

Ziņojums par pētījumu programmas

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu jomas

Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju

darba uzdevuma

Pilnveidot griezes pretestības noteikšanas iekārtu, papildinot to ar dinamometrisko atslēgu, kas mēra ne tikai spēku, bet arī pagrieziena leņķi

izpildi, Nr. 2016-02 (15.07.2016)

A. Lazdiņš, K. Polmanis, A. Zimelis

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, e-pasts saziņai andis.lazdins@silava.lv

Levads

Mežizstrādē izmanto harvesterus un pievedējtraktoros ar atšķirīgu pašmasu un celtspēju, kas kokmateriālu sagatavošanas un pievešanas laikā vairākkārtīgi brauc pa tehnoloģiskajiem koridoriem un pievešanas ceļiem, veicinot meža augsnes sablīvēšanos un strukturālas izmaiņas, kas var negatīvi ietekmēt augsnes ūdens caurlaidību un sekmēt mežaudžu pārpurvošanos. Uz mitrākām augsnēm ar vāju nestspēju un lielākas transporta noslodzes gadījumā augsnē sāk veidoties rīses, kas, savukārt saistītas ar palielinātu sakņu bojājumu un trupes izplatīšanās risku. Augsnei sablīvējoties, samazinās augsnes gaisa apmaiņas un organisko vielu mineralizācijas ātrums, kā arī samazinās augu ūdens patēriņš. Plānojot mežizstrādi, ir jārēķinās ar meža augsnes sablīvēšanās iespējamību un ar to saistītajiem hidroloģiskā režīma pasliktināšanās riskiem un jāmeklē risinājumi iespējamās negatīvās ietekmes mazināšanai.

Augsnes nestspēju, kā arī sablīvēšanās un mitruma režīma izmaiņu riskus tiešā un netiešā veidā raksturo augsnes blīvums. Zināmākā no ierīce augsnes blīvuma mērīšanai ir penetrometrs^{1, 2}, kas raksturo augsnes penetrācijas pretestību un netieši ir izmantojams arī augsnes blīvuma noteikšanai. Augsnes penetrācijas pretestību nosaka, vienmērīgi iegremdējot penetrometra zondi (stienis ar noteiktas formas uzgali ar noteiktu virsmas laukumu) augsnē un nosakot zondes iegremdēšanai patērēto spēku. Digitālajiem penetrometriem (penetrologiem) izmantotā spēka vai pārrēķināts penetrācijas pretestības rādītājs atainojas uz displeja un saglabājas penetrolōgera atmiņā. Digitālie penetrolōgeri ļauj detāli izpētīt augsnes sablīvējumu visā augsnes profila dziļumā ar vienu mērījumu. Penetrologeru zondes parasti ir līdz 1 m garas un paredzētas duršanai zemē ar rokām vai mašīnizēti. Lai iegūtu korektus datus dažādās augsnēs, penetrolōgeriem parasti ir maināmi uzgaļi (rokas penetrolōgeriem no 1 cm² līdz 5 cm² vai vairāk). Lieli uzgaļi piemēroti augsnēm ar mazu nestspēju, mazie uzgaļi – blīvām minerālaugsnēm. Manuālie penetrometri parāda maksimālo spiediena spēku, kāds jāpielieto, lai iegremdētu zondi noteiktā dziļumā.

Augsnes penetrācijas pretestības mērierīces izmanto arī ceļa seguma

nestspējas novērtēšanai, taču meža apstākļos informācija par augsnes blīvumu vai penetrācijas pretestību ir nepietiekoša, lai raksturotu virsmas noturību. Mežā pievešanas ceļu un tehnoloģisko koridoru nestspēju ietekmē augsnes blīvums (ko nosaka, veicot penetrācijas pretestības mērījumus), koku un zemsēdes augu sakņu sistēma, mežizstrādes atliekas, kas var būt ieklātas ceļos, un šo materiālu saķere. Atkarībā no augsnes blīvuma, koku saknēm un mežizstrādes atliekām var būt neliela vai arī dominējoša loma virsmas nestspējas nodrošināšanā (Uusitalo & Ala-Ilomäki, 2013).

