



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Biomassi termokeemiline töötlemine - pürolüüs

Ülo Kask

TTÜ soojustehnika instituut

06.05.2011

Teemad

- Mõisted
- Puugaasil töötavad SEKid
- Puugaasi generaatorid
- Puugaasiautod



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Mõisted

- **Pürolüüs** – kuivdestillatsioon ehk krakkimine, utmine - aine muundamine (termokeemiline lagunemine) kõrgel temperatuuril ehk aine lagundamine lihtsamate ühenditeni kuumutamise teel.
- Pürolüüsi rakendatakse nafta, maagaasi, kivisöe, põlevkivi ja puidu töötlemisel.
- Puidu, turba, kivisöe ja põlevkivi kuivdestillatsiooni ehk kuumutamist ilma õhu juurdepääsuta nimetatakse **utmiseks**.
- **Puugaas** tekib biomassi (eeskätt puidu) kuumutamisel (üle 700°C) ilma õhu juurdepääsuta või gaasistamisel kuivdestillatsiooni ehk pürolüüsi meetodil. Puugaas koosneb peamiselt süsinikoksiidist ehk vingugaasist (CO), metaanist (CH₄) ja süsihappegaasist (CO₂). Kütteväärtus on umbes 1,25 MWh/1000 m³. 100 kg puidust saab 34...40 m³ puugaasi.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Puugaasi keskmise mahuline koostis

- Nitrogen N_2 : 50.9%
- Carbon monoxide CO : 27.0%
- Hydrogen H_2 : 14.0%
- Carbon dioxide CO_2 : 4.5%
- Methane CH_4 : 3.0%
- Oxygen O_2 : 0.6%.

Allikas: Taylor, Charles Fayette (1985). Internal-Combustion Engine in Theory and Practice - Vol.1. Cambridge: The MIT Press. pp. 46–47. ISBN 0-262-70027-1.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

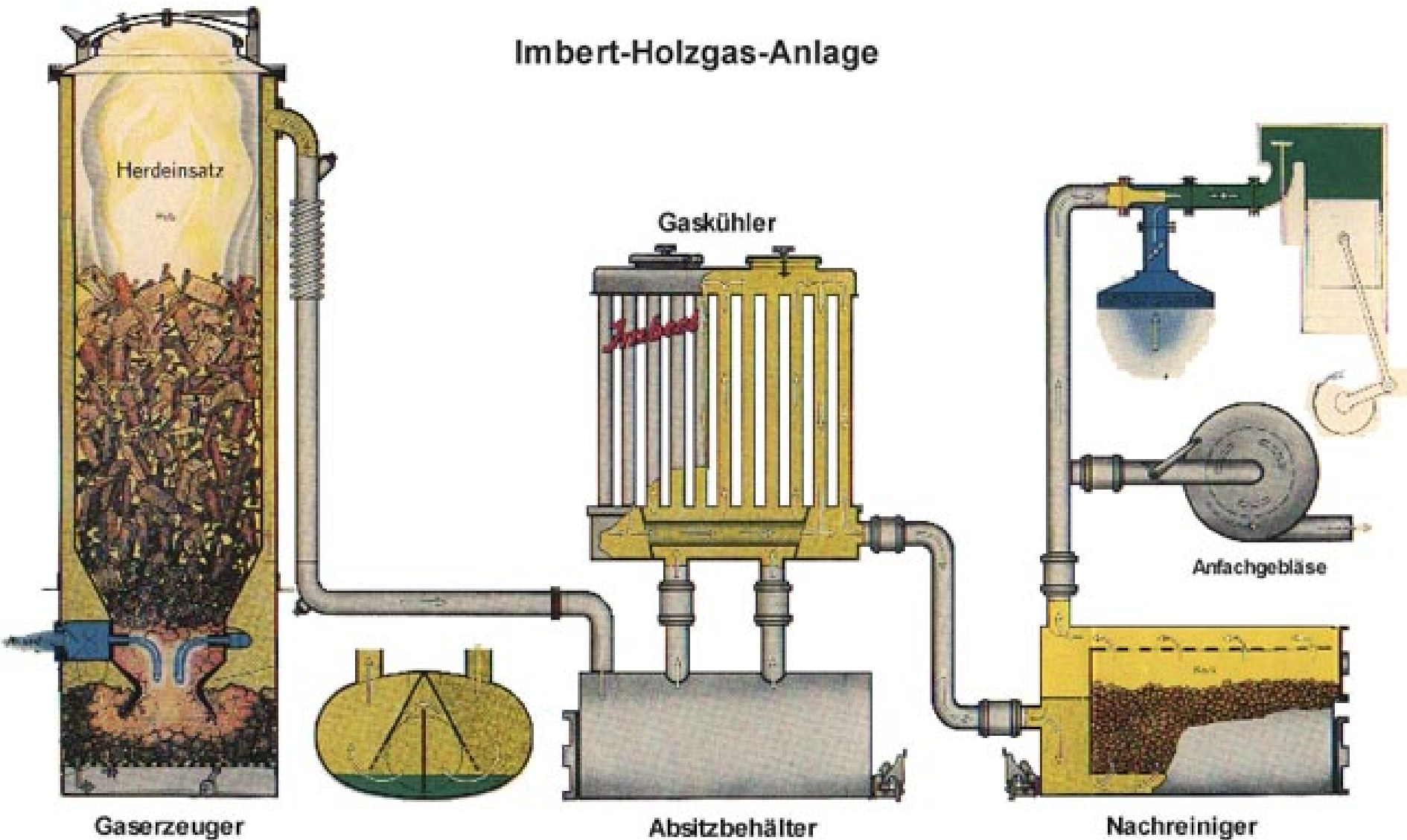
Mõisted

- Esimese puu gaasistamise seadme valmistas teadaolevalt Gustav Bischof aastal 1839. Esimese puugaasil sõitva auto ehitas Thomas Hugh Parker aastal 1901.
- 1000 kg puitu asendab autokütusena tavapärastest sõidutingimustes eri andmetel 200...350 liitrit bensiini.



