

# Metsäbiojalostamoiden kehitysnäkymät ja vaikutukset metsäsektorille

*Lauri Hetemäki*



*Metsätieteen päivä, Tieteiden talo, Helsinki, 23.10.2007*

**METLA**

# Sisältö

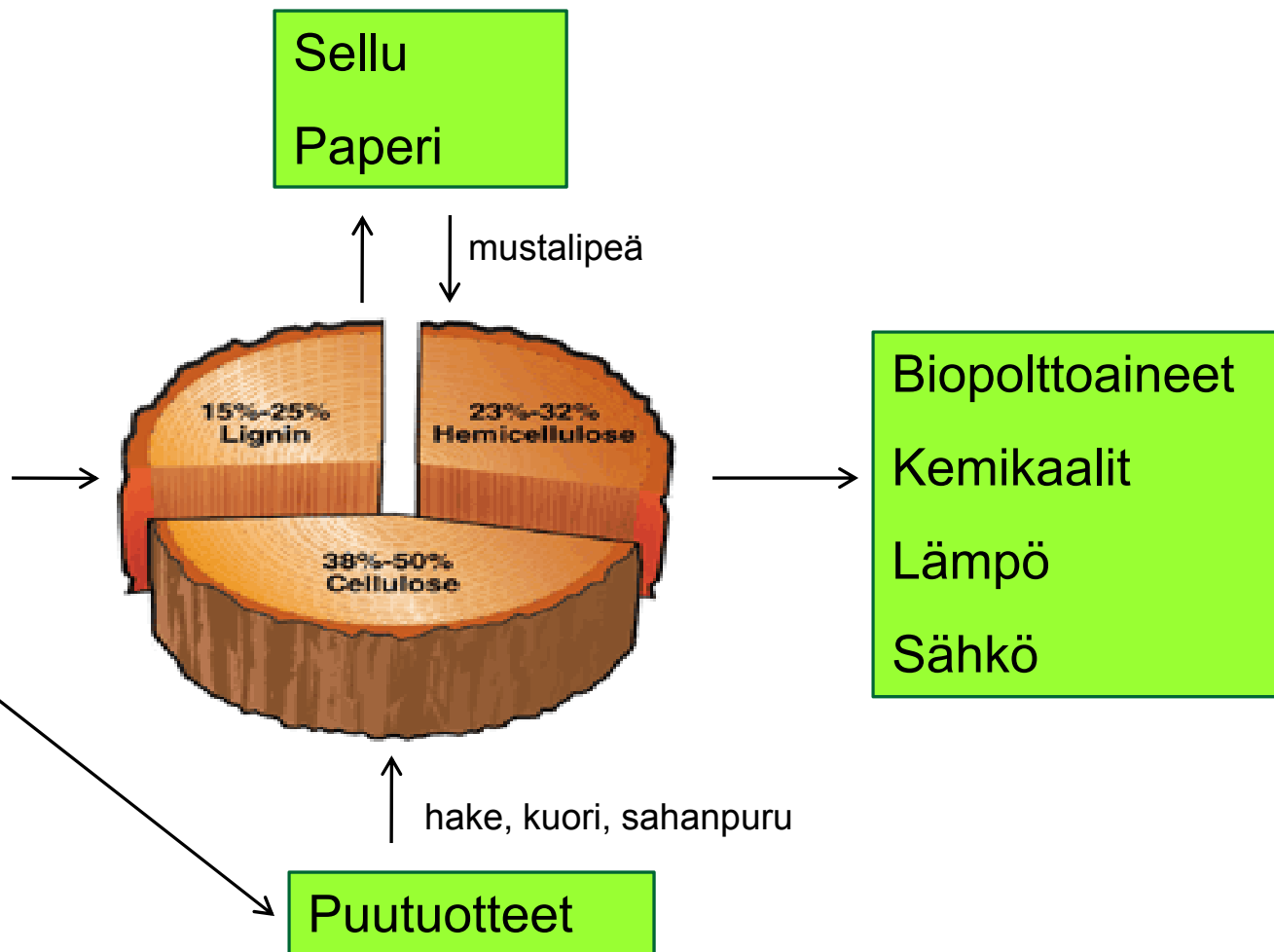
1. Mikä on metsäbiojalostamo?
2. Kolme esimerkkiä
3. Tämän hetken tilanne
4. Tulevaisuuden näkymät
5. Vaikutukset Suomen metsäsektorille

# Biojalostamo (biorefinery) määritelmiä:

1. U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL) on määritellyt biojalostamon tuotantolaitokseksi, jossa biomassan jalostusprosessit ja laitteet integroidaan tuottamaan polttoaineita, sähköä ja kemikaaleja biomassasta ([www.nrel.gov/biomass/biorefinery](http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery) ; myös Wikipedia)
2. Metsäbiojalostamo (forest biorefinery) on metsäsektorin raaka-aineiden ja sivuvirtojen tehokasta hyödyntämistä korkean jalostusarvon tuotteiden laaja-alaisessa tuottamisessa  
(EU Forest-Based Sector Technology Platform / Biorefinery Taskforce, April 17, 2007)
3. Metsäbiojalostamo on puubiomassan tehokasta hyödyntämistä kuitujen, kemikaalien ja energian tuottamiseksi  
(STFI-Packforsk, Sweden)

