

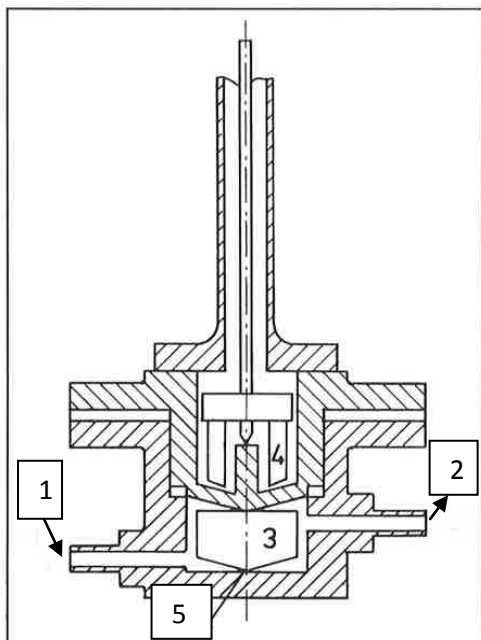
Mustalipeiden viskositeettien vertailua

1. Johdanto

1990-luvulla on tehty laaja selvitys mustalipeistä ja niiden ominaisuuksista (LIEKKI 2-ohjelmassa). Lipeäryöryhmän kokouksessa II/2010 5.5.2010 todettiin, että olisi aika päivittää esim. viskositeettikäyrät ja selvittää onko tilanne jotenkin muuttunut 15 vuodessa. Vertailun tekeminen vanhoihin arvoihin on vaikeaa, koska viskositeettilaitteisto on vaihtunut ja nyt mittaus tehtäisiin polttolipeästä suolan lisäyksen jälkeen. 1990-luvulla tutkittiin vahvalipeitä ennen suolan lisäystä. Todettiin kuitenkin, että mittauksilla voitaisiin saada selville lipeiden keskinäinen järjestys viskositeetin suhteen ja verrata sitä 90-luvulla saatuihin arvoihin.

2. Taustaa

Mustalipeiden dynaaminen viskositeetit määritettiin sylinterityyppisellä rotaviskosimetrillä, jossa sylinteriä pyöritetään paineistetussa kammiossa (viskoklaavissa) magneetin avulla. Viskositeettimittauksessa kahden samankeskisen sylinterin välinen suhteellisen kapea rengasmainen tila täytetään mustalipeällä. Sisempi sylinteri pyörii vakioleikkausnopeudella ja pyörimisen ylläpitämiseen vaadittava vääntömomentti mitataan. Näytteen viskositeetti saadaan laskettua mitatuista arvoista. Leikkausnopeutena käytettiin 288 s^{-1} . Mittausperiaate on esitetty kuvassa 1.



- 1 = näyte sisään
- 2 = näyte ulos
- 3 = sylinteri
- 4 = magneetti
- 5 = tukipiste

Kuva 1. Viskositeettimittauksen periaate

Viskositeettimittauksissa käytetty laite on merkiltään Haake RheoStress 6000, jossa mittauskammiona on Haake Pressure Cell D100/200 (kuvat 2 ja 3). Maksimilämpötila viskositeettimittauksissa voi olla 170–180 °C. Tässä työssä

kaikkien näytteiden viskositeetit mitattiin kahdessa eri lämpötilassa. Toisen lämpötilan sai kukin tehdas itse määritellä ja toinen lämpötila oli kaikille sama eli 135 °C.

Viskoklaavi lämmitetään sähkövastuksilla. Mittauksen aikana mitataan sekä viskoklaavin vaipan lämpötilaa että itse mustalipeän lämpötilaa.

Viskometri kalibroidaan standardiöljyillä, joiden viskositeetti on tunnettu. Vaikeutena on sopivien öljyjen saaminen, kaupallisesti ei löydy öljyjä, joiden viskositeetti olisi riittävän korkea käytetyissä lämpötiloissa. Tämän takia viskometri on jouduttu kalibroimaan alhaisemmissa lämpötiloissa.



Kuva 2. Haake RheoStress 6000 viskositeettilaitteisto

3. Suoritus

Mustalipeän viskositeetti mitataan useammalla eri kuiva-ainepitoisuudella ja tulos esitetään viskositeettikäyränä, jossa viskositeetti (mPas) on piirretty kuiva-aineen funktiona. Määrityksen aikana mustalipeää konsentroidaan erityisessä haihdutusastiassa (kuva 3). Kun lipeä on saavuttanut halutun kuiva-ainetason, se johdetaan paineilman avulla viskoklaaviin mittausta varten. Haihdutusastian ja viskoklaavin välistä yhdysputkea lämmitetään, jotta mustalipeä ei tuki putkea mahdollisen jäähtymisen seurauksena. Mustalipeä pidetään mittauslämpötilassa 10 minuuttia ennen määritystä, jotta vältetään mahdollinen tiksotropian aiheuttama virhe tuloksiin.



Kuva 3. Viskositeettimäärittämiseen käytetty laitteisto kokonaisuudessaan

4. Näytteet

Tässä työssä tutkittiin yhteensä 15 eri mustalipeää. Jokaisesta määritettiin dynaaminen viskositeetti sekä 135 °C:ssa sekä tehtaan itsensä määrittelemässä lämpötilassa. Näytteet on koodattu juoksevalla numerolla 1-15. Taulukoon 1. on koottu analysoidut lipeät ja niiden kuvaukset. Taulukossa 5 on mainittu työhön osallistuneet tehtaat.

Taulukko 1: Näytteet

Näyte	Kuvaus	Tehtaan valitsema lisälämpötila, °C
1	Polttolipeä soodakattilaan, sekalipeä. Koivu-%: 62 % ja havu-%: 38 %	140
2	Polttolipeä lipeäruiskulta, havulipeä	115
3	Haihduuttamolta otettu havulipeä, jossa tuhka mukana (Kuusi 70 %/mänty 30 %). Eräkeitto Ulkomainen lipeä	115
4	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	141
5	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	128
6	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	132
7	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	120
8	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	142
9	Polttolipeä, polttoon menevä havulipeä	125
10	Polttolipeä, Sekalipeä, haihduttamon 1A-yksikön jälkeen. Koivu-%: n. 60 % ja havu-%: n. 40 %	143
11	Polttolipeä soodakattilaan, sekalipeä. Koivu-%: 50 % ja havu-%: 50 %	120
12	Polttolipeä, polttoon menevä koivulipeä	125
13	Polttolipeä, lehtipuulipeä, ulkomainen	120
14	Polttolipeä, lehtipuulipeä, ulkomainen	120
15	Polttolipeä soodakattilaan, sekalipeä. Koivu-%: 10 % ja havu-%: 90 %. Eräkeitto. Ulkomainen lipeä	115

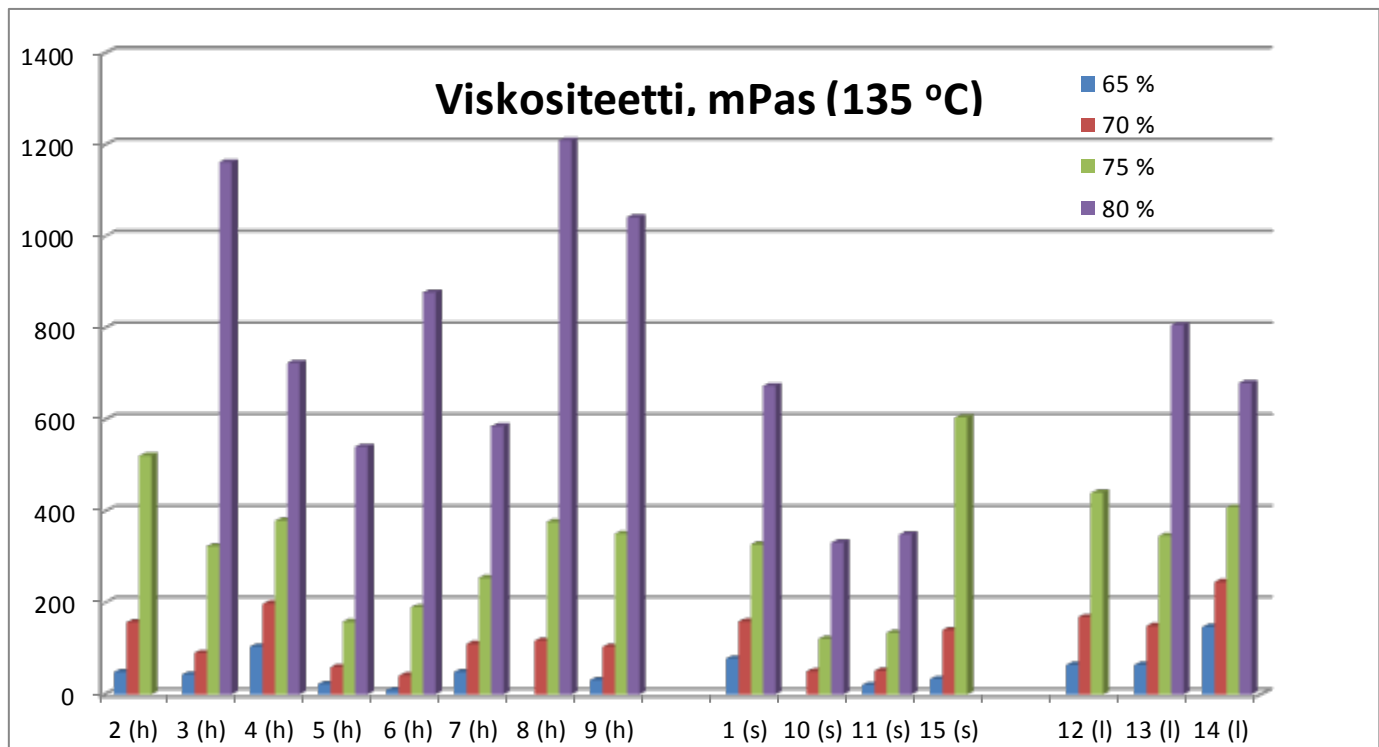
5. Tulokset

Viskositeetit mitattiin kahdessa eri lämpötilassa. Toisen lämpötilan sai tehdas määrittää itse ja toinen lämpötila oli kaikille yhteinen eli 135 °C. Kunkin näytteen viskositeettikäyrät sekä mitatut ja lasketut pisteet on esitetty sivuilla 10-39. Taulukkoon 2. on kerätty viskositeettiarvot kuiva-ainepitoisuuksilla 65 %, 70 %, 75 % ja 80 %. Tulokset on esitetty graafisesti kuvassa 4.

Taulukko 2. Viskositeetitulokset 135 °C:ssa

Tehdas	65 %	70 %	75 %	80 %
1	78	159	327	673
2	48	157	521	-
3	43	90	323	1161
4	104	198	379	723
5	22	59	158	540
6	9	41	190	877
7	48	110	254	585
8	-	117	376	1209
9	31	104	350	1041
10	-	50	121	331
11	20	51	134	349
12	64	168	440	-
13	64	149	346	806
14	147	245	408	679
15	33	140	604	-

Joillekin näytteille ei pystytty mittaamaan viskositeettia 65 %:n kuiva-aineessa, koska viskositeetti laski niin alas ettei luotettavaa lukemaa saatu. Samoin kahden näytteen kohdalla 85%:n kuiva-aineessa viskositeetti oli liian korkea.