Imbert gaasigeneraator

Imbert-Holzgas-Anlage



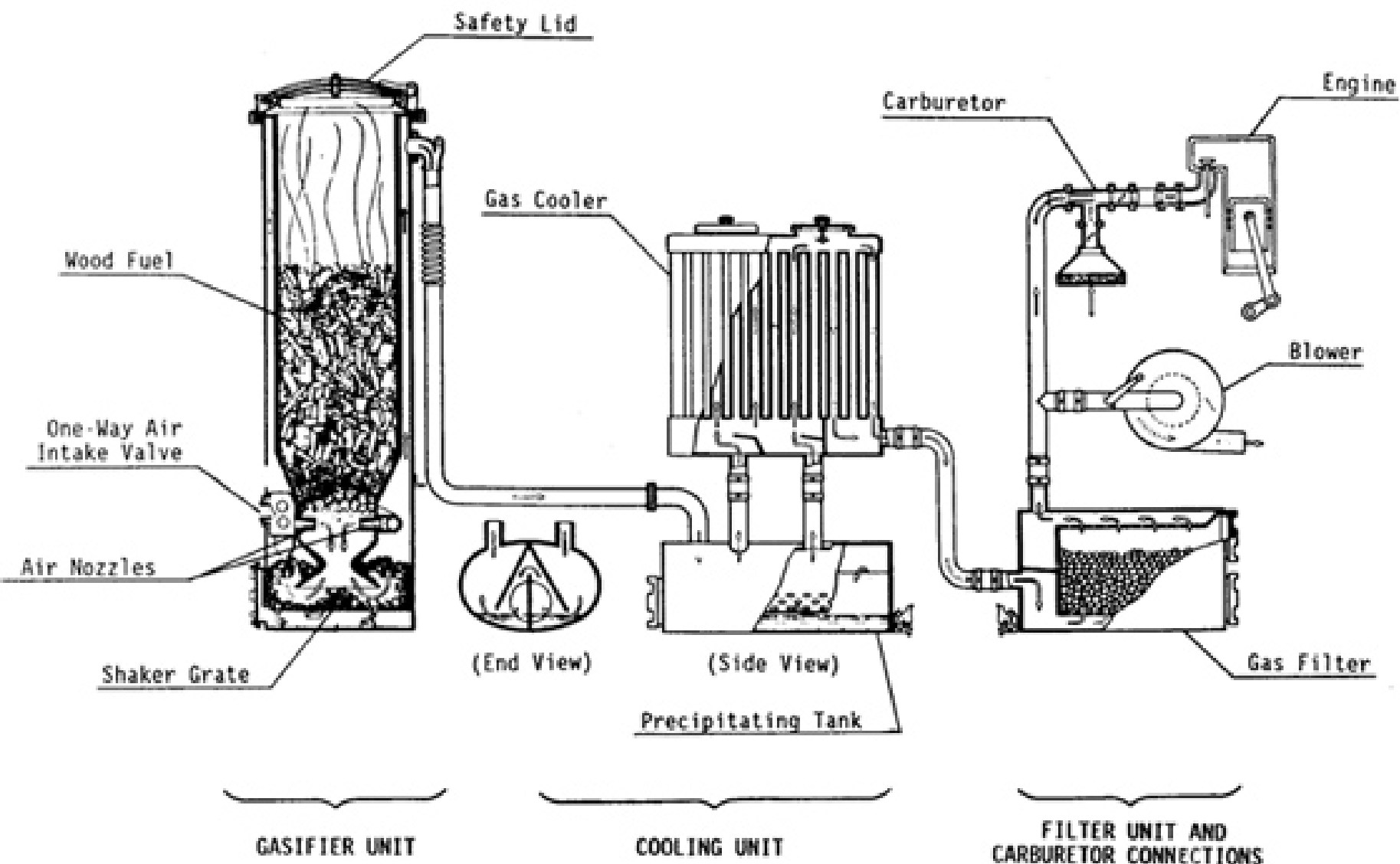


Fig. 1-2. Schematic view of the World War II, Imbert gasifier.

Mõisted

- **Pürolüüs toimub** tüüpiliselt temperatuuridel üle 430 °C (800 °F). Sõna tuleb kreeka keelsetest sõnadest ja *pyr* "tuli" and *lysis* "eraldamine".
- Pürolüüs on termolüüsi erijuhtum ja peamiselt kasutatakse seda protsessi orgaaniliste ainete lagundamiseks ja üks osa protsessist on söestamine (koksistamine - *charring*).
- Puidu pürolüüs algab temperatuuril 200–300 °C (390–570 °F). Üldiselt saadakse orgaanilise aine pürolüüsi tulemusel gaasi, vedelprodukte ja tahket jääki, mis valdavalt koosneb süsinikust. Ekstreemsel juhul kui kogu jääk on ainult süsinik, nim protsessi karboniseerimiseks.

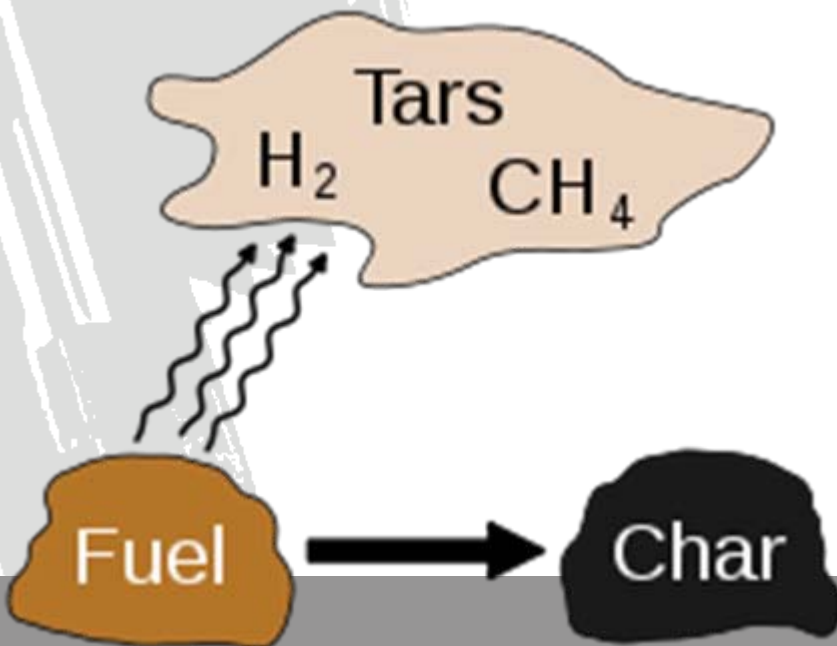


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Mõisted

- Protsessi kõrgem efektiivsus saavutatakse nn kiirpürolüüsil ehk välk-pürolüüsil, mille käigus tooraine kuumutatakse kiiresti vahemikus 350 and 500 °C (660 and 930 °F) vähem kui 2ks sekundiks.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Mõisted

- **Kütuse põlemine** on keemilis-füüsikaline protsess, mille käigus kütus viiakse kontakti hapendajaga, s.o õhuhapnikuga.
- Kütuse põlevaine ja hapendaja ühinevad keemiliselt ning eraldub põlemissoojus, mis kulutatakse kütuse, hapendaja ja põlemisproduktide temperatuuri tõstmiseks.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Mõisted

- Mida kergemini aine aurustub, seda kergem on teda süüdata ja seda efektiivsemalt ta põleb. Kui aine on põlema süüdatud, siis edasi on kõrge temperatuur juba iseenesest tagatud oksüdeerumisel eralduva soojusega.
- Kui aga aine ei aurustu, siis peab teda põlema minemiseks lagundama nii kaua, et temast tekiksid lenduvad ja põlevad ained.
- Sellisel juhul koosneb protsess kahest osast: pürolüüsist (lagundamisest) ja oksüdeerumisest (reaalsest põlemisest).
- Pürolüüsi eriliigid on krakkimine (nt süsi) ja utmine (nt nafta).

