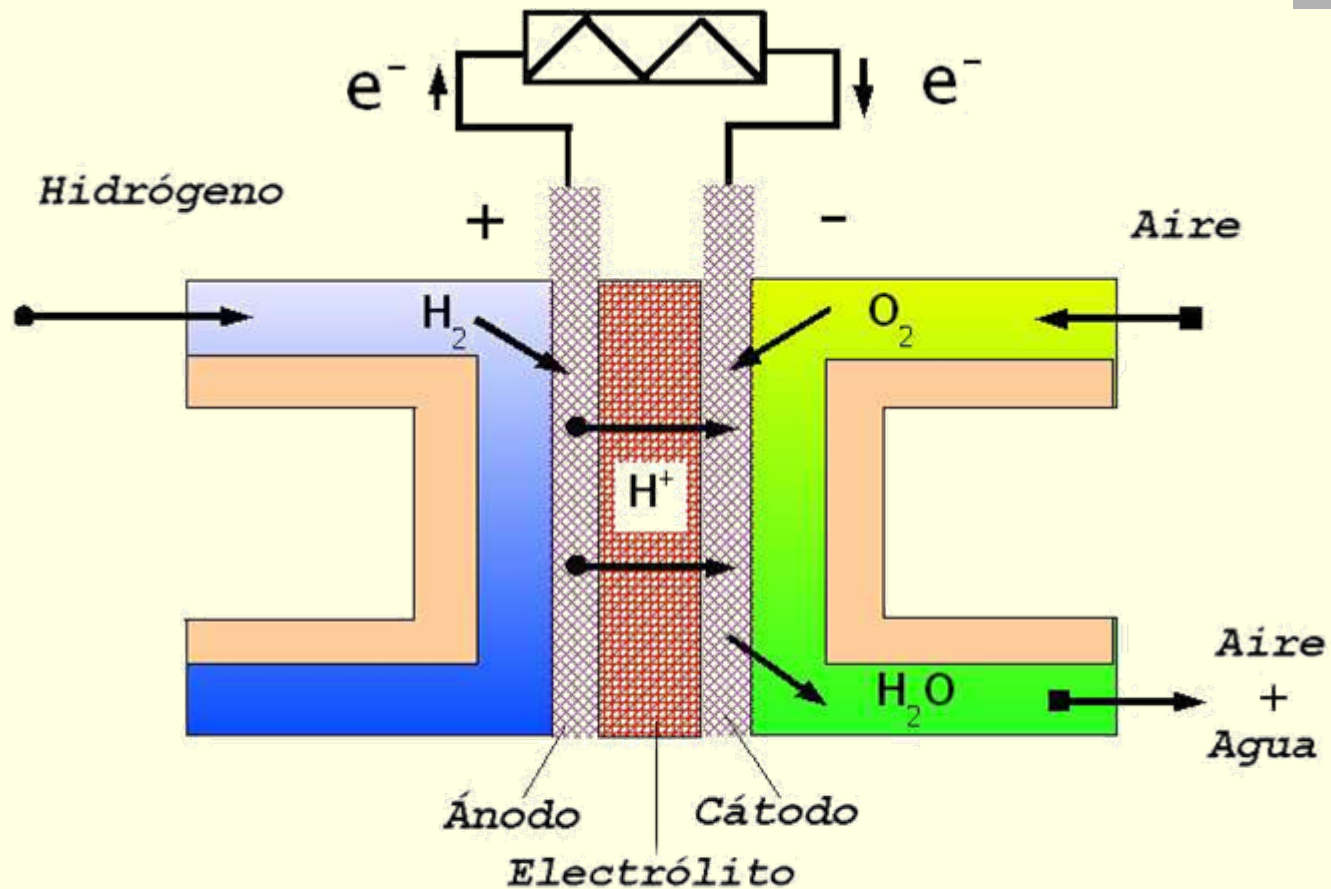
Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Piles de combustible

- Dispositiu que transforma l'energia química en energia elèctrica mitjançant un procés d'oxidació d'un combustible extern
- Són habitualment d'hidrógen, però poden utilitzar qualsevol combustible (benzina, metanol, gasos liquats) que permeti obtenir gas ric en hidrogen

Piles de combustible



Combustió

- Oxidació completa del material, amb producció de gasos calents i cendres, en abundància d'aire
- *Co-combustió*: combustió en centrals de generació elèctrica de biomassa amb combustibles fòssils (carbó)



Principals tipus de biomassa llenyosa combustible

- Pellet (d'indústria forestal)
- Briquetes (d'indústria forestal)
- Llenya (de bosc)
- Estella (de bosc i d'indústria forestal)
- Escorça (subproducte d'industria forestal)
- Closques de fruits secs (subproducte d'indústria agroalimentària)

Pellet

- Serradura compresa a altes temperatures amb forma de petit cilindre de grossor 8-12 mm
- Humitat <10-20% bh
- Poder calorífic inferior: 4,7 - 5 kWh/kg
- Cendres: 0,5% del pes sec total