Mazas nestspējas zemes ceļu noturības raksturošanai parasti izmanto rokas penetrometrus, kas nosaka griezes pretestību, t.i. cik liels spēks jāpielieto, lai nobīdītu augsnes virskārtu (Uusitalo, 2012). Parasti šīs iekārtas nosaka maksimālo spēku, kas jāizmanto augsnes nobīdīšanai. Rokas penetrometri sastāv no manuālas vai digitālas dinamometriskās atslēgas, kas fiksē pielikto spēku, kāta un 90° leņķī sametinātām metāla plāksnītēm, kas veido 4 spārnus. Plāksnītes iedzen zemē un pagriež, mērot spēku, kas jāizmanto plāksnīšu izkustināšanai. Līdzīgu aprīkojumu dažkārt pielieto arī tehnoloģisko koridoru un pievešanas ceļu nestspējas mērīšanai, taču šī metode dod kļūdainu rezultātu mežā, jo, dzenot zemē iekārtas spārnus, tiek saplēstas saknes un zaru segums, kas nosaka ceļa nestspēju. Lai risinātu šo problēmu, pirms dažiem gadiem Somijā izveidots griezes pretestības mērītājs, kam galā ir nevis metāla plāksnītes, bet gan apaļi stieņi. Dzenot zemē šādu iekārtu, koku saknes un zaru segums netiek bojāts, tāpēc informācija par ceļa nestspēju ir objektīvāka (Ala-Ilomäki, 2013). Somu iekārtā izmantota dinamometriskā atslēga, kas mēra maksimālo spēku, kāds nepieciešams, lai pagrieztu mērinstrumentu par noteiktu leņķi (parasti tie ir 45°). Līdzīga iekārta izveidota 80. gados Latvijā, taču ne pati iekārta, ne arī tehniskā dokumentācija nav saglabājusies.

2015. gadā, veicot kāpurķēžu pievedējtraktoru un ķēžu ar palielinātu virsmas laukumu izmēģinājumus, LVMI Silava izstrādāja somu griezes pretestības mērītājam līdzīgu iekārtu, taču ar vienkāršu dinamometrisko atslēgu, kas nosaka maksimālo spēku, kāds pielikts, lai pagrieztu stieni. Mērierīcē izmantota US PRO dinamometriskā atslēga (modeļa Nr. 6751) ar mērījumu diapazonu 40-200 Nm un 2% nenoteiktību. Veicot mērījumus, nenosaka pagrieziena leņķi, bet gan spēku, kas jāpielieto, lai pārvarētu augsnes, sakņu un zaru seguma pretestību. Lai iekārtu varētu

¹ http://www.compasitd.ru/catalog/plotnost_pochvy_penetrometry

² Pat. US 2015096368, A1, 2015, G01N9/00.

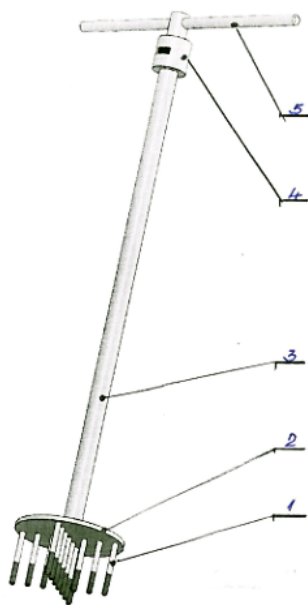
pielietot dažādās augsnēs, tai ir izskrūvējami stieņi, attiecīgi, mērījumus var veikt ar 5, 9 vai 13 stieņiem. Griezies pretestības jeb ceļa nestspējas novērtēšanai izstrādāta pārrēķinu tabula, kas pareizina pielietotā spēka mērījuma rezultātu ar koeficientiem, ko nosaka stieņu izvietojums mērierīcē. Izstrādātā mērierīce ir patentēta Latvijā.