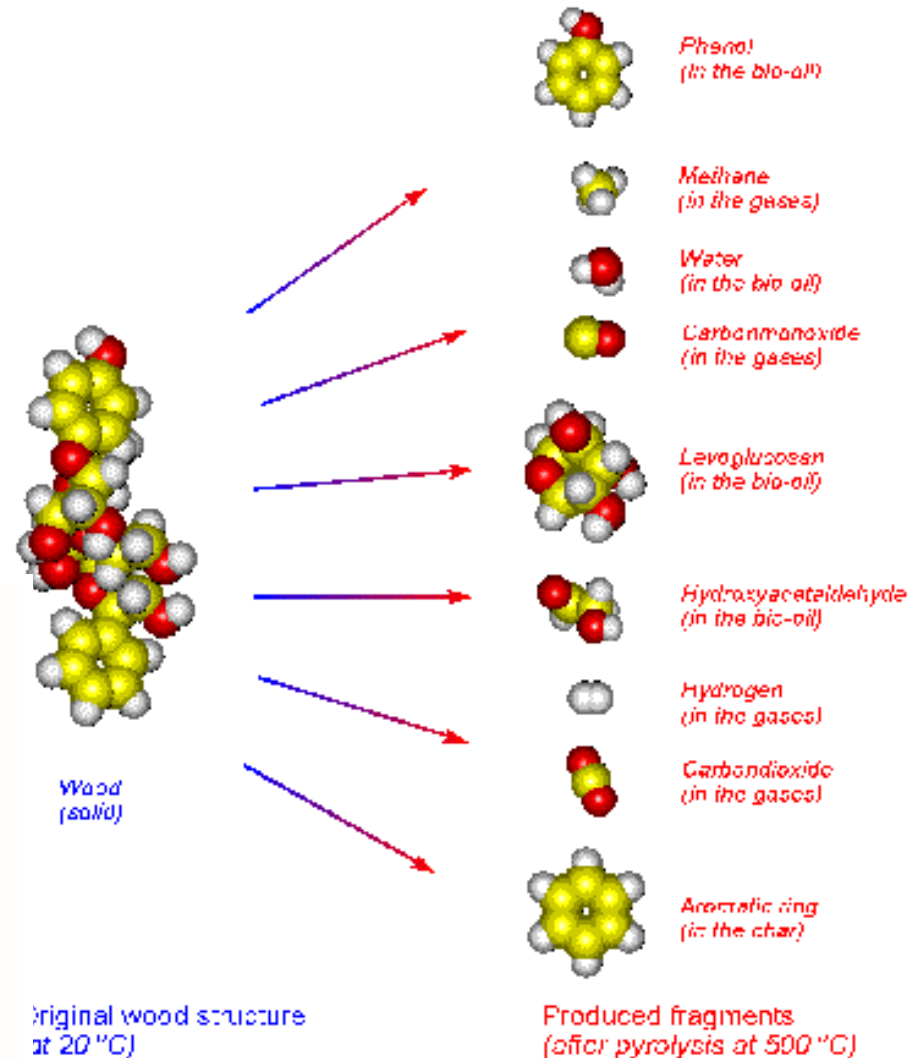
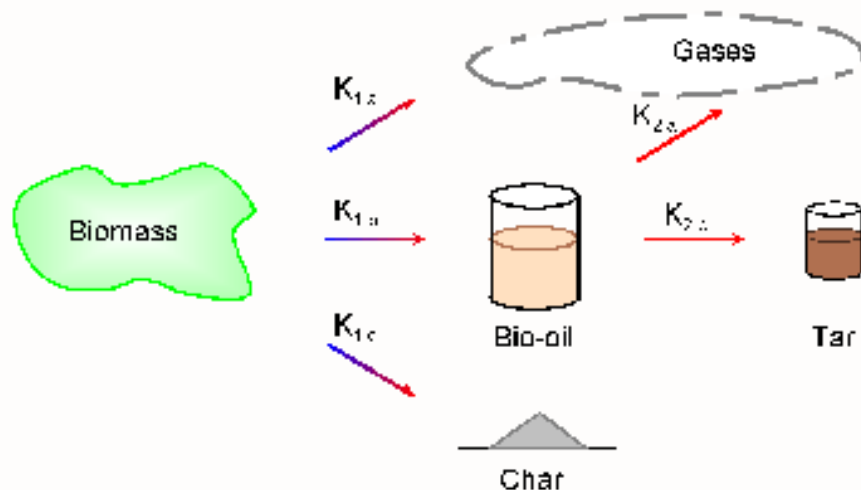


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

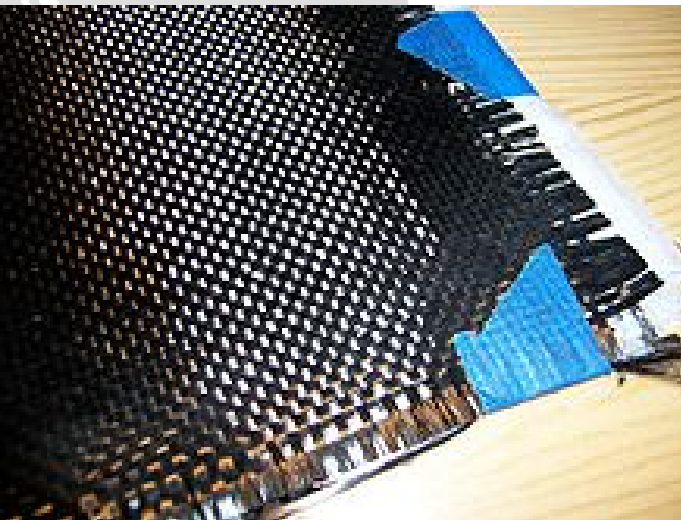
All paremal joonisel on näidatud puidu lagunemise produktide laia valikut

Kui biomassi lagundatakse kõrgendatud temperatuuril tekivad kolm peamist produkti : gaas, bio-õli ja süsi



Pürolüüsi produktid

- Gaas
- Vaigud, õlid (bio-õli)
- Koks (kõrgel temperatuuril üle 1000 °C)
- Puusüsi ehk grillsüsi (mitmetel temperatuuridel, väga ammu tuntud)
- Biosüsi (torrefitseerimise ehk röstimise tulemus, orgaanilise materjali mitte lõpliku pürolüüsi jääkprodukt, 200-300 °C vahel)
- Süsinikkiud – õhuke kiud (narmas) läbimõõduga 0,005–0,010 mm ja koosneb peamiselt süsiniku aatomitest.
- Vedelad ja gaasilised biokütused – saadakse pürolüüsiproduktide töötlemisel (biodiislikütus, süngaas)