Briquetes

- Serradura compresa a altes temperatures amb forma normalment de cilindre d'uns 50-80 mm
- Humitat <10-20% bh
- Poder calorífic inferior: 4,8 kWh/kg
- Cendres: 0,5% del pes sec total



Llenyes

- Poder calorífic inferior: 4 – 4,15 kWh/kg
- Humitat molt variable
- Cendres: 1,2% del pes sec total
- Mercat poc transparent i sense garanties



Estella

- Brancada, arbres petits i capçades estellats
- Poder calorífic inferior: 3.5 kWh/kg al 30% humitat en base humida
- Humitat i granulometria variable – requeriments caldera
- Contingut en cendres depèn de la puresa de l'estella; a més fusta, menys cendres (habitualment <1%)



Escorça

- Subproducte d'indústries forestals
- Poder calorífic similar a la fusta
- Contingut en cendres $>1.5\%$
- Sol portar terra



Closques de fruits secs

- Subproducte d'indústries agroalimentàries
- Poder calorífic relativament elevat
 - Avellana: 4.3 kWh/kg 10% humitat
 - Ametlla: 4.6 kWh/kg 10% humitat
- Molt disponible a les comarques de Tarragona



**closca
d'ametlla**



**closca
d'avellana**

Cultius energètics llenyosos

Silvicultura de rotació curta

- Salzes, pollancres, acàcia, eucaliptus
- Plantació estaquilles de creixement ràpid
- Cicle curt: 1 – 10 anys
- Rebroten
- Balanç energètic positiu







Centro Enrico Avanzi

Tipus d'energia obtenida

■ Energia **elèctrica**

- Turbines de vapor (combustió i co-combustió)
 - rendiment màxim 23%
- Turbines de gas (gasificació)
- Motors tèrmics (gasificació)
- Motors Stirling (combustió)
- Cicle combinat de turbines de gas i de vapor (gasificació)
- Piles de combustible

Tipus d'energia obtenida

- Energia **tèrmica**

- Xarxes de calor (combustió)
- Calderes (combustió/gasificació)
- Estufes (combustió)