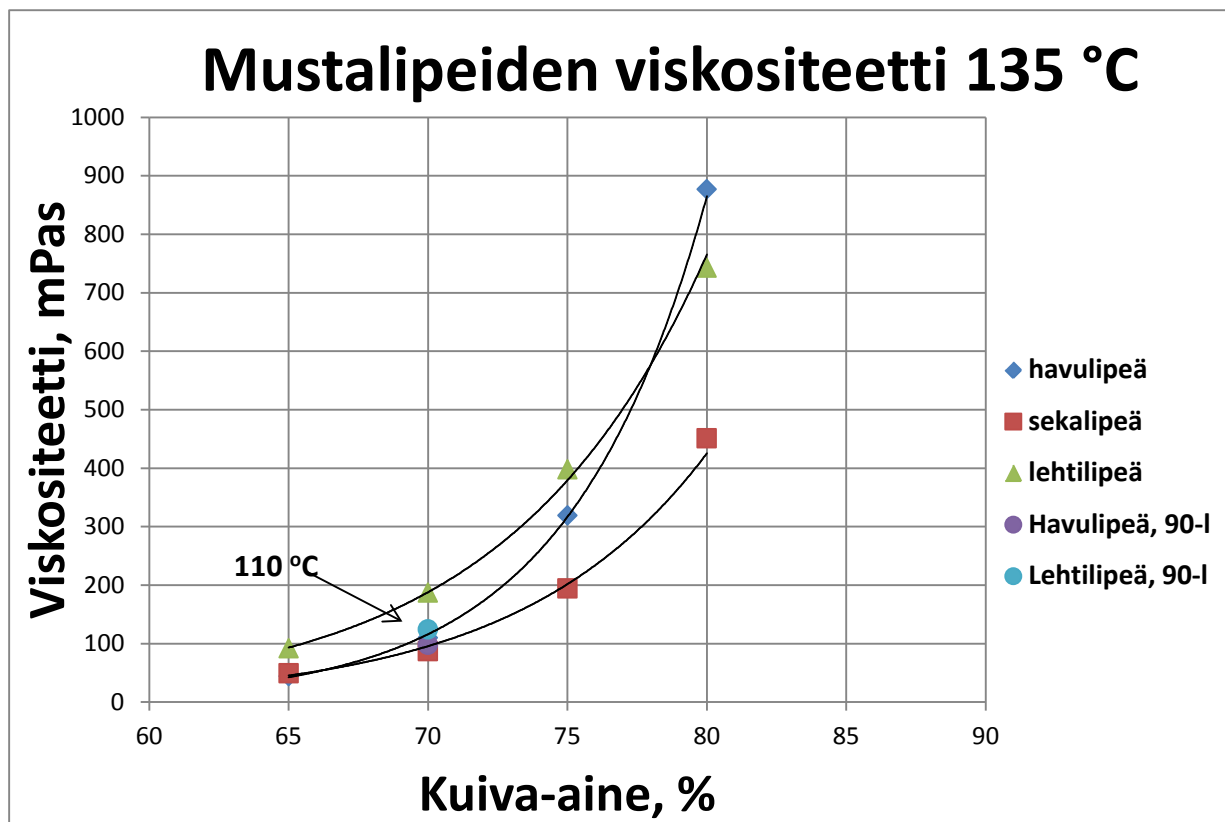


Kuva 4. Mustalipeiden viskositeetit eri kuiva-ainetasoilla (h=havulipeä, l=lehtipuulipeä ja s=sekalipeä).

Kuten taulukon 2 tuloksista sekä kuvan 4. pylväistä voi havaita, on viskositeeteissa suuria eroja. Kunkin puulajin viskositeettien keskiarvot on koottu taulukkoon 3. Taulukon 3 arvojen perusteella on piirretty viskositeettikäyrät, jotka on esitetty kuvassa 5. Kuvaan 5 on piirretty myös 1990-luvulla Soodakattilayhdistyksen toimesta teetetyn projektin ”Mustalipeän polttotekniset ominaisuudet” yhteydessä mitattujen havu- ja lehtipuulipeiden viskositeetit 70 %:n kuiva-aineessa. Pisteet näyttävät sijoittuvan suhteellisen hyvin tämän työn viskositeettikäyrästölle. On kuitenkin huomattava, että tuolloin 1990-luvulla mittauslämpötila oli 110 °C ja tällä kerralla 135 °C. Tasoero viskositeettitulosten kohdalla johtuu siitä, että mittauksiin käytetty laitteisto vaihtui vuonna 2008. Vanhojen ja uusien tulosten välille ei ole löydetty mitään selkeää korrelaatiokerrointa. Taulukossa 4 on vertailtu näiden kahden aikakauden lipeiden viskositeettiarvoja. Tämä vertailu on rajattu vain havulipeisiin, sillä lehtipuulipeiden ja sekalipeiden osuus on ollut molemmissa tutkimuksissa huomattavasti alhaisempi kuin havulipeiden. Tässä tutkimuksessa yhtäkään mustalipeää ei mitattu lämpötilassa 110 °C. Alhaisin lämpötila oli 115 °C.

Taulukko 3. Viskositeettien keskiarvot (135 °C)

Kuiva-aine, %	Viskositeetti, mPas		
	havu	seka	lehti
65	44	49	92
70	110	87	187
75	319	194	398
80	877	451	743



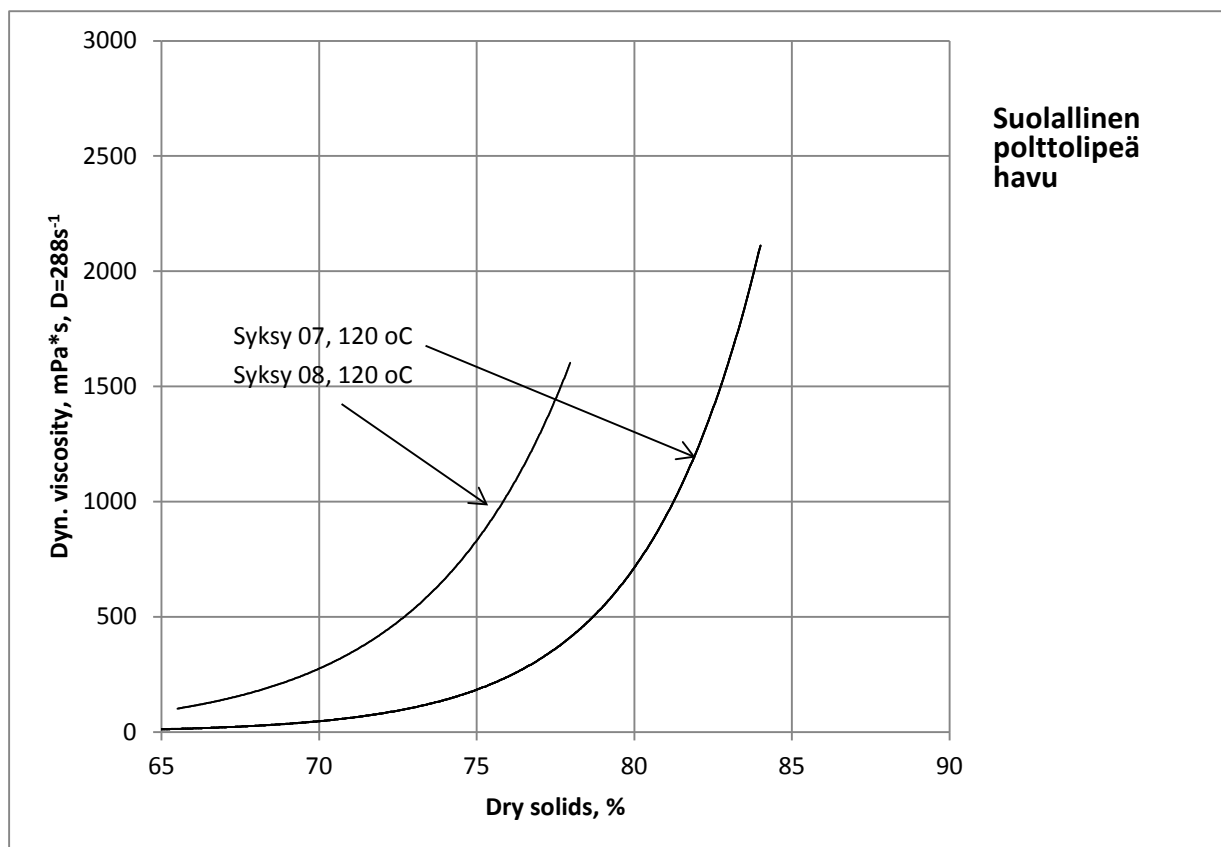
Kuva 5. Mustalipeiden viskositeetit (keskiarvo) 135 °C:ssa kuiva-aineen funktiona

Taulukko 4. Havulipeiden vertailua 1990-luvun ja tämän tutkimuksen välillä

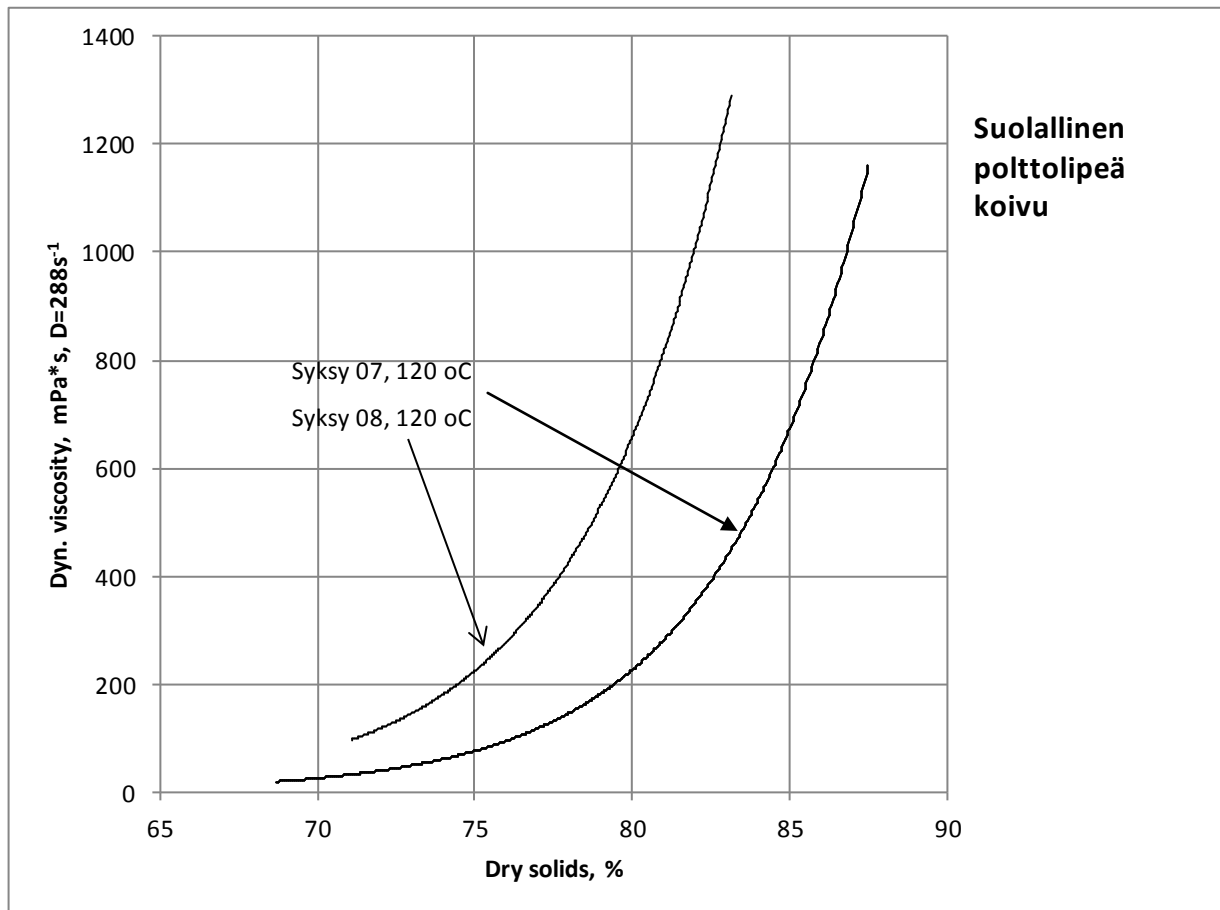
Havulipeä 1990-luku 110 °C	Havulipeä 2011 115 °C	Havulipeä 2011 135 °C
45-115 mPas Keskiarvo: 98 mPas	160-260 mPas Keskiarvo: 210 mPas	40-198 mPas Keskiarvo: 115 mPas

Kuvissa 6 ja 7 on vertailtu vanhalla ja uudella viskositeettilaitteistolla saatuja arvoja. Valitettavasti tuo vanha laitteisto hajosi niin yllättäen kesällä 2008, ettei yhdestäkään näytteestä pystytty määrittämään viskositeetteja molemmilla laitteistoilla. Tämän vuoksi alla olevissa kuvissa on vertailtu saman tehtaan mustalipeitä, jotka oli otettu syksyllä 2007 ja 2008.