2016. gadā, projekta "Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma" ietvaros, griezes pretestības mērītājs ir pilnveidots, aizstājot parasto dinamometrisko atslēgu ar atslēgu, kas nosaka maksimālo spēku, lai pagrieztu atslēgu par noteiktu leņķi, tāpat kā to dara ar Somijā izgatavoto iekārtu. Ņemot vērā iepriekšējo pieredzi ar dažādām augsnēm, ir saglabāta iespēja izskrūvēt atsevišķas stieņu rindas un pārrēķināt iegūto pielietotā spēka rezultātu, atkarībā no stieņu izvietojuma mērierīcē.

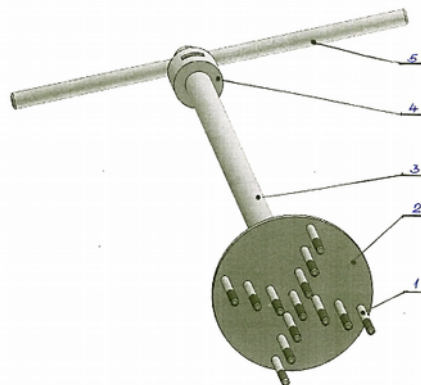
Meža augsnes griezes pretestības mērīšanas ierīces mērķis ir, ar netiešām metodēm noteikt meža augsnes pieļaujamo nestspēju, lai pamatotu kokmateriālu sagatavošanā izmantojamo mašīnu pašmasu un celtspējas raksturlielumus.

Meža augsnes griezes pretestības mērīšanas ierīces uzbūve

Ierīce (Att. 1 un 2) sastāv no stieņiem (1), kuri no apakšējās puses ieskrūvēti ierīces plāksnē (2), viens no stieņiem (1) ieskrūvēts plāksnes (2) centrā, pārējie stieņi izvietoti divos savstarpēji perpendikulāros virzienos caur centru. Pie plāksnes (2) augšpusē centra piestiprināts pamatstobrs (3), kura augšējās daļas iekšpusē atrodas elektriska griezes momenta mērierīce (4) un tā savienota ar ierīces griešanas rokturi (5). Stieņu (1) skaits var būt 5, 9 vai 13 un katra stieņa garums ir 20–30 cm, stieņa caurmērs 1,0 cm, plāksnes (2) diametrs 23–25 cm, plāksnes (2) biezums 1,0 cm, pamatstobra (3) garums 120–150 cm, pamatstobra (3) caurmērs 2–3 cm, divpusējā griešanas roktura (5) garums 70–90 cm, roktura (5) caurmērs 2 cm.



Att. 1: Ierīces skats no sāniem.



Att. 2: Ierīces aksonometriskais skats no apakšpusē.

Mērierīcē izmantota dinamometriskā atslēga (4) un leņķmērs BAHCO TAM12200, kas ražots Zviedrijā. Šī mērierīce ir ērta izmantošanā, pateicoties kompakstumam un nelielajai masai (450 g). Savienojumam ar rokturi uzstādīta 3/4" pāreja. Mērierīces brīvgājiens ir 2–3 °, kas būtiski neietekmē rezultātu.

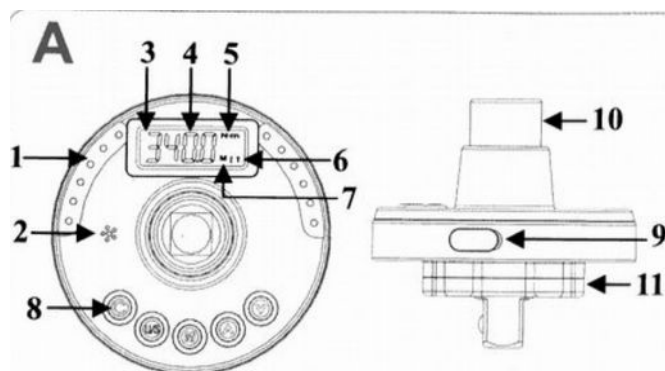
Mērierīce BAHCO TAM12200 uzbūve un lietošana