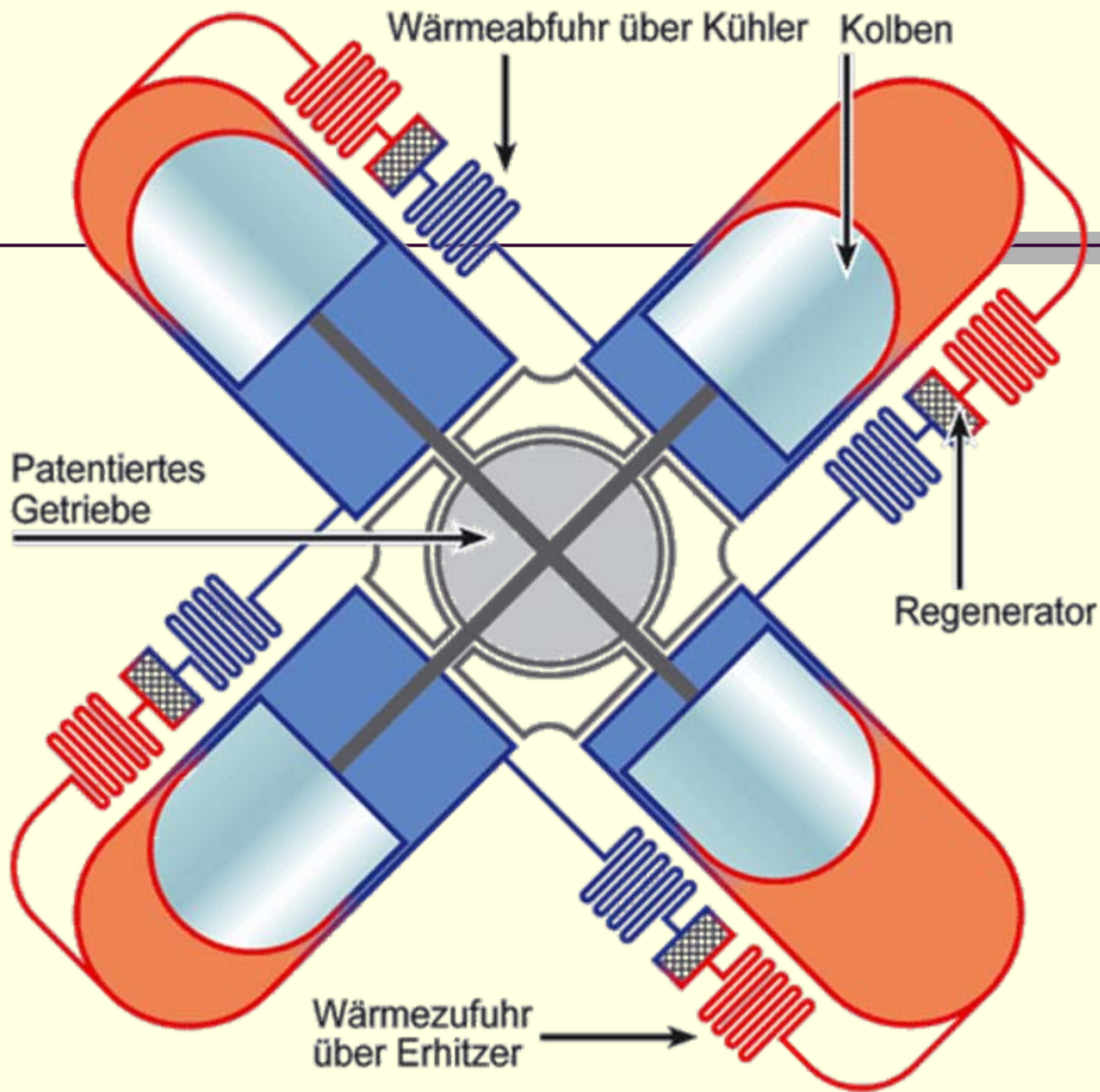
- Energia **mecànica**

- Motor Otto: bioetanol (fermentació)
- Motor Diesel: biodièsel (esterificació)

- Energia **tèrmica i elèctrica**: Co-generació (combustió i gasificació)

Elèctrica - Motors Stirling

- Motor tèrmic
- Focus calent i focus fred
- Circulació tancada a volum constant
- Necessita una font de calor externa: biomassa



www.stirlingpowermodule.com



1.5 – 3 kW-e

4.5 – 10.5 kW t

Rendiment e: 20-25%

Rendiment total: 90%

www.stirlingpowermodule.com



1 kW-e

15 kW t

Rendiment no especificat

Elèctrica/Tèrmica - Reactors gasificadors

Exemple: Ankur Scientific

Desenvolupats per el mig rural indi (abundancia de clofolla d'arròs)

De petites potències a mitjanes



Tèrmica - estufes

- Potència <11kW tèrmics
- Per a habitacles en vivendes
- Pellet



Tèrmica – calderes

- Calderes domèstiques i agràries
 - Potència 15-300 kW tèrmics
 - Habitatges, petits edificis municipals i granges
 - Pellet, estella, closques, humitat <35% bh, dimensió màxima <10 cm, sense impureses ni fulles



**Caldera d'estelles (policombustible)
90 kWt
Alta Anoaia**

Explotació porcina (Lluçanès)



Cambra de combustió



Explotació avícola (Bages)

Sitja de combustible

Sala de caldera

Sortida del circuit de calefacció



Tèrmica - Calderes

- Calderes mitjanes i grans
 - 300 – 5000 kW tèrmics
 - Sector industrial, poliesportius, hotels, xarxes de calor i algunes instal·lacions agropecuàries
 - Triturat més groller
 - Admeten fulles i impureses en el material (posterior selecció)
 - Humitat fins 50 % o majors

Cambra de combustió



Indústria càrnica
3000 t d'estella a l'any

Sitja de combustible



Tèrmica – Xarxes de calor

- Normalment calderes de més de 500 kW
- Distribueixen aigua calenta a habitatges mitjançant tuberies aïllades (pèrdues de menys d'1 grau per kilòmetre)
- Bescanviadors de calor individuals a cada habitatge, amb contadors
- Habitual als països nordics

Tèrmica – Xarxes de calor

- Xarxa de calor de Molins de Rei
- Instal·lació en 1999
- Nombre habitatges calefactats: 659 (unes 2000 persones)
- Biomassa consumida
 - Pinya picada, closca d'ametlla, orujillo, estelles de fusta
- Consum de material : 2200 tones/any

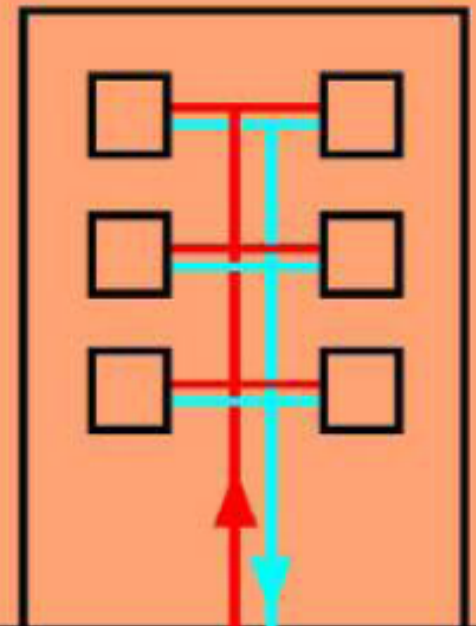
Xarxa de distribució de calor.

