

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto

2/1976

SEULONTATULOKSIA ALGOL-HAKKURIN HAKKEESTA

Markku Mäkelä

Helsinki 1976-10-25

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian osasto

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Yleistä	1
11. Algol-hakkuri	1
12. Näytteiden otto ja käsittely	2
13. Seulontatulosten luotettavuus	2
2. Seulontatuloksia	6
21. Kuitupuu	6
22. Karsittu ranka	9
23. Kokopuu	10
24. Hakkuutähde	11
3. Yhteenveto	12

Hakkuutähdeprojektin metsäryhmä

1976-10-25

SEULONTATULOKSIA ALGOL-HAKKURIN HAKKEESTA

1. YLEISTÄ

11. Algol-hakkuri

Algol-hakkuri on Osakeyhtiö Algol Aktiebolagin ja Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n hakkuutähdeprojektin yhteistyössä suunnittelema ja Algolin rakentama monikäyttö-hakkuri.

Haketusyksikön peruskoneena on Valmet 880 K kuormatraktori, jonka kuormatilaan on kääntökehälle asennettu rumpuhakkuri syöttölaitteineen sekä erillinen käyttömoottori. Hakkuria syötetään kuormatraktorin katolla olevalla liukupuomikuormaimella.

Algol-hakkurin suunnittelussa on otettu huomioon, että vaikein haketettava tavara monikäyttöhakkurilla on oleva hakkuutähteet. Siksi hakkurin eri osien mitoitus on määritetty nimenomaan hakkuutähteiden mukaan. Suunnittelussa on kuitenkin koko ajan pidetty mielessä sitä tosiasiaa, että tärkein ja suurin käyttökohde tällaisille hakkureille on ainakin lähitulevaisuudessa kokopuut.

12. Näytteiden otto ja käsittely

Haketetusta tavarasta otettiin seulontanäytteet erilliseen laatikkoon, auton lavalle tai maahan puhalletusta hakkeesta. Jokaisesta erästä otettiin kaksi erillistä näytettä, joiden keskiarvot esitetään myöhemmin seulontatuloksissa.

Hakenäytteet seulottiin Metsäntutkimuslaitoksessa sekä reikä- (pituusjakautuma) että rakoseulalla (paksuusjakautuma). Näytteen koko oli reikäseulonnassa 15 ja rakoseulonnassa 7,5 litraa. Seulonta-aika oli kullakin näytteellä 5 minuuttia. Seulontatulokset on esitetty tuorepainosta laskettuina palakokojakautumina.