Mērierīce BAHCO TAM12200 (Att. 3) paredzēta pieliktā spēka un leņķa mērīšanai, spēka mērījumu diapazons ir 10–200 Nm (nenoteiktība 4%). Mērīšanas leņķis ir 1–999 °. Ierīces uzbūve parādīta Att. 4. Galvenās komplektējošās daļas ir:

1. LED Indikatori, kas brīdina par pagrieziena leņķa pietuvošanos iepriekš noteiktajai vērtībai;
2. skaņas signāls, kas norāda uz noteikta leņķa vai spēka robežas sasniegšanu;
3. LCD ekrāns ar 5 informatīviem sektoriem;
4. pieliktā spēka vai leņķa vērtība;
5. mērvienības;
6. mērīšanas režīma indikators;
7. iebūvētās atmiņas indikators (ierīce var saglabāt 50 mērījumu rezultātus);
8. vadības pogas;
9. komunikāciju ports (*pieslēgvieta informācijas lejupielādei*);
10. roktura stiprinājuma vieta;
11. bateriju nodalījuma vāciņš.

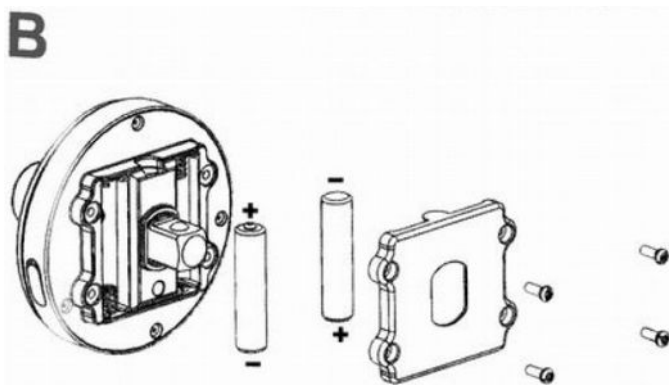


Att. 3: Mērierīces kopskats.



Att. 4: Nosaukumi un funkcijas.

Iekārta automātiski atslēdzas pēc 2 minūtēm, ja netiek lietota. Bateriju (2 x AAA) nepārtrauktas darbības laiks ir vismaz 24 stundas. Ja iekārtu nav plānots izmantot ilgāku laiku, baterijas jāizņem ārā. Ja spriegums baterijās sasnies kritiski zemu robežu, uz displeja parādīsies akumulatora simbols un pēc brīža iekārta izslēgsies. Izlietotas baterijas ir jāizņem no iekārtas. Bateriju aizvietošanu atskrūvē vāciņu un, ievērojot polaritāti, ievieto jaunas baterijas (Att. 5).



Att. 5: Bateriju ievietošana.

BAHCO ražo vairākus spēka un leņķa mērīšanas iekārtu modeļus

(Tab. 1). TAM 12200 izraudzīts tāpēc, ka atbilst vidusmēra cilvēka spēka diapazonam, veicot mērījumus ar vertikāli novietotu griezes stieni.

Tab. 1: Instrumenta specifikācijas

Modeļa numurs	Precizitāte, Nm	Stiprinājuma izmērs, collās	Spēka diapazons, Nm	Garums (mm)
TAM 1430	0,01	1/4	1,5-30	60
TAM 38135	0,1	3/8	6,8-135	75
TAM 12135	0,1	1/2	6,8-135	80
TAM 12200	0,1	1/2	10-200	80
TAM 12340	0,1	1/2	17-340	80
Visiem modeļiem				
Spēka precizitāte		CW : ±3 % - CCW: ±4 %		
Leņķa precizitāte		± 2° (griežot par 90° ar ātrumu 30° sek.)		
Programmu uzstādījumi		9 programmas		
LED indikatori		2 sarkani un 10 zaļi		
Spēka mērīšanas režīms		Maksimālā spēka vai pastāvīgs mērījums		
Mērvienības		Nm, ft lb ⁻¹ , in lb ⁻¹ , kg cm ⁻¹ , grādi		
Darba temperatūra		-10 °C līdz +60 °C		
Uzglabāšanas temperatūra		-20 °C līdz +70 °C		
Maksimāli pieļaujamais gaisa mitrums		90 %		
Izturība pret vibrācijām		10G		

Mērierīce uzturēšana un uzglabāšana

Mērierīce ir jākalibrē reizi gadā. Kalibrēšanu veic ražotājs vai autorizēts dīleris (Latvijā nav). Kalibrēšanu var veikt arī patstāvīgi, taču ražotājs negarantē rezultātu.

