

# ENERĢĒTISKO ŠĶELDU KRAVU TRANSPORTĒŠANAS SABLĪVĒJUMA KOEFICIĒNTU IETEKMĒJOŠO FAKTORU IDENTIFIKĀCIJA UN ANALĪZE

## IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING THE COEFFICIENTS FOR THE COMPACTION OF ENERGY CHIPS LOADS

**Ziedonis Miklašēvičs**  
Rēzeknes augstskola, Atbrīvošanas aleja 90, Rēzekne, LV 4601  
E-pasts: [Z.Miklasevics@lvm.lv](mailto:Z.Miklasevics@lvm.lv), tālr.26473397

**Abstract.** In Latvia the transportation of energy chips loads is carried out almost entirely by trucks. Due to the lack of hard empirical data on the compaction of energy chips loads transported by road, the currently used methodologies for the assessment of the volume of energy chips loads produce only rough estimates.

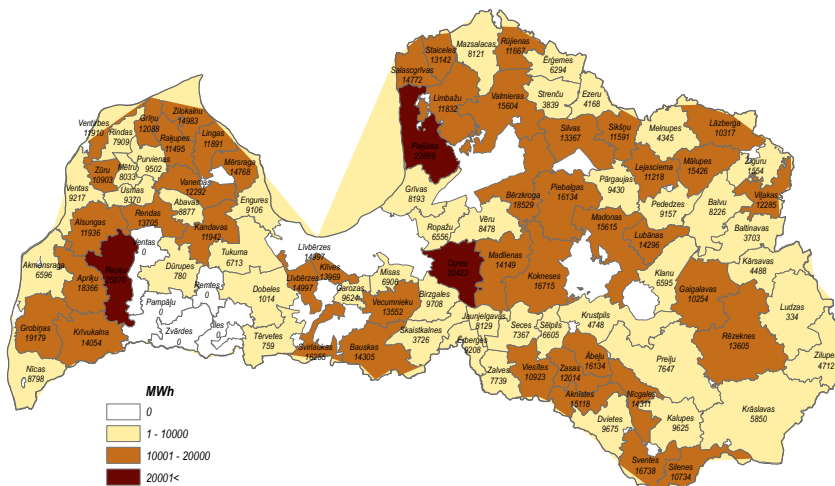
In order to address this problem and fill the gap, this research paper offers:

- the methodology for the determination of the coefficients for the compaction of energy chips loads depending on their transportation distance by trucks;
- the values of the coefficients for the compaction of energy chips loads for different transportation distances and different kinds of trucks;
- the identification and analysis of the factors that influenced the values of energy chips loads compaction coefficients.

**Keywords:** energy chips; coefficient.

### Ievads

Koksnes energoresursu patēriņa ievērojams pieaugums rada nepieciešamību nodrošināt kokmateriālu tirgū vienotus enerģētisko šķeldu kvalitātes un apjoma noteikšanas pamatprincipus. Enerģētisko šķeldu ražošana un transportēšana līdz patērētājam ir process, kuru veido: ciršanas atlieku daudzuma plānošanas [1; 2; 3], analizējot koksnes krāju cirmās (skat.1.att.), savākšanas un uzglabāšanas cirmās, šķeldošanas, iekraušanas, transportēšanas un izkraušanas darbu fāzes.



1.att. Enerģētisko šķeldu ražošanas apjoma plānošanas piemērs, pamatojoties uz koksnes krājas analīzi cirmās

Lai objektīvi novērtētu saražoto un piegādāto šķeldu apjomu un kvalitāti, jānosaka šķeldu relatīvais mitrums, tilpumbūvums, skuju, lapu piemaisījumu daudzums, šķeldu frakciju rādītāji, transportēšanas veids un pārvadājuma attālums u.c. rezultātu ietekmējošie faktori [4].