On kuitenkin huomattava, että mitään yleispätevää korrelaatiota näiden kahden laitteen välille ei ole voitu osoittaa.



Kuva 6. Havulipeän viskositeetikäyrät mitattuina vanhalla (syksy 07) ja uudella (syksy 08) viskositeettilaitteistolla. Mittauslämpötila on ollut 120 °C.



Kuva 7. Koivulipeän viskositeettikäyrät mitattuina vanhalla (syksy 07) ja uudella (syksy 08) viskositeettilaitteistolla. Mittauslämpötila on ollut 120 °C.

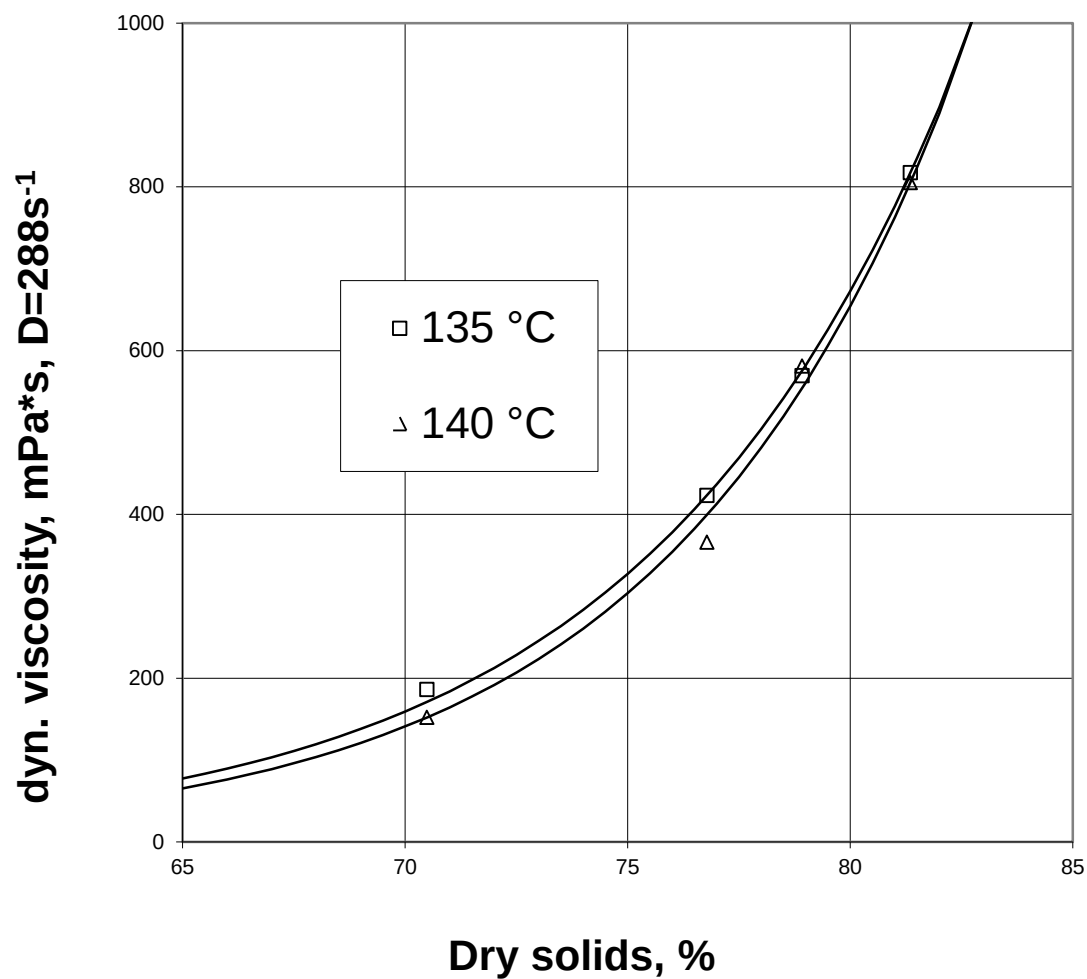
6. Viskositeettikäyrät, mitatut ja lasketut viskositeettiarvot

Taulukossa 5 on mainittu kaikki tutkimuksessa mukana olleet lipeät sekä tehtaat. Kunkin lipeän viskositeettikäyrä sekä mitatut ja lasketut viskositeettiarvot käyvät ilmi oheisista kuvista ja taulukoista.

Taulukko 5. Lipeiden koodiavain

Näyte	Tehdas
1	Stora Enso/Veitsiluoto, sekalipeä
2	Stora Enso/Oulu, havulipeä
3	Ulkomainen havulipeä
4	Metsä-Botnia/Joutseno, havulipeä
5	Metsä-Botnia/Äänekoski, havulipeä
6	Metsä-Botnia/Rauma, havulipeä
7	Metsä-Botnia/Kemi, havulipeä
8	UPM/Pietarsaari, havulipeä
9	Sunila, havulipeä
10	UPM/Kymi, sekalipeä
11	Stora Enso/Imatra, sekalipeä
12	Metsä-Botnia/Äänekoski, koivulipeä
13	Ulkomainen lehtipuulipeä
14	Ulkomainen lehtipuulipeä
15	Ulkomainen sekalipeä

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 1.
Polttolipeä, Sekalipeä 1.2.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 1. Polttoliipeä, Sekaliipeä 1.2.2011
Analysis Time: 2-3.4.2011 / KML

Viscosity values

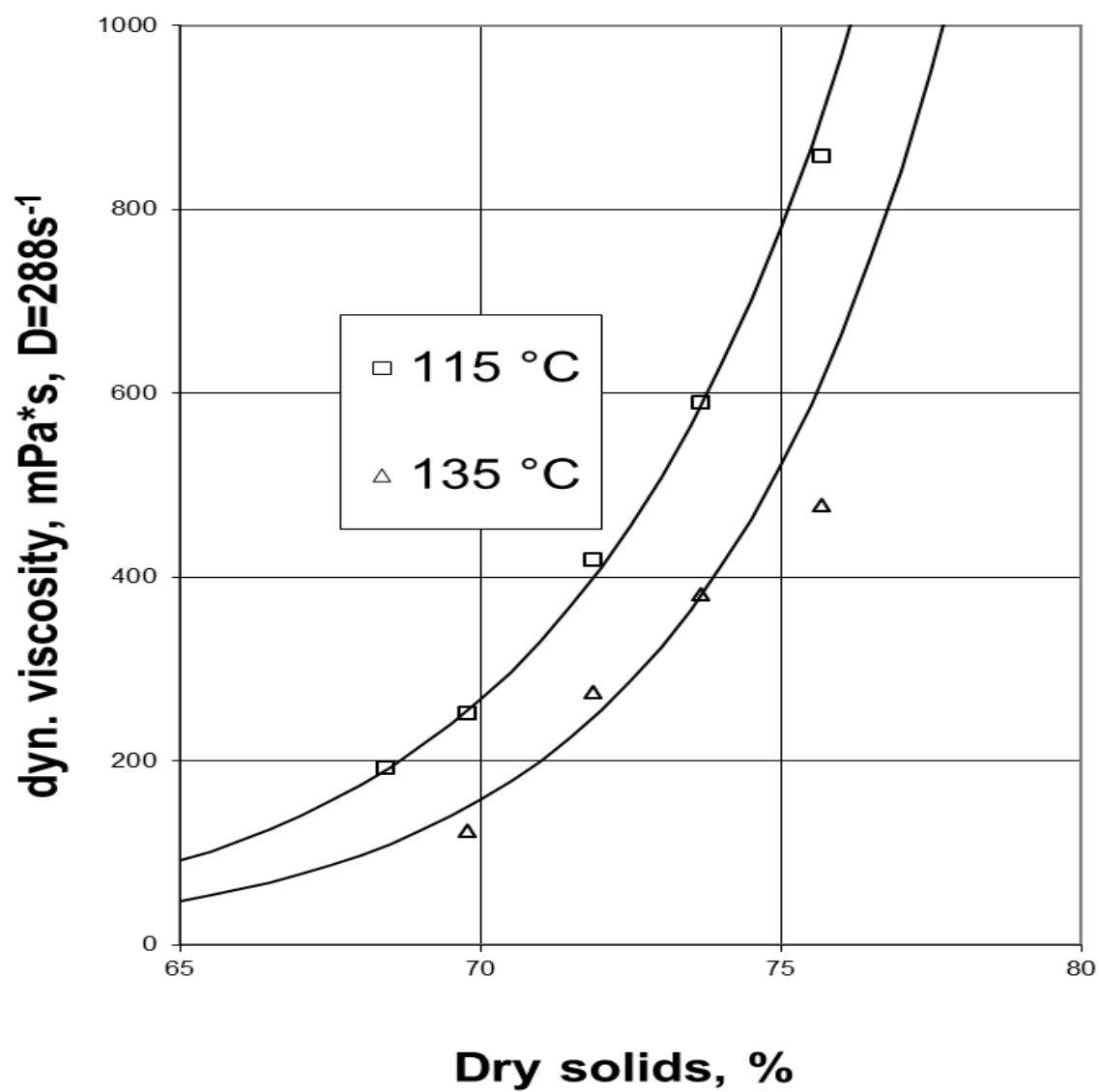
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	135° C	140°C
70,49	186	152
76,78	423	366
78,92	569	581
81,35	817	805

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	135°C	140°C
65	78	65
66	90	76
67	103	89
68	119	104
69	138	121
70	159	141
71	184	164
72	212	192
73	245	223
74	283	261
75	327	304
76	378	354
77	437	413
78	504	481
79	582	561
80	673	654

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 2
Polttoliipeä, Havu 14.1.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 2: Polttoliipeä 14.1.2011 (Havu)
Analysis Time: 28-30.3.2011 / KML