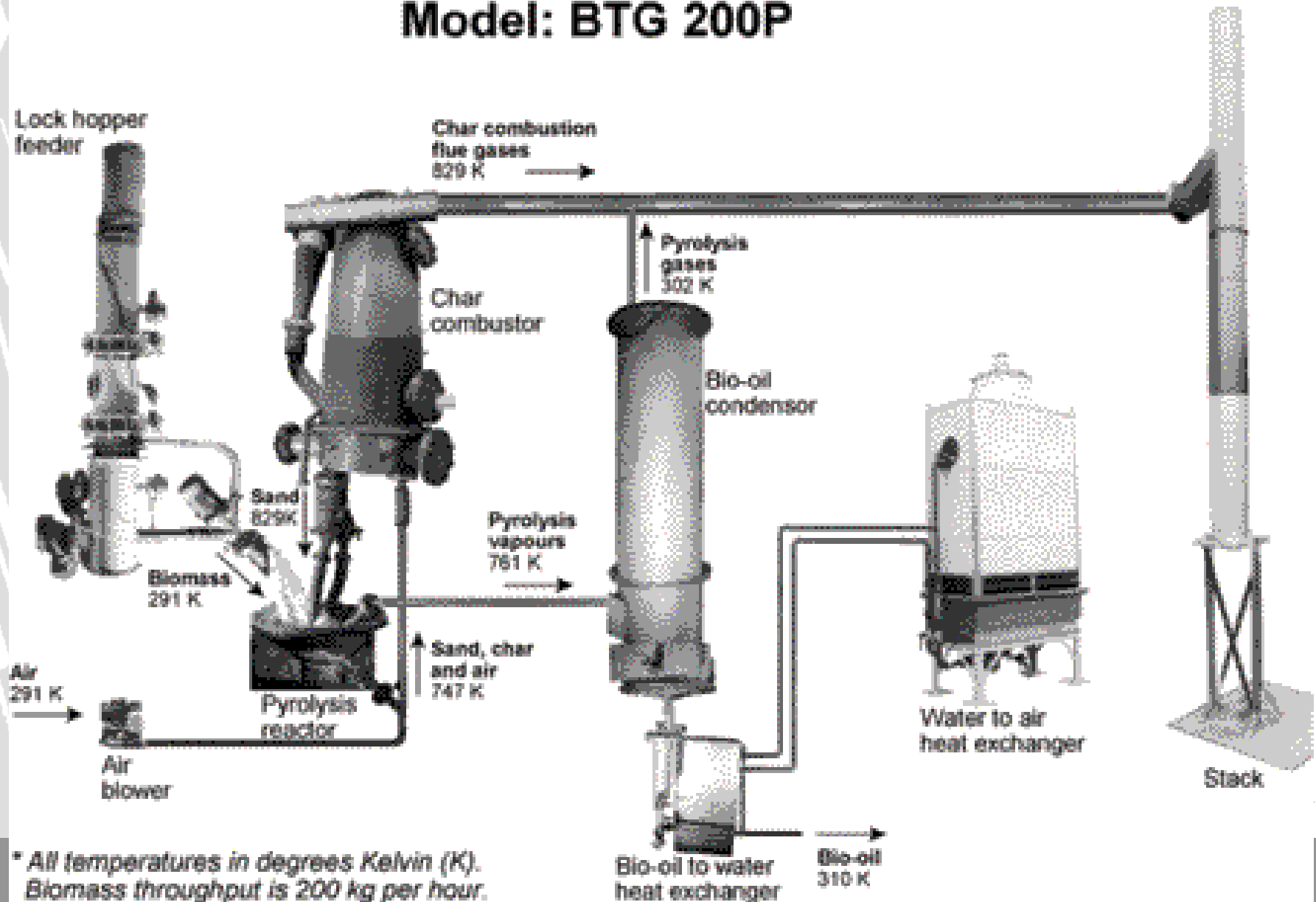


1918

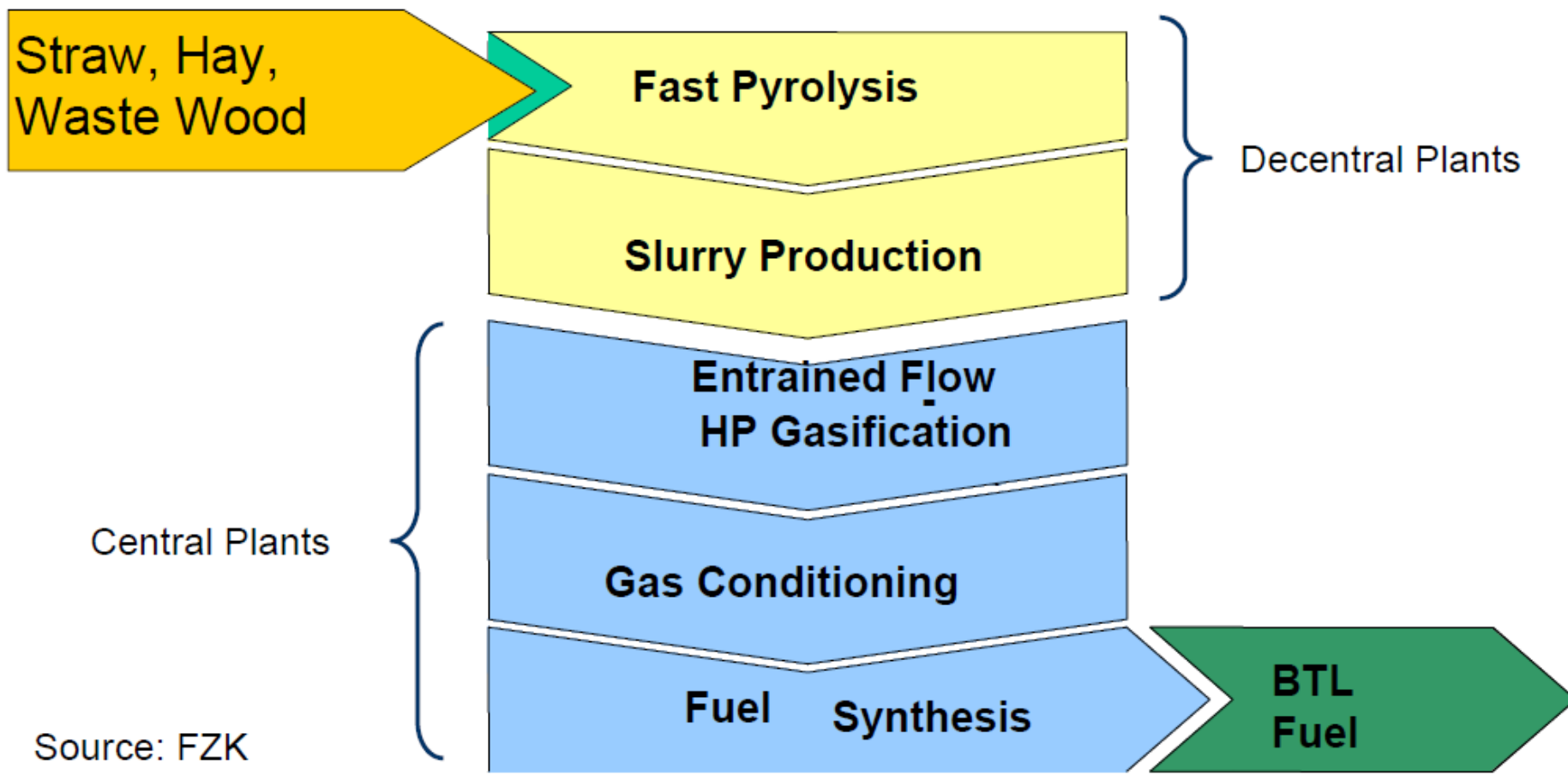
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Pöörleva koonusega pürolüüsireaktor puitjäätmete töötlemiseks, 250 kg/h. 50 t/ööp bio-õli. (75% õli, 15% sütt, 10% kadu)

Model: BTG 200P



BTL kontseptsioon (biomass vedelkütuseks)