Latvijas kokmateriālu tirgū enerģētisko šķeldu uzmērīšanā, nosakot kravas kraujmēru, netiek veikta minēto šķeldu kvalitāti raksturojošo parametru izpēte. Kraujmērs tiek aprēķināts, pielietojot formulu:

$$V_{kr} = G \times P \times H \times K, \quad (1)$$

kur,

$V_{kr}$  – kraujmērs (ber.  $m^3$ );

G – transportētās kravas tilpnes garums (m);

P – transportētās kravas tilpnes platums (m);

H – uzmērītais iekrauto šķeldu augstums (m);

K – šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficients atkarībā no kravas pārvadātā attāluma:

- līdz 10 km – 1,00 (0%);

- 10 līdz 50 km – 1,02 (2%);

- 51 līdz 100 km – 1,03 (3%);

- 101 līdz 200 km – 1,04 (4%);

- virs 201 km – 1,05 (5%).

Kravas apjomu rezultātu tālākiem pārrēķiniem tiek pielietoti Skandināvijas valstīs aprobētie pārrēķinu koeficienti (skat.1.tab.).

*1.tabula*

#### Enerģētisko šķeldu apjomu un kvalitāti raksturojošo mērvienību pārrēķinu koeficienti

	$V_{kr}$	V	1 tonna (45-50% relat. mitrums)	1 MWh
$V_{kr}$		0,36	0,3	0,75
V	2,8		0,8	2
1 tonna (45-50% relat. mitrums)	3,3	1,25		2,5
1 MWh	1,3	0,5	0,4	

Enerģētisko šķeldu kravas kraujmēra un kravas tilpuma sakarības tiek noteiktas pēc formulas:

$$V = V_{kr} \times 0,36 \quad (2)$$

kur,

V – kravas tilpums, cieš.  $m^3$ ;

$V_{kr}$  – kraujmērs, ber.  $m^3$ ;

0,36- pārrēķinu koeficients.

Līdz šim Latvijas meža nozarē pielietotajai metodikai, kas paredz noteikt enerģētisko šķeldu kravu apjomus pēc kraujmēra metodes, pielietojot transportēšanas sablīvējuma koeficientus, nav zinātniska pamatojuma, jo praksē pielietotās koeficientu vērtības ir iegūtas, pamatojoties uz pētījumiem, kas veikti Skandināvijas valstīs celulozes šķeldu uzmērīšanā, analizējot dzelzsceļa kravu pārvadājumus. Latvijā šīs metodikas pielietošana enerģētisko šķeldu uzmērīšanai nav korekta, jo:

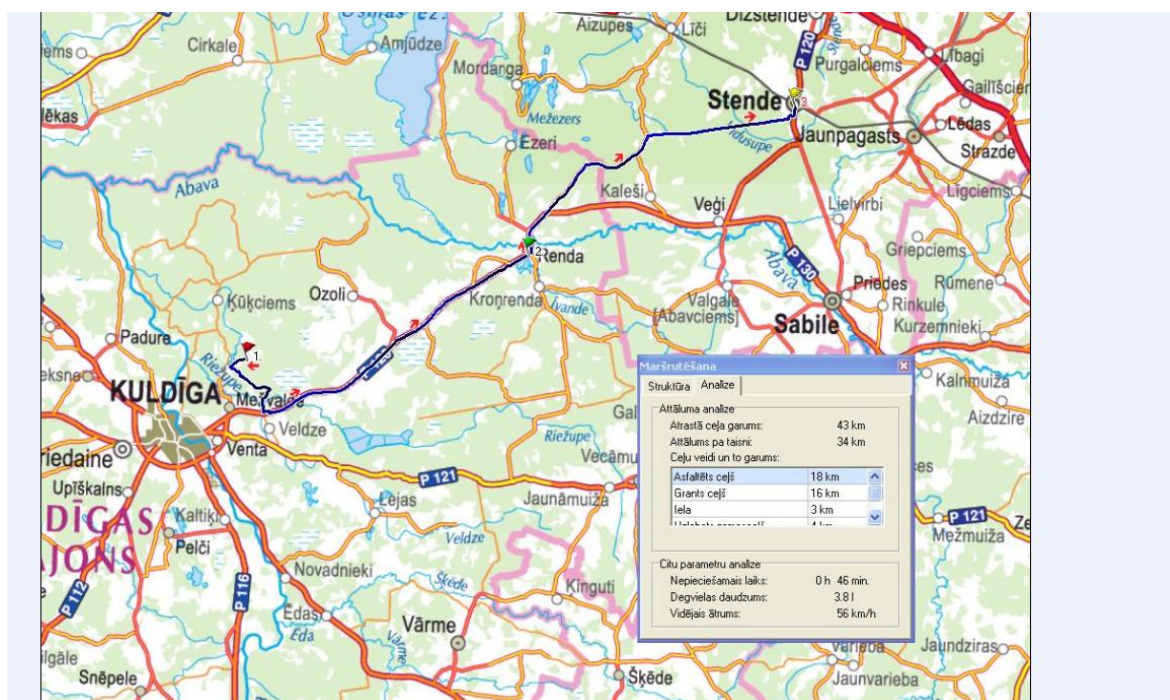
- 1) enerģētisko šķeldu pārvadājumus veic ar autotransportu;
- 2) enerģētisko šķeldu frakciju izmēri un citi kvalitāti raksturojošie rādītāji ir atšķirīgi, salīdzinot ar celulozes šķeldu parametriem.