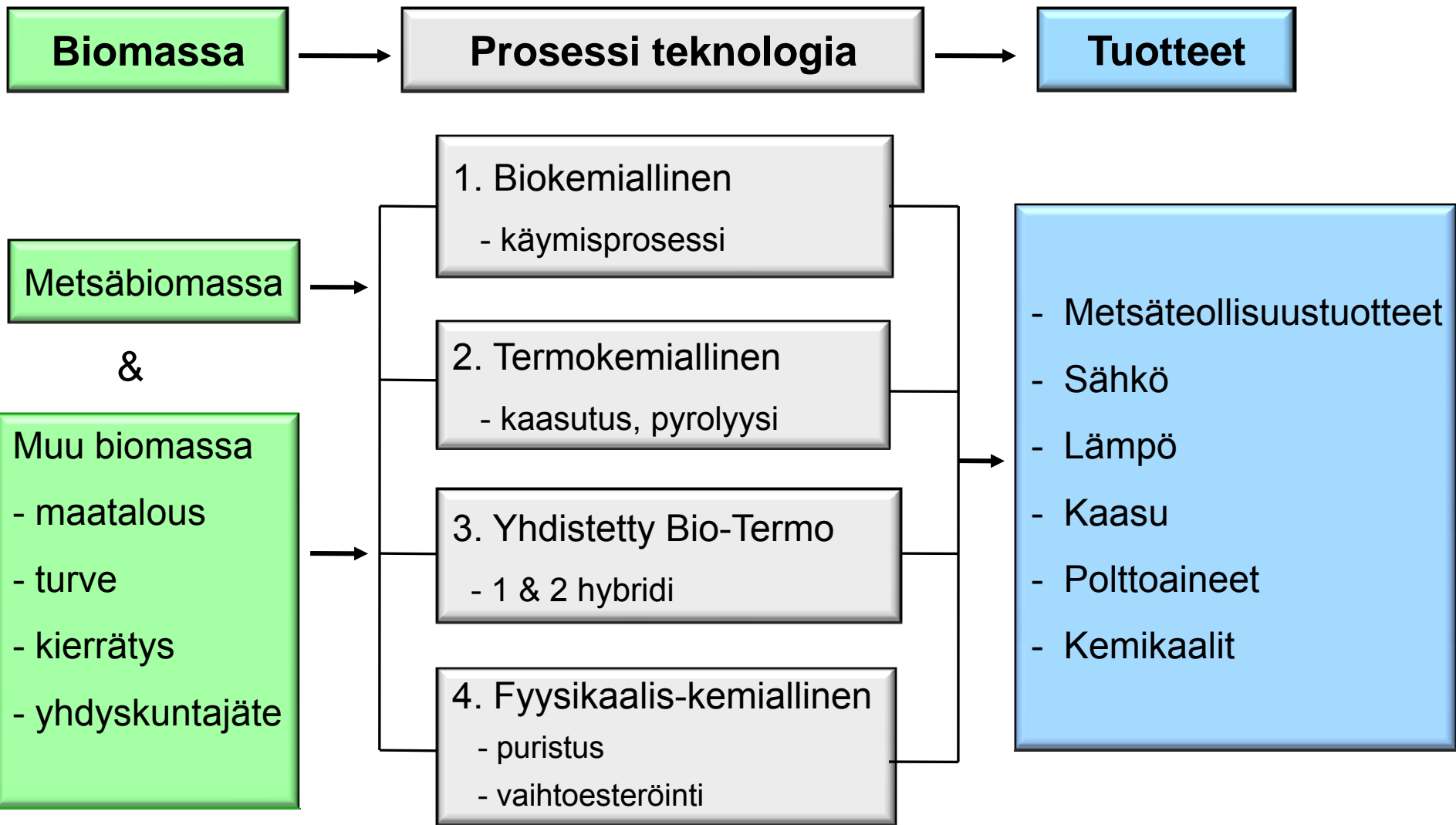
→ Metsäbiomassan ja tuotantoprosessin sivumateriaalien tehokkaampi hyödyntäminen ja jalostaminen nykyisten ja uusien tuotteiden valmistuksessa

Raakapuu, metsätähde kannot, kuori, jne.



- ❑ Määritelmien mukaan monet metsäteollisuuden tehtaista ovat jo nyt metsäbiojalostamoita
- ❑ Metsäbiojalostamo käsite, joka levisi laajempaan käyttöön vasta aivan viime vuosina, liitetään kuitenkin erityisesti seuraaviin muutoksiin:
  1. Uusin tuotteisiin ja liiketoimintastrategioihin (mm. biopolttoaineet ja uudet kemikaalit)
  2. Uusin teknologioihin (uudet termokemialliset ja biokemialliset teknologiat, ”2:sen sukupolven teknologiat”)
- *Metsäbiojalostamo käsite* auttaa tekemään eron nykyisiin metsäteollisuustehtaisiin ja liikeotoimintoihin ja on siten ymmärrettävä
- Biojalostamot eivät rajoitu vain metsäteollisuuteen - sovelluksia on myös energia- ja kemianteollisuudessa

# Metsäbiojalostamo teknologiat



# Metsäbiojalostamotuotteiden piirteitä

## Prosessin välituotteet

- hake, sahanpuru
- ligniini
- mustalipeä
- lipidit (rasva- & hartsihappo)
- mäntyöljy ja tärpähti
- hapot
- ym.

## Prosessin lopputuotteet

- sellu, paperi , kartonki
- puutuotteet
- lämpö
- sähkö
- diesel, etanoli, vety
- jalostetut kemian tuotteet
- ym.



### Keskeisiä piirteitä:

1. Monituoteteknologia eli useiden tuotteiden yhteistuotanto
2. Tuotteet voivat olla toisiaan korvaavia (substituutteja) tai täydentäviä (komplementteja)
3. Välituotteiden merkitys voi olla suuri biojalostamon kannattavuuden kannalta
4. Kotimaan markkinoiden merkitys korostuu suhteessa nykytilanteeseen

# Esityksessä keskitytään energiaan

- Metsäsektorin ja metsien käytön kannalta energia on todennäköisesti selvästi merkittävämpi tekijä kuin uudet kemiantuotteet
- Tähänastinen panostus on ollut selvästi voimakkaampaa energiaan kuin kemiantuotteisiin
- Kemiantuotteet voivat jatkossa muodostaa kuitenkin merkittävää liiketoimintaa (mm. polymeerit ja erikoiskemikaalit)

# Mikä tekee metsäbiojalostamoista kiinnostavan?

- Mahdollisuus yhdistää *yhteiskunnan* ja *metsäsektorin* intressit

## Yhteiskunta:

- Työpaikkoja, verotuloja, alueellisesti hajautettua tuotantoa
- Energiaomavaraisuus (merkitys kasvaa)
- Kasvihuonepäästöjen vähentäminen (merkitys kasvaa)

## Metsäsektori:

- Edesauttaa rakenteellisissa vaikeuksissa olevan metsäsektorin (Suomi, Ruotsi, Kanada, USA) uudistamisen ja uusien liiketoimintamahdollisuuksien kehittämisen
- Nykyisen toiminnan kannattavuuden parantaminen
- Metsäalasta välittyvän *mielikuvan* parantaminen → Kehitetään jotakin kokonaan uutta, joka on myös energia- ja ilmastokysymysten (ihmisten hyvinvoinnin) näkökulmasta hyvin mielenkiintoista

# Käytännön esimerkkejä metsäbiojalostamoista

# Esimerkki 1: Ligniinin prosessointi sähköksi ja lämmöksi

*LignoBoost*, STFI-Packfroskin tytäryhtiö Ruotsissa

- omistajat: STFI-Packforsk, Södra, Stora Enso, Fortum Värme ja Energimyndigheten



→ Sähkö & lämpö

→



Pellettejä ligniinistä

Ligniiniä, joka on erotettu sellutehtaan mustalipeästä, voidaan käyttää mm. polttoaineena (lämpöarvoltaan hiilen veroinen)