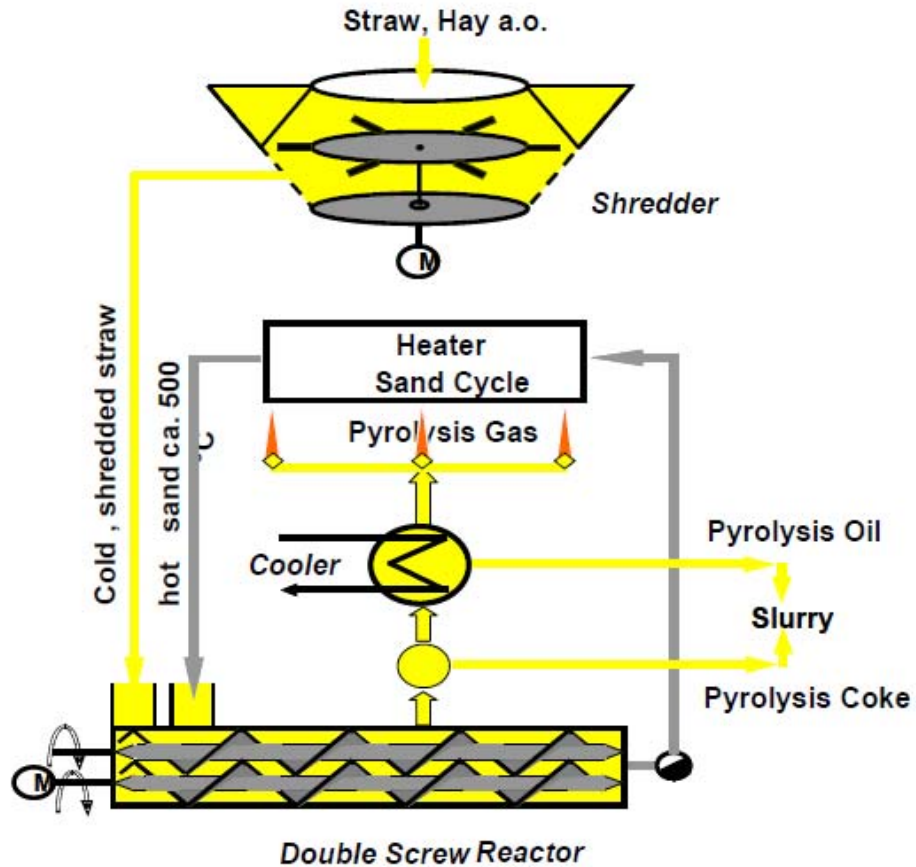
Source: FZK



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Kiirpürolüüs



Source: FZK

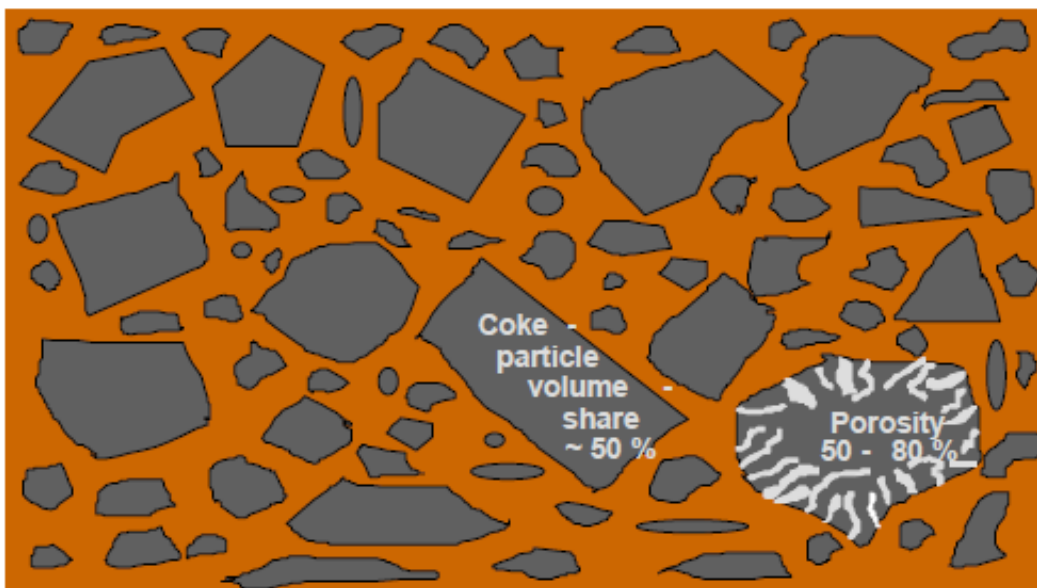
Slurry – lobri, pulp



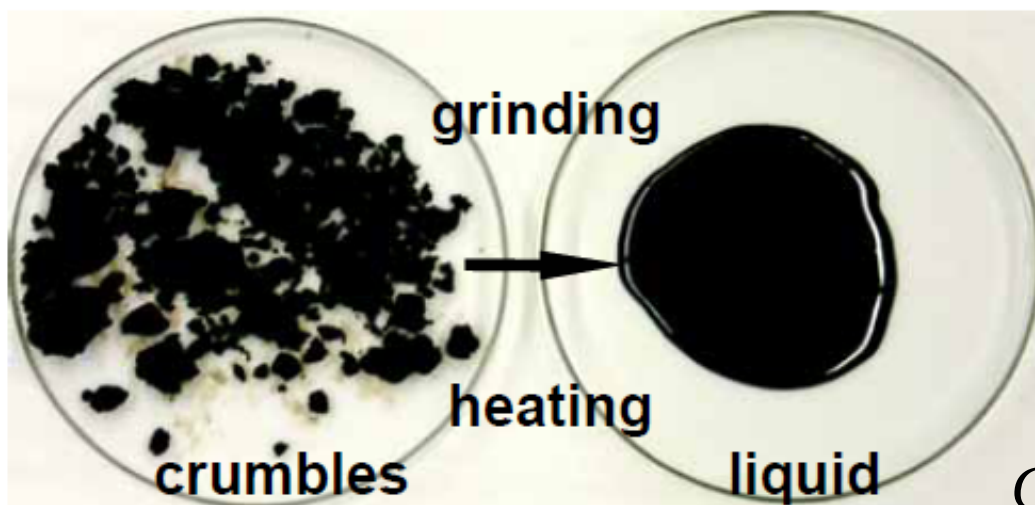
1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Pulp pürolüüsi koksiga



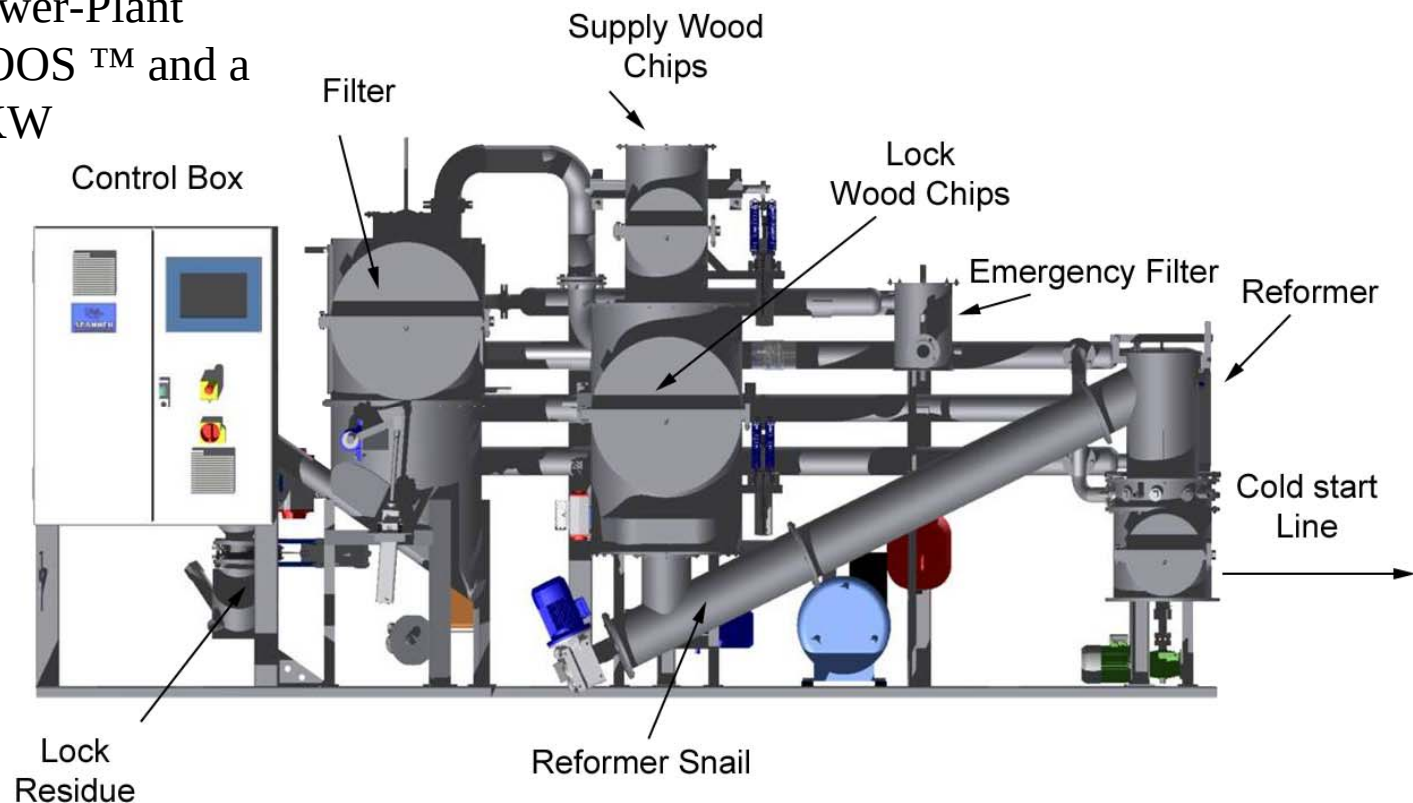
- Pürolüüsiõli koossõelumine koksiga annab pumbatava pulbi.
- Umbes 80% lähte biomassi energia sisaldusest jääb pulpi.



Puidu gaasistamisel (pürolüüsil) põhinevad soojuse ja elektri koostootmise jaamad

Puidu gaasistamine, protsess, mida tuntakse sajandeid, on praktiliselt ainuke majanduslikult atraktiivne võimalus pidevaks soojuse ja elektri tootmiseks väikestes detsentraliseeritud energiavarustussüsteemides puitjäätmetest.

The Spanner Wood-Power-Plant consists of a gasifier JOOSTM and a CHP of the company KW Energietechnik.
(www.kwenergie.de).



Spanner Re² GmbH Wood-Power-Plant.

Joos-carburetorTM eriline seade on väike reguleeritav reformer (kuumutatav kiht - fire bed). See võimaldab toota gaasistusseadmeid võimsuse vahemikus 30 - 50 kWel and 70 - 110 kWth.