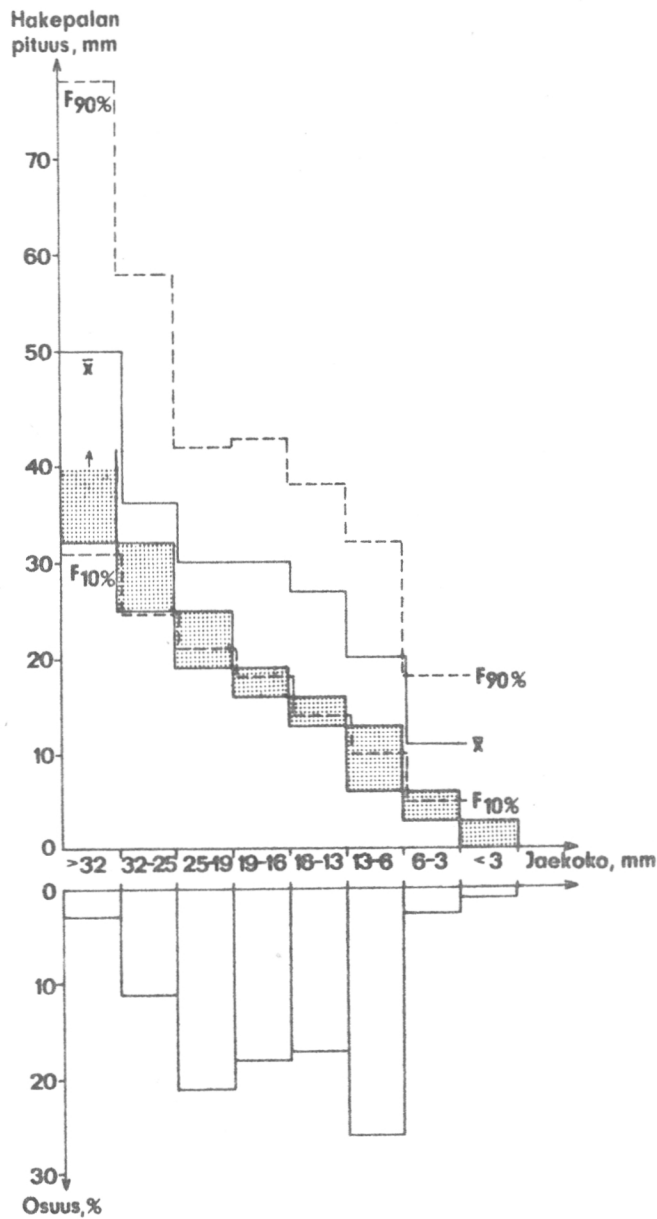
13. Seulontatulosten luotettavuus

Seulonnan suoritus (määrä ja kesto) sekä laitteisto olivat sovittujen standardien mukaiset (SAUKKONEN, 1971, Hakkeen näytteenotto- ja laatuanalyysimenetelmät, Keskuslaboratorio Oy, Seloste n:o 1045). Koeseulonta ei anna kuitenkaan pituusjakautumasta oikeaa tulosta, sillä reikäseulonnassa esiintyy varsin runsaasti hakepalojen ns. sukeltamista, kun kapeat palaset luiskahtavat seulan reijistä niiden pituutta huomattavasti pienempiin jaekokoihin.

Tämän virheen suuruuden määrittämiseksi mitattiin erään seulontaerän (kuitupuu terävillä terillä) hakepalasten todelliset syynsuuntaiset pituudet reikäseulontajakeittain. Mittauksen tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa ja kuvassa 1.

Seulottu jaekoko (pituus), mm	Hakepalojen mitatut pituudet, mm		
	\bar{x}	vaihteluväli	F90%...F10%
> 32	50	86...28	78...31
32...25	36	105...21	58...25
25...19	30	90...17	42...21
19...16	30	84...10	43...18
16...13	27	86...10	38...14
13... 6	20	70... 5	32...10
6... 3	11	29... 2	18... 5
< 3

Kuva 1. Seulotun ja mitatun pituusjakautuman välinen ero sekä (alinn) seulontajakautuma.



Kuvassa 1 on tummennettu jokaisessa jaekoossa ne pituudet, joita seulonnan mukaan kaikkien kyseiseen jakeeseen kuuluvien hakepalojen pitäisi olla. Ylempi katkoviiva (F 90 %) esittää pituutta, jota lyhyempiä oli 90 % kaikista paloista. Viiva - \bar{x} on palojen pituuden keskiarvo ja alempi katkoviivat (F 10 %) esittää pituutta, jota pitempiä oli 90 % jakeen paloista.

Mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta hakepalojen todellisten syynsuuntaisten pituuksien olevan huomattavasti suuremmat kuin niiden seulonnan mukaan pitäisi olla. Palojen pituuksien keskiarvot olivat 8 - 14 mm suuremmat kuin sen seulan reikäkoko, jolle ne seulonnassa asettuivat ja 4 - 11 mm pitemmät kuin sen seulan reikäkoko, jonka lävitse ne viimeiseksi menivät. Vasta mitattujen pituuksien F 10 % -käyrä (90 % pituuksista tätä suurempia) on seulonnan edellyttämällä pituusalueella. Edellä esitetty osoittaa, että seulonnan antama pituusjakautuma on varsin virheellinen.