→

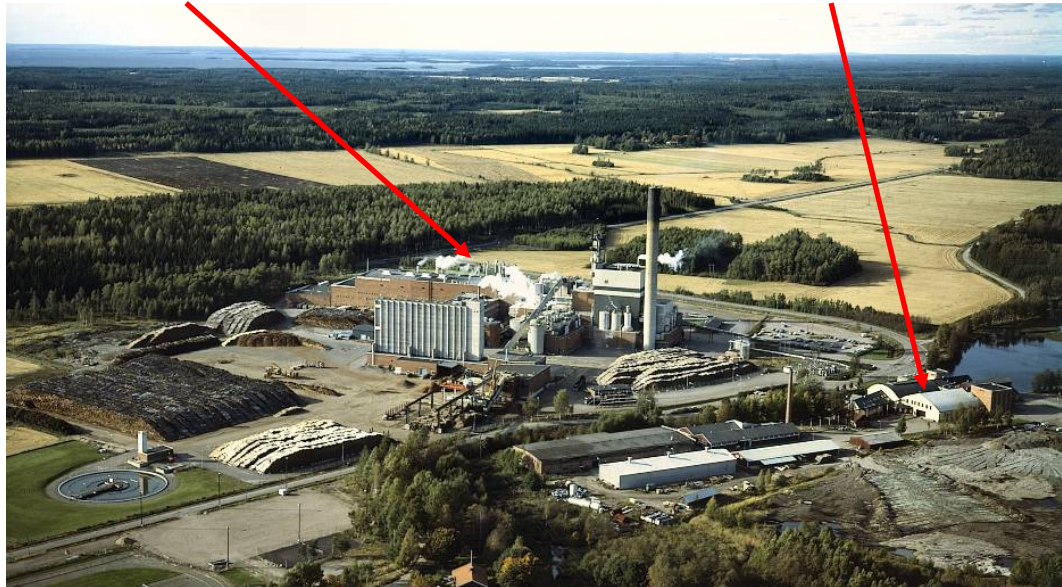
Voi myös jalostaa “muovia”, hiilikuituja, kemikaaleja

Lähde: <http://www.lignoboost.com/>

# Lignoboostin demonstraatiotehdas käynnistyi joulukuussa 2006

Wermland Paper,  
Bäckhammarin tehdas

LignoBoost  
demonstraatiolaitos

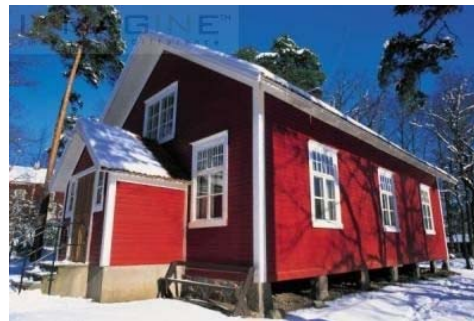


Markkina-arvo  
noin 150 €/tonni

Ligniiniä 4000 t/v  
rautateitse  
Tukholmaan



Fortum Värme  
voimalaitos



- Demonstraatiovaiheen päätyttyä vuonna 2009 ligniinillä on tarkoitus tuottaa sähköä ja lämpöä yli 13 000 omakotitalolle Tukholmassa
- Hiilidioksidipäästövähennys olisi tällöin noin 100 000 tonnia vuodessa verrattuna hiilen käyttöön

# Maailman ligniinimarkkinoiden mahdollinen suuruusluokka

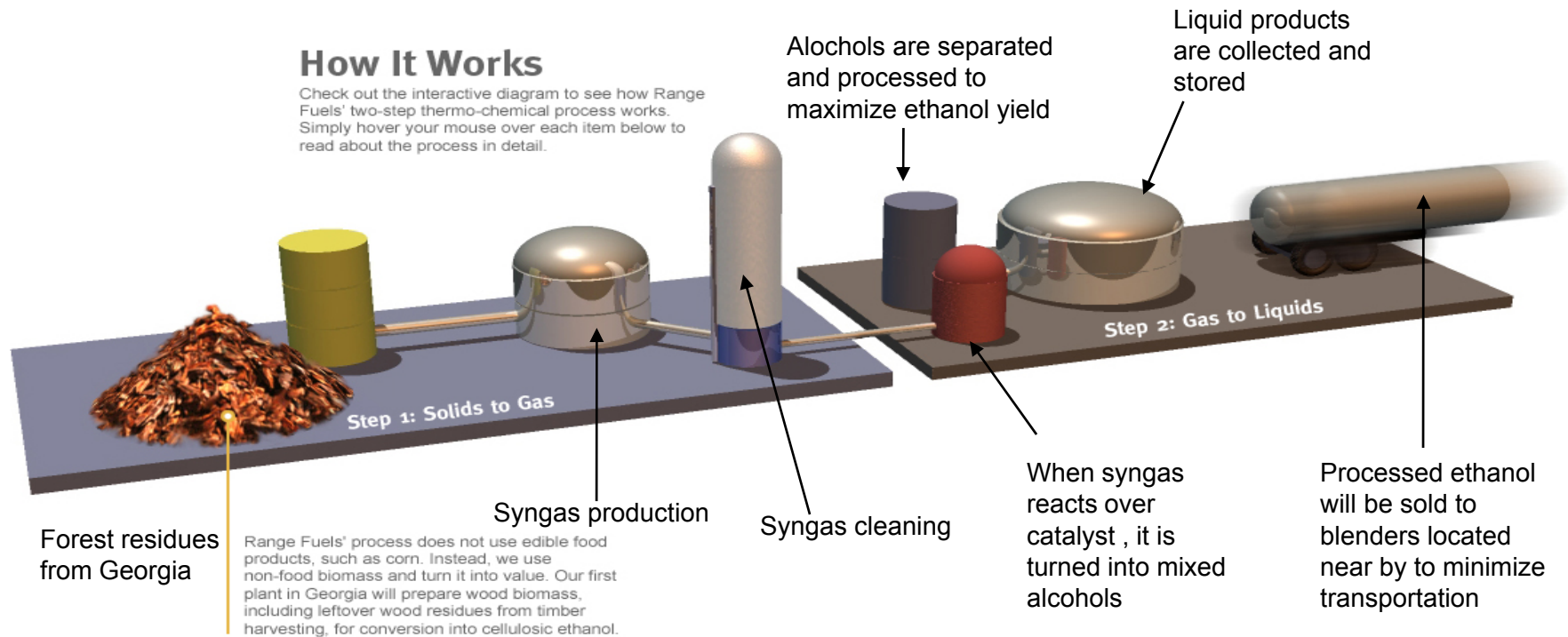
Ligniinin määrä mustalipeässä

<i>Kg / sellutonni</i>	Kuusi	Koivu	Eukalyptus
Ligniinin määrä	510	340	340

- ❑ Maailman sellutuotanto on noin 130 miljoonaa tonnia
- ❑ Oletetaan, että sellutonnin valmistuksen yhteydessä syntyvästä ligniinistä saadaan talteen 50% ja että ligniiniä kertyy 425 kg / sellutonni ( $510+340 / 2 = 425$ ) → maailman ligniinipotentiali olisi näillä oletuksin 28 miljoonaa tonnia ( $130 \times 0.5 \times 0.425$ )
- ❑ Oletetaan, että ligniinin hinta on 150 €/t. **Maailman ligniinin tuotannon arvo voisi siten olla runsaat 4 miljardia €** (eli noin 6% maailman sellun tuotannon arvosta /  $130 \times 550 \text{ eur/t} = 71.5 \text{ mrd eur}$ )
- ❑ Lisäksi vältetyt hiilidioksidipäästöt tulevat lisäämään ligniinin houkuttelevuutta (hintaa) suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin

## Esimerkki 2: Range Fuels, Georgia, USA

- Ensimmäinen kaupallisen mittakaavan metsäbiomassaperusteinen etanolitehdas USA:ssa
- Investointi USD 225 milj / Energiaministeriö (DOE) myönsi USD 76 milj. projektille v. 2007
- Tuotantokapasiteetti 380 milj. litraa/v (ensivaiheessa 75 milj. litraa / v)
- Rakentamisvaihe päätökseen 2008
- Perustaja: Vinod Khosla, pääomasijoittaja (Sun Microsystemsin perustaja)



Lähde: [http://www.rangefuels.com/conversion\\_process](http://www.rangefuels.com/conversion_process)

## Esimerkki 3: Vaneritehtaan kaasutuslaitos

- ❑ Tolko Industries vaneritehdas, BC, Canada
  - ❑ vaneritehdas tuottaa n. 200 000 m<sup>3</sup> vaneria /v.
  - ❑ kaasutuslaitos käynnistyi heinäkuussa 2007
  - ❑ tuottaa 63,5 milj. KWh *synteesikaasua* /v. (1900 omakotitalon energiatarve Britti. Kolumb.)
  - ❑ käyttää 25 000 tonnia puuraaka-ainetta (vaneritehtaalta)
  - ❑ korvaa maakaasun käyttöä
  - ❑ säästää n. CAD\$ 1.5 milj. /v. energiakustannuksissa
  - ❑ vähentää kasvihuonekaasuja 12 000 tonnia vuodessa (= 3 000 autoa) (12 000 x 25 eur = 300 000 eur)
  - ❑ investointikustannukset \$5-\$10 milj. / odotettu pääoman takaisinmaksuaika 2 - 4 v.
- mielenkiintoinen hanke Suomen pk-puutuotealan näkökulmasta

Lähde: <http://www.nexterra.ca/>



Kaastusteknologia (Nexterra): pyrolyysi  
→ synteesikaasutus

# Mitä esimerkit kertovat?

1. Metsäbiojalostamot voivat olla hyvin erityyppisiä  
→ paikalliset olosuhteet määrittävät mikä on järkevää
2. Metsäbiojalostamoita voi syntyä monille eri toimialoille ja erityyppisten rahoittajien toimesta
3. Uuden tyyppinen metsäbiomassan jalostaminen ja liiketoiminta ovat jo käynnistyneet – kysymys ei enää ole vain tulevaisuuden mahdollisuuksista

# Mikä on metsäbiojalostamoiden tilanne?

- ❑ Useita metsäbiojalostamoprojekteja jo käynnissä:

Edellisten esimerkkien lisäksi mm. : 1. Stora-Enso & Neste (Suomi); 2. UPM & Cargil (USA); 3. Weyerhaeuser & Chevron (USA); 4. Flambeau River Papers (USA); 5. Norske Skog & Norsk Hydro; (mm. Pöyry aktiivinen massa- ja paperiteollisuuden biojalostamoselvityksissä)

- ❑ Merkittävää T&K panostusta erityisesti USA:ssa, Kanadassa Suomessa ja Ruotsissa
- ❑ T&K pääasiassa teknologiavetoista. Ymmärrettävää, sillä osin tarvitaan vielä läpimurtoja teknologian kehittämiseksi – erityisesti kustannusten alentamiseksi
- ❑ Tarve panostaa kuitenkin nykyistä selvästi enemmän sosio-ekonomiseen tutkimukseen. Mitkä ovat taloudelliset vaikutukset, minkälaista ja kuinka voimakasta politiikkaa tarvitaan, jne.?
- ❑ Suurin kiinnostus energiaan, kemiantuotteisiin panostettu vähemmän
- ❑ Kehitystyö on pääasiassa keskittynyt massa- ja paperiteollisuuteen. Tarve panostaa selvästi nykyistä enemmän myös *puutuoteteollisuuden sovelluksiin (esim. Teknologiaplatforimi)*

# TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

# Kehitystä ohjaavat erityisesti seuraavat tekijät:

1. Poliitikka (energia, ympäristö, alue)
2. Öljyn hinta
3. Teknologiakehitys

# Politiikka

□ Politiikka on jo luonut markkinat biopolttoaineille (EU, USA, Brasilia) ja hiilidioksiidi neutraalille energialle

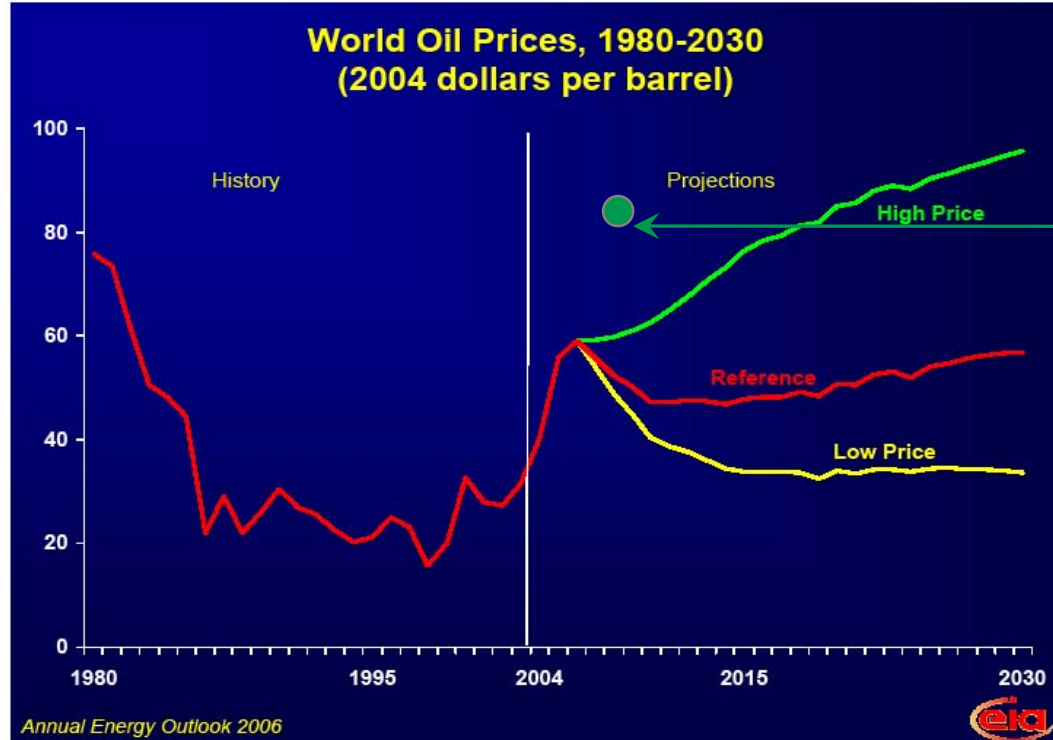
**1. Energiaomavaraisuus.** Öljyn ja kaasun tuotanto on ja tulee olemaan yhä enemmän keskittynyt muutamiin maihin ja valtioiden kontrolloimiin yrityksiin (esim. OPEC & Venäjä)

**2. Ilmastopolitiikka.** Politiikka tiukkenee → fossiilisten energiamuotojen käytön kustannukset nousevat

**3. Aluepolitiikka**(EU, USA). Voimakkaat eturyhmät ajavat aluepoliittisia tukia bioenergiatuotannolle

→ Mutta eri politiikkatavoitteet (1.-3.) voivat olla keskenään ristiriidassa. Mikä on lopputulos?