Maksimāli pieļaujamās slodzes pārsniegšana (110 % no maksimālās rekomendējamā mērījumu diapazona robežas) var radīt mehāniskus bojājumus un samazināt iekārtas precizitāti.

Mērierīci nedrīkst mētāt, mest zemē vai kratīt. Mērierīci nedrīkst turēt karstumā, pārmitrā vidē vai tiešā saules staru iedarbībā. Ierīce nav ūdensdroša. Ja mērierīce samirkst, tā rūpīgi jānoslauka ar sausu dvieli. Ierīces tīrīšanai nedrīkst izmantot organiskos šķīdinātājus, piemēram, alkoholu vai krāsas šķīdinātājus. Mērierīces tuvumā nedrīkst lietot vai turēt magnētus. Mērierīci var sabojāt arī tieša putekļu un smiltis ietekme.

Meža augsnes nestspējas mērīšana

Ierīci meža augsnes nestspējas mērīšanai, atkarībā no augsnes pamatmateriāla, mitruma satura, kā arī sakņu un mežizstrādes atlieku seguma blīvuma un dimensijām pielieto ar iestiprinātiem 5, 9 vai 13 stieņiem. Pārmitrās minerālaugsnes ierīci izmanto ar 5 stieņiem, jo augsne minerālaugsnes parasti ir pārāk blīvas, lai pilnībā iegremdētu augsnē ierīci ar lielāku stieņu skaitu. Izskrūvējot stieņus, izņem iekšējās stieņu rindas un atstāj ārējo rindu. Tādās augsnēs, kurās iekārtu nevar pagriezt ar saglabātu ārējo stieņu rindu, visticamāk nebūs problēmu ar augsnes nestspēju. Kūdras blīvums ir

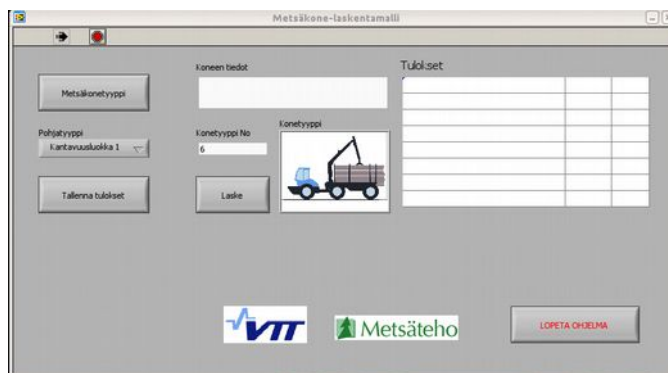
vairākas reizes mazāks nekā minerālaugsnei, tāpēc ierīci pretestības momentu mērīšanai izmanto ar 13 vai 9 stieņiem, ja augsne ir pārāk blīva, lai ierīci pilnībā iegremdētu augsnē ar visiem 13 stieņiem. Mērījumus veic šādā secībā:

1. izvēlētajā vietā uz kokmateriālu pievešanas ceļam paredzētās joslas ierīci nostāda vertikālā stāvoklī un stieņus iebīda augsnē līdz virs tiem esošā plāksne atdurās pret augsnes virskārtu (vieglāk to izdarīt, plāksnei uzkāpjot ar kājām; nav pieļaujama ierīces dziļšana zemē, sitot pa plāksni, ja ierīcei ir uzstādīta dinamometriskā atslēga;
2. saņem rokās ierīces rokturus un uzsāk vienmērīgu griezes kustību pulksteņa rādītāja virzienā. Augsnē ievadītie stieņi arī uzsāk griezes kustību un brīdī, kad sasniegts iepriekš noteiktais griezes momenta leņķis, uz griezes momenta mērītājerīces nolasījuma skalas parādās maksimālā pielietotā spēka vērtība;
3. pēc mērījuma pabeigšanas uz mērierīces skalas saglabājas maksimālā pielietotā spēka rādījums, kā arī griezes momenta leņķis. Mērierīces nolasījumu pieraksta reģistrācijas žurnālā. Ja mērījuma veikšana nav iespējama (mērierīces pagriešanai nepieciešamais spēks pārsniedz 200 Nm), žurnālā pieraksta (> 200). Šādās vietās, visticamāk neveidosies risas.

