



Agroresursu un
ekonomikas
institūts



ZM subsīdiju projekta Nr. 10.9.1-11/17/886
“Amonjaka emisiju ierobežošanas un samazināšanas
pasākumu izvēles pamatojums lauksaimniecībā un to
efektivitātes novērtējums”
2. posma pārskats

AGRORESURSU UN EKONOMIKAS INSTITŪTS (AREI)/ LLU

Rīga

2017

SATURS

PROJEKTA IZPILDĪTĀJI.....	3
KOPSAVILKUMS.....	4
ABREVIATŪRU UN AKRONĪMU SARAKSTS.....	6
IEVADS.....	8
1. TIESISKAIS UN NORMATĪVAIS REGULĒJUMS.....	10
2. SLĀPEKĻA PĀRVALDĪBA LAUKSAIMNIECĪBĀ.....	12
3. AMONJAKA EMISIJU SAMAZINĀŠANAS PASĀKUMI LOPKOPĪBĀ.....	13
4. KŪTSMĒSLU APSAIMNIEKOŠANA.....	30
4.1. Amonjaka emisiju izraisošo faktoru vērtējums.....	30
4.2. Ekspertu aptauja par amonjaka emisiju samazinošiem pasākumiem Latvijas lopkopībā	34
4.3. Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu novērtējums, apsaimniekojot liellopu šķidrmēslus	39
4.4. Šķidrmēslu transportēšanas un iestrādes tehnoloģiju novērtējums.....	53
5. AMONJAKA EMISIJU APRĒĶINA MODELIS LOPKOPĪBĀ.....	60
5.1. Programmas uzbūves princips.....	60
5.2. Programmas darbības princips.....	64
6. AMONJAKA EMISIJU SAMAZINĀŠANA AUGKOPĪBĀ.....	69
7. TURPMĀKO PĒTĪJUMU NEPIECIEŠAMĪBA.....	76
8. PĀRĒJĀ INFORMĀCIJA.....	78
IZMANOTĀ LITERATŪRA UN DOKUMENTI.....	80
PIELIKUMI.....	87

PROJEKTA IZPILDĪTĀJI¹

Projekta vadītāja:

Ligita Melece, Dr. oec.

Projekta izpildītāji:

Juris Priekulis, Dr. sc. ing.

Aivars Ābolītiņš, Dr. sc. ing.

Daina Jonkus, Dr. agr.

Armīns Laurs, Dr. sc. ing.

Agnese Krieviņa, Dr. oec.

Aldis Pecka, Mg. sc. ing.

Juris Hāzners, Mg. oec.

Lāsma Cielava, Mg. agr.

Piesaistītie eksperti:

Oskars Balodis, Mg. agr.

Olga Frolova

Silvija Dreijere

Aija Galeja

Jānis Kažotnieks

¹ Zinātniski-tehniskais personāls nav norādīts

KOPSAVILKUMS

Emisiju samazināšanas pasākumi ne vienmēr ir efektīvi un izmaksas bieži vien ir augstas gadījumos, ja pasākums ir, vērsts tikai uz vienu emisijas avotu, vai arī vienu slāpekļa savienojumu. Viss slāpekļa cikls ietver: lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanas stratēģijas; zemu emisiju dzīvnieku turēšanas sistēmas; zemu emisiju kūtsmēsļu uzglabāšanas sistēmas; zemu emisiju kūtsmēsļu izkliešanas sistēmas; un amonjaka emisiju samazināšana no minerālmēsļu lietošanas.

Slāpekļa balance, kas parāda kvantitatīvās atšķirības starp slāpekļa ienesi un slāpekļa iznesi, ir noderīgs instruments tendenču un politikas pasākumu novērtēšanā. Turklāt slāpekļa bilances aprēķini, ir izrādījušies lauksaimniekiem saprotami pārvaldības rīki, kas plaši ieviesti daudzās rietumvalstīs un sniedz ieguldījumu slāpekļa noplūžu un emisiju samazināšanā.