Viscosity values

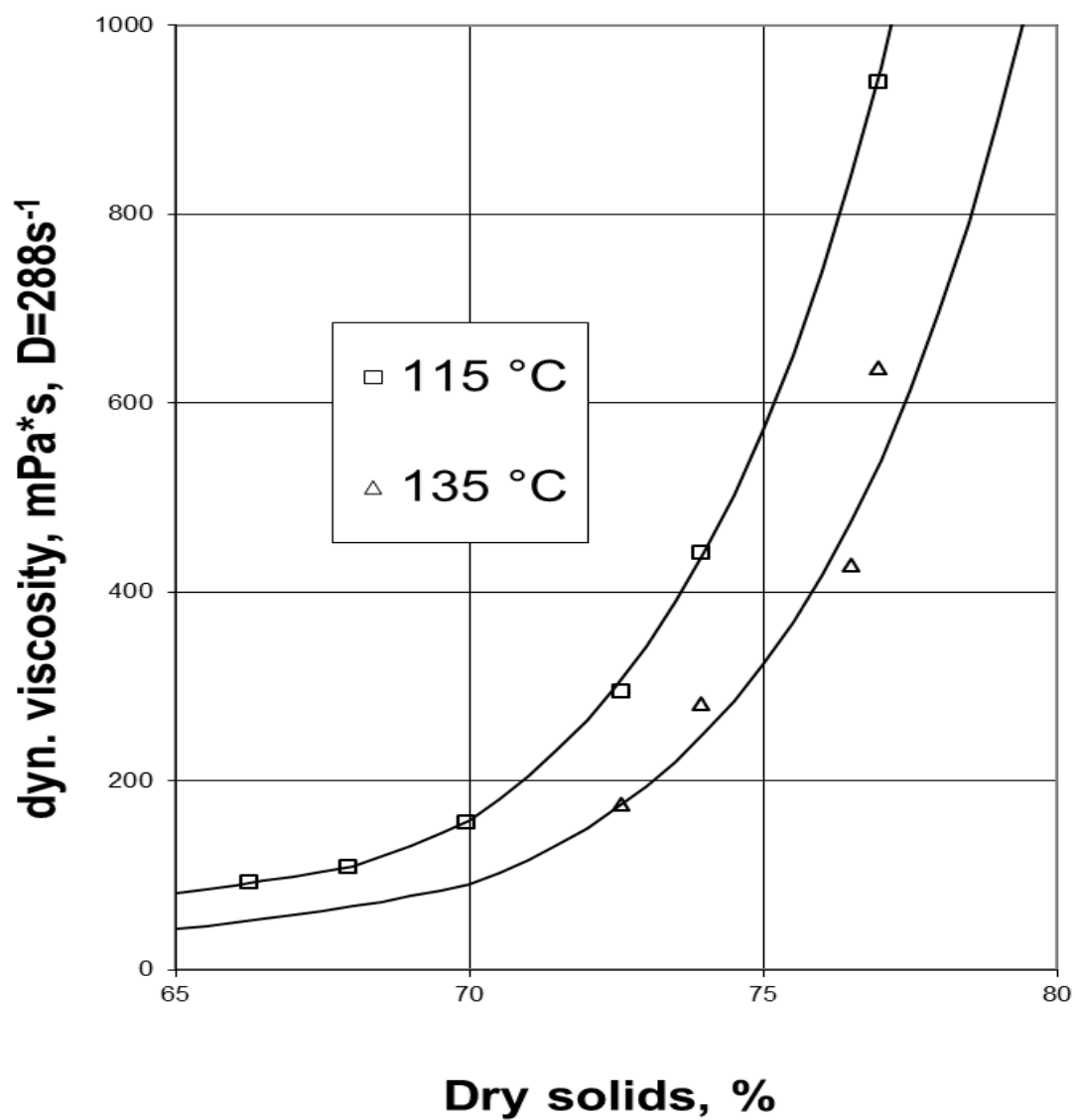
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	115° C	135°C
68,43	192	
69,79	252	124
71,88	419	274
73,69	590	381
75,68	858	477

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	115°C	135°C
65	91	48
66	113	60
67	140	77
68	174	97
69	215	124
70	267	157
71	330	200
72	409	254
73	507	323
74	629	410
75	779	521
76	965	663
77	1196	842
78	0	1070

**Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 3.
Ulkomainen havulipeä**



Orderer: Suomen
Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 3: Ulkomainen havulipeä
Analysis Time: 8-13.9.2011/KML

Viscosity values

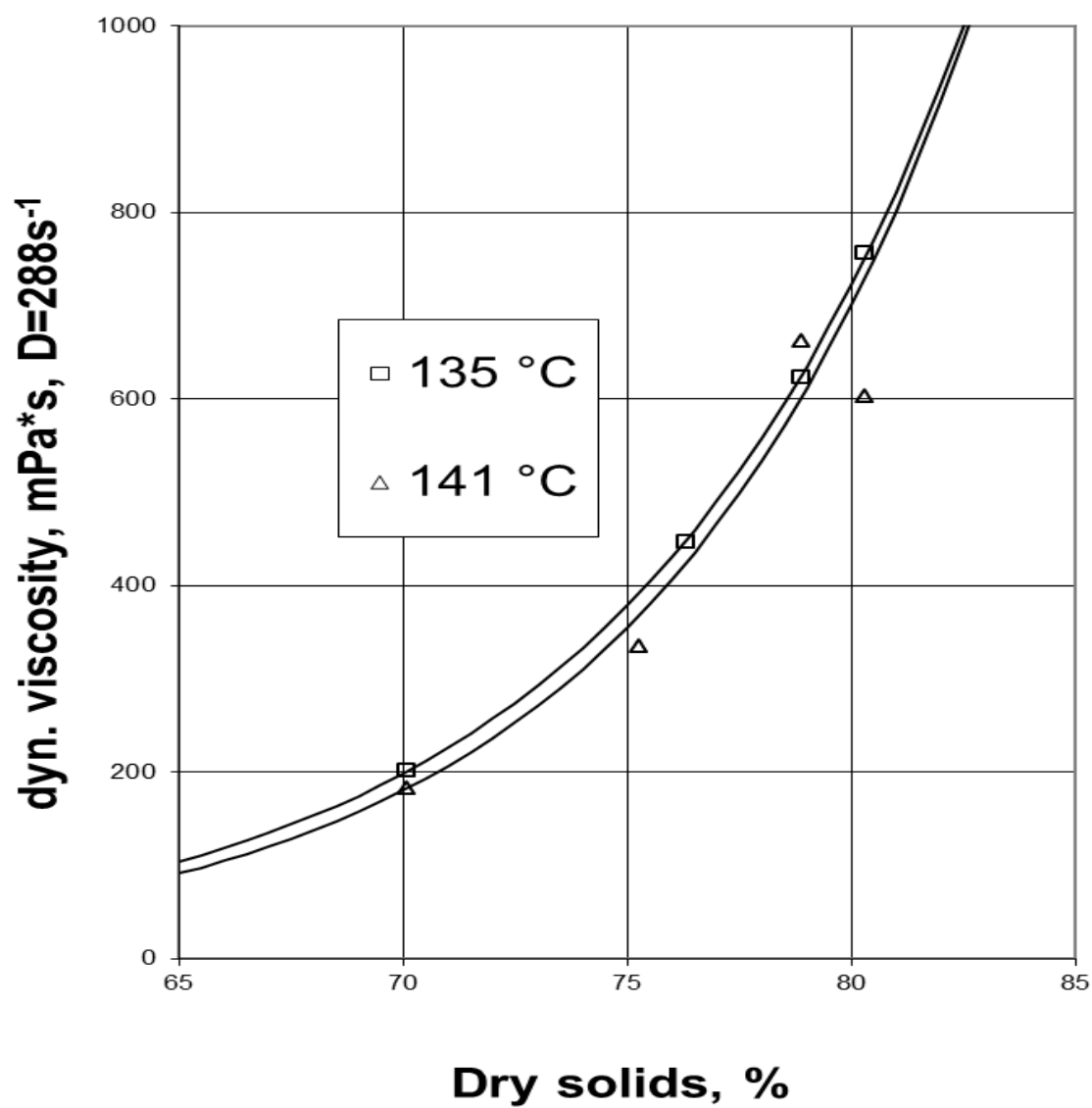
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	115° C	135°C
66,27	92	
67,95	109	
69,96	156	
72,60	294	175
73,94	441	281
76,50		428
76,96	939	636

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	115°C	135°C
65	81	43
66	90	50
67	99	58
68	110	67
69	131	78
70	157	90
71	205	116
72	265	150
73	342	194
74	442	250
75	572	323
76	739	418
77	955	539
78	1235	696
79		899
80		1161

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 4.
Polttolipeä, havu



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 4: Polttolipeä, Havu
Analysis Time: 5-7.4.2011 / KML

Viscosity values

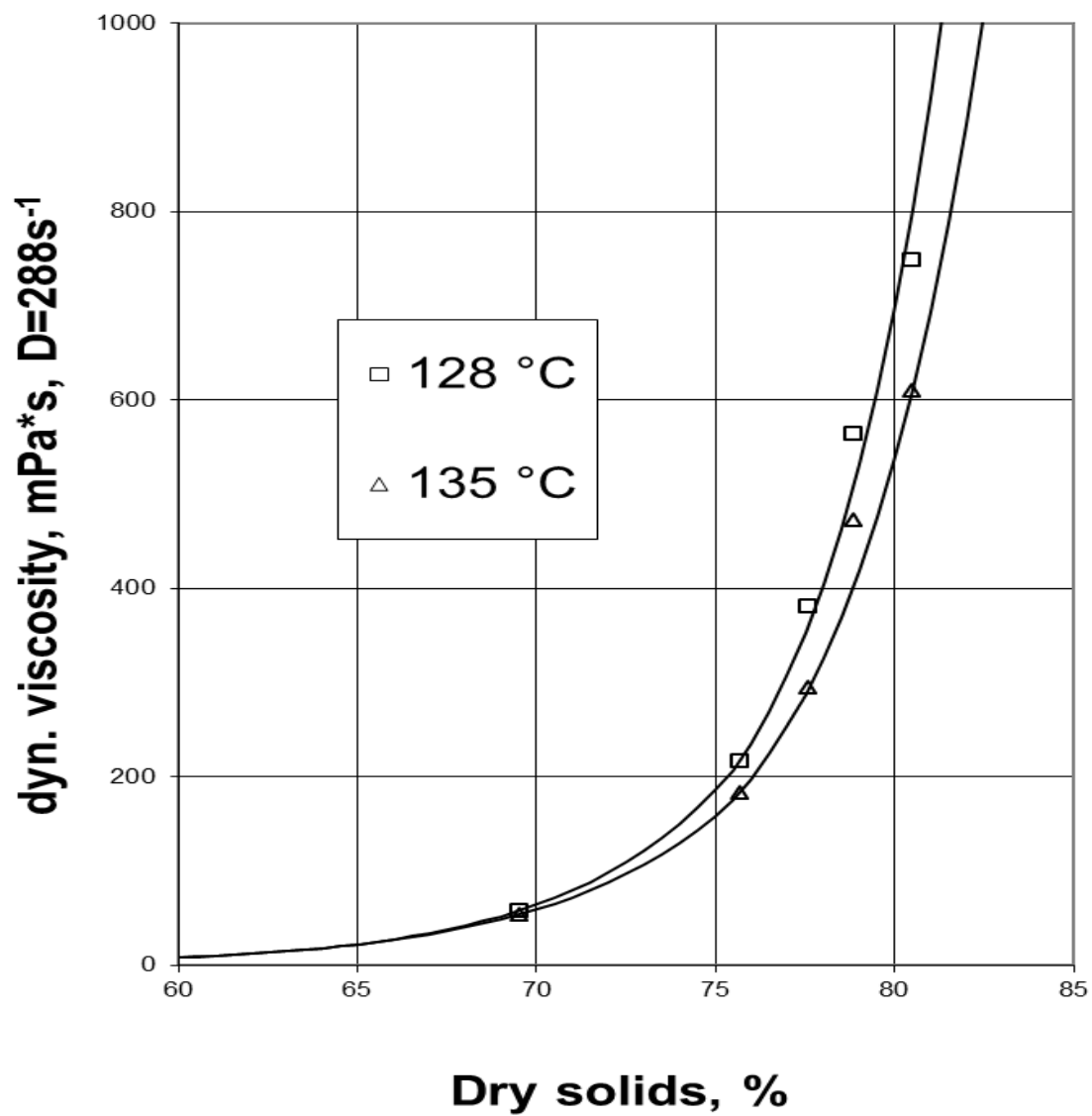
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	135° C	141°C
70,08	201	182
75,26		335
76,31	447	
78,90	623	662
80,29	756	603