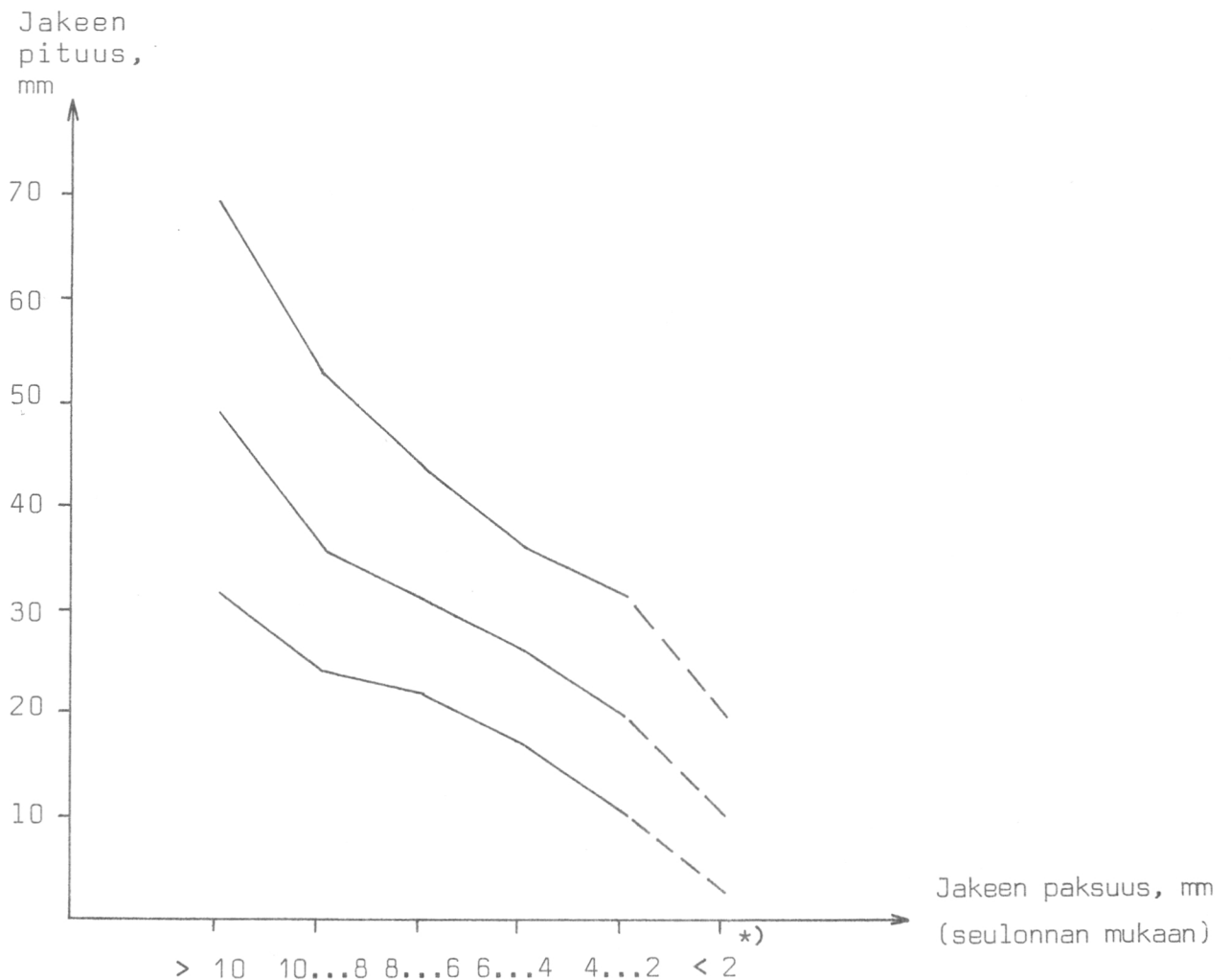
Pituusseulontatuloksen sisältämä virhe on syytä pitää mielessä jatkossa esiteltäviä tuloksia tarkasteltaessa. Vaikka pituusjakautumatulokset eivät vastaa absoluuttista totuutta voitaneen niitä silti pitää kelvollisina saman hakkurin hakkeen keskenäisissä vertailuissa.

Hakepalojen paksuuden ja pituuden välisen riippuvuuden selvittämiseksi mitattiin rakoseulalla seulottujen jakeiden hakepalsten syynsuuntaiset pituudet samasta hake-erästä, josta mitattiin hakepalsten todelliset pituudet. Mittauksessa saatiin seuraavat tulokset (taulukko), jotka on esitetty myös graafisesti kuvassa 2.

Seulottu jakeen koko (paksuus), mm	Hakepalojen mitatut pituudet, mm		
	\bar{x}	vaihteluväli	F90%...F10%
> 10	48	105...19	69...32
10... 8	36	89...13	53...24
8... 6	31	81...12	43...22
6... 4	26	78... 5	36...17
4... 2	20	54... 4	31...10
< 2 ^{*)}	10	31... 1	19... 3

*) Pienimpiä palasia (=purua) poistettiin ennen pituuden mittausta 20 % jakeen kokonaispainosta.

Kuva 2. Hakepalojen paksuuden ja pituuden välinen riippuvuus.



*) Pienimpiä palasia (=purua) poistettiin ennen pituuden mittausta 20 % jakeen kokonaispainosta.

