



Pajun käyttö energiantuotannossa – tuloksia polttokokeista

Janne Kärki & Markus Hurskainen, VTT
Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö -projektin
loppuseminaari
28.1.2015, Jyväskylä, VTT



Sisältö

- Taustaa
- Pilot-kokoluokan polttokokeet
- Polttokokeet lämpölaitoksella
- Johtopäätökset



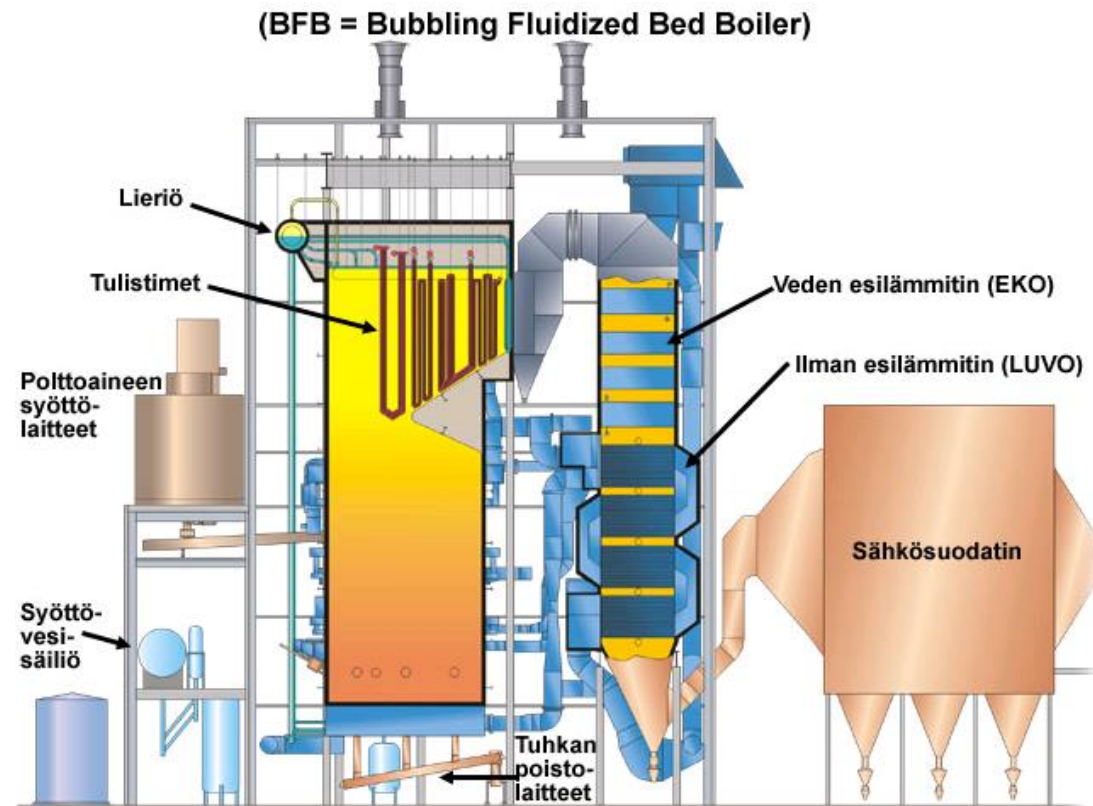
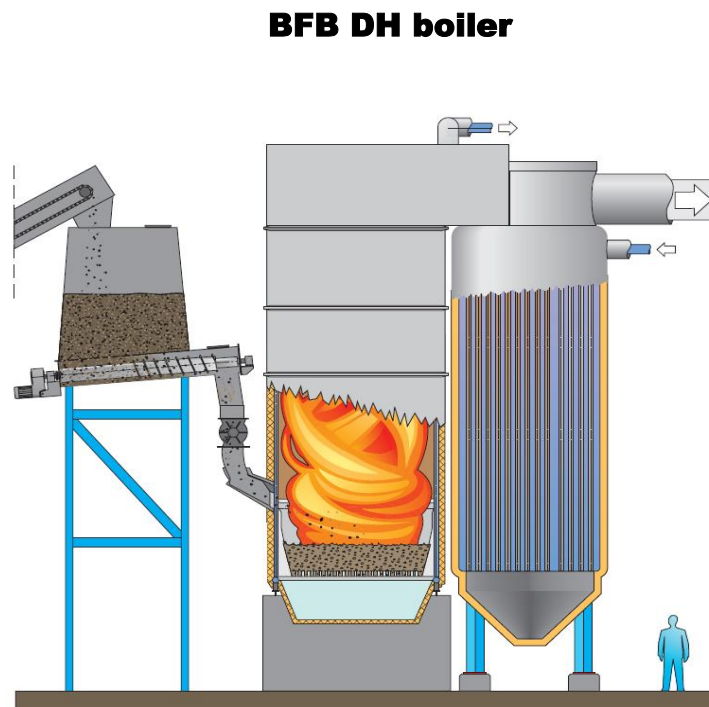
Pajun käyttökohteet polttosovelluksissa