# Öljyn hinta



Hinta  
lokakuussa 2007

- Öljyn hintakehitys ehkä tärkein yksittäinen tekijä:  
*"One of the most challenging aspects of the biorefinery economic analysis is deciding what future energy prices to use"* (Eric Larson et al. 2006)
- Korkean hinnan skenaariossa metsäbiojalostamoiden kehitys lupaavaa, mutta alhaisen hinnan skenaariossa vaikeaa

# Teknologiakehitys

- ❑ Koska bio- ja termokemialliset teknologiat ovat kaupallisen tuotannon näkökulmasta toimivia ja kannattavia? (esim. USA:n energiaministeriö asettanut tavoitteet etanolin valmistuskustannuksille)
- ❑ Teknologioiden ja prosessien toimiminen nykyisten tuotteiden tuotannon kanssa → ei haittavikutuksia nykytuotteille
- ❑ Merkittävät lisäpanostukset alan T&K viime vuosina ja lähivuosina tuovat todennäköisesti teknologisia läpimurtoja tulevan vuosikymmenen aikana
- ❑ ”Energiametsien” kasvatukseen liittyvä teknologia ja toimintatavat vasta tulossa (esim. hybridihaapa ja kylmänkestävät eukalyptuslajit USA:ssa)
- ❑ Miten ratkaistaan metsien ravinnetasapaino ja mahdolliset biodiversiteettiongelmat?

# Metsäbiojalostamoiden suurimmat riskit liittyvät:

- ❑ Energian hintaan (kukaan ei tiedä)
- ❑ Politiikkaan (voi muuttua)
- ❑ Teknologian kehitykseen (koska teknologia mahdollistaa tavoitellut tuotantokustannukset?)
- ❑ Raaka-aineen saantiin & hintaan (metsäbiomassan kysyntä-tarjontatilanne)
- ❑ Minne investoida (Pohjoismaat, Pohjois-Amerikka vaiko Venäjä, Aasia ja Etelä-Amerikka)?
- ❑ Ympäristönäkökohtien mahdolliseen puutteelliseen huomioon ottamiseen

# VAIKUTUKSET SUOMESSA

# Mitä metsäbiojalostamot Suomessa edellyttävät?

1. Yritysten strategiamuutos *(on jo alkanut)*
2. Tukipolitiikkaa - ainakin aluksi (esim. syöttötariffi, käyttövelvoite, verohelpotukset, T&K-tuki) *(näyttää tapahtuvan)*
3. Raaka-aineen teknis-taloudellinen saatavuus 80 – 120 km säteellä (mustalipeä, hake, turve, kuori, metsätähde, kannot, ruokohelpi) *(mahdollista useissa tapauksissa)*
4. Taajaman tai kantaverkon, johon energiaa (sähkö & lämpö) voidaan myydä *(mahdollista useissa tapauksissa)*
5. Biopolttoaineiden valmistus edellyttää liittoutumista/yhteisyrityksiä alan osaajien ja jalostajien kanssa *(on jo alkanut)*
6. Ympäristöasioista huolehtimista ajoissa (mm. lisääntyneen metsäbiomassan käytön vaikutukset) *(tutkimus ja selvitykset käynnistyneet)*
7. Mitä kannattavampaa nykyisten tuotteiden tuottaminen on, sitä todennäköisempää on että myös uudet biojalosteinvestoinnit ovat kannattavia *(ei toimi joka paikassa)*
8. Riskinottokykyä ja tulevaisuuden muutosten ennakointikykyä (?)
9. Varautumista eri skenaarioihin (?)

# Vaikutukset Suomessa

- ❑ Useita selvityksiä metsäbiomassapotentiaalista energian tuotannossa 2007:  
1) *Arvio biomassan pitkän aikavälin hyödyntämismahdollisuuksista Suomessa*, asiantuntijatyöryhmän raportti KTM:lle (ns. Rintalan raportti); 2) Pöyry ”*Puupolttoaineiden kysyntä ja tarjonta Suomessa vuonna 2020*” KTM; 3) Helynen, S., Flyktman, M., Asikainen, A. & Laitila, J. *Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet*. VTT Tiedotteita 2397
- ❑ 100 000 biodieseltonnin valmistaminen (StoraEnson ja Nesteen yhteistyöprojekti) edellyttäisi polttoaine-energiana yli 2 TWh puupolttoainetta eli arviolta 1 milj. m<sup>3</sup> metsähakemäärän lisäystä. Osa raaka-aineesta voisi kuitenkin olla turvetta.
- ❑ Oletetaan, että v. 2015 Suomessa on 2-4 massa- ja paperiteollisuuden integroitunutta metsäbiojalostamoja, jotka valmistavat biopolttoaineiden raaka-ainetta (hiilivetyvahaa) ja/tai muuta energiaa pelkästään metsähakkeesta. Metsähakkeen lisätarve olisi luokkaa **2-4 miljoonaa kuutiota**, jolla tuotettaisiin noin 200 000 - 400 000 tonnia biodieseliä. Tuotannon arvo olisi noin **200 – 400 milj. euroa** (1000 €/tn hinnalla).
- ❑ Lisäksi yhdyskuntien ja teollisuuden energialaitokset sekä saha- ja vaneritehtaat (CHP-laitokset) lisäävät hakkeen ja muun metsäbiomassan käyttöä. Yhteensä näiden vaikutukset metsäbiomassan kysyntään ovat todennäköisesti suuremmat kuin edellä olevien laitosten.

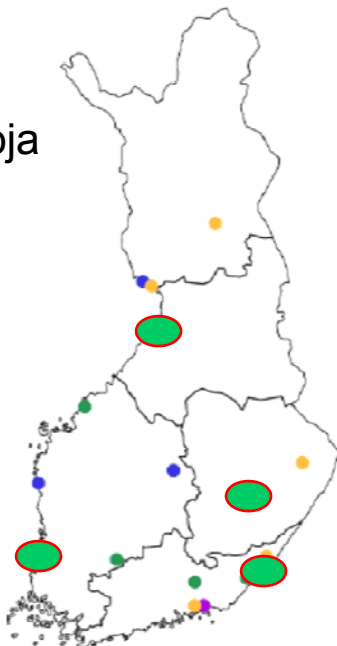
# Vaikutukset Suomessa

- Metsähakkeen, kantojen ja metsätähteen kysyntä kasvaa ja hinta nousee
- Työpaikkojen määrä lisääntyy (korjuu, kuljetus, tuotanto, jakelu)
- Yritysten toiminnan kannattavuus paranee ja liiketoiminta laajenee. Kotimaan markkinoiden suhteellinen merkitys kasvaa metsäteollisuuteen integroituneiden biojalostamoiden kohdalla
- Hiildioksidipäästöt vähenevät suhteessa saman energiamäärän tuottamiseen nykyisillä raaka-aineilla ja teknologioilla.
- Päästöjen vähentäminen toisi myös kustannussäästöjä. Esim. metsäteollisuuden päästöjen puolittuminen (= 2,5 milj. t./v. vähennys) 25 eur/t –hinnalla merkitsisi 62,5 milj. € säästöjä /v.
- Auttaa parantamaan mielikuvaa metsäsektorista, etenkin jos metsien ravinnetasapaino ja biodiversiteettikysymyksistä ei muodostu merkittävää ongelmaa
- Alueellisesti merkittäviä vaikutuksia, mutta vaikutukset koko kansantalouden tasolla jäänevät suhteellisen pieniksi