Lai objektīvi novērtētu enerģētisko šķeldu kravu apjomus un kvalitāti raksturojošos rādītājus, tika izvirzīti uzdevumi:

- 1) izstrādāt metodiku šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu noteikšanai;
- 2) noteikt šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficientu skaitliskās vērtības dažādu tipu kravas autotransportam noteiktos kravu pārvadājumu attālumos;
- 3) analizējot enerģētisko šķeldu relatīvo mitrumu, šķeldu frakciju rādītājus un tilpumbūvumu, veikt šo faktoru korelāciju analīzi.

## Materiāli un metodes

1. Enerģētisko šķeldu kravu pārvadājumu maršruti tika plānoti un analizēti interaktīvajā karšu sistēmā „JS Baltija” (skat.1.att.) atkarībā no cirsma atrašanās vietas un piegādes vietas.



2.att. Kontrolpunktu plānošanas piemērs šķeldu kravu transportēšanas koeficienta noteikšanai atkarībā no kravas pārvietošanas attāluma

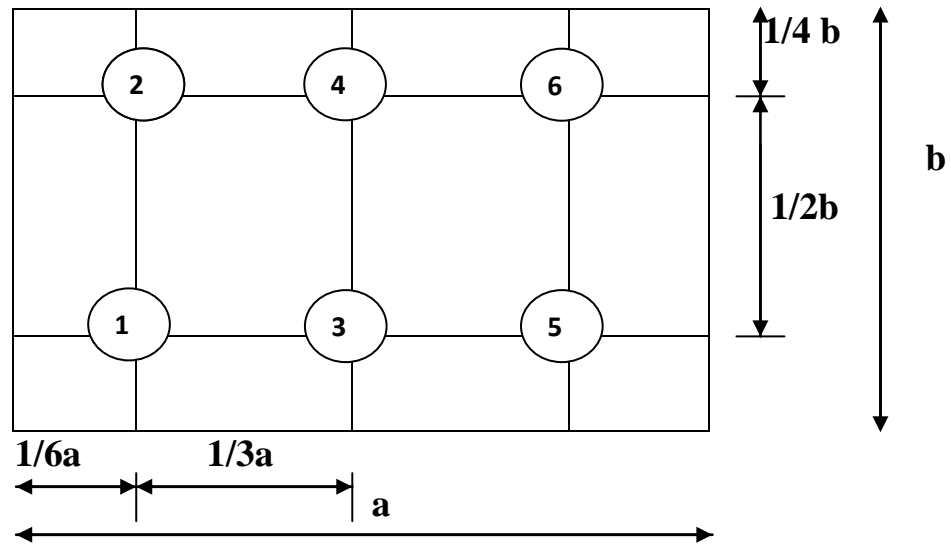
2. Tika izstrādāti kontrolpunkti, kuros veikti kravu kontroluzmērījumi pārvadājumiem ar trīs tipu šķeldu vedēju transporta vienībām, t.sk. konteinervedējiem, vilcējiem ar piekabēm un puspiekabēm. Kravu kontroluzmērījumi tika veikti ik pēc noteikta intervāla (skat.2.tab.).