Lähtematerjaliks kasutatakse kaubanduslikku hakkpuitu, milles peenosakeste sisaldus peab olema alla 30%, niiskuse ~15%.



Puitkütusel töötavate SEKide võimsusvahemikud (wood-power-plant)

Võimsusvahemik	Karburaator-sõlm	Soojuse väljastus	
		CHP seade	Kokku
30 kW electrical 66 kW thermal	ca. 10 kW	ca. 56 kW	ca. 66 kW
40 kW electrical 88 kW thermal	ca. 12 kW	ca. 76 kW	ca. 88 kW
45 kW electrical 100 kW thermal	ca. 15 kW	ca. 85 kW	ca. 100 kW

Hakkpuidu vajadus: 1 kW elektrilise võimsuse kohta umbes 1 kg tunnis

Puitkütusel töötavate SEKide mõõtmed

Mõõtmed	Pikkus	Laius	Kõrgus
Wood-Gasifier + juhtklip	5000 mm + 350 mm	1350 mm + 700 mm	2300 mm
CHP + juhtkilp	2250 mm	990 mm	1470 mm

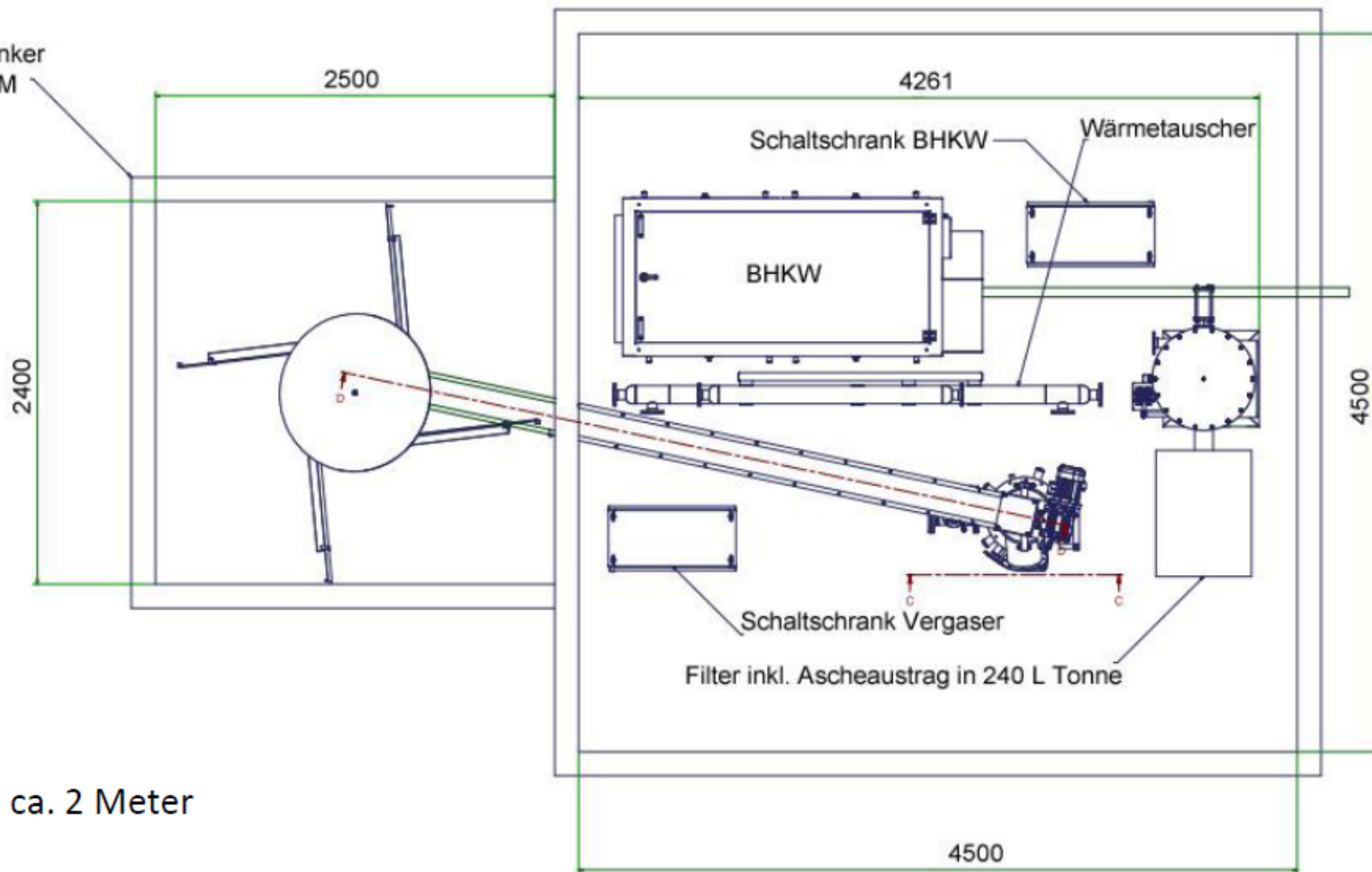


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

See tehnoloogia (Bazi) põhineb keevkihi tekitamises – ringtsükkel (ringvool) keevkihi ja tolmustamise vahel

Hackgutbunker
für 7 SRM



Höhe ca. 2 Meter

Einfache Wirtschaftlichkeitsberechnung für Spanner „Bazi“:

- Aus einem Schüttraummeter Fichtenhackschnitzel für 25 Euro macht die Anlage 40 Euro Strom + $\frac{1}{2}$ Schüttraummeter Wärme.
- Anlagenpreis komplett 88.850 Euro.
- Erträge bei 4000 Stunden Laufzeit = 26,800 Euro Stromgeld, + 26.000 Liter „Heizöl“
- Laufende Ausgaben, ca. 2000 Euro Material, 150 Stunden Arbeit, ca. 550 SRM Hackschnitzel, 1000 Euro Strom.



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Elektrische und thermische Leistung