Lai samazinātu amonjaka emisijas lopkopībā, kā galvenie pamatuzdevumi būtu: 1) precīzu un sabalansētu barības devu sastādīšana un izēdināšana visu sugu lauksaimniecības dzīvniekiem, kas sniedz iespēju, ne tikai samazināt amonjaka emisijas, bet arī kāpināt dzīvnieku produktivitāti un samazināt vielmaiņas saslimšanas risku; 2) cūku un putnu barības devās daļu no kopproteīna aizstāt ar aminoskābju koncentrātu, kas dotu iespējas nodrošināt cūkas un putnus ar tiem nepieciešamajām aminoskābēm, izvairoties no proteīna pārpalikumiem kūtsmēsļos, sevišķi nobarojamiem dzīvniekiem; un 3) palielinot dzīvnieku produktivitāti, samazināt amonjaka emisijas uz vienu lauksaimniecības dzīvnieku.

EK uzsver, ka lielākais amonjaka emisiju īpatsvars ir saistīts ar kūtsmēsļu apsaimniekošanu, tostarp izkliedi un iestrādi.

Slāpekļa pārpalikuma samazināšanās un slāpekļa izneses paaugstināšanās gadu gaitā norāda uz slāpekļa pārvaldības jeb apsaimniekošanas uzlabošanos. Šim nolūkam ieteicamais vērtēšanas periods ir pieci gadi. Slāpekļa pārvaldības uzlabošana saimniecību līmenī, piemēram, sniedz iespēju, izmantojot zemu emisiju metodes (zema proteīna diēta jeb racioni, ēdināšana atbilstoši dzīvnieka attīstības fāzēm un ražošanas mērķiem, kūtsmēsļu apsaimniekošana u.c), samazināt slāpekļa mēslojuma, it īpaši minerālmēsļu iegādi un izmantošanu.

Lielākā daļa pētījumu liecina, ka slaucamām govīm tikai aptuveni 25-35% no izēdinātās barības proteīna veido piena olbaltumvielu. Kopproteīna saturs barībā ir vissvarīgākais faktors, kas ietekmē piena slāpekļa izmantošanas efektivitāti. Zema proteīna diēta būtiski var samazināt amonjaka emisijas. Turklāt vairākos pētījumos konstatēta zema proteīna diētas labvēlīgā ietekme uz slaucamo govju reproduktivitāti un auglību.

Neefektīva slāpekļa izmantošana rada ne tikai vides piesārņojuma apdraudējumu, bet, palielinot barības izmaksas, rada finansiālus zaudējumus saimniecību īpašniekiem. Lai samazinātu lauksaimniecības dzīvnieku izdalītā slāpekļa un līdz ar to amonjaka apjomu, būtu jāizmanto šādas metodes: nodrošināt dzīvnieka sugai, kategorijai, ražošanas posmam, produktivitātes rādītājiem atbilstošu diētu jeb racionu; pielāgot barības sastāvu katra dzīvnieka vajadzībām, piemēram, atkarībā no laktācijas perioda, produktivitātes līmeņa, vecuma un dzīvnieku svara u.tml.; paaugstināt slāpekļa izmantošanas efektivitāti, uzlabojot dzīvnieku sniegumu (piena izslaukumus, augšanas ātrumu, barības pārstrādāšanas efektivitāti utt.). Vairāki ārvalstu pētnieki ir konstatējuši, ka zema proteīna satura diētas ieviešana ir iespējama, ja saimniecībā ir ne mazāk kā 15 dzīvnieku vienības.

Zema proteīna barības izmaksas ir atkarīgas no dažādiem faktoriem, un slaucamai govij tās var svārstīties no 20-80 EUR/gadā, bet cūkai - 2-12 EUR/gadā, samazinot amonjaka emisijas no 20-80%. Amonjaka emisiju potenciāla samazināšana ietekmē to apjoma samazināšanos turpmākajos kūtsmēsļu apsaimniekošanas posmos.

Slāpekļa daudzuma samazināšana kūtsmēsļos ar ēdināšanas izmaiņām ne tikai samazina amonjaka emisijas iegūšanas, uzglabāšanas un izkliešanas laikā, bet arī citus iespējamus slāpekļa zudumus (noplūde, denitrifikācija).