De planta de biomassa a habitatges

Habitatges "La Granja"
Viviendas "La Granja"
"La Granja" houses

Planta biomassa
Planta biomasa
Biomass plant

Descàrrega biomassa
Descarga biomasa
Unloading biomass



Aigua calenta / Agua caliente / Hot water

Aigua refredada / Agua enfriada / Cooled water



Bescanviador i
contador d'energia
(caudal i diferència
de temperatures)



L'estella forestal

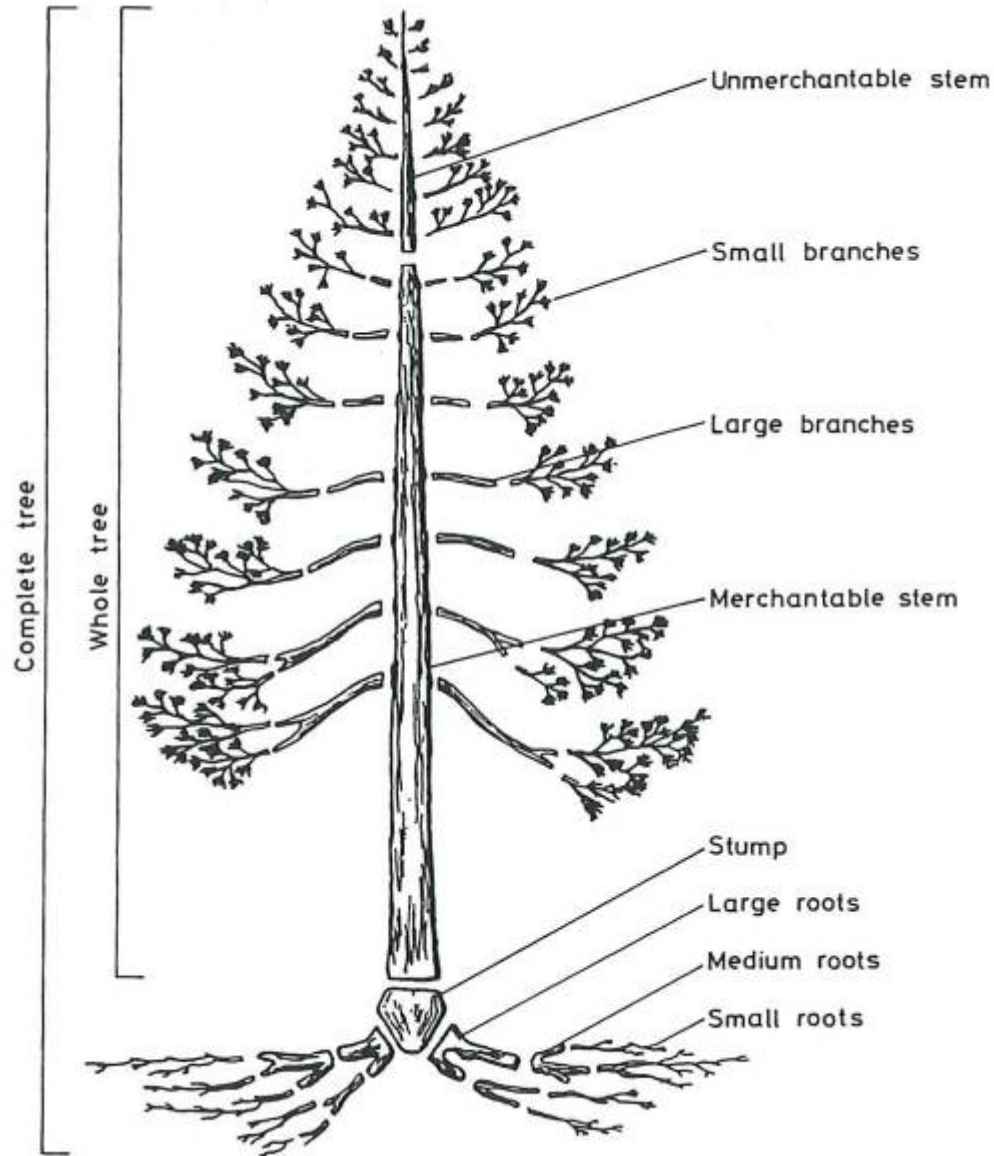
Font: Martin Holmer (IEA)

Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya



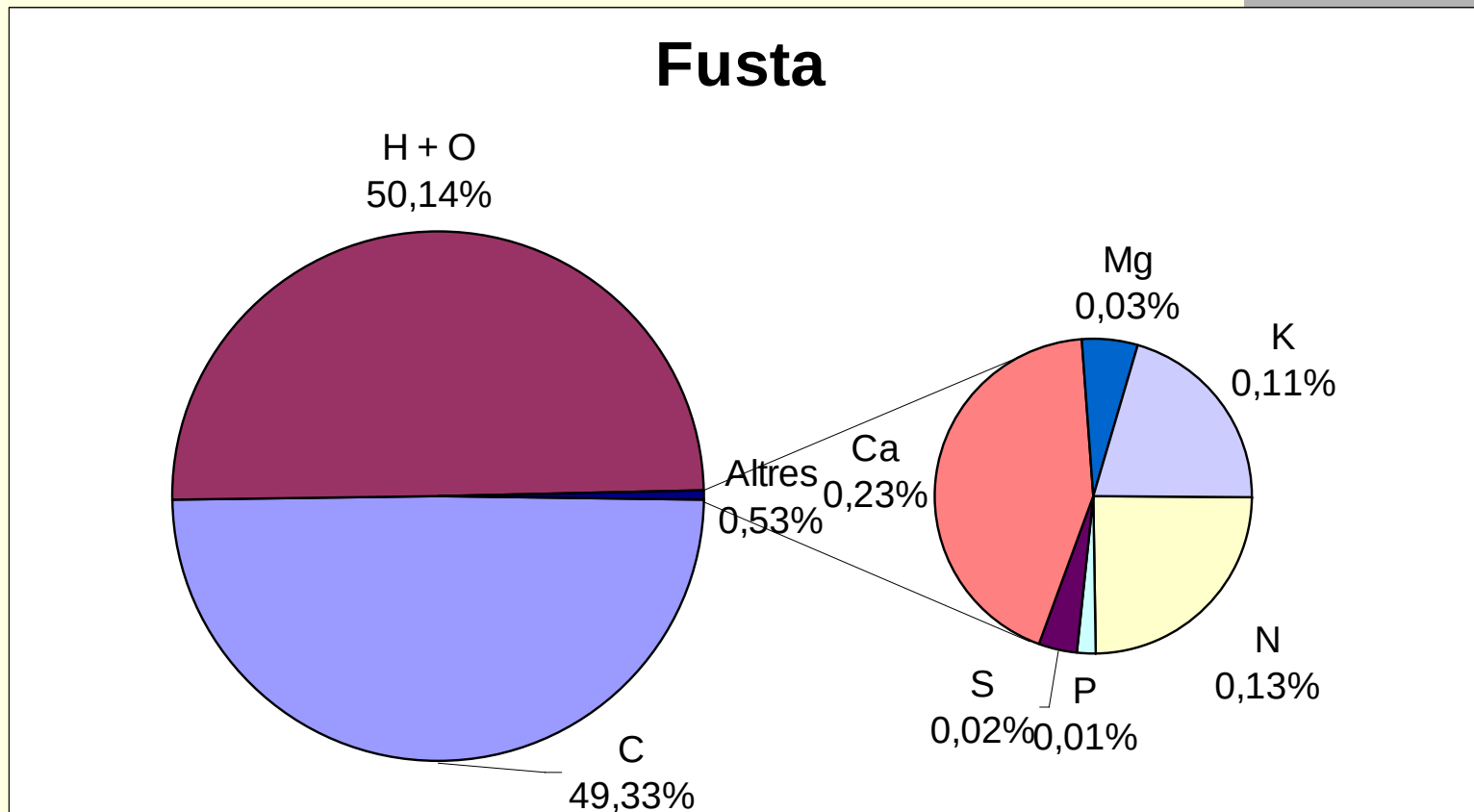
Parts d'un arbre



Font: Hakkila Utilization of forest residual biomass

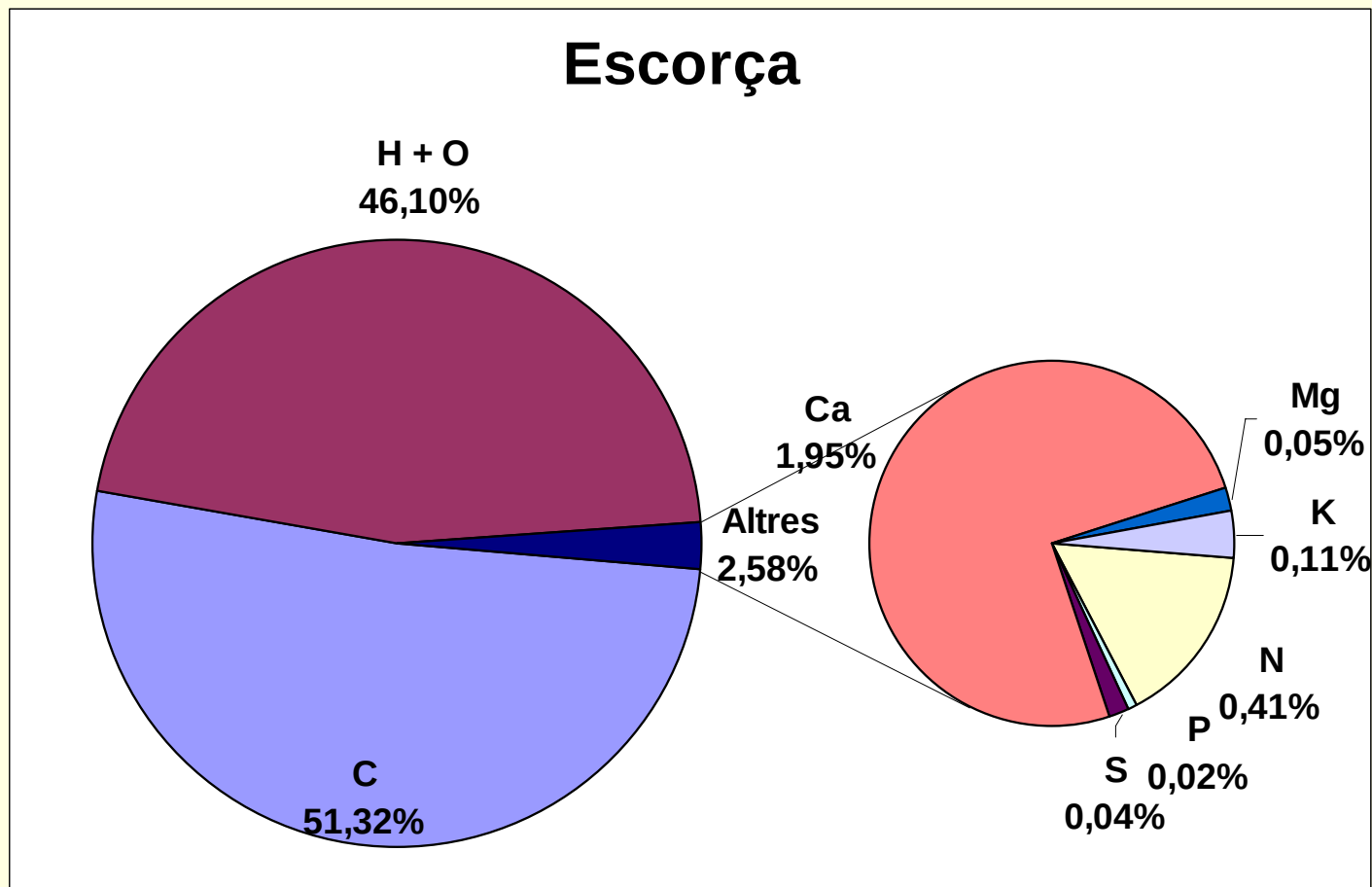
massa
assa
lunya

Composició de les parts de l'arbre I



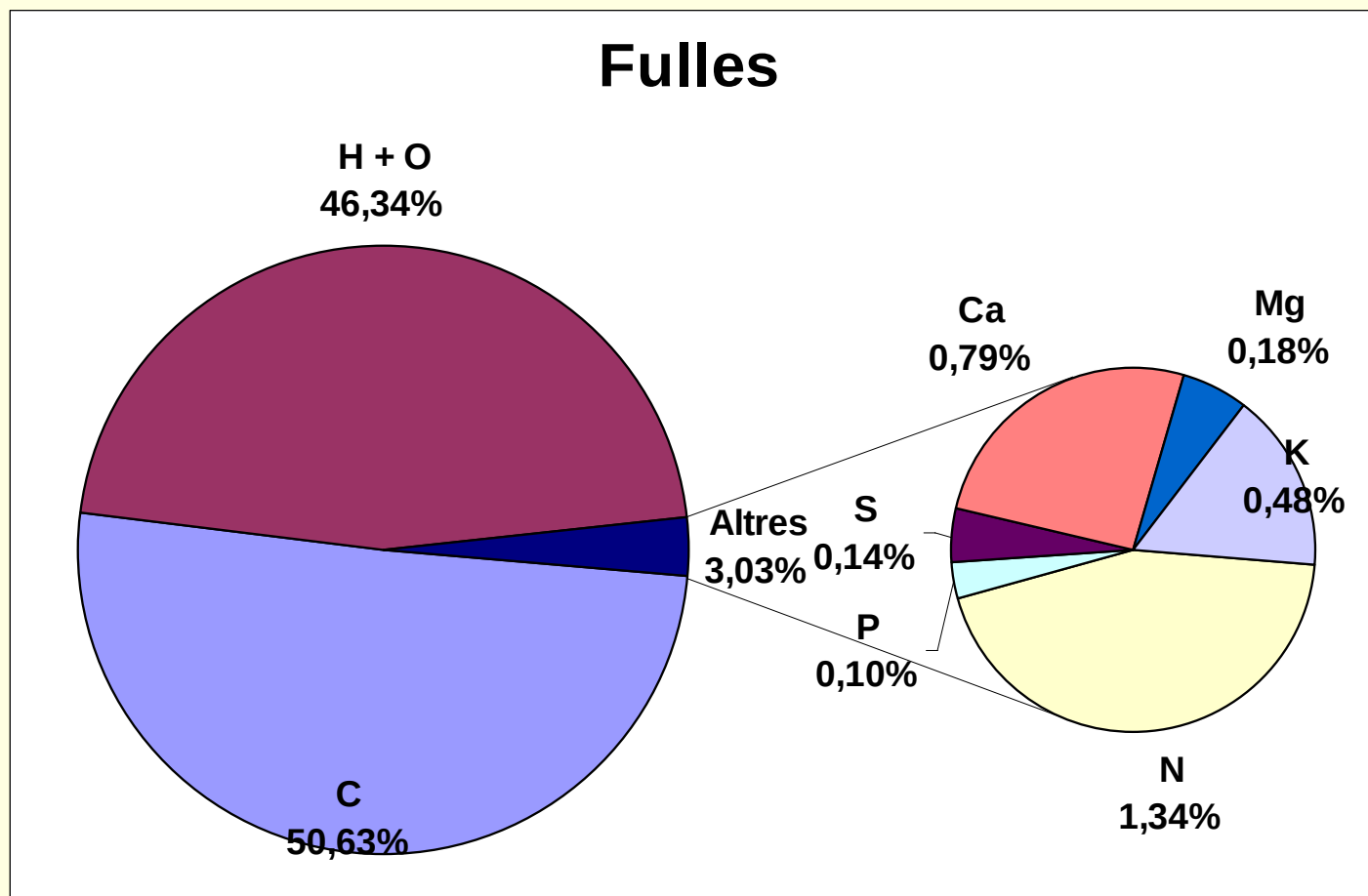
Composició de les parts de l'arbre