Kaukolämmöntuotanto:

- Arina tai kerrosleijuteknologiaa
- Pajun osuus 0...100 %
- 1...50 MW_{pa}

CHP-tuotanto:

- Pääosin leijuteknologiaa (BFB/CFB)
- Pajun osuus 0...10 %
- > 20 MW_{pa}



Pajun polton aiempia kokemuksia

- Pajun poltosta löytyy raportoituja kokemuksia Ruotsista*, jossa pajua on käytetty sekä arina- että kupla- ja kiertoleiju-kattiloissa vaihtelevilla energiaosuuksilla muiden biomassojen kanssa

*Anna-Karin Hjalmarsson och Rolf Ingman, Erfarenheter från förbränning av salix (Experiences from combustion of willow), Värmeforsk Rapport Nro 631, Värmeforsk Service AB, Tukholma, Ruotsi, 1998, 31 s.

- Pajun on raportoitu vaikuttavan negatiivisesti kattilan käytettävyyteen verrattuna tavanomaisiin puupolttoaineisiin
 - Kattilan lämmönsiirtopintojen nopeampi likaantuminen
 - Kuplapedeissä petimateriaalin sintrautuminen/kakkuuntuminen 100% pajulla
 - Voimalaitoksissa lisäksi mahdollisesti nopeampi tulistikorroosio
- esim. ENA KRAFT 55MW CHP-laitoksella (arina) pajun osuus rajattu 15%:iin energiasta
- Sen sijaan tuhkan sulamista arinalle arinakattiloissa ei ole havaittu