Viens no nozīmīgākajiem amonjaka emisiju samazinājošajiem pasākumiem lopkopībā Latvijā ir lauksaimniecības dzīvnieku barības devu sabalansēšana atbilstoši to fizioloģiskajām

vajadzībām, kas papildu slāpekļa un amonjaka emisiju samazināšanai par vismaz 30%, var sniegt produktivitātes pieaugumu par 13% un 125 EUR papildu ieņēmumiem uz vienu slaucamo govī.

Nozīmīgākie faktori, kuri sekmē amonjaka emisiju veidošanos dzīvnieku mītnēs, ir nomēsnotā laukuma platība (mēslu ejas, dzīvnieku pastaigu laukumi utt.), dzīvnieku guļvietu tīrība un sausums, pakaišu izmantošana, mēslu izvākšanas biežums no kūts, ietverot tūlītēju urīna atdalīšanu no fekālijām, kūts mikroklimata parametri (gaisa temperatūra, gaisa plūsmas ātrums virs piemēsnotajām virsmām), izvadāmā gaisa attīrīšana (filtrēšana), dzīvnieku ganīšanas perioda ilgums utt.

Amonjaka emisiju samazināšanai novietnēs liela nozīme ir biežai kūtsmēslu izvākšanai. Novietnēs, it īpaši cūku un putnu emisiju samazināšanai, var izmantot biofiltrus un gaisa attīrīšanas skābes skruberus, kas samazina amonjaka emisijas par 75-95%, bet nepieciešami ievērojami ieguldījumi un ekspluatācijas izmaksas.

Efektīvu amonjaka emisiju samazinājumu sniedz dzīvnieku ganīšana. Atrodoties ganībās, dzīvnieku urīns strauji iesūcas augsnē, tādējādi samazinot amonjaka emisijas līdz pat 50%, salīdzinājumā ar dzīvnieku turēšanu kūtī. Tomēr ganību izmantošana sekmē SEG emisijas un tāpēc lielajās lopkopības saimniecībās būtu jāorientējas uz slaucamo govju turēšanu kūtīs, bet ganības būtu izmantojamas galvenokārt gaļas liellopiem, kā arī nelieliem slaucamo govju ganāmpulkiem.

Kūtsmēslu izkliede un iestrāde ir viens no svarīgākajiem posmiem, kurā iespējams būtiski samazināt amonjaka un cieto smalko daļiņu emisijas. Izvēloties piemērotus laika apstākļus, un, veicot kūtsmēslu izkliedēšanai sekojošu iestrādi, ir iespējams būtiski samazināt emisijas. Visefektīvākā ir kūtsmēslu inžekcija, kuru iespējams izmantot šķidrmēslu un vircas iestrādei.

Lai gan biogāzes ražošana būtu īpaši atbalstāma pie cūku un putnu lielfermām, jo būtiski samazinātu ne tikai amonjaka, bet arī citu smakojošu gāzu emisijas apkārtējā vidē, tomēr vairāki ārvalstu pētnieki ir norādījuši, ka amonjaka emisijas, digestāta izkliedēšanas un iestrādes posmā var ievērojami palielināties, jo digestātā ir augstāks slāpekļa saturs.

Augkopībā ir iespējams ieviest vairākus pasākumus, kas tieši vai netieši samazina slāpekli saturošo savienojumu, t.sk. amonjaka, un cieto smalko daļiņu emisijas – tie ir:

- slāpekļa minerālmēslu racionāla izmantošana, paaugstinot slāpekļa izmantošanas efektivitāti, samazinot slāpekļa (N) ienesi, izmantojot līdzsvarotu slāpekļa minerālmēslu pielietošanu; izmantojot slāpekļa bilanci;
- tauriņziežu un pākšaugu iekļaušana augsekā – slāpekļa piesaiste samazina slāpekļa minerālmēslu lietošanas nepieciešamību – N ienesi nākošām kultūrām augsekā pat par 15-25%;
- dažādi papildinošie pasākumi: agroķīmiskās analīzes un mēslošanas plāni; NUE aprēķini; precīzā minerālmēslojuma lietošana; minimālā augsnes apstrāde; zaļmēslojuma augu audzēšana.