# Arvaus: Metsäbiojalostamot Suomessa vuonna 2020

1. 2-4 kpl massa- ja paperitehtaiden (+ sahojen) yhteydessä (kartta 1)
  2. 4-6 kpl (CHP-laitosta) isojen sahojen tai samalla alueella sijaitsevien pk-sahojen muodostamissa konsortioissa lähellä taajamia tai kantaverkkoa (kartta 2)
- + Yhdyskuntien ja teollisuuden energialaitosten metsäbiomassan käyttö moninkertainen vuoteen 2007 verrattuna (esim. Jyväskylän Energian Keljonlahden laitos, arvioitu valmistuminen 2010 & Kuopion Energian Haapaniemen laitos, arvioitu valmistuminen 2012)

Kartta 1  
Mahdollisia  
sijaintipaikkoja



Kartta 2  
Mahdollisia  
sijaintipaikkoja



KIITOS!

# Apukalvoja

# Example: EU



## Agreed actions

- **Energy Policy:**

- Energy efficiency: 20% improvement by 2020
- Renewable energy: 20% mandatory objective by 2020
  - differentiation of targets between countries
  - flexibility in target setting within a country between sectors
- Biofuels target of 10% by 2020
- **Strategic Energy Technology Plan**
- Internal market-options unbundling & regulatory powers:
  - Important for functioning EU ETS
  - Overcome hurdles for renewables
- Sustainable power generation from fossil fuels: 12 large scale CCS demonstration plants by 2015; aiming at near-zero emissions by 2020
- Nuclear: member states' choice

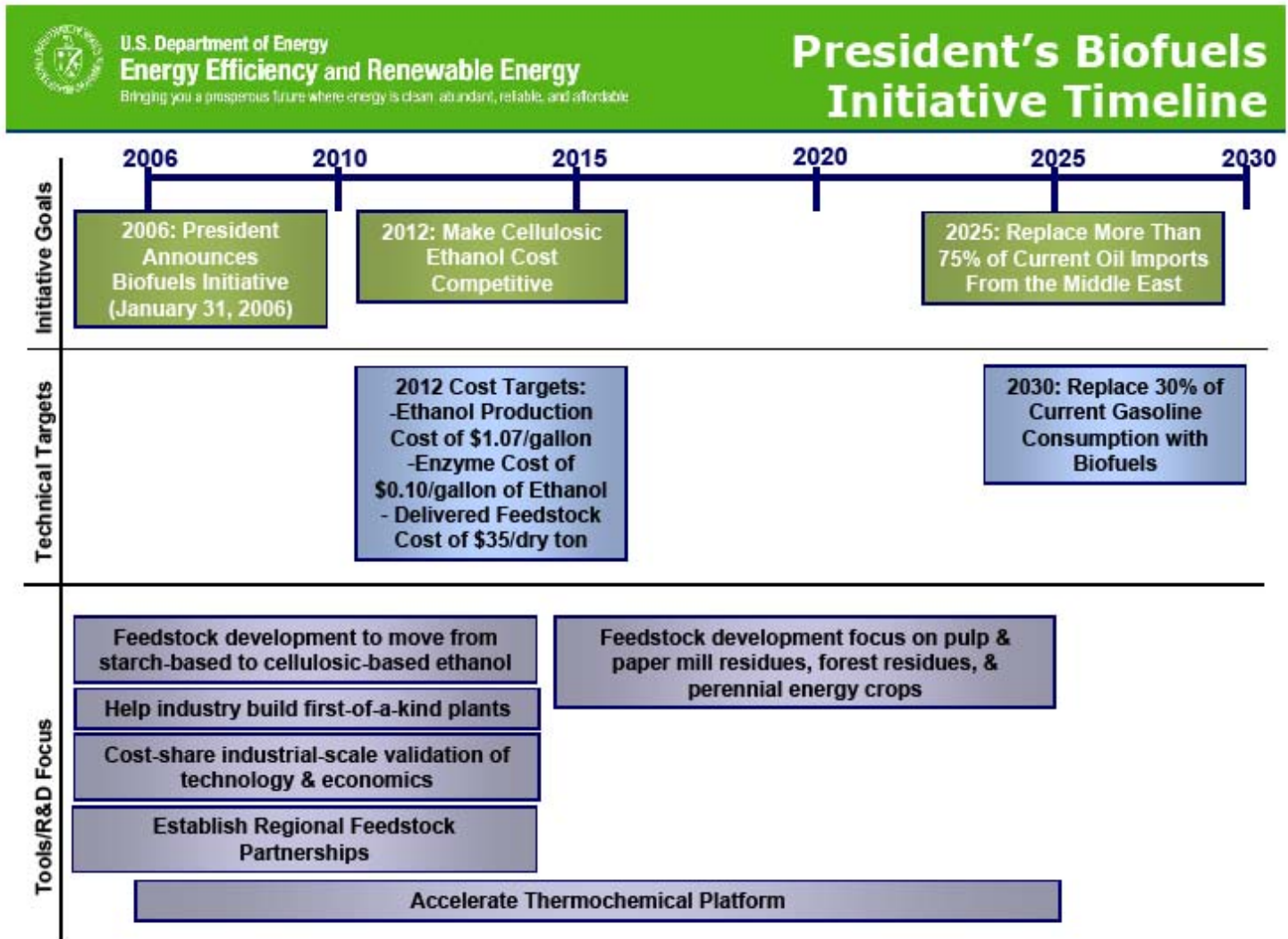
**At least  
-20 %  
CO<sub>2</sub>**

- **Climate Strategy:**

- EU ETS (Review, aviation)
- Other policies (e.g. fuel quality)
- Global carbon market (incl. CDM)