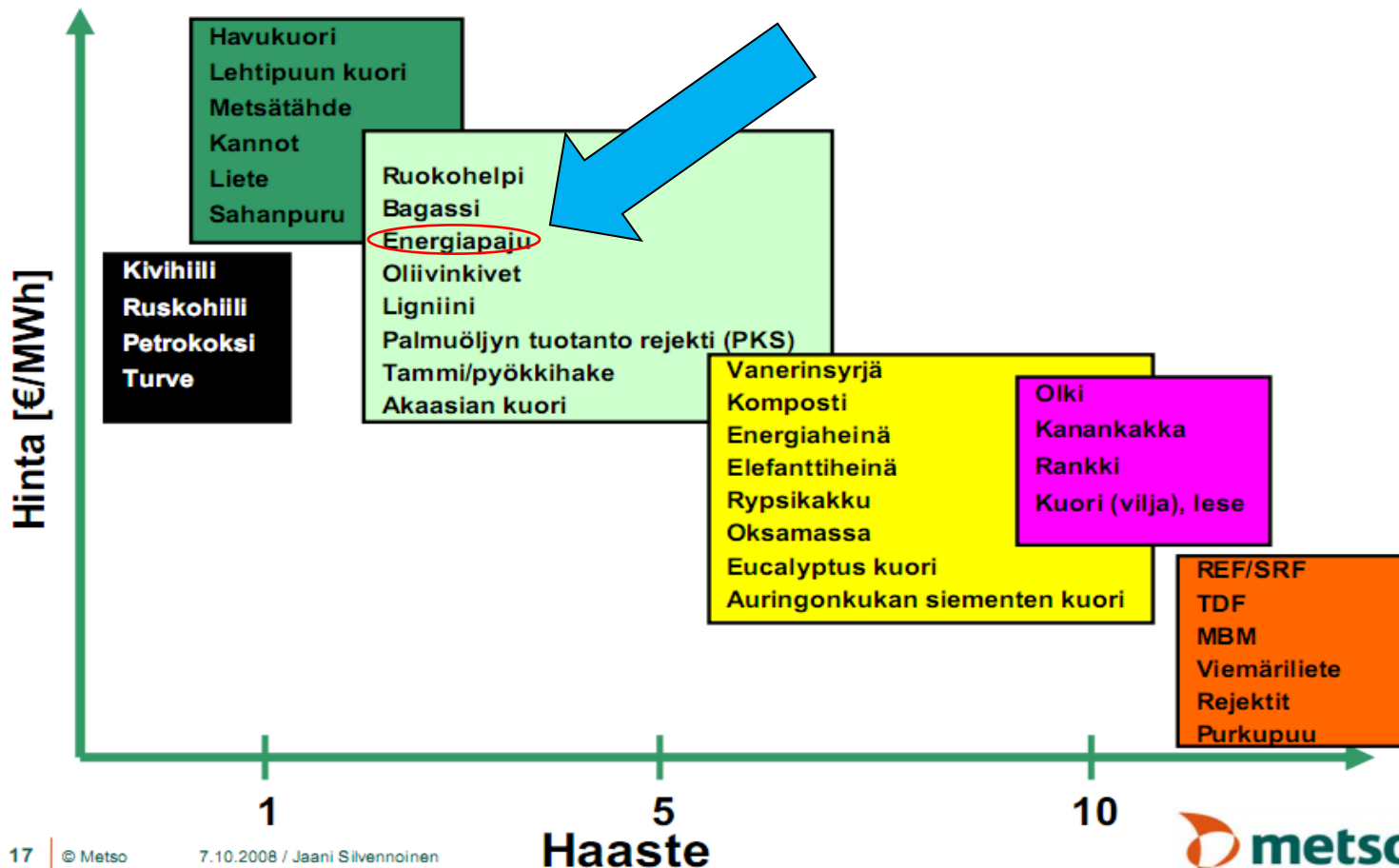
Pajun polton aiempia kokemuksia

- Em. laitoskokeiden tulosten tulkinnan ongelmana kuitenkin pajun vaikutuksen kvantifioiminen, sillä referenssitaso ei ole hyvin tiedossa
 - **mitkä ongelmista lopulta aiheutui pajusta**, sillä jo referenssitasojen polttoaineseoksilla (eri metsäbiomassoja) on ongelmia odotettavissa voimalaitoksissa
- Löytyy jonkin verran myös pilot/laboratorioluokan tuloksia, joissa kuplapedin sintrautumislämpötilaksi on havaittu $\sim 900^{\circ}\text{C}$ ja kerrostumista on löydetty merkittäviä määriä klooria

Pajun haasteellisuuden syy

- Monilta osiltaan paju on hyvin samantapainen polttoaine kuin tavanomaiset puubiomassat ja siten houkuttelevampi kuin peltobiomassat
- Tavanomaisiin puubiomassoihin verrattuna paju **voi kuitenkin sisältää enemmän kaliumia sekä fosforia ja ehkä myös klooria**
 - Alkalit syypäitä leijupedin sintratumiseen ja likaantumiseen
 - Fosforin rooli huonommin tunnettu, riippuu muusta tuhkan koostumuksesta
 - Kloori aiheuttaa tulistinmateriaalien kuumakorroosiota (ja edistää likaantumista)