2.tabula

Kontrolpunktu izvēle kravu mērījumu veikšanai

Robežvērtības, km	Mērījumi, km
0 - galapunktā	0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, (galapunktā)

3. Pēc kravas uzkraušanas, tika ņemti šķeldu paraugi relatīvā blīvuma, tilpumblīvuma un frakciju sastāva noteikšanai [5; 6; 7; 8]. Krautuvē tika novērtēts šķeldu sastāvs % sadalījumā pēc koku sugām, noteikta šķeldotāja marka un tā tehniskie parametri (šķeldotāja griezējnažu skaits, izvirzījuma regulējums), šķeldu vedēju transporta tips un kravas tilpņu iekšējie gabarītmēri (skat.3.tab.). Laboratoriskās šķeldu paraugu analīzes tika veiktas saskaņā ar standartiem [8, 9, 10, 11, 12, 13].
4. Pēc laboratorisko paraugu sagatavošanas un identifikācijas uzmērīšanas protokolā, nevienmērīgā šķeldu virsma kravā tika izlīdzināta vienmērīgā slānī. Kravas kontroluzmērījumi 6 (sešos) kontrolpunktos tika veikti atbilstoši uzmērīšanas shēmai (skat.3.att.) noteiktos ceļa kontrolpunktos (skat.2.att.; 2.tab.) un protokolēti tālākai datu analīzei.



3.att. Kontrolpunktu izvietojuma shēma kravas uzmērījumiem

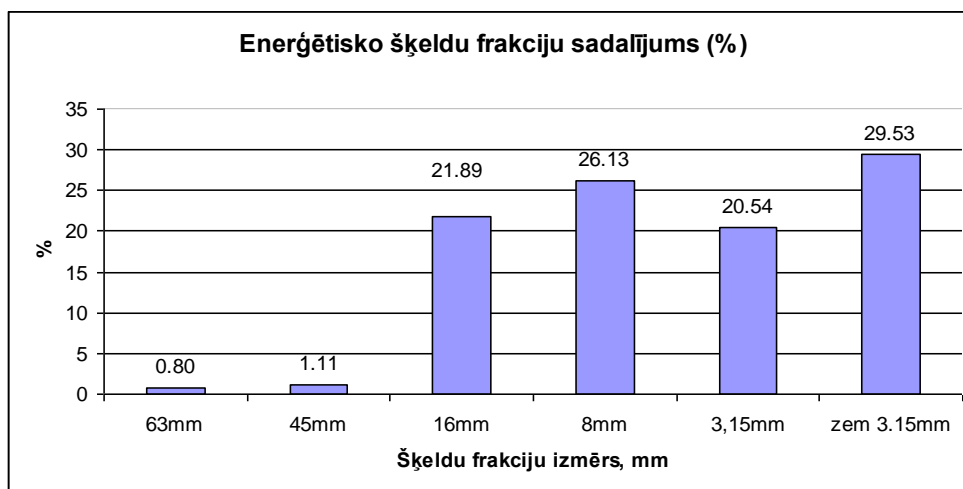
### Rezultāti un to izvērtējums

- Enerģētisko šķeldu frakciju izmēri ir atkarīgi no šķeldotāja tipa, griezējinstrumentu skaita un regulējuma, ciršanas atlieku koku sugu sastāva un to proporcionālā sadalījuma kravā (skat. 4., 5., 6.att.).
- Enerģētisko šķeldu tilpumblīvums krautuvēs pie koku sugu sastāva E (20-50%); P (20-60%); B (10-40%) konstatēts robežās no 265,8kg/m<sup>3</sup> līdz 423,8kg/m<sup>3</sup>, relatīvais mitrums robežās no 32,5% līdz 60,1%.
- 40,23% no enerģētisko šķeldu tilpumblīvuma izmaiņām izskaidro šķeldu relatīvais mitrums.
- Tika noteikts šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficients pie vidējā kravas pārvietošanas attāluma 70 km:
  - konteinervedēja piekabei– 1,12, automašīnas puspiekabei– 1,08, konteinervedējam– 1,07, šķeldojot ciršanas atliekas ar šķeldotāju *JENZ HEM 360 Z* cirsmās ar sugu sastāvu E (20-30%); P (40-60%); B (10-20%), iegūstot šķeldu frakcijas (skat.5.att.);
  - pašizgāzēja piekabei– 1,04, pašizgāzējam– 1,03, šķeldojot ciršanas atliekas ar šķeldotāju *Brucks KLOCKNER* cirsmās ar sugu sastāvu E (30-50%); P (20-50%); B (20-40%), iegūstot šķeldu frakcijas (skat.6.att.).
- 89,78% līdz 98,48% no šķeldu transportēšanas sablīvējuma koeficienta izmaiņām izskaidro kravas pārvietošanas attālums.
- 14,64% no šķeldu tilpumblīvuma izmaiņām izskaidro šķeldu frakciju izmēri.
- Enerģētisko šķeldu siltumspēja ir atkarīga no koku sugas un sortimenta relatīvā mitruma [13].