Elektrische Leistung 30 kW

Thermische Leistung Vergasereinheit ca. 10 kW

Thermische Leistung BHKW-Einheit ca. 60 kW

Thermische Leistung gesamt ca. 70 kW

Brennstoff

Naturbelassene Holzhackschnitzel der Größe G30-G40

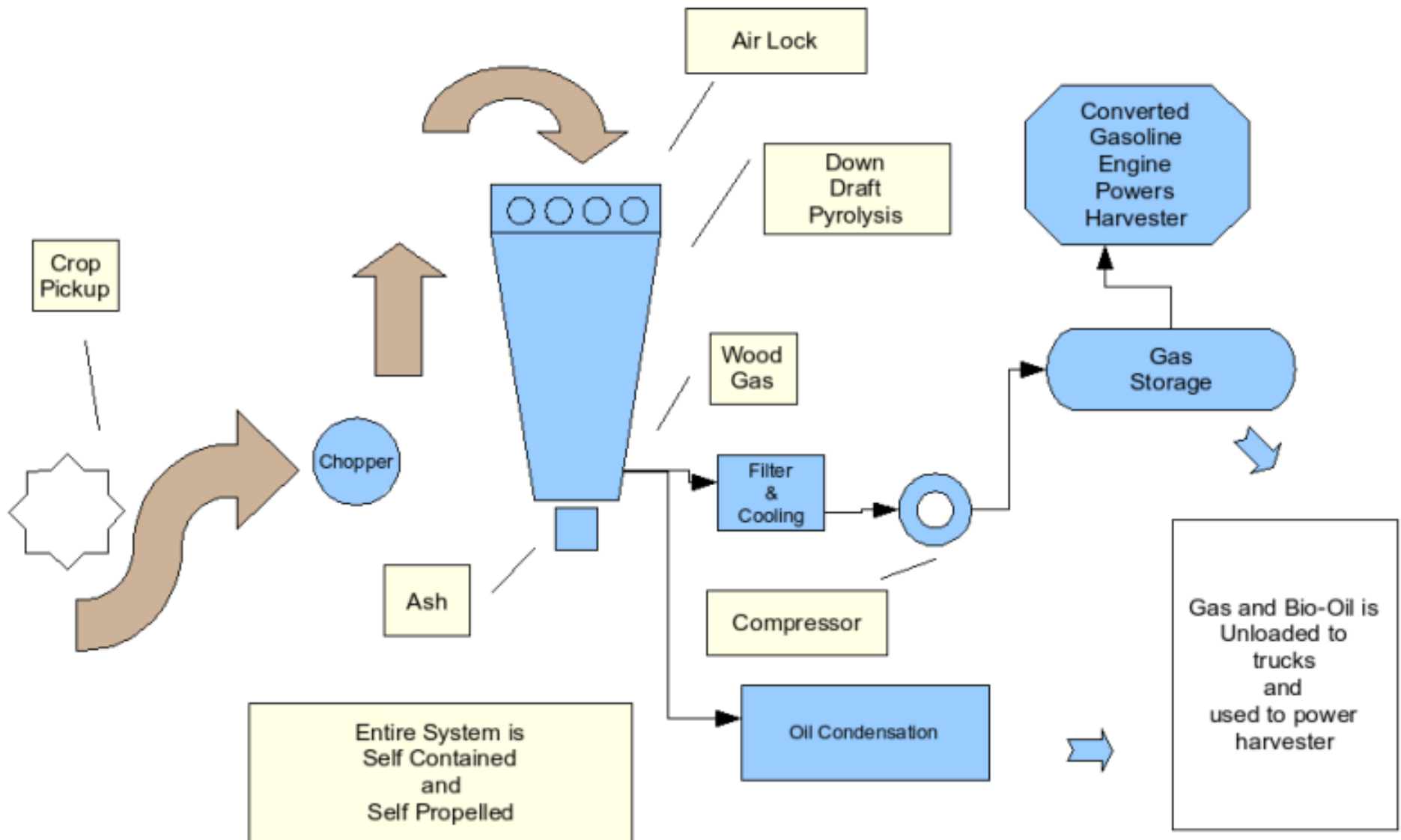
Feuchtegehalt von maximal 15 % (Wassergehalt ca. 13 %)

Feinanteil von maximal 30 % (Körnungen unter 3 – 4 mm)

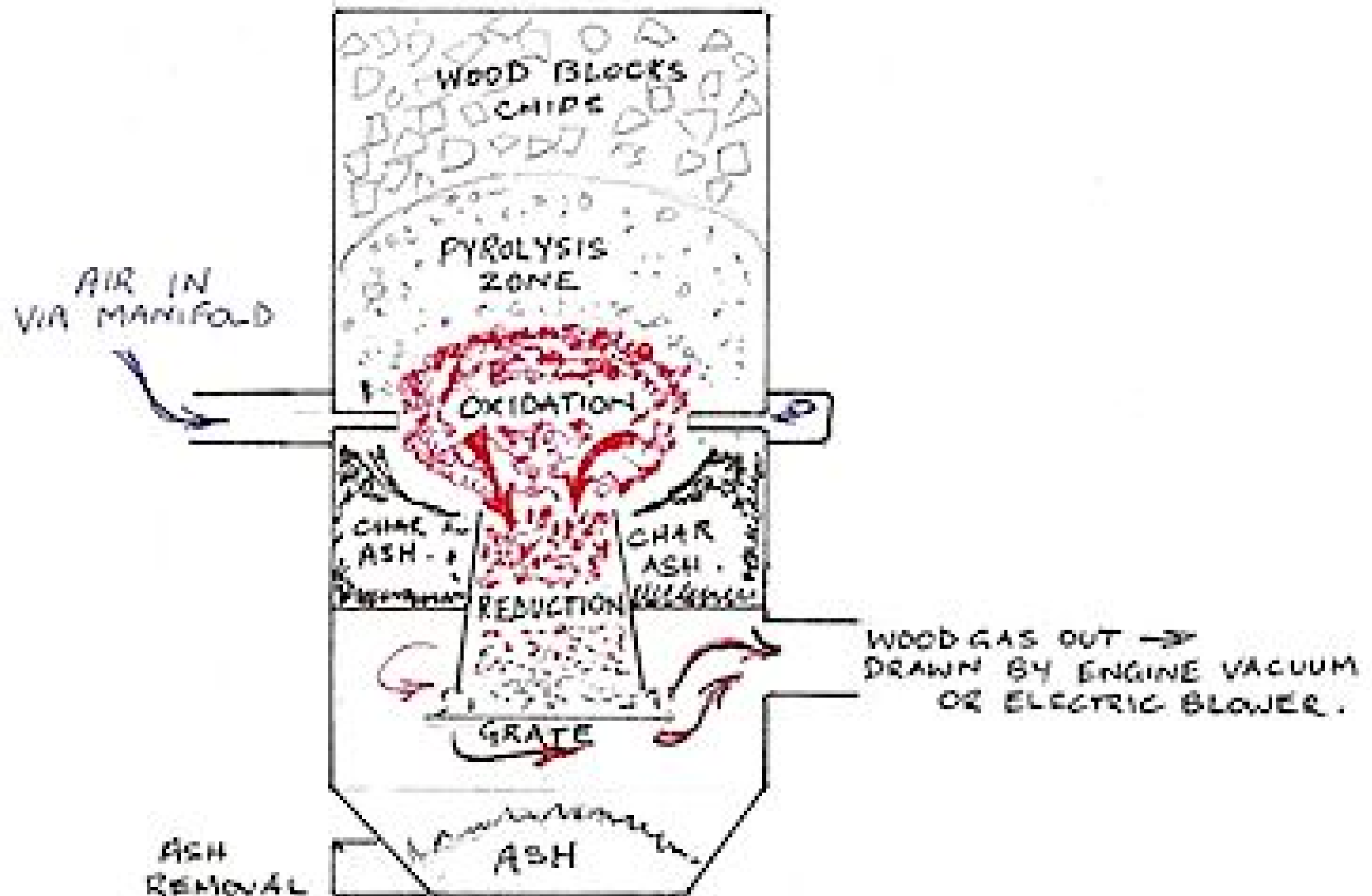
Für ein Wärmekonzept von 4000 Stunden pro Jahr benötigt die Anlagen ca. 480 SRM Buche oder 670 SRM Fichte. Dabei erzeugt sie ca. 260.000 kWh Wärme. Das entspricht:

- 26.000 Liter Heizöl
- 26.000 m³ Erdgas
- 195 rm Fichte (20%)
- 138 rm Buche (20%)
- 250 SRM Buche (30%)
- 350 SRM Fichte (30%)