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	135°C	141°C
65	104	91
66	118	105
67	135	120
68	153	137
69	174	157
70	198	180
71	226	206
72	257	236
73	292	271
74	333	310
75	379	355
76	431	407
77	490	466
78	558	534
79	635	611
80	723	700
81	822	802
82	936	918
83	1065	1052

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 5
Polttoliipeä havu 17.1.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 5: Polttolipeä havu 17.1.2011
Analysis Time: 12-13.9.2011 / KML

Viscosity values

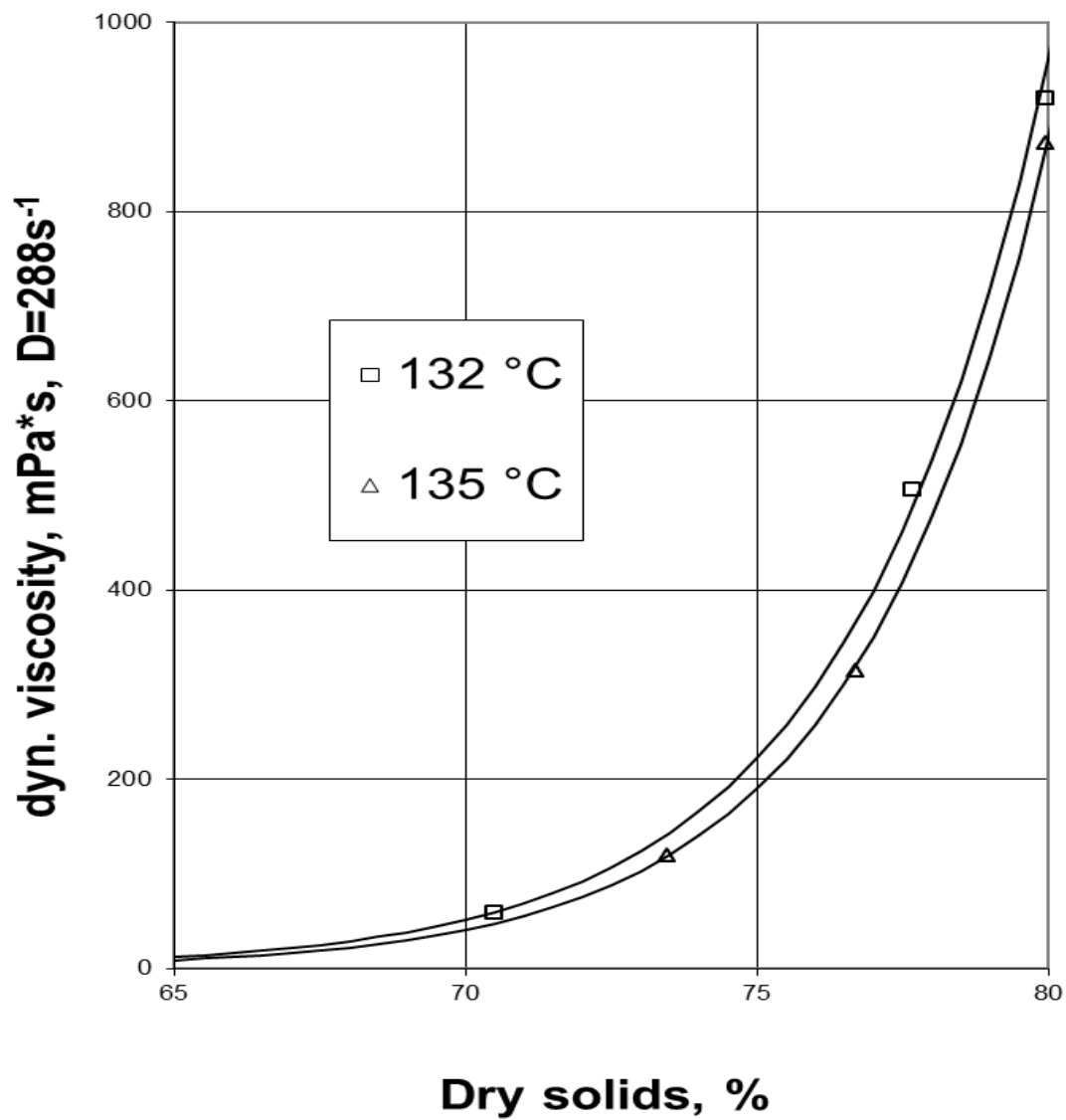
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa s	
	128° C	135°C
69,52	58	54
75,71	216	182
77,57	380	295
78,85	564	472
80,50	748	610

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa s	
	128°C	135°C
60	8	8
61	9	10
62	12	12
63	15	15
64	18	18
65	22	22
66	27	27
67	34	33
68	42	40
69	52	49
70	64	59
71	79	72
72	98	88
73	121	107
74	150	130
75	186	158
76	234	197
77	308	253
78	405	326
79	532	419
80	700	540
81	921	694
82	1211	893
83		1149

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 6.
Polttoliipeä 5.4.2011, Havu



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 6: Polttoliipeä 5.4.2011, Havu
Analysis Time: 16-18.5.2011 / KML

Viscosity values

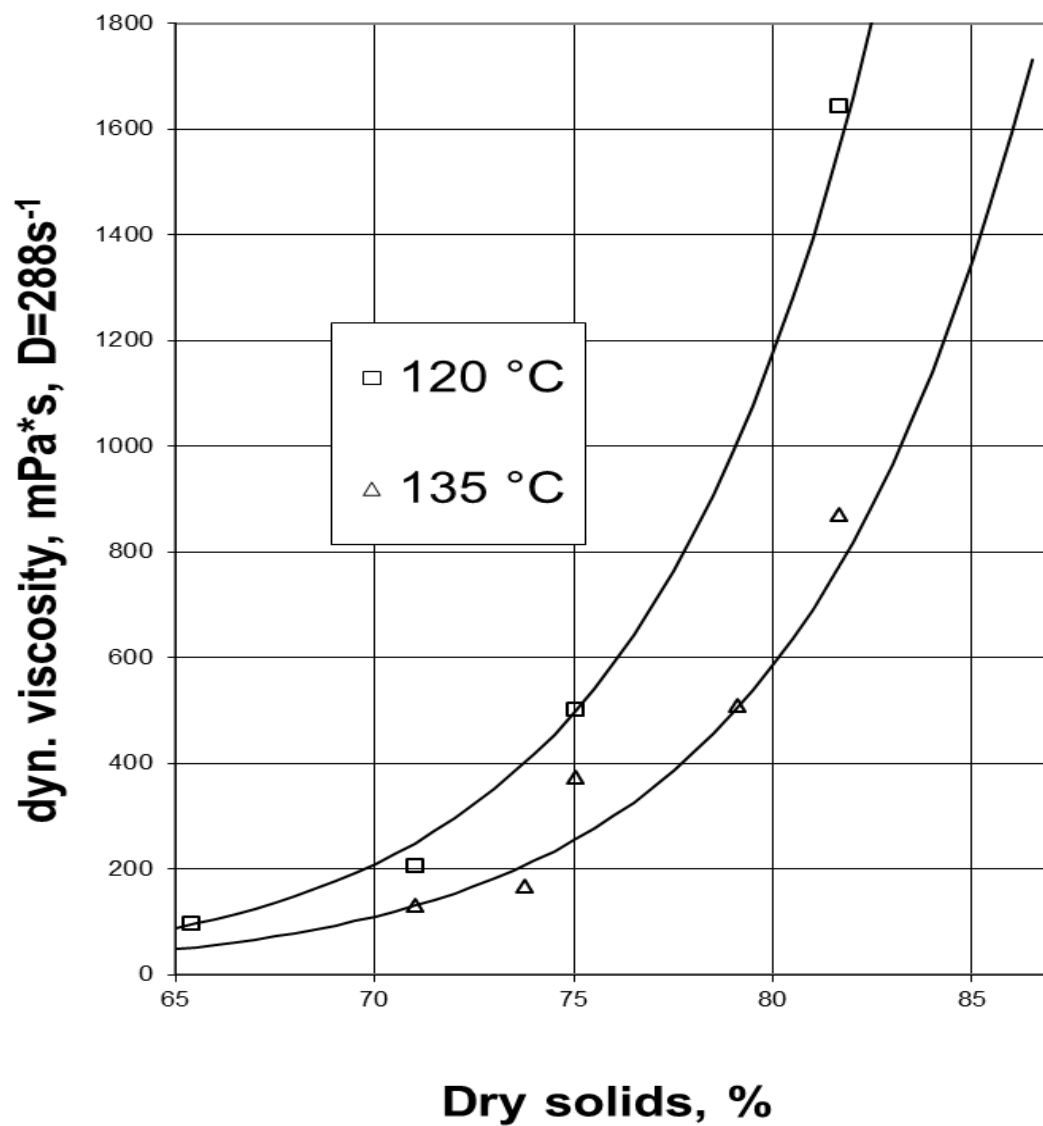
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	132° C	135°C
70,50	59	
73,45		119
76,70		315
77,67	506	
79,96	920	872

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	132°C	135°C
65	12	9
66	16	12
67	21	16
68	29	22
69	38	30
70	51	41
71	69	56
72	92	76
73	124	103
74	166	140
75	222	190
76	298	258
77	399	350
78	535	475
79	717	646
80	960	877
81	1287	1190

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 7.
Polttoliipeä, Havu 8.2.11



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 7: Polttoliipeä, Havu 8.2.2011
Analysis Time: 7-12.4.2011 / KML