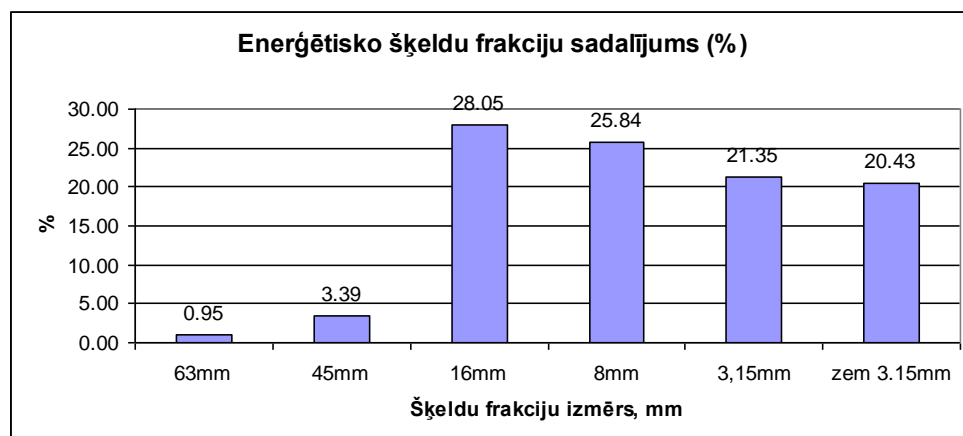
3.tabula

### Šķeldu kravu transportēšanas sablīvējumu koeficienti

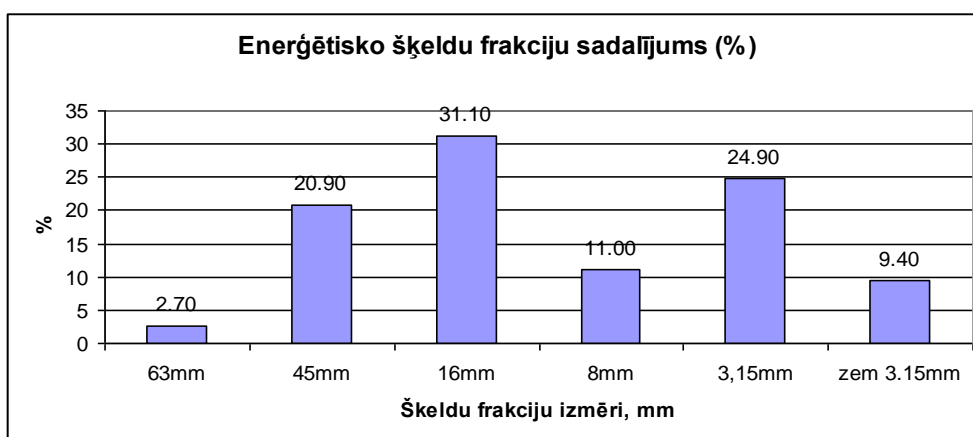
<i>Distance</i>	<i>Konteinera piekabe</i>	<i>Automašīnas puspiekabe</i>	<i>Automašīna - konteiners</i>	<i>Piekabe - pašizgāzējs</i>	<i>Automašīna - pašizgāzējs</i>
Līdz 10km	1,08	1,04	1,04	1,02	1,02
20-25km	1,10	1,07	1,06	1,03	1,03
45-50km	1,11	1,07	1,07	1,04	1,03
70-75km	1,12	1,08	1,07	1,04	1,03
95-100km	1,12	1,08	1,08	1,05	1,04