Mittauksen tulokset osoittavat, että mitä paksummat hakepalaset ovat, sitä suurempi on myös niiden keskimääräinen pituus. Lyhyet palaset ovat keskittyneet varsin selvästi paksuudeltaan alle 2 mm:n jakeeseen. Seuraavaksi suuremmassa, eli paksuudeltaan 2-4 mm:n jakeessa on keskimääräinen pituus 20 mm ja yli 90 % sen kaikkista paloista on 10 mm:ä pitempiä.

2. SEULONTATULOKSIA

21. Kuitupuu

Kuitupuun haketuksessa selvitettiin hakkurin syöttön nopeuden, hakettavan puun paksuuden sekä terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakautumaan.

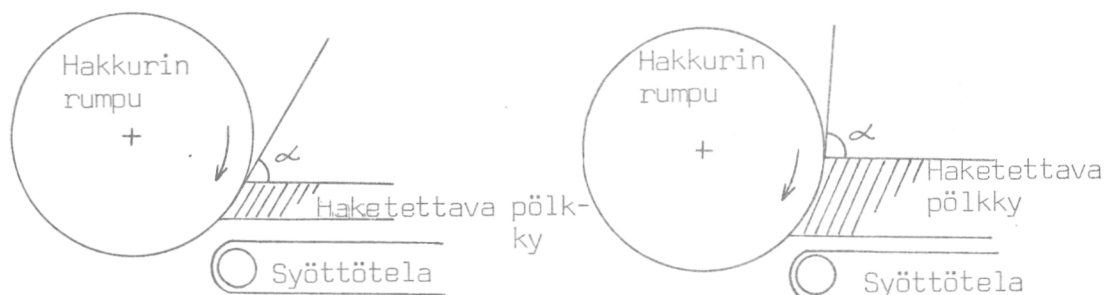
Syöttönopeuden vaikutusta selvitetessä hakettiin 7, 15 ja 22 m/min syöttönopeudella neljän 11 - 17 cm:n kuusi-kuitupuupölkyn haketuserä. Puut olivat olleet pinossa ennen haketusta 5 - 6 kuukautta, joten ne olivat verraten kuivia ja osittain halkeilleita.

Puun koon vaikutusta hakkeen palakokojakautumaan tutkittiin hakettamalla neljä suurikokoista kuitupuuta (suurimman läpimitta yli 30 cm) syöttönopeudella 22 m/min. Hakenäytteiden seulonnasta saatiin seuraavat tulokset:

Pituusjakautuma					Paksuusjakautuma				
Jaekoko, mm	syöttönopeus, m/min				Jaekoko, mm	syöttönopeus, m/min			
	7	15	22	22 isot puut		7	15	22	22 isot puut
> 32	2	2	1	2	> 10	9	9	9	20
32...25	5	5	5	8	10...8	11	12	14	19
25...19	14	13	19	24	8...6	20	19	24	23
19...16	15	16	16	19	6...4	32	35	31	18
16...13	18	19	19	18	4...2	22	20	17	19
13... 6	38	38	33	27	< 2	6	5	5	1
6... 3	7	6	6	2	Yhteensä	100	100	100	100
< 3	1	1	1						
Yhteensä	100	100	100	100					

Seulontatulosten perusteella voidaan todeta, että syöttönopeuden kasvaessa ei hakkeen palakokojakautumassa tapahtunut huomattavia muutoksia. Syöttönopeuden kasvaminen lisäsi mahdollisesti hieman hakepalasten pituutta. Paksujen hakepalasten osuus oli suurista puista tehdyssä hakkeessa suurempi muissa näytteissä. Tämä johtunee ainakin osittain epäedullisesta (=suuresta) leikkauskulmasta (α) suuria puuta hakettaessa (kuva 3).

Kuva 3. Rumpuhakkurin leikkauskulman (α) koko pienillä ja suurilla pölkyillä.



Hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen laatuun kokeiltiin lehtikuitupuulla. Kokeessa käytetty puutavara oli ollut 1 - 2 kuukautta pinossa ennen haketusta, joten se oli varsin tuoretta. Pölkkyjen paksuudet olivat 10 - 25 cm. Hakkurin syöttönopeus oli kokeen aikana 22 m/min. Ensimmäinen näyte otettiin välittömästi terien vaihdon jälkeen. Toinen näyte otettiin, kun välillä oli haketettu 30 i-m³ varsin hiekkaista hakkuutähdettä. Kolmatta näytettä otettaessa terillä oli haketettu 60 i-m³ hakkuutähdettä. Näytteiden seulonnasta saatiin seuraavat tulokset:

Pituusjakautuma				Paksuusjakautuma			
Jaekoko, mm	Näyte			Jaekoko, mm	Näyte		
	1	2	3		1	2	3
> 32	3	2	5	> 10	16	17	19
32...25	11	6	7	10...8	17	12	12
25...19	21	14	13	8...6	23	17	16
19...16	18	14	13	6...4	26	23	24
16...13	17	16	16	4...2	13	21	21
13...6	26	36	38	< 2	5	10	8
6...3	3	8	7	Yhteensä	100	100	100
< 3	1	4	1				
Yhteensä	100	100	100				

Terävillä terillä haketettaessa hakepalat olivat säännöllisiä ja hyvin leikkautuneita. Terien tylsyessä syntyi yhä useammin hakepaloja, joiden toinen pää oli ikään kuin murskautumalla katkennut. Tämä ilmiö selittää osittain sitä, että hakkeen pituusjakautumassa on lyhyempien jakeiden osuus suurempi tylsillä kuin

terävillä terillä. Hakkeen paksuusjakautumassa ei voida havaita mitään selviä eroja tylsien ja terävien terien välillä. Suuri paksujen jakeiden osuus selittynee ainakin osittain haketetuissa erissä mukana olleilla paksuilla pölkyillä.

22. Karsittu ranka

Rankoina haketettut männyt ja lepät olivat kuivuneet rassaissa noin kuukauden ennen haketusta. Rangoiksi karsiminen suoritettiin vasta hieman ennen haketusta. Puiden tyviläpimitat vaihtelivat 5 - 10 cm:n välillä. Hakkurin syöttönopeus oli haketuksessa 22 m/min. Kokeen aikana hakkurissa oli terävät terät. Hakkeen seulonta antoi seuraavat tulokset:

Pituusjakautuma		Paksuusjakautuma	
Jaekoko, mm		Jaekoko, mm	
> 32	3	> 10	16
32...25	12	10... 8	19
25...19	27	8... 6	25
19...16	19	6... 4	25
16...13	16	4... 2	12
13... 6	21	< 2	3
6... 3	2	Yhteensä	100
< 3			
Yhteensä	100		

23. Kokopuu

Kokopuiden haketuksessa selvitettiin erilaisten puiden sekä hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakautumaan.

Ensimmäinen näyte oli noin kuukauden rasissa kuivanutta, tyviläpimitaltaan 5...10 cm:n mäntyä ja leppää. Kokeen aikana hakkurin terät olivat terävät. Näytteet 2, 3 ja 4 hakettiin lähes tuoreista 1...5 cm:n tyviläpimittaisista lepistä ja pajuista. Näytteiden 2...3 sekä 3...4 välillä hakettiin varsin hiekaista hakkuutähdettä 30 i-m³. Hakkurin syöttönopeus oli kaikilla näytteillä 22 m/min. Hakenäytteiden seulonta antoi seuraavat tulokset:

Pituusjakautuma					Paksuusjakautuma				
Jaekoko, mm	Näyte				Jaekoko, mm	Näyte			
	1	2	3	4		1	2	3	4
> 32	3	3	2	4	> 10	17	21	20	21
32...25	6	6	6	5	10... 8	16	19	16	17
25...19	16	18	14	14	8... 6	18	19	18	19
19...16	15	17	15	16	6... 4	19	19	19	19
16...13	15	15	16	17	4... 2	15	13	16	15
13... 6	30	32	35	35	< 2	15	9	11	9
6... 3	11	7	9	7	Yhteensä	100	100	100	100
> 3	4	2	3	2					
Yhteensä	100	100	100	100					

Kokopuilla ei voida koehaketusten perusteella todeta mitään selvää muutosta hakkeen palakokojakautumassa terien tylsymisen johdosta. Sen sijaan palasia tarkastelemalla voitiin

havaita, että tylsillä terillä tehdyssä hakkeessa oli mukana osittain tai kokonaan murskautumalla pienentyneitä hakkepalasia, aivan kuten kuitupuuhakkeessakin. Terävillä terillä tehdyssä hakkeessa ei tällaisia palasia esiintynyt.

24. Hakkuutähde

Hakkuutähteen haketuksessa selvitettiin hakkuutähteen laadun sekä hakkurin terien tylsymisen vaikutusta hakkeen palakokojakautumaan.