II



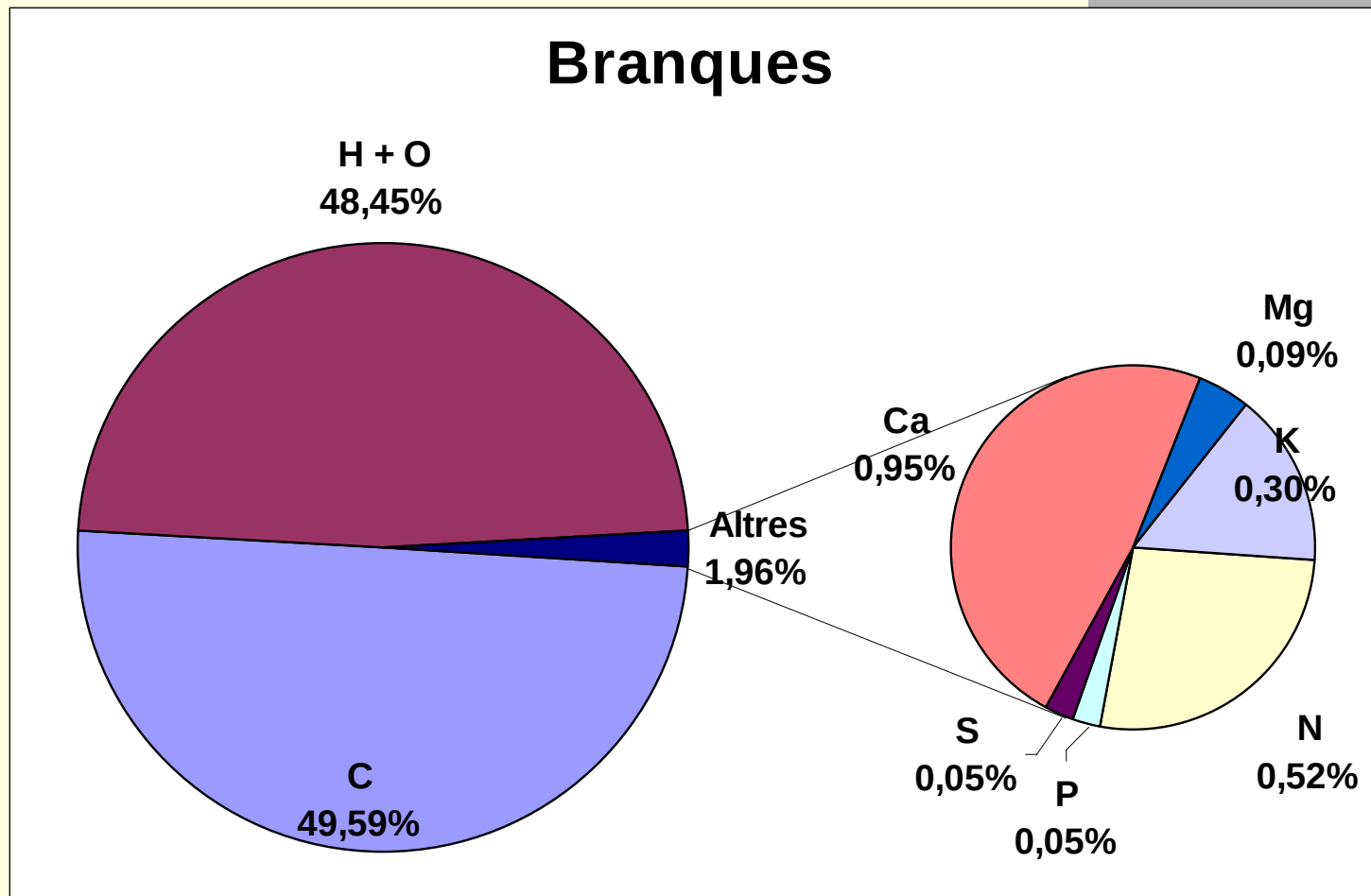
Composició de les parts de l'arbre

III



Composició de les parts de l'arbre

IV



En resum

- Fusta en roll (> 15 cm Ø) – a indústria
- Brancada (< 15 cm sense fulles, part llenyosa) – a energia o indústria
- Fullam (part on es diposita la major part dels nutrients captats per l'arbre) – al bosc
- Soques (s'aprofiten a altres països per generar energia, només quan es tracta de plantacions artificials tipus pollancre i facilita la posterior replantació) – al bosc



Estella forestal
1000 kg.
Preu: 8 kg: 0,15 euros
Preu total: 130 €/m³

El poder calorífic de 400 litres
de gasoil equivalen al poder
calorífic de 1000 kg. d'estella
forestal