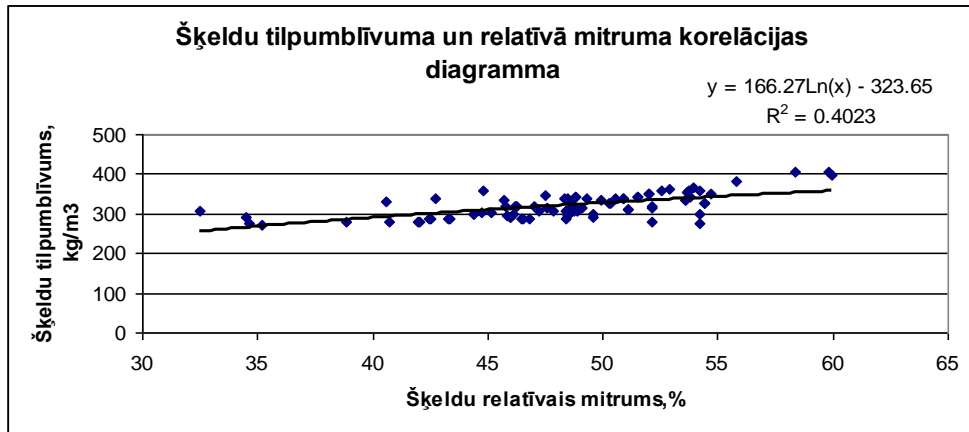
4.att. Uz *Timberjack* bāzes uzstādītā trumuļa tipa šķeldotāja *Brucks KLOCKNER* (divi griezējaži, regulējamais šķeldas garums 20mm) iegūto enerģētisko šķeldu frakciju izmēri cirmās ar koku sugu sastāvu: E (30-50%); P (20-50%); B (20-40%)



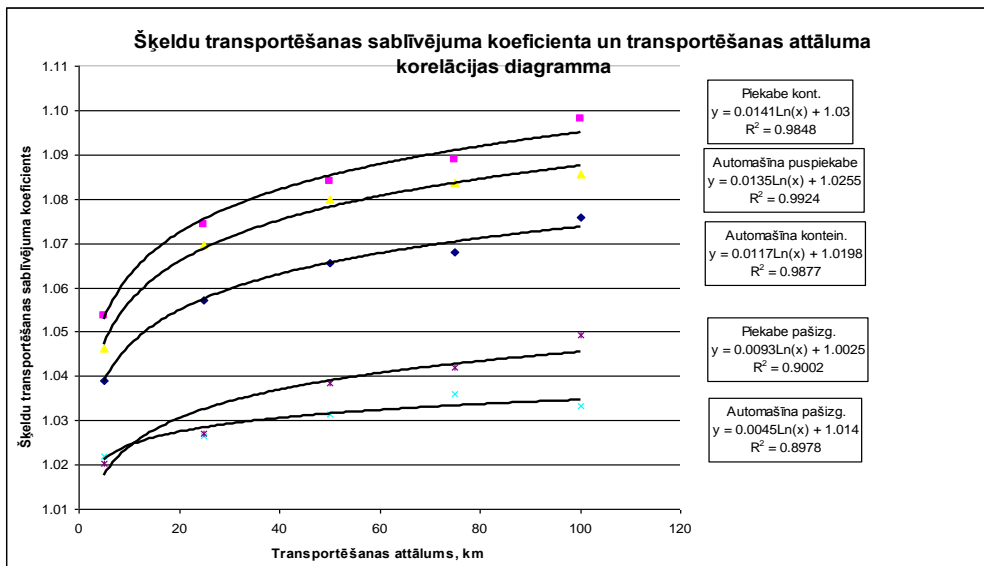
5.att. Uz *Timberjack* bāzes uzstādītā trumuļa tipa šķeldotāja *JENZ HEM 360 Z* (desmit griezējaži) iegūto enerģētisko šķeldu frakciju izmēri cirmās ar koku sugu sastāvu: E (20-30%); P (40-60%); B (10-20%)