Hakkuutähdetyömaan runkopuu hakattiin syyskesällä 1975. Hakkuutähteet kerättiin välivarastolle syksyn 1975 kuluessa. Haketus tapahtui syksyllä 1976. Hakkuutähde sisälsi varsin vähän latvuksia. Neulasten osuus siinä oli sen sijaan varsin huomattava. Varastoinnin aikana olivat neulaset tosin osittain "palaneet", ja samalla imeneet itseensä runsaasti kosteutta.

Näyte haketettiin terävillä terillä. Hakkurin syöttönopeus oli 22 m/min. Näytteiden 1-2, 2-3 ja 3-4 välillä haketettiin 30 i-m³ hakkuutähdettä, eli neljäs näyte otettiin, kun terillä oli haketettu 90 i-m³ hakkuutähdettä. Koska oli oletettavaa, että hakkuutähteen raaka-ainesisältö (= puun, kuoren ja neulasten määrä) vaikuttaa palakokojakautumaan, suoritettiin koehaketus myös työmaalla, jossa suurin osa neulasista oli karissut hakkuutähteen maastokeräyksessä (näyte 5). Koeseulonnoissa saatiin seuraavat tulokset:

Pituusjakautuma						Paksuusjakautuma					
Jaekoko mm	Näyte					Jaekoko mm	Näyte				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
> 32	2	2	5	1	1	> 10	14	4	12	6	11
32..25	5	1	3	2	3	10...8	8	3	7	6	8
25..19	8	2	5	4	6	8...6	8	4	8	5	9
19..16	8	2	7	4	8	6...4	11	8	11	9	14
16..13	7	3	7	5	8	4...2	17	16	17	17	24
13... 6	23	18	23	19	32	< 2	42	65	45	57	34
6... 3	17	28	21	24	21	Yhteensä	100	100	100	100	100
< 3	30	44	29	41	21						
Yhteensä	100	100	100	100	100						

Seulontatuloksista voidaan todeta, että hakkuutähteen raaka-aines sisältö vaikuttaa varsin paljon pienten jaekokojen osuuteen. Kun haketettavassa tavarassa on runsaasti neulasia, niin ne lajittuvat seulonnassa pienimpiin jakeisiin.

Hakkurin terien tylsyminen ei seulontatulosten perusteella näytä vaikuttavan palakokojakautumaan. Paloja tarkastelemalla voitiin kuitenkin havaita, että mitä tylsemmäksi terät tulivat, sitä suuremmaksi murskautumalla muodostuneiden palasten osuus kävi.

3. YHTEENVETO

Suoritettujen haketusten ja seulontojen perusteella voidaan todeta, että Algol-hakkurin tekemä kuitu- ja kokopuuhaake vastaa pituusjakautumaltaan muiden hakkureiden haketta. Paksujen palojen osuus hakkeessa on sen sijaan suurempi kuin teollisuushakkeessa. Vertailua muiden kokopuuhaakkureiden hakkeeseen ei ole voitu tehdä, sillä niiden hakkeen paksuusjakautumasta ei ole tehty selvityksiä. Terien tylsymisellä ei ole vaikutusta

kokopuuhakkeen palakokojakautumaan, mutta tylsät terät saavat aikaan hakepalasten osittaista murskautumista.

Hakkuutähdehakkeen palakokojakautumaan vaikuttaa eniten hakettavan raaka-aineen puu-, kuori ja neulaskoostumus. Mikäli neulasia on runsaasti, murenevat ne haketuksessa pienimpiin jaekokoihin, mikä puolestaan vääristää muiden jaekokojen suhteellisia määriä. Terien tylsyminen ei vaikuta hakkuutähdehakkeen palakokojakautumaan, sen sijaan murskautumalla pienentyneiden palasten määrä kasvaa terien tylsymisen myötä.

Algol-hakkurin haketta tarkasteltaessa tulee siinä esiin eräs selvästi muiden hakkureiden hakkeesta poikkeava piirre, joka on hakkeen tikuttomuus. Tämä johtuu rumpuhakkurin alla olevasta sisäisestä seulasta, joka erottelee ylisuuret palaset jälkimurskaukseen.

Algol-hakkurin terien vaihto on verrattain hankala ja aikaavievä toimenpide. Hakettaminen tylsillä terillä ei sanottavasti vaikeuta työskentelyä, kuten on laita monilla nykyisillä laikkahakkureilla. Edellä esitetyn perusteella voidaan olettaa, että hakkurin terien vaihto jää usein myöhemmäksi, kuin se olisi hakkeen laadun kannalta edullista.