Valmet Powerin näkemys pajun haasteellisuudesta



VTT:n tuntumia ennen polttokokeita

- Paju ei vaikuttanut polttoaineanalyysien perusteella yhtä haastavalta polttoaineelta kuin mitä Ruotsin kokemuksista voisi päätellä
 - Ongelmat lienee vältettävissä jo pienellä turvelisäyksellä
 - Käyttäytyminen arinalla ei liene ongelma (arinakattilat)
- Tutkimuksen tarkoituksena oli varmentaa 'tuntumat' ja karakterisoida kotimainen paju polttoaineena kerrosleijupoltossa sekä pilot-kokoluokan kokein että lämpölaitoskokoluokassa tuottaen toisiaan täydentäviä tuloksia



Pilot-kokoluokan polttokokeet

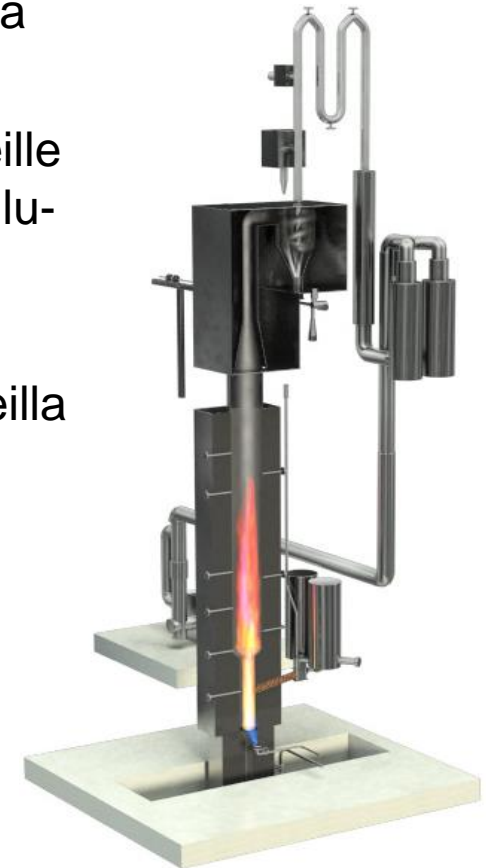
Pilot-kokoluokan polttokokeet - Kuvaus

- Tarkoituksena tutkia 100% pajun (5-v salix schwerinii) polttoa hyvin kontrolloiduissa olosuhteissa sekä selvittää mahdolliset riskit voimalaituskattiloissa (tulistimet)
- Käytettiin VTT:n 20 kW BFB-reaktoria, jolla saadaan oikeita voimalaituskattiloita vastaavat olosuhteet
- Mitä mitattiin?
 - Tulistinpintojen likaantumisenopeus ($\text{g/m}^2/\text{h}$)
 - Kerrostumien kemiallinen koostumus (korrosiivisuus)
 - Pedin sintrautumislämpötila ja visuaalinen tarkastelu
 - Savukaasupäästöt (CO , NO , SO_2)
 - (Lentotuhkien koostumus)
- Vertailupolttoaineina 100% metsätähde ja 100% kuori



Pilot-kokoluokan polttokokeet - Tulokset

- Käytettäessä pajua, tulistimia simuloivien holkkien **likaantumisnopeus oli alhaisempi** kuin vertailupolttoaineilla
 - Johtuen pajun alhaisesta klooripitoisuudesta (0,003%) holkeille ei kerrostunut klooria → **ei korroosioriskiä** toisin kuin vertailupolttoaineilla, joissa lähes kertaluokkaa enemmän klooria
 - **Ei havaittu selvää pedin agglomeroitumisriskiä** normaaleilla petilämmöillä
- Tutkittu pajuerä vastasi hyvälaatuista metsähaketta (ranka, kokopuu)!