Kaasaegse puugaasiseadme skeem



Allavoolu gaasigeneraator



Kihiline allavoolu gaasigeneraator

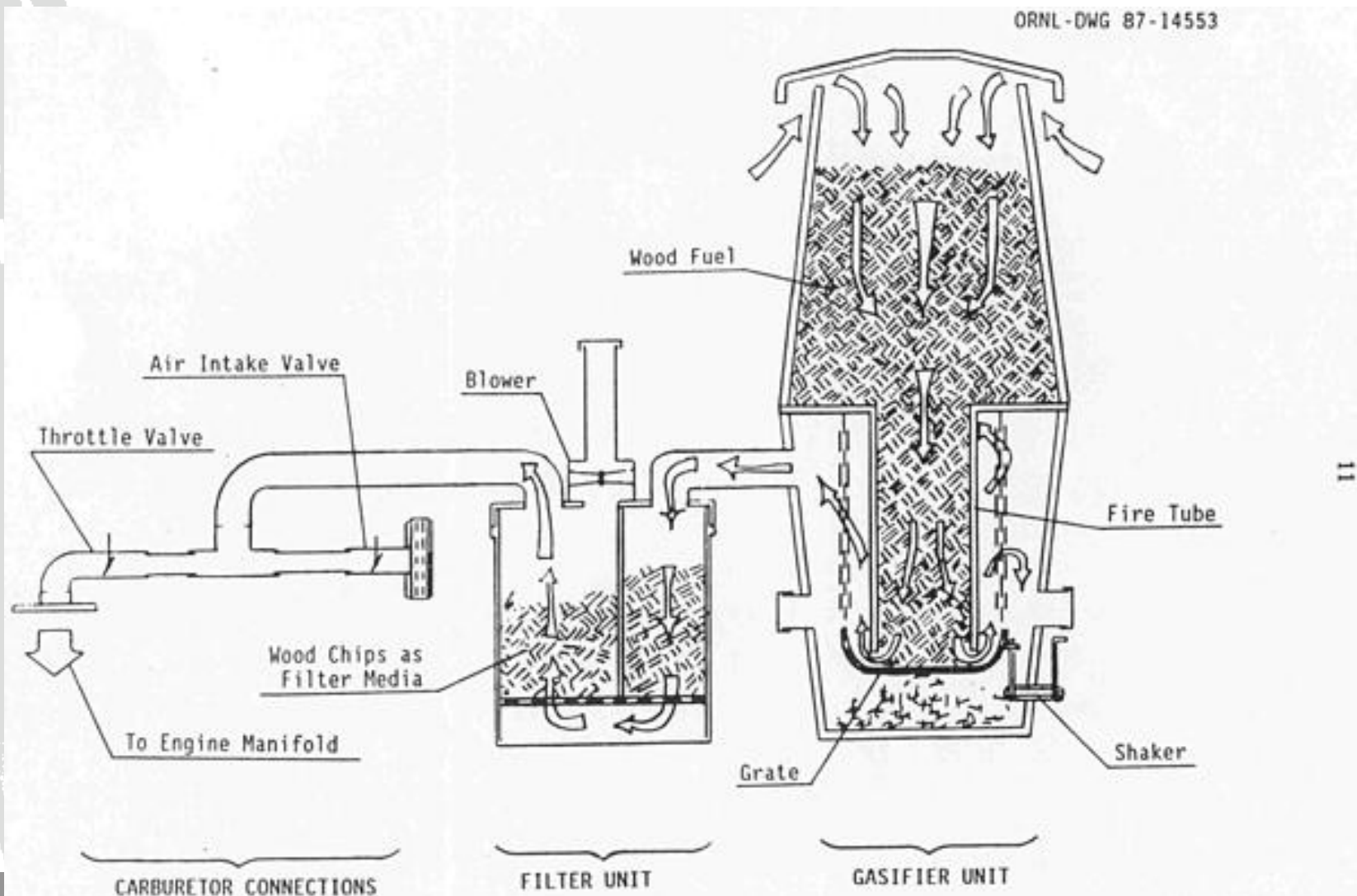


Fig. 1-3. Schematic view of the stratified, downdraft gasifier.

Puugaasiautod enne II maailmasõda



Bundesarchiv, Bild 183-V00670A
Foto: o. Ang. | 1940



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



Bundesarchiv, Bild 183-V00670
Foto: o. Ang. | 1940



Gaasiga sõitev veok – 100% kohvipaksust saadav gaas



Küttepuid kütusepaaki



Küttepuud kütusepaaki



Naabrid taastuvenergia autoga



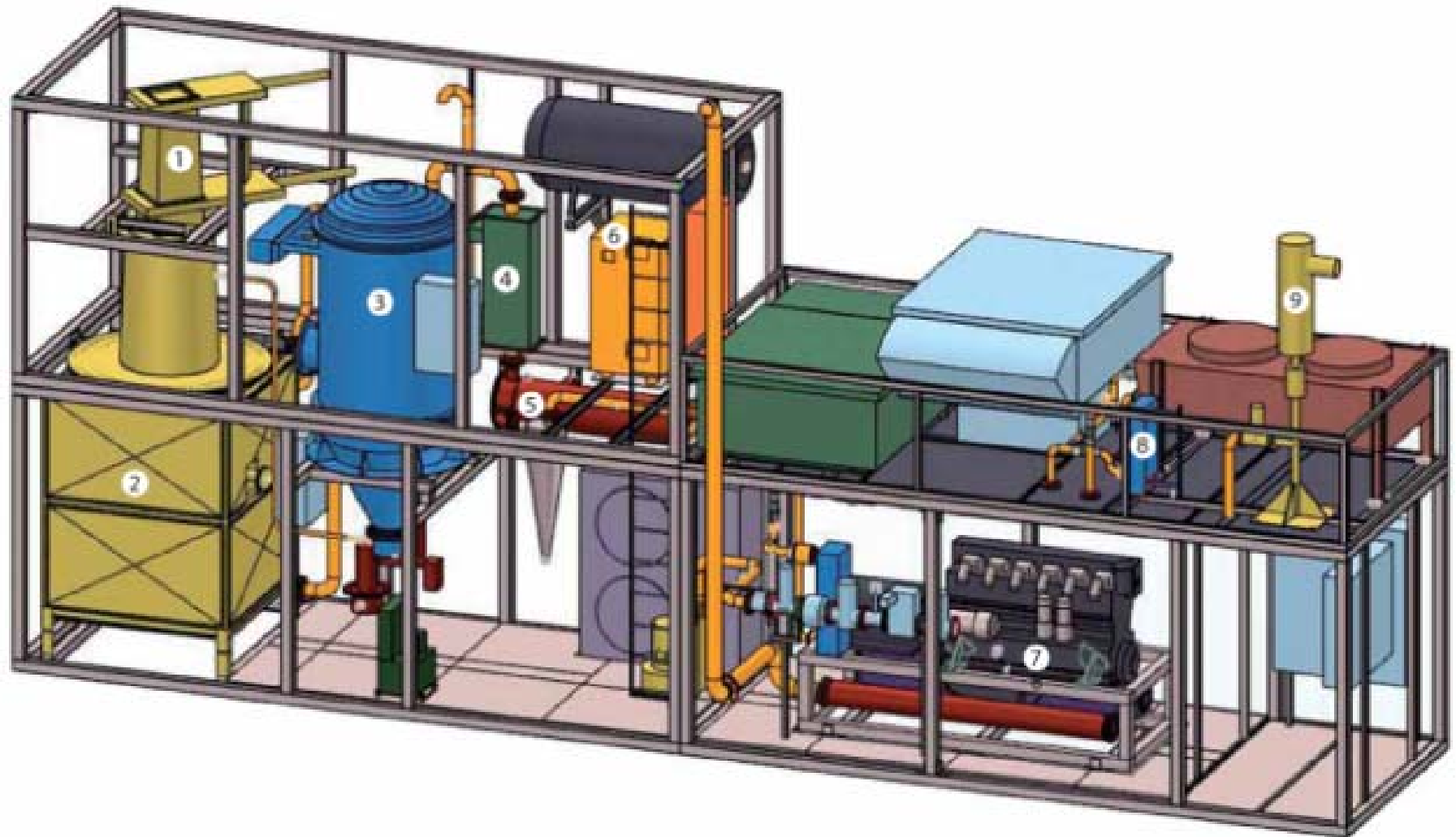
Väikesed puugaasigeneraatorid

Kasutab puitjätmeid ja saepuru
– töötab väljaspool elektrivõrke



Pelleteid
kasutav
väike
puugaasi-
generaator

SEKi võimsus 150KWh_{el} ja 300KWh_{th}



1 Sluice 2 Reactor 3 Hot Gas Filter 4 Air Pre-Heater 5 Condensator 6 Nitrogen Provision 7 CHP 8 Heat Transfer 9 Burn Off

1 Kg Wood = 1 kWh Electricity + 2 kWh Thermal

Urbas Combined Heat & Power (CHP)



AÜLİKOOL
TECHNOLOGY

<http://www.youtube.com/watch?v=ayLoOnTCS8I>

<http://www.youtube.com/watch?v=GiPoVkocQ3w&feature=related>



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Täna Teid tähelepanu eest!