1000 kg estella

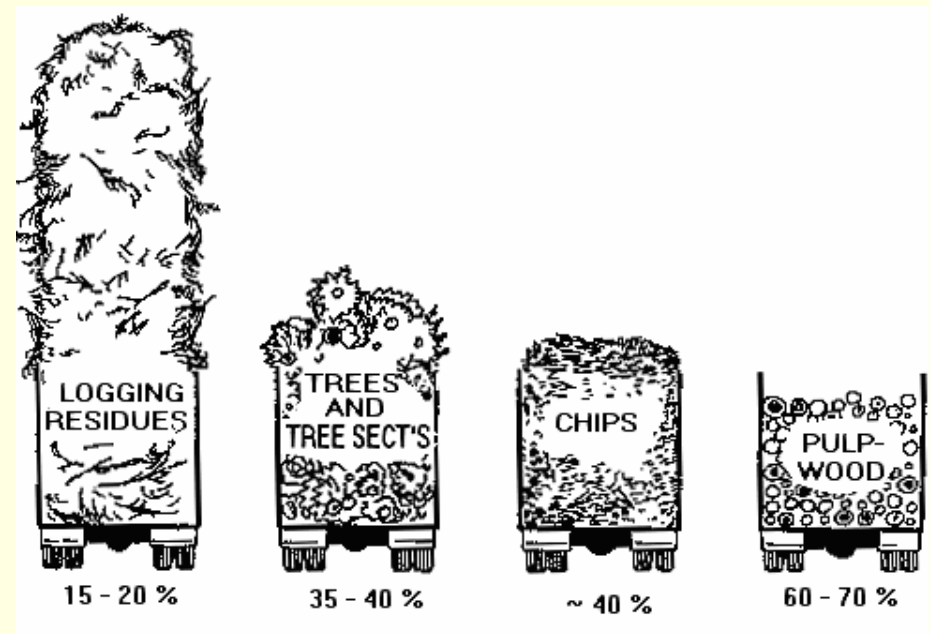


GASOIL CALEFACCIÓ
400 litres
Preu: 1 litre: 0,56 euros
Preu total: 224 euros

**400 litres
gasoil calefacció**

Mitjans d'extracció de la biomassa forestal primària

- Recollida i desembosc
- Densificació i processat
 - Triturat/ Empacat
- Transport
- Assecat
- Emmagatzematge



Recollida i desembosc







Estellat

Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya









Emmagatzematge i assecat

Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya







Característiques de l'estella

- Poder calorífic inferior: 3.5 kWh/kg al 30% humitat en base humida
- Humitat i granulometria variable – requeriments caldera
- Contingut en cendres depèn de la puresa de l'estella; a més fusta, menys cendres (habitualment <1%)

Característiques determinants de la qualitat de l'estella

- Composició (impureses, fulles, sorra, etc)
- Granulometria
- Humitat
- Poder calorífic
- Contingut en cendres

Característiques determinants de la qualitat de l'estella

UNE-CEN/TS 14961 EX: Biocombustibles sòlids

ÖNORM 7133: normativa austriaca per estelles



Reus, 3 de juny de 20

Finançaments i ajuts

- DAAAR: millora de la eficiència energètica en granges
- DMAH: ajuts a gestió forestal sostenible, ajuts per leasing de mòduls caldera-sitja
- ICAEN: subvencions a instal·lacions d'aprofitament d'energies renovables
- IDAE: prèstecs i fons d'inversions avantatjosos



Fonts d'informació

- Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa: www.avebiom.org
- Asociación Europea para la Biomasa: www.ecop.ucl.ac.be/aebiom
- Asociación para la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España (ADABE). www.adabe.net
- Asociación de Productores de Energías Renovables: www.appa.es

Fonts d'informació

- Centro de Desarrollo de Energías Renovables:
www.ciemat.es/sweb/ceder/webceder.htm
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas:
www.ciemat.es
- Centro Nacional de Energías Renovables:
www.cener.com
- Eubionet. Red Europea de Bioenergía:
www.eubionet.net

Fonts d'informació

- EurObserv'ER. Observatorio Europeo de las Energías Renovables:
europa.eu.int/comm/energy/res/publications/barometers_en.htm
- IEA Bioenergy. Sección de Biomasa y Biocombustibles de la Agencia Internacional de la Energía: www.ieabioenergy.com
- Enersilva: promoción del uso de biomasa forestal primaria: www.enersilva.org

Fonts d'informació

- Projecte 5Eures: 5 european renewable energy pilots: www.5eures.eu.com
- Institut de recerca i tecnologia agroalimentàries (IRTA): www.irta.es
- Institut Català de l'Energia (ICAEN): www.icaen.net
- Projecte ON-Cultivos (Ministerio de Educación y Ciencia): www.oncultivos.es

LA MILLOR ENERGIA ÉS LA QUE NO ES CONSUMEIX



Reus, 3 de juny de 2008

Producció d'energia a partir de biomassa
Grup d'aprofitaments fusters i biomassa
Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Gràcies per la seva atenció

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya
Grup d'Aprofitaments Fusters i Biomassa

gafib@ctfc.cat

ignacio.lopez@ctfc.cat

Fotografies: Armanda Marques, Ignacio López