Viscosity values

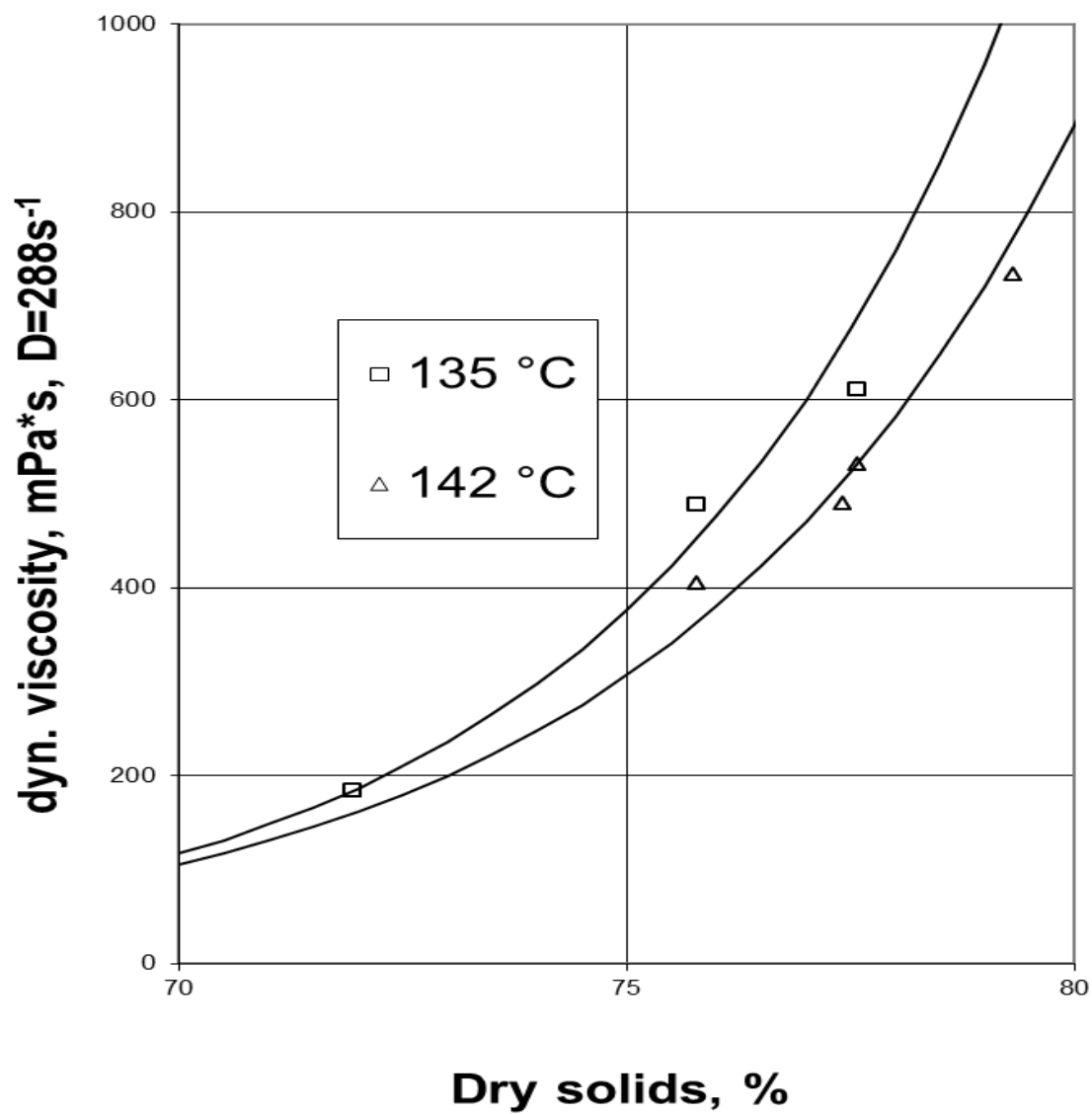
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	120° C	135°C
71,03	205	131
73,78		167
75,05	500	373
79,14		507
81,66	1643	870

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	120°C	135°C
60	37	21
61	44	25
62	53	29
63	63	34
64	74	41
65	88	48
66	105	57
67	125	67
68	148	79
69	176	93
70	209	110
71	249	130
72	295	154
73	351	182
74	417	215
75	496	254
76	589	300
77	700	355
78	832	419
79	988	495
80	1174	585
81	1395	692
82	1658	817
83	1970	965

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 8.
Polttoliipeä, Havu 4.2.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 8: Polttoliipeä, Havu 4.2.2011
Analysis Time: 28-29.9.2011 / KML

Viscosity values

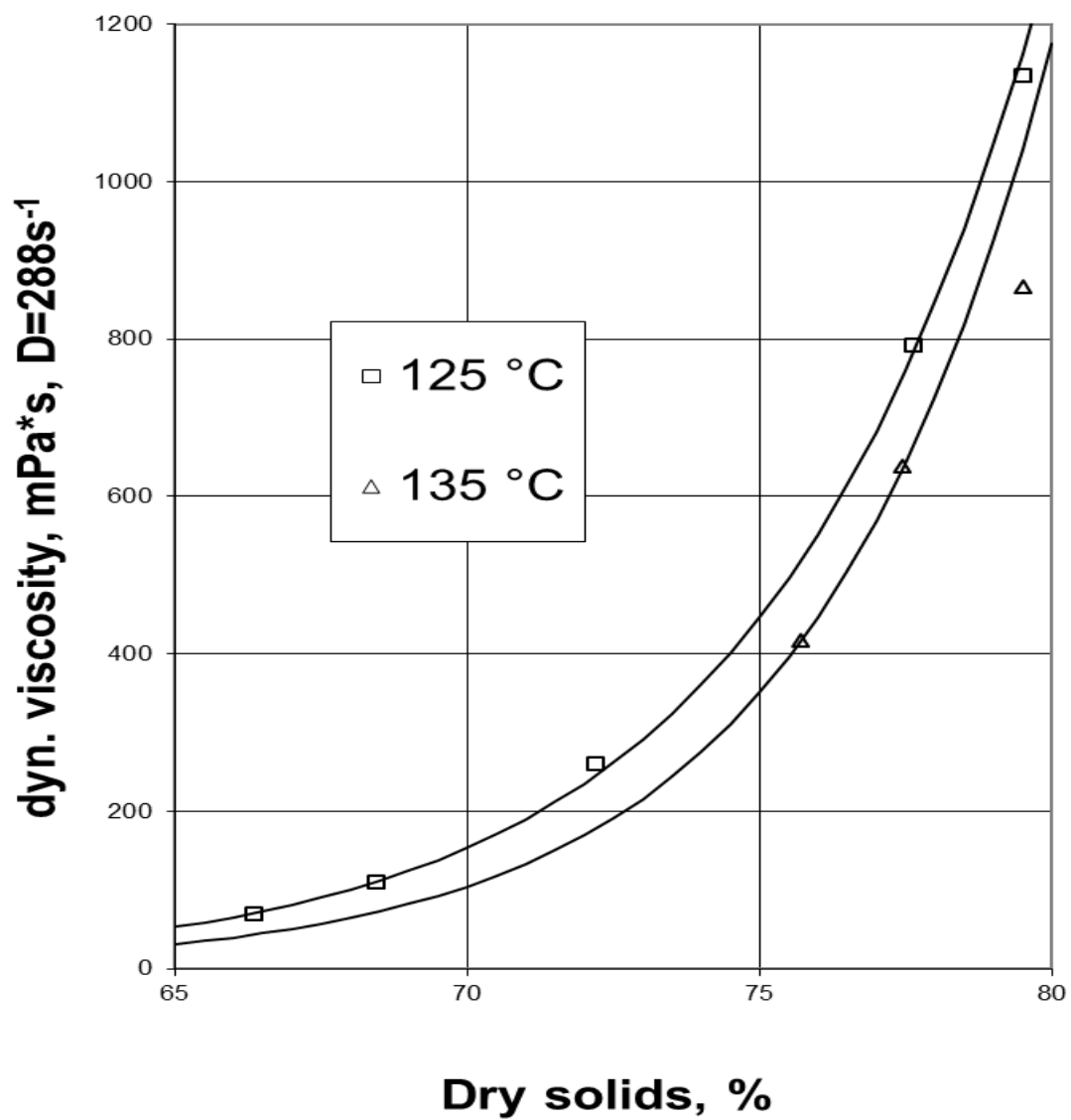
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	135° C	142°C
71,94	184	
75,78	489	405
77,41		490
77,58	611	532
79,32		734

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	135°C	142°C
70	117	105
71	148	130
72	187	162
73	236	200
74	298	248
75	376	307
76	475	380
77	600	470
78	758	582
79	957	721
80	1209	892
81		1105

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 9.
Polttoliipeä, Havu 9.2.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 9: Polttoliipeä, Havu 9.2.2011
Analysis Time: 3-6.4.2011 / KML

Viscosity values

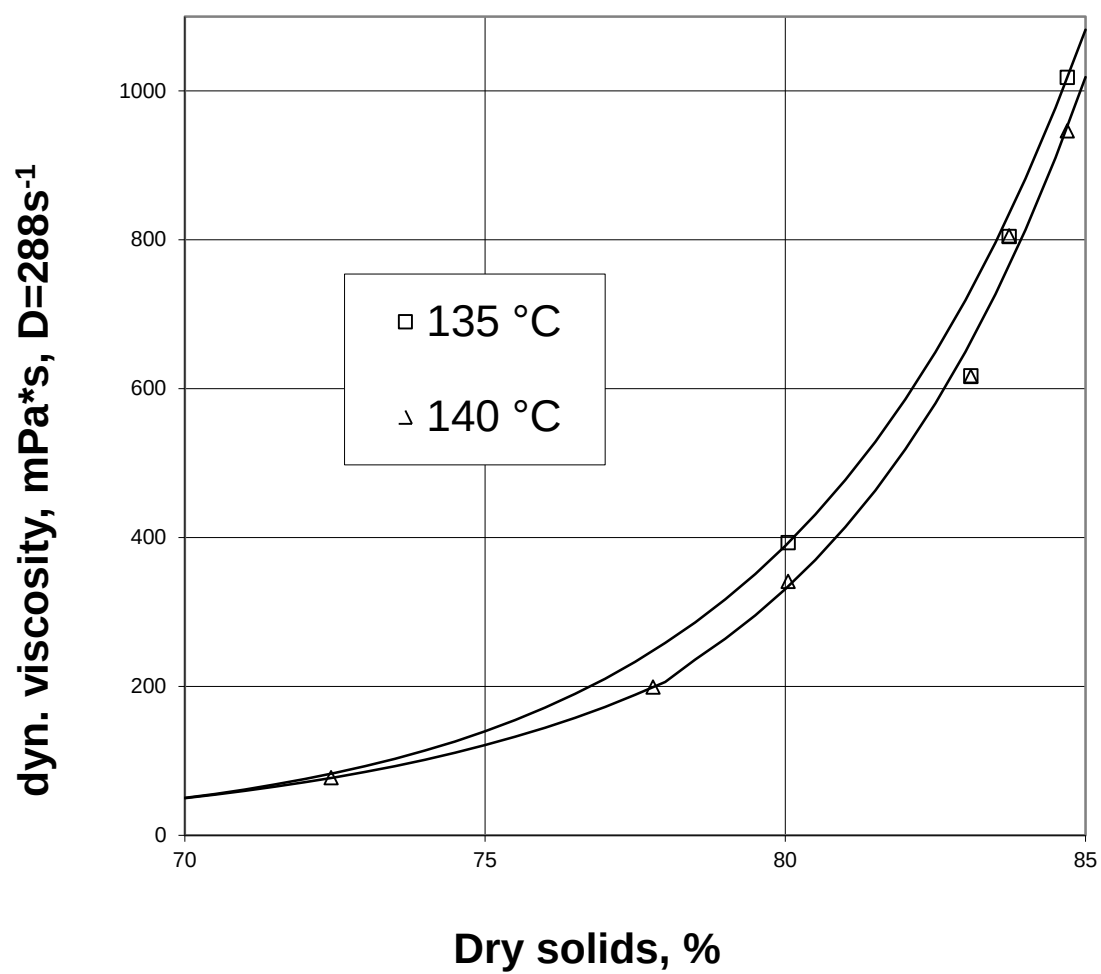
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	125° C	135°C
66,37	69	
68,46	110	
72,21	260	
75,72		417
77,66	791	
77,47		637
79,52	1134	866

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	125°C	135°C
65	53	31
66	66	40
67	81	50
68	100	64
69	124	82
70	154	104
71	190	133
72	235	169
73	291	216
74	360	275
75	446	350
76	552	446
77	683	568
78	845	724
79	1045	923
80	0	1041

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 10.
Polttoliipeä, Sekalipeä 31.1.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 10: Polttoliipeä, Sekaliipeä 31.1.2011
Analysis Time: 31.1-2.4.2011/KML