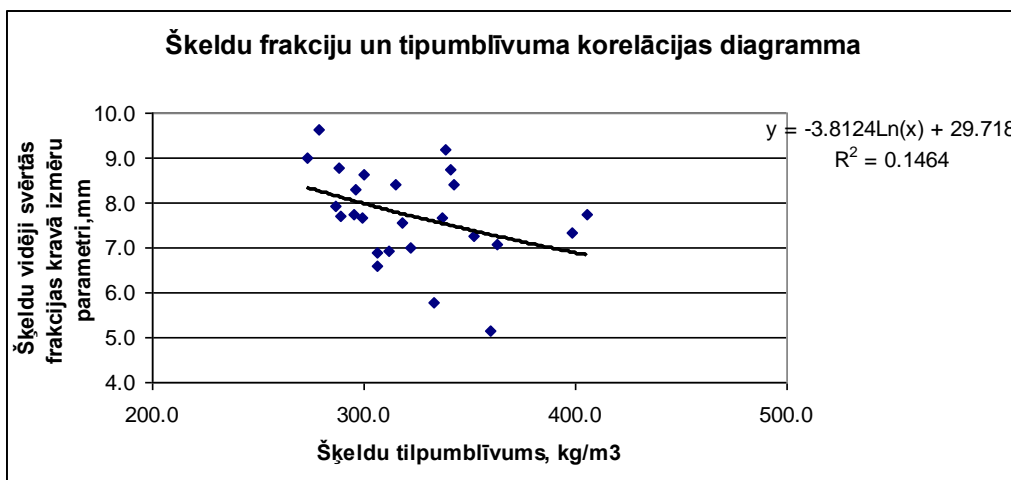
6.att. Šķeldu frakciju laboratorisko analīžu vidējie rezultāti SIA „NRG Baltic” terminālā periodā 05.-08.2008., šķeldojot ar trumuļa tipa šķeldotāju *JENZ HEM 561 Z* (desmit griezējaži)



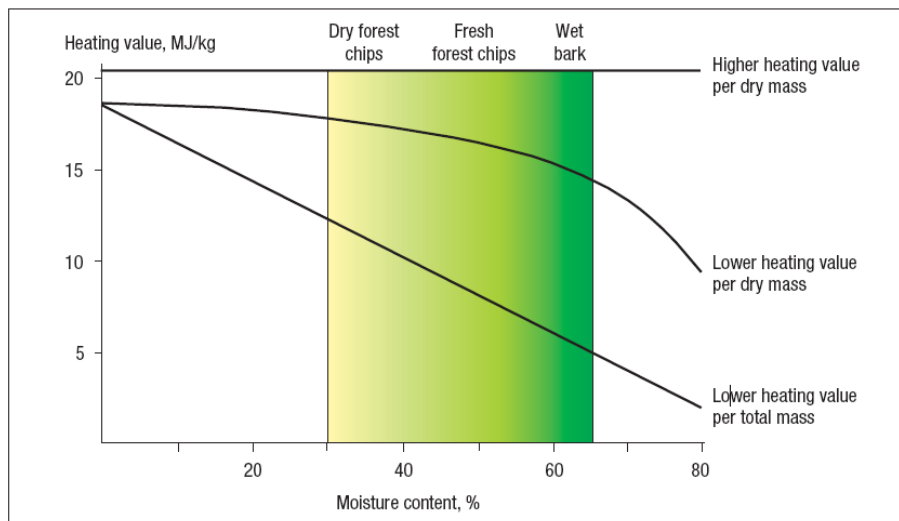
7.att. Šķeldu tilpumbļivuma un relatīvā mitruma korelācijas diagramma



8.att. Šķeldu kravu sablīvēšanās koeficientu un transportēšanas attāluma korelācijas diagramma



9.att. Šķeldu vidēji svērtā frakciju kravās izmēru parametru un šķeldu tilpumbļivuma korelācijas diagramma