Polttokokeet lämpölaitoksella

Lämpölaitoskokeet

- Fortumin Joensuun 30 MW lämpölaitos, BFB-kattila
- Referenssipolttoaineseos: 50/50 til-%
metsähake ja sivutuotteet (kuori+sahanpuru)
- Metsähake korvattiin pajumurskeella
 - Pajun osuus 50%:sta aina 100%:iin asti askeleittain
- Pajua oli noin 500 i-m3 → riitti noin vrk:ksi
- Päätavoitteena hankkia käytännön kokemusta sekä tutkia syötettävyyttä ja lentotuhkien koostumusta
 - Täydentävät pilot-kokeiden tuloksia



Lämpölaitoskokeet

- Kokeet yritettiin ajoittaa kylmälle ajanjaksolle (=täyden kuorman ajalle), mutta siirrosta huolimatta kokeiden aikana vallitsi pääasiassa melko leuto säätila. Leudon sään vuoksi kuorma vaihteli kokeiden aikana melkoisesti, mikä vaikeutti tulosten tulkintaa.
- Paju (pääosin 13-v mustuvapajua Siikasalmelta) jouduttiin murskaamaan hakettamisen sijaan, koska hakkuria ei onnistuttu saamaan käyttöön



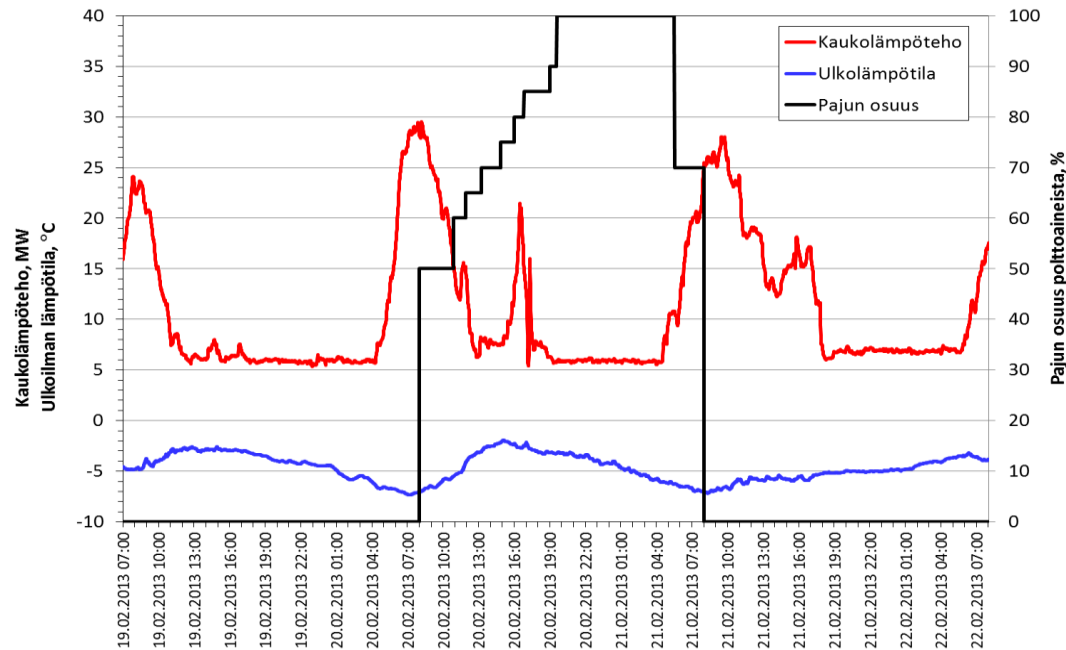
Lämpölaitoskokeiden polttoaineet

Analyysi	Yksikkö	Paju	Metsähake	Sivu- tuotteet
Kosteus	m-%	43,0	44,8	55,2
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg k-a	18,54	19,2	19,51
Tuhkapit. 815°C	m-% k-a	1,2	0,7	1,1
Tuhkapit. 550°C	m-% k-a	1,5	0,5	1,1
Cl	m-% k-a	0,003	0,004	0,005
Na	mg/kg k-a	52	52	<20
K		1900	910	1100
Ca		4000	1200	3400
Mg		410	200	340
P		490	95	240
Al		160	41	300
Si		700	250	180
Fe		120	29	35
Cr		1,3	<0,5	0,76
Cu		3,8	0,99	1,9
Ni		0,90	<0,5	<0,5
Zn		54	21	18
As		<0,5	<0,5	<0,5
Cd		0,95	0,08	0,18
Pb		0,80	<0,5	<0,5