Viscosity values

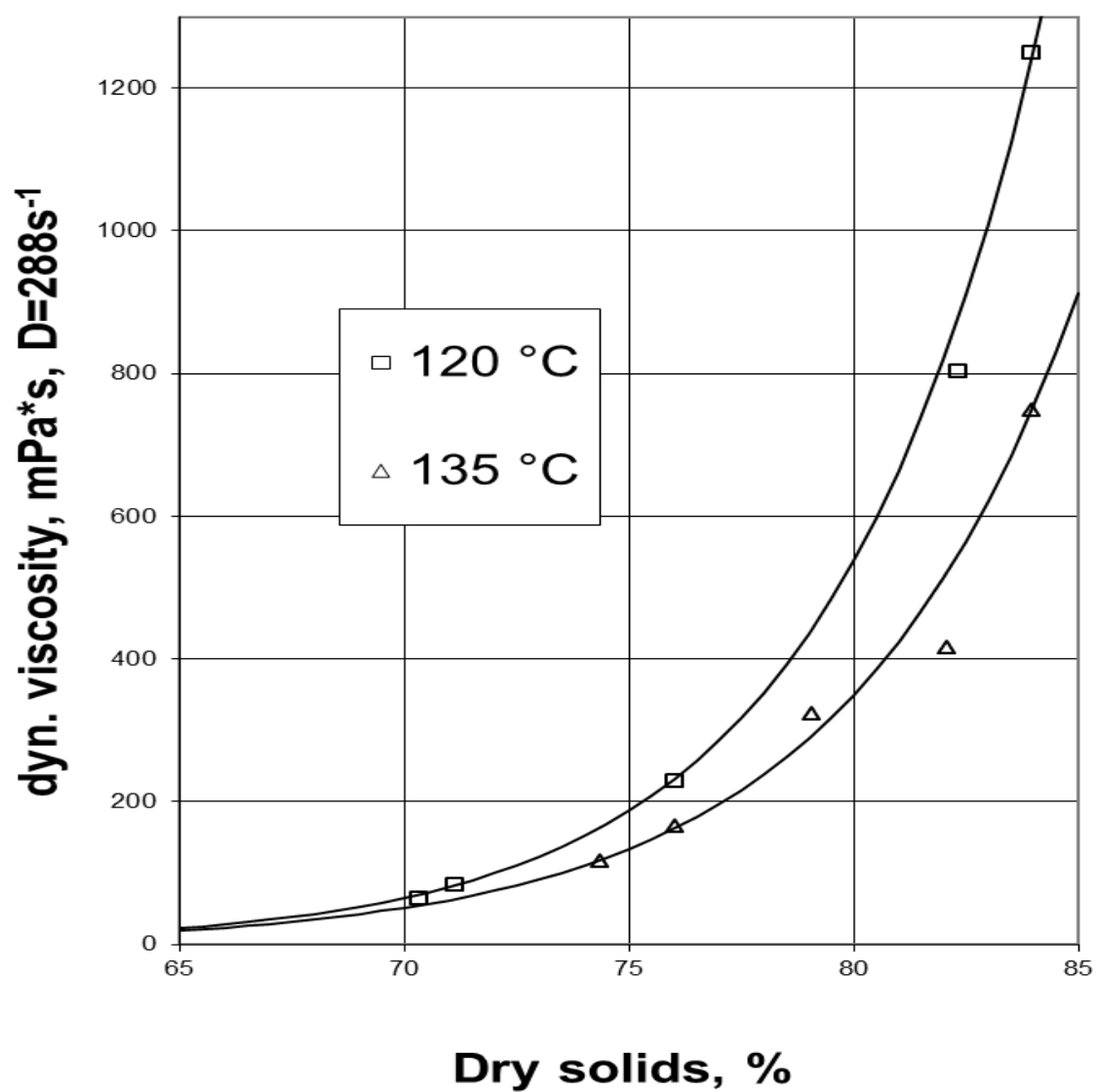
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	135° C	143°C
72,44		77
77,80		199
80,05	393	341
83,09	617	616
83,73	804	805
84,70	1018	946

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	135°C	143°C
70	50	50
71	62	60
72	76	71
73	93	85
74	114	102
75	140	121
76	172	145
77	211	173
78	258	206
79	317	264
80	389	331
81	477	414
82	586	519
83	719	649
84	882	813
85	1082	1018

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 11.
Polttoliipeä, Sekaliipeä 22.2.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 11: Polttoliipeä, Sekaliipeä 22.2.2011
Analysis Time: 9-12.5.2011 / KML

Viscosity values

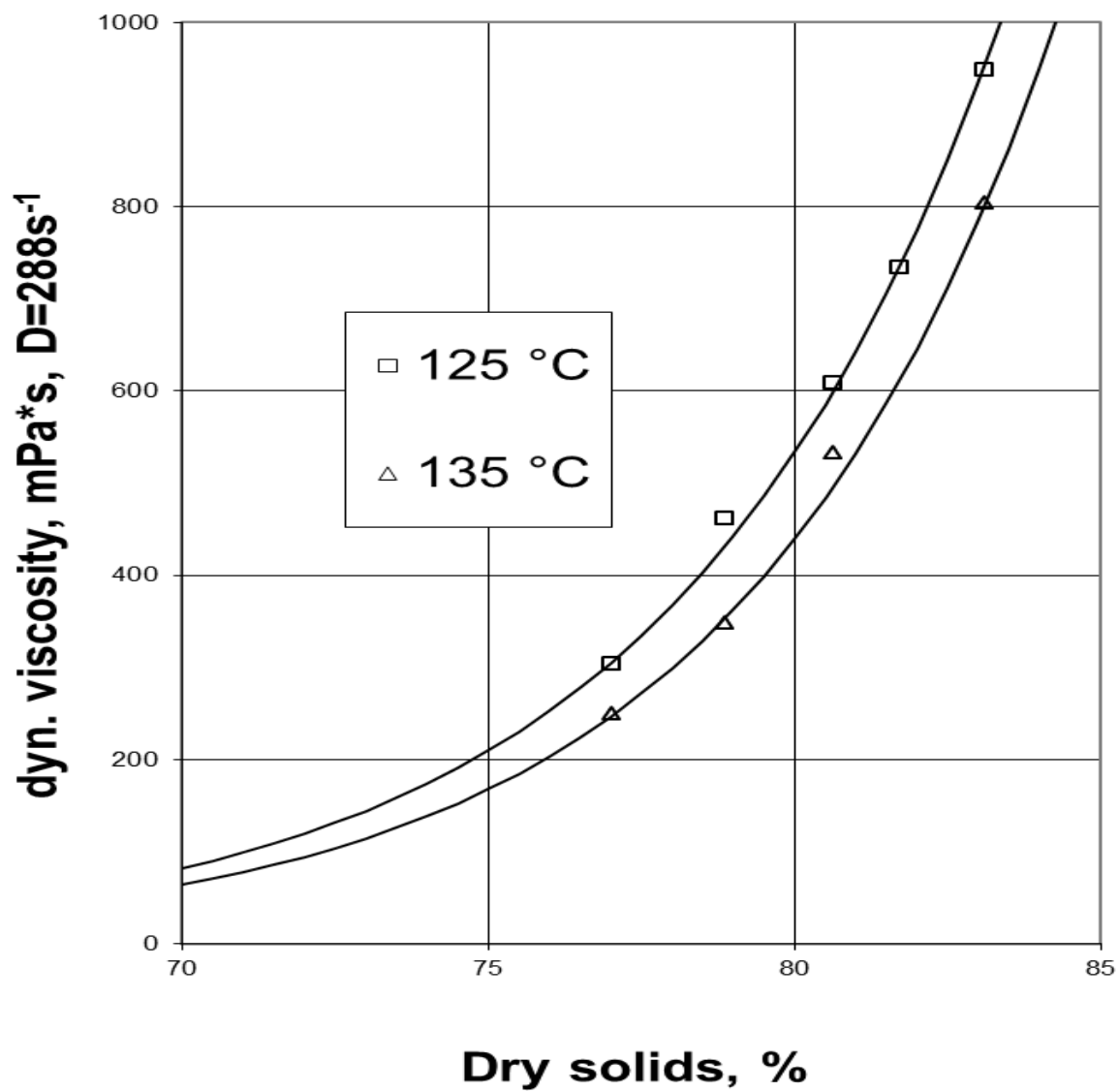
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	120° C	135°C
70,35	65	
71,15	84	
74,36		117
76,01	229	165
79,06		323
82,33	803	
82,07		416
83,98	1249	748

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	120°C	135°C
60	8	8
61	10	9
62	12	11
63	15	13
64	18	16
65	23	20
66	28	24
67	35	29
68	43	35
69	53	42
70	65	51
71	81	62
72	100	75
73	123	91
74	152	111
75	188	134
76	231	162
77	286	197
78	353	238
79	435	288
80	538	349
81	664	423
82	819	513
83	1011	621
84	1248	753
85	1541	

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 12.
Polttolipeä, Koivu 20.1.2011



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 12: Polttoliipeä, Koivu 20.1.2011
Analysis Time: 21.-26.9.2011 / TPK

Viscosity values

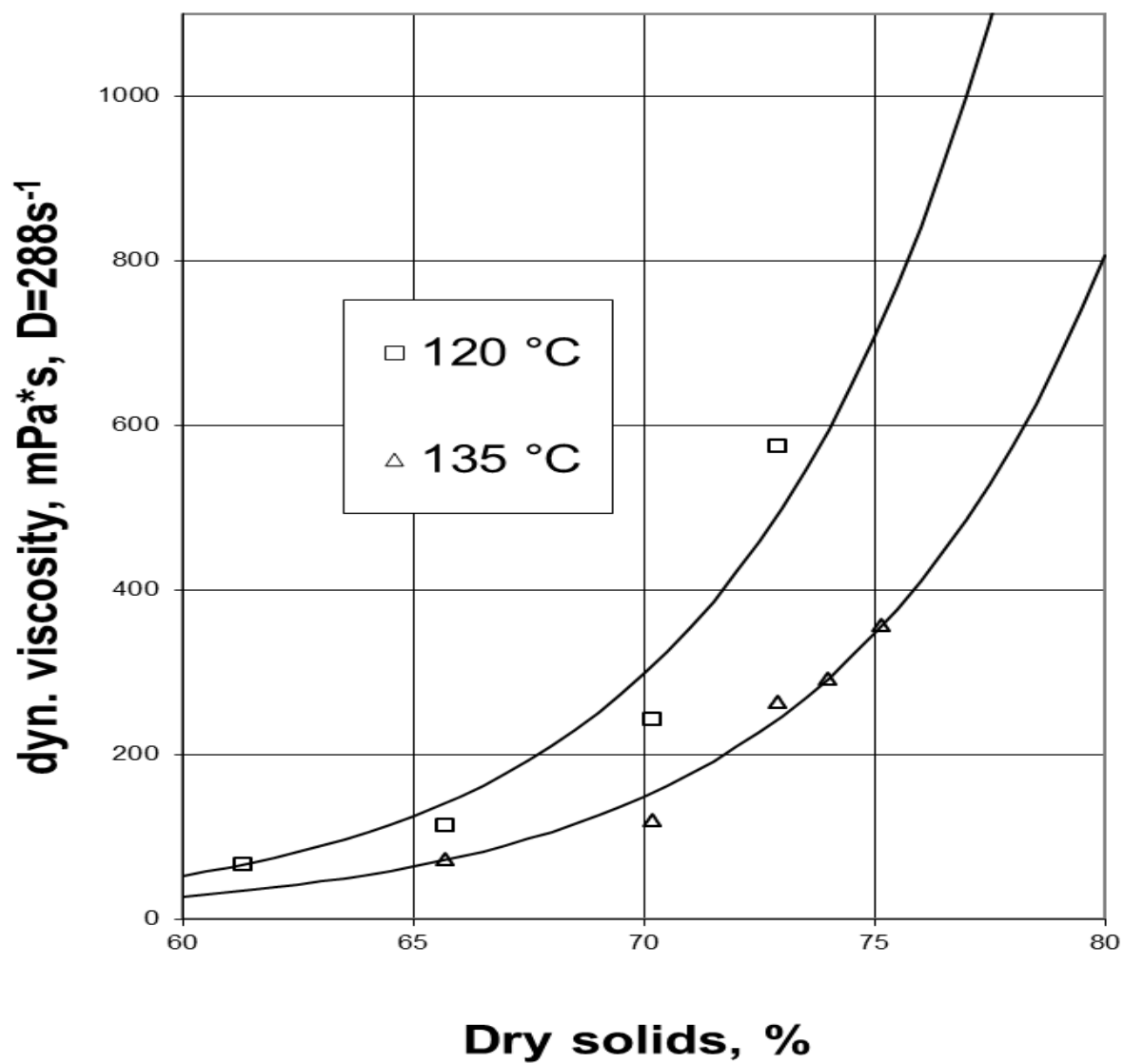
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa·s	
	125° C	135°C
77,01	304	250
78,88	461	349
80,63	608	533
81,73	734	
83,11	948	804