10.att. Enerģētisko šķeldu siltumspējas un relatīvā mitruma sakarību diagramma

### Secinājumi

1. Izstrādāta metodika enerģētisko šķeldu kravu apjomu noteikšanai pēc kraujmēra metodes, pielietojot transportēšanas sablīvējuma koeficientus, kuru skaitliskās vērtības izstrādātas atkarībā no kravas pārvadājuma attāluma un autotransporta tipa. Uzmērot pēc kraujmēra metodes, netiek veikta enerģētisko šķeldu kvalitāti raksturojošo parametru analīze, lai gan kravu transportēšanas sablīvējuma koeficientu skaitliskās vērtības tie ietekmē. Rezultātā aprēķinātās kravas tilpuma iespējamā novirze no faktiskā tilpuma iespējama līdz 10%.
2. Enerģētisko šķeldu frakciju noteikšanā nav korekti izmantot standartā [12] aprakstīto metodi, jo sortimentā ir minerālu piejaukums, kuru blīvums ievērojami pārsniedz koksnes blīvumu un rezultātā – iegūtie rezultāti nav precīzi. Standarta pielietojums korekts ir tikai no minerāliem brīvo koksnes paraugu frakciju analīzei, piem., celulozes šķeldām.
3. Precīzu kravu mērījumu rezultātu iegūšanai, kas prezentētu šķeldu daudzuma un kvalitāti raksturojošos parametrus, jāveic izlases kontrolmērīšana, nosakot kravas svaru un šķeldu relatīvo mitrumu. Pēc iegūtajiem datiem, izmantojot sakarības (skat.1.tab.), tiek aprēķināta siltumspēja. Kontrolmērījuma rezultātus jāattiecina uz turpmākajām piegādātajām kravām līdz nākamajam kontrolmērījumam.

### Summary

Measurement methods based on the determination of dry weight, biomass composition and moisture content of energy chips used in Scandinavian countries are too expensive for the Latvian market because of the following reasons:

- they require the procurement of highly expensive weight scaling equipment;
- the measurement of moisture content is slow and burdensome and the accuracy of the results are questionable;
- there are considerable difficulties to carry out the conversion of dry weights to other scaling units (loose volume, solid volume, effective heat volume).

Accordingly, it is of great practical importance to establish a simple, effective and inexpensive methodology for measuring the volume of energy chip loads depending on their transportation distance by trucks.

This research paper focuses on the quantitative and qualitative properties of energy chips. Energy chips often consist of material from various tree species with different proportions of wood, bark, foliage, twigs, needles, buds and even cones and different moisture content.

As a result, there are great difficulties in determining the correct load volume, which is crucial for:

- establishing the contract fees for cutting work, forest and long distance transport and chipping;
- controlling the chip amounts that are transported.

**Literatūras saraksts**

1. Magnus T., Hofsten von H., Lundstrom H., Lazdāns V., Lazdiņš A. Ciršanas atlieku kurināmā sagatavošana ar harvesteru izstrādātās kailcirtēs. Skogforsk&Silava, 2006.
2. [http://www.Biomasssaforestate.org/ilvasa/file/indaginesulla\\_cippaturainItalia.pdf](http://www.Biomasssaforestate.org/ilvasa/file/indaginesulla_cippaturainItalia.pdf).
3. Koksnes atliekas. Pārskats par cirsmu atlieku apjoma un kvalitātes novērtēšanu. LVMI „Silava”, 2006.
4. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. Final report. Tekes. Technology Programme Report 6. Helsinki, 2004. pp.53-62.
5. Anttila P., Tahvanainen T., Parrika H., Laitila J., Ala-Fossi A. Energy Wood Transportation by Rail. Joensuu. Metla. 5 EURES Project report 23 – Case study of North Karelia. 2007. 18 p.
6. Seppänen V., Nikala L., Kaipainen H., Kovanen S. Puupolttoaineen laadun ja tuotantotehokkuudenparantaminen haketustekniikkaa kehittämällä.VTT Energia. Tutkimusselostus PRO/T6045/02. 2002.
7. Measurement and Evaluation of Wood Fuel / Proceedings of the IEA/BE Task VI Activity.
8. Workshop in Juvaskyla, Finland, edited by Juha Nurmi & Keijo Polet / Nurmi J., Verkasalo E., Scaling of Forest Chips and Chipwood in Finland, 1990. pp.10-55.
9. LVS CEN/TS 14778-2:2005 Paraugu ievākšana un sagatavošana.
10. LVS CEN/TS 15103:2005 Bēruma blīvums.
11. LVS CEN/TS 14774-2:2004 Mitrums.
12. LVS CEN/TS 14918:2004 Siltumspēja.
13. LVS CEN/TS 15149-1:2006 Frakciju sastāvs.
14. CEN/TS 14588:2003 Solid biofuels – Terminology, definitions and descriptions.