Mērījumus veic gan uz tehnoloģiskajiem koridoriem (ja tajos ieklāti zari), gan pārējā audzes daļā, lai novērtētu zaru seguma ietekmi uz augsnes nestspēju. Zinātnisko pētījumos ieteicams veikt 3 mērījumus – ārpus tehnoloģiskā koridora ar penetrolgeru augsnes penetrācijas pretestības mērīšanai, kā arī ar griezes pretestības mērierīci sakņu un un zemsedzes augu radītās pretestības noteikšanai un uz tehnoloģiskā koridora zaru seguma radītās ietekmes novērtēšanai.

Meža augsnes griezes pretestības mērīšanas ierīces izmantošana mežsaimniecībā

griezes pretestības mērīšanas ierīce izmantojama meža augsnes nestspējas raksturošanai zinātniskos pētījumos un ražošanas praksē. Ikdienā ērtāk strādāt ar tabulām un vienkāršām mehāniskām augsnes penetrācijas pretestības mērierīcēm, kas raksturo augsnes blīvumu. Sakņu un zaru seguma ietekmi var novērtēt matemātiski, ja ir pieejama pietiekoši liela griezes pretestības mērījumu empīrisko datu kopa. Latvijā šis darbs vēl ir jāizdara, it īpaši saistībā ar mežizstrādes atlieku seguma ietekmi uz augsnes nestspēju un tās izmaiņām, atkārtoti braucot pa vienu un to pašu ceļu. Somijā augsnes klasificēšana atbilstoši tās nestspējai ir uzsākta Metsäteho un Luke institūtos. Ir izstrādāta arī brīvi pieejama programma Metsäkone (Att. 6), kas rēķina maksimāli pieļaujamo pārbraucienu skaitu, atkarībā no ritenraktoru parametriem, ceļa seguma un augsnespenetrācijas pretestības. Programma nav izmantojama kāpurķēžu traktoriem. Programmas adaptēšanai Latvijas apstākļiem jāpārstrādā algoritmi augsnes struktūras izmaiņu raksturošanai, taču programmā ir pieejama būtiska informācija par meža tehnikas statisko spiedienu uz augsni.



Att. 6: Programmas Metsäkone saskarsmes ekrāns.

Zinot augsnes nestspēju un zaru seguma iespējamo ietekmi, meža apsaimniekotājs vai mežizstrādātājs var pieņemt lēmumu par darbu uzsākšanu attiecīgajā audzē, tehnoloģisko koridoru izvietojumu vai arī par atbilstošas pašmasas un celstspējas mežizstrādes mašīnu izmantošanu. Patreiz pieejamie empīriskie dati ļauj novērtēt to, vai pievešanas laikā veidosies risas, t.i. vai pievedējtraktora maksimālais spiediens uz augsni pietuvojas mazākajam augsnes nestspējas rādītājam, taču, izstrādājot modeļus dažādu sugu un vecuma mežaudžu mežizstrādes atlieku un sakņu noturības raksturošanai, varēs iegūt arī detalizētākas prognozes par maksimāli pieļaujamo pārbraucienu skaitu un rekomendējamo kravas lielumu, atkarībā no pievešanas apstākļiem.

Augsnes griezes pretestības un leņķa mēriekārtas prototipu darbībā LVMI Silava plānots izmēģināt praksē pētījumu programmas “Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma” pētījuma “Kravu lieluma ietekme uz pievešanas darba ražīgumu un augsnes bojājumiem” ietvaros 2016. gada rudenī.