**Up to - 5% of GHG  
emissions**

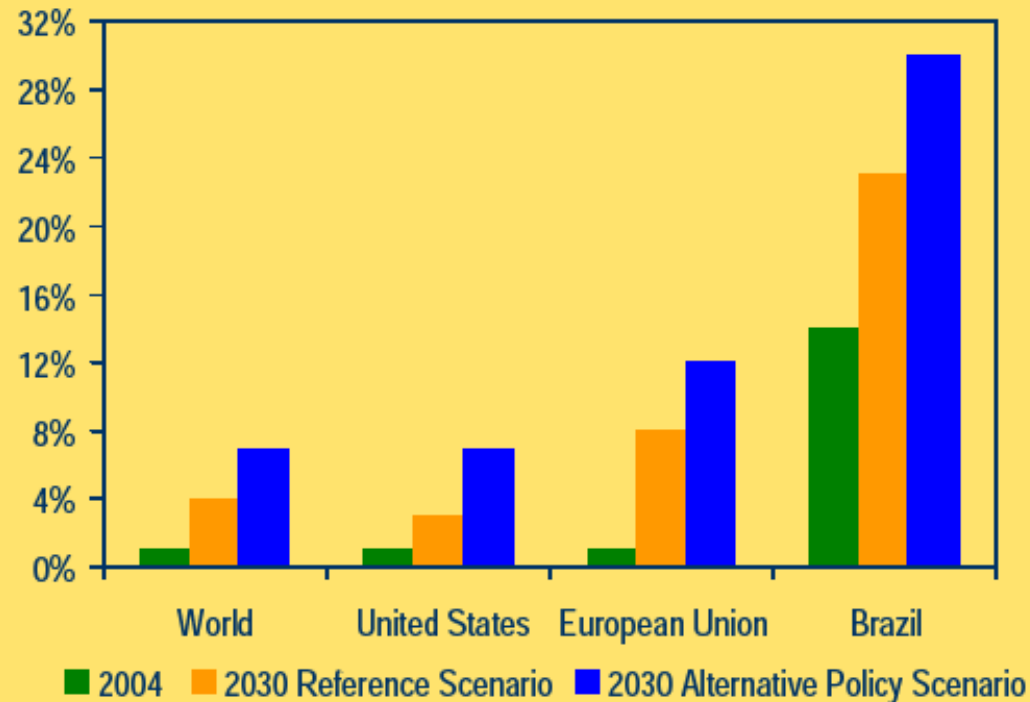
# Example: USA



# IEA Biofuels Markets Scenarios

World  
Energy  
Outlook  
2006

## Share of Biofuels in Road-Transport Fuel Consumption



***Biofuels are set to play a much larger role in meeting world road-transport fuel demand***

© OECD/IEA - 2006

## US Forest Industry & Ethanol -example\*

- US forest products industry harvested 278 million bone-dry tons of wood in 2003
- This contained appx. 90 million tons of hemicellulose
  - assume forest industry can extract half of this hemi = 45 m.t.
  - this can be fermented to about 20 m.t. or 22.7 billion liters (6 bil. gallons) of ethanol
  - this is equivalent to 1/7 of the US national 35 billion gallon /year target
- "This does not require harvesting one additional log" ???

*\* Example presented in: Thorp & Frederick "Project Comparison Reveals Leadership Gap". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007 , p.8.*

# U.S. Pulp/Paper Industry Technical Potential for Biofuel Production in 2034

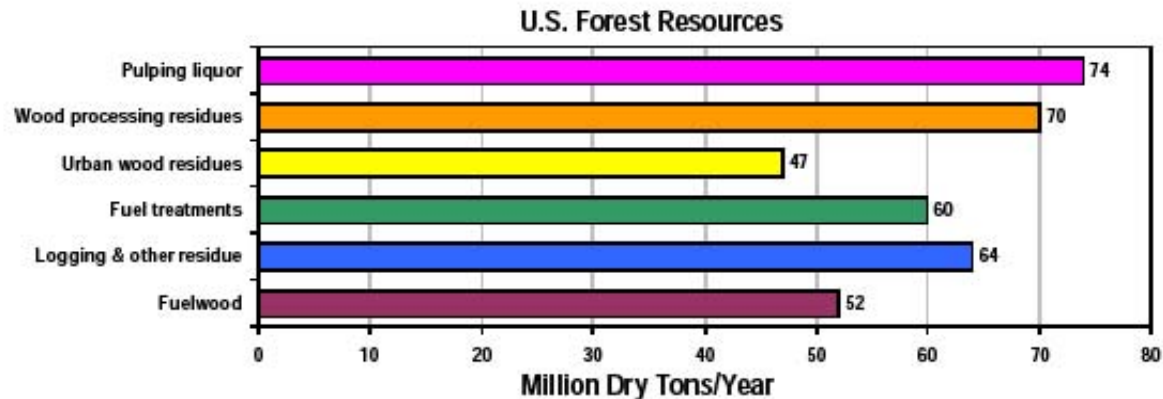
(billion gallons per year ethanol equivalent)

- FT configurations: 5 to 14 billion gal/yr
- DME configurations: 3 to 7 billion gal/yr
- For comparison:
  - 2005 corn ethanol production: 4 billion gallons
  - Latest administration goal: 35 billion gallons in 2017

16

*Slide source: Eric Larson (Princeton University) "Pulp Mill Integrated Gasification". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007 , p.8.*

## The world of secondary forest resources, when thought of as bioproducts feedstocks, is huge



If converted to ethanol at 100 gals/ton, these feedstocks represent over 35 billion gallons/yr

**AND — it's sustainable and renewable**

10May07 9

*\*Denny Hunter (vp technology, Weyerhaeuser) "Biorefining Choices". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007, p.8.*



## U. S. Poplar Plantation Industry: Pulp and Paper Production

Region	Biomass Growth Rate (MT ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Rotation (yrs)	Area <sup>1</sup> (ha)
Pacific Northwest	13.5	6 to 8	14,000
North Central	9.4	12	10,000
Mississippi River Valley	10.1	8 to 10	11,000

**1/ FAO. 2004. Synthesis of Country Progress Reports, 22<sup>nd</sup> Session, International Poplar Commission, Santiago, Chile, November 28 – December 9, 2004. Working Paper IPC/3, Forest Resources Division, FAO (Rome).**

*\*Brian Stanton (managing director, tree improvement group, Green Wood Resources) "Hybrid Poplar Feedstock Production". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007 , p.8.*