- Kattilan likaantumisen ja leijupedin agglomeraation kannalta haitallisten alkaleiden määrä oli pajussa korkein.
- Kokeissa käytetty metsähake oli laadultaan erinomaista ranka- ja kokopuuhaketta.
- Pajun raskasmetallipitoisuudet olivat selkeästi muita polttoaineita korkeammat.
- Paju oli ominaisuuksiltaan samankaltaista kuin pilot-kokeissa käytetty paju.

Tuloksia lämpölaitoskokeista

- Tikkumaisen murskeen syöttäminen ongelmallista:
 - Pari tukosta kuljettimille johtavassa pudotustorvessa
 - Rajoitti kattilasta saatavaa tehoa pelkällä pajulla (alhainen energiatiheys)
 - **Ei pajulle, vaan pienennystekniikalle ominaista**



Tuloksia lämpölaitekoikeista

- Paju nosti lentotuhkien ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia
 - 100 %:n pajunpolttojaksolta otetun tuhkanäytteen kadmiumpitoisuus 31 mg/kg ka ylitti niukasti metsälannoitekäytön raja-arvon (25 mg/kg ka)
 - Peltolannoitekäytön raja-arvo 2,5 mg/kg ka ylittyi selvästi jo pajun osuudella 60 til-% (18 mg/kg ka)

Analyyysi	Metsähake + Sivutuotteet A	Metsähake + Sivutuotteet B	60 til-% Paju	100 til-% Paju	Raja-arvo metsälannoitteelle	Menetelmä
Cr	37	28	36	45	300	EN 15290:2011 A (mod.)
Cu	19	23	73	69	700	
Ni	15	<0,5	18	21	150	
Zn	140	210	800	780	4500	SFS-EN ISO 11885:2009 (mod.)
As	2	1,6	3,9	3,5	40	SFS-EN ISO 17294- 2:2005 (mod.)
Cd	1,7	1,7	18	31	25	
Pb	18	16	61	52	150	



Johtopäätökset

Johtopäätökset poltto-osatehtävästä

- Paju osoittautui mainettaan paremmaksi polttoaineeksi vastaten metsähaketta....
....mutta kuinka paljon laatu voi vaihdella?
- Lentotuhkien raskasmetallipitoisuuksiin (Cd!) kiinnitettävä huomiota suurilla pajun osuuksilla, jos halutaan käyttää lannoitteena
- Mikäli kerrosleijukattiloissa käytetään pelkkää pajua tai pajua suurella osuudella muiden puupolttoaineiden kanssa, pedin käyttäytymistä kannattaa seurata
- Oikeilla käsittely- ja polttoteknologioilla pajun poltto ei lisää juurikaan käyttäjien riskitasoa. Seospoltto turpeen tai kivihiilen kanssa jo pienillä osuuksilla riittää poistamaan tulipesäriskit.
→ **Suomessa pajua voidaan siis polttaa turvallisesti monissa laitoksissa samaan tapaan kuin muitakin puupolttoaineita.**

Raportit

- Hurskainen, M., Kärki, J., Korpijärvi, K., Leinonen, A. & Impola, R. Pajun käyttö polttoaineena kerrosleijukattiloissa, Tutkimusraportti VTT-R-06093-13, VTT, 2013, 41s.
 - Sisältö: Kirjallisuuskatsaus, pilot-polttokokeet, lämpölaitospolttokokeet

- Hurskainen, M., Sihvonen, J., Kärki, J., Leinonen, A. (VTT) & Villa, A. (UEF). Pajuhakkeen korjuu ja käyttö Puolassa -matkaraportti, 2012, 29 s.
 - Sisältö: Puolaan suuntauneen matkan anti



TEKNOLOGIASTA TULOSTA