Augsnes nestspējas aprēķinu piemērs

Griezes pretestību aprēķina ar 1. vienādojumu.

$$q = k_x \cdot Nm, \text{ kur}$$

q – griezes pretestība, kPa;

Nm – dinamometriskās atslēgas nolasījums, Nm;

k_x – pārrēķinu koeficientu $k_0 \dots k_3$ summa;

k_0 – pārrēķinu koeficients pie maksimālā stienīšu skaita (0,496); (1)

k_1 – pārrēķinu koeficients, ja izņemta iekšējā stienīšu rinda (0,595);

k_2 – pārrēķinu koeficients, ja izņemti vidējās rindas stienīši (0,744);

k_3 – pārrēķinu koeficients, ja izņemti ārējās rindas stienīši (0,992).

Aprēķinu piemērā mērījumos noteikts, ka iekārtas ar 5 stieņiem (saglabāta ārējā stieņu rinda), pagriešanai par 45° jāpieliek 125 Nm ekvivalents spēks. Lai aprēķinātu augsnes griezes pretestību (kPa), izmanto pārrēķinu koeficientus, kuri raksturo mērījumos ierīcē izmantoto stieņu skaitu un to izvietojumu uz ierīces plāksnes. Mērot augsnes griezes pretestību ar ierīci ar 5 stieņiem (izņemtas 2 iekšējās rindas), pārrēķinu koeficients ir 1,339, mērot ar 9 stieņiem (izņemta centram tuvākā rinda) – 0,595, bet mērot ar 13 stieņiem – 0,496.

Pārrēķinu koeficients ierīcei ar 5 stieņiem piemērā ir 1,339. Sareizinot šo koeficientu ar mērījumu rezultātu (125 Nm) iegūst augsnes nestspējas rādītāju (griezes pretestības 167 kPa). Pievedējtraktora, kura pašmasa ir 12,6 tonnas un kravas nestspēja 10 tonnas, spiediens uz augsni pie maksimālās slodzes ir 0,69 kg/cm², kas atbilst 69 kPa. No iegūtā rezultāta izriet, ka kokmateriālu

pievedējtraktors, kas rada 69 kPa atbilstošu slodzi, var strādāt uz augsnes, kuras nestspēja ir 167 kPa. Jāņem vērā, ka griezes pretestības mērījums parāda nevis maksimālo spēku, kas jāizmanto, lai pārplēstu koku saknes un zaru segumu, bet gan spēku, kas nepieciešams, lai izkustinātu tehnoloģiskā koridora vai pievešanas ceļa segumu, t.i. nestspējas un traktora radītā spiediena salīdzināšanai vēl jāizstrādā atbilstoši algoritmi. Maksimālās nestspējas noteikšanai jāizmanto cits mērīšanas režīms – maksimālais pieliktais spēks, neatkarīgi no pagrieziena leņķa. Šādam mērījumam nepieciešama cita dinamometriskā atslēga, kas ļauj mērit spēku vismaz 400 Nm diapazonā. Šādai iekārtai būtu jāmaina arī konstrukcija, izmantojot resnākus un mehāniski izturīgākus izskrūvējamus stieņus, kā arī jāpalielina griešanas rokturu garums, lai iekārtu varētu griezt vienlaicīgi 2 cilvēki. Šādas iekārtas masa

palielinātos vismaz 2 reizes un tā būtu grūti lietojama meža apstākļos. LVMI Silava izstrādātā iekārta sver ap 6 kg un to var izmantot 1 cilvēks.

Izmantotā literatūra

1. Ala-Ilomäki, J. (2013). Spiked shear vane w tool for measuring peatland top layer streng. *Suoseura — Finnish Peatland Society* 64(2-3), 113-118.
2. Uusitalo, J. (2012). New solutions in management and harvesting of peatland forests. Tampere, Finland.
3. Uusitalo, J. & Ala-Ilomäki, J. (2013). The significance of above-ground biomass, moisture content and mechanical properties of peat layer on the bearing capacity of ditched pine bogs. *Silva Fennica* [online], 47(3).