# Forest Resource Analysis

biomass program

## The sustainable forest resource potential is nearly 370 million dry tons annually



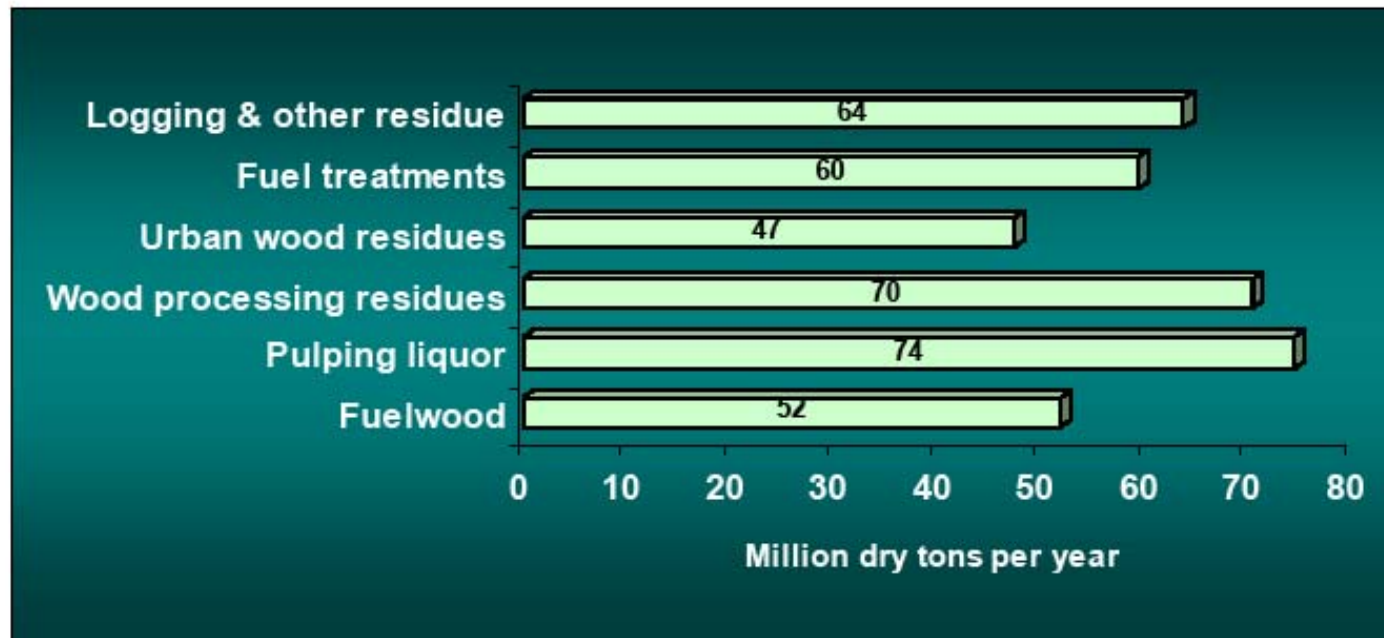
For conversion, (2000 lbs) tons x 0.907 = metric tonnes

\*Bryce Stokes (national program leader, U.S. Forest Service R&D) "The Billion-Ton Report". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007, p.8.



biomass program

## The sustainable forest resource potential ~ 370 million dry tons per year



For conversion, (2000 lbs) tons x 0.907 = metric tonnes

*\*Bryce Stokes (national program leader, U.S. Forest Service R&D) "The Billion-Ton Report". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007, p.8.*



# Feedstocks for Biorefining

---

## Starch, Sugar & Oil

<b>Corn</b>	<b>Wheat</b>
<b>Soybean</b>	<b>Barley</b>
<b>Palm</b>	<b>Triticale</b>
<b>Sugar cane</b>	<b>Canola</b>

## Cellulose / Hemicellulose

<b>Hybrid Poplar</b>	<b>Grasses</b>
<b>Forest residue</b>	<b>Hemp</b>
<b>Sawdust</b>	<b>Cereal straw</b>
<b>Yard waste</b>	

## Livestock and Food Processing Wastes

**Manure**  
**Cheese whey**  
**Corn syrup**  
**Milling byproducts**

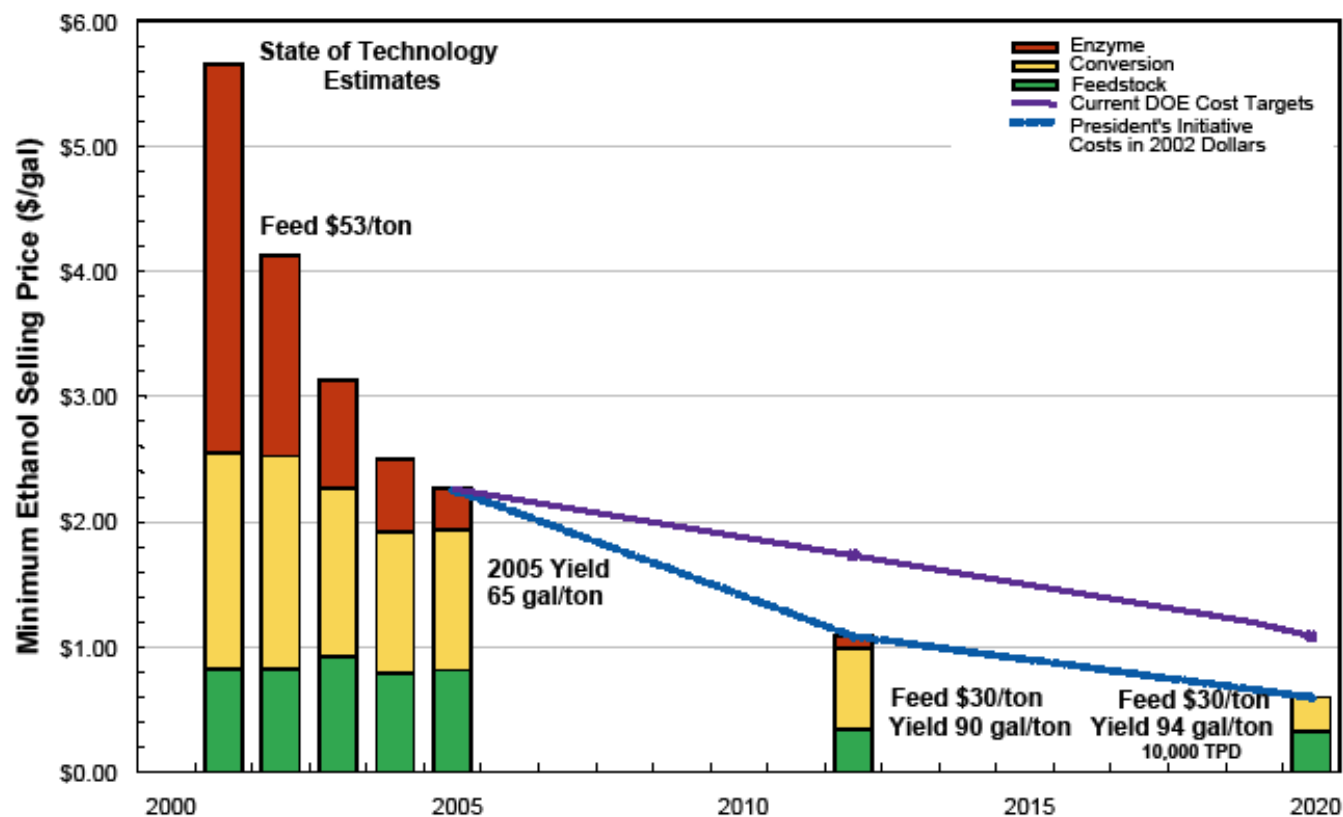
**Animal fats & used frying oils**  
**Food processing wastes**  
**Fruit processing wastes**  
**Biorefinery wastes**

April 10, 2007

17

*Slide source: Stewart Campbell (vice pr., commercial development, Canadian Bioenergy Corporation) "Biorefining: New Demand / New Landscape, Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007*

# Reducing the Cost of Cellulosic Ethanol



Michael Pacheco (director of national bioenergy center, NREL, USA) "Overview of Liquid Biofuels Technologies". Presentation at the TAPPI Renewable Energy Conference, Atlanta 10-11 May 2007 , p.8.