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa·s	
	125°C	135°C
70	83	64
71	100	78
72	120	94
73	145	114
74	174	139
75	210	168
76	253	204
77	305	247
78	367	299
79	443	363
80	533	440
81	643	533
82	775	646
83	934	783

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 13.
Polttoliipeä, Lehtipuulipeä



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 13: Polttoliipeä, Lehtipuulipeä
Analysis Time: 2-7.9.2011 / TPK, KML

Viscosity values

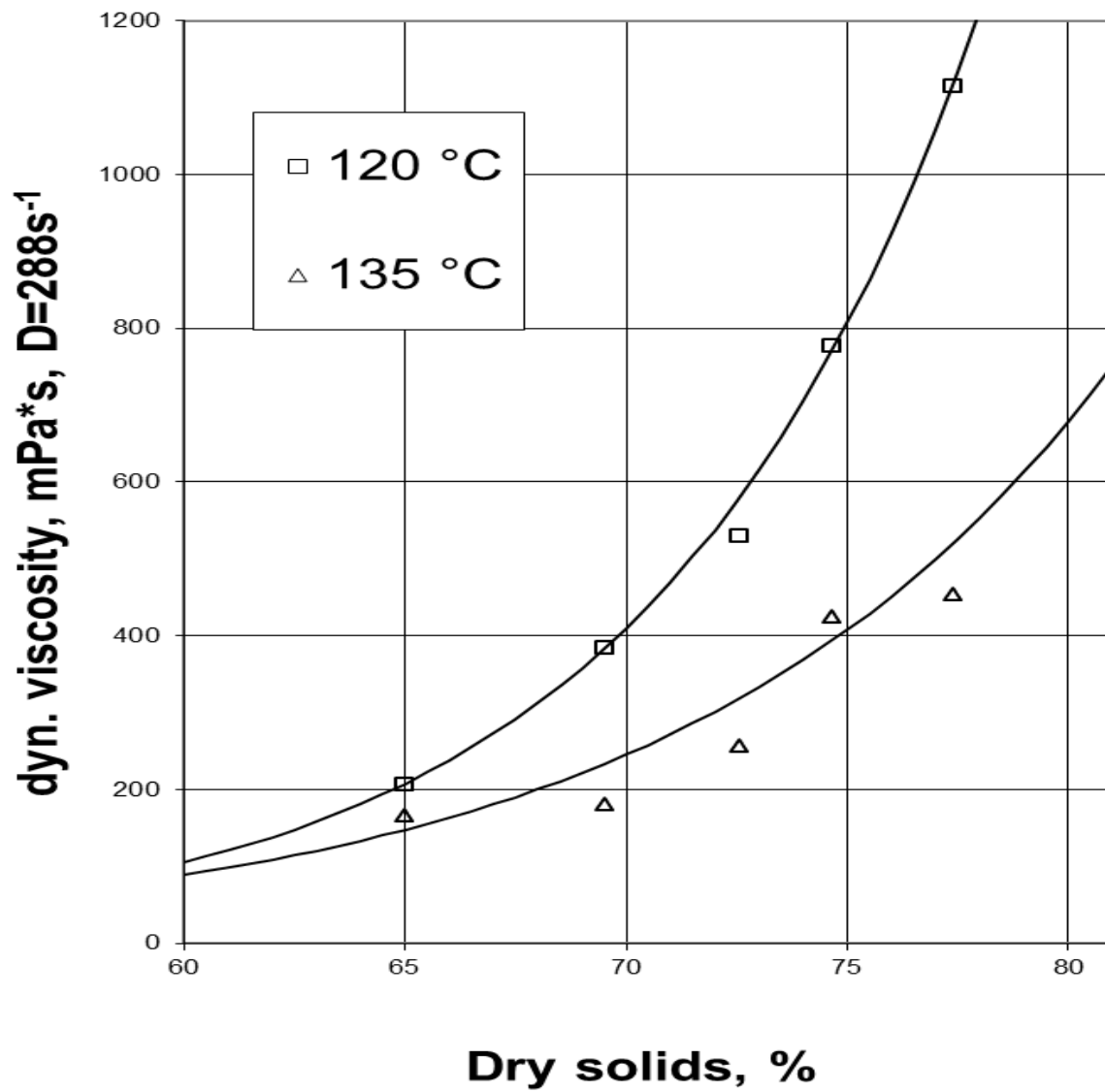
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	120° C	135°C
61,30	66	
65,71	113	72
70,19	242	120
72,93	574	263
73,99		292
75,17		356

B. Calculated values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	120°C	135°C
60	53	27
61	63	32
62	75	38
63	89	46
64	105	54
65	125	64
66	149	76
67	177	90
68	210	106
69	250	126
70	297	149
71	354	176
72	421	208
73	500	247
74	594	292
75	707	346
76	840	410
77	999	485
78	1188	575
79		680
80		806

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 14.
Polttoliipeä, Lehtipuu



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 14: polttoliipeä, Lehtipuu
Analysis Time: 25-27.10.2011/ KML

Viscosity values

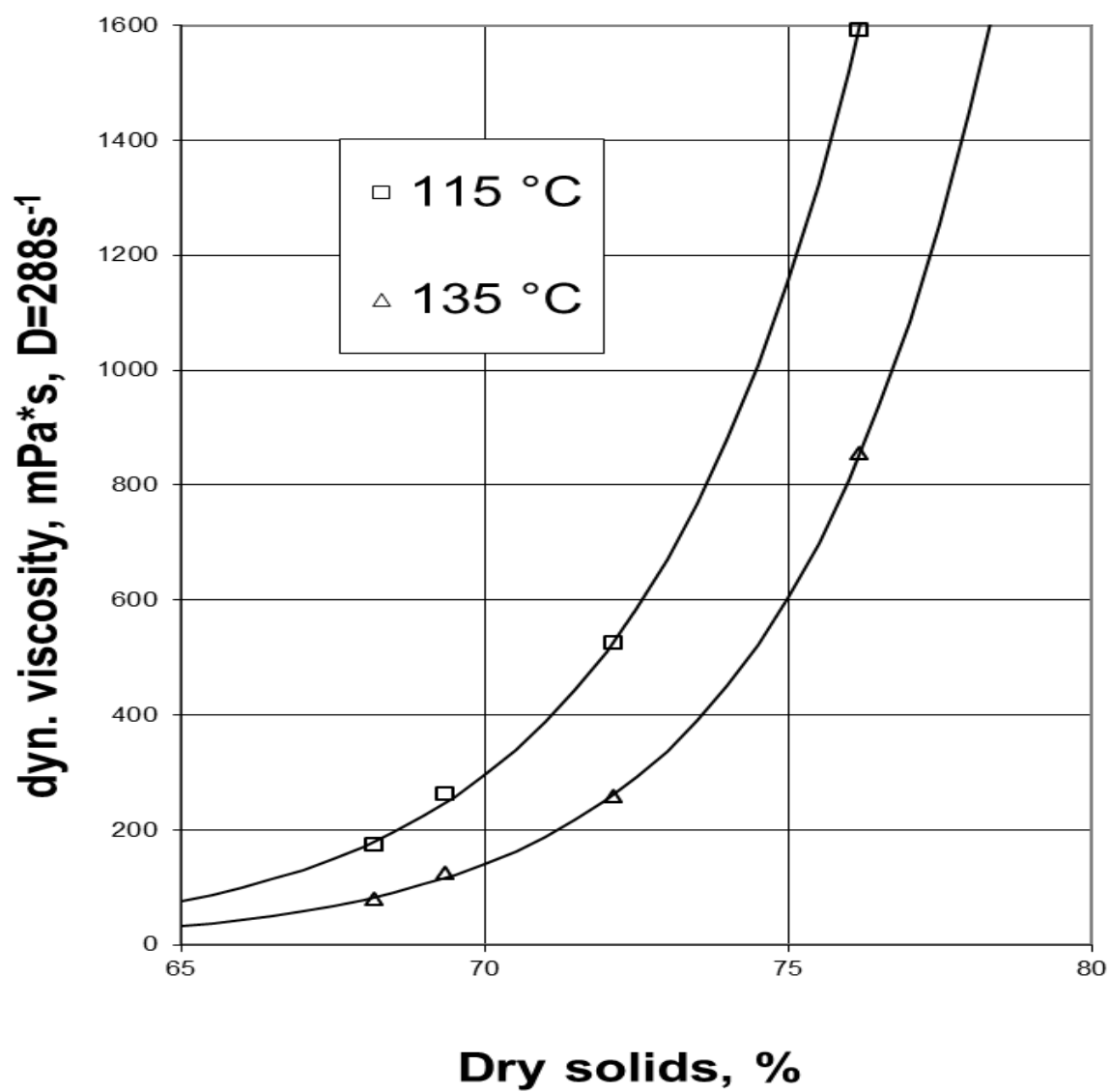
A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	120° C	135°C
64,98	207	166
69,53	384	181
72,58	530	256
74,66	776	424
77,41	1114	453

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	120°C	135°C
60	105	89
61	121	98
62	138	109
63	158	120
64	181	133
65	208	147
66	238	163
67	273	181
68	312	200
69	358	221
70	410	245
71	469	271
72	537	301
73	615	333
74	705	368
75	807	408
76	925	452
77	1059	500
78	1213	554
79		613
80		679

Suomen Soodakattilayhdistys
Näyte 15.
Polttoliipeä, Sekaliipeä



Orderer: Suomen
 Soodakattilayhdistys
Sample: Näyte 15: Polttoliipeä, Sekaliipeä
Analysis Time: 8-13.12.2011/KML

Viscosity values

A. Measured values

Dry solids, %	Viscosity, mPa's	
	115° C	135°C
68,20	173	79
69,37	263	125
72,14	526	258
76,19	1592	854

B. Calculated values

Dry solids	Viscosity, mPa's	
	115°C	135°C
64	57	
65	75	33
66	99	44
67	130	58
68	171	78
69	225	105
70	295	140
71	388	188
72	510	252
73	670	337
74	880	451
75	1156	604
76	1519	809
77		1084