Visefektīvākais emisiju samazināšanas pasākums ir slāpekļa mēslojuma un minerālmēslu tūlītēja iestrāde augsnē, kas var samazināt amonjaka emisijas pat par 80%.

ABREVIATŪRU UN AKRONĪMU SARAKSTS

<i>ADF</i>	Skābi skalotā kokšķiedra - ietekmē barības sagremojamību, ja > par 40% sausnā, skābbarība slikti sagremojas
ANO	Apvienoto Nāciju Organizācija
C	ogleklis
CH ₄	metāns
<i>CLRTAP</i>	<i>Convention on Long-range Transboundary Air Pollution</i> - Konvencija par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos attālumos
CO ₂	oglekļa dioksīds
CSP	Centrālā statistikas pārvalde
<i>DIP</i>	Spureklī noārdītais (noārdāmais jeb šķīstošais) proteīns
dl	decilitrs; 1dl ir 100 ml
d	diena
<i>DM</i>	sausna
<i>DMI</i>	sausnas uzņemšanas spēja - sausnas daudzumu rēķina uz govs dzīvmasu, izslaukumu un laktācijas fāzi
<i>ECE</i>	<i>Economic Commission for Europe</i>
EEK	Eiropas Ekonomikas komisija
EK	Eiropas Komisija
<i>EMEP</i>	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i> - Eiropas Monitoringa un novērtējuma programma (par gaisa piesārņotāju pārnesei lielos attālumos Eiropā)
EP	Eiropas Parlaments
ES	Eiropas Savienība
g	grams
h	stunda
ha	hektārs
HM	Holšteinas melnraibās
HS	Holšteinas sarkanās
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> - Klimata pārmaiņu starpvaldību padome
K	Kālijs
kg	kilograms
KP	kopproteīns
LB	Latvijas brūnās
LDC	Lauksaimniecības datu centrs
LLKC	Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs
LLU	Latvijas Lauksaimniecības universitāte
LR	Latvijas Republika
m ³	kubikmetrs
<i>MUN</i>	urīnvielas slāpeklis pienā - <i>Milk Urea Nitrogen</i> – urīnvielas slāpeklis mg 100 ml jeb 1 dl piena
N	slāpeklis
n/d	nav datu
NDF	Neitrāli skalotā kokšķiedra - nosaka barības apēdamību, labas kvalitātes skābbarības sausnā NDF saturs 45-55%
NEL	Neto enerģija laktācijai - MJ (megadžouli) kg sausnas
N ₂	divatomu slāpeklis
N ₂ O	slāpekļa oksīds; dislāpekļa oksīds
NH ₃	amonjaks
NH ₃ -N	amonjaka slāpeklis

NH ₄	amoniji
NH ₄ -N	amonija slāpekļis
NH ₄ NO ₃	amonija nitrāts
NM ₄ OC	gaistoši organiskie savienojumi, izņemot metānu
NO ₂	slāpekļa dioksīds
NO ₃	nitrāts
NO _x	slāpekļa oksīdi - slāpekļa monoksīds NO un slāpekļa dioksīds NO ₂ ., kas izteikti kā slāpekļa dioksīds
N-pārpalikums	slāpekļa pārpalikums no N-ievades un N-izneses slāpekļa bilanci
NPK	slāpekļis-fosfors-kālijs
NUE	<i>Nitrogen Use Efficiency</i> – slāpekļa izmantošanas efektivitāte ²
P	fosfors
€	EUR tabulās
pH	ūdeņraža jonu aktivitātes negatīvais logaritms, kas raksturo skābumu un bāziskumu
PM _{2.5}	smalkās daļiņas (<i>fine particles</i>) ir daļiņas, kuru aerodinamiskais diametrs ir vienāds ar vai mazāks par 2.5 mikrometriem (µm)
t	tonna
TAN	<i>total ammoniacal/ammonia nitrogen</i> – kopējais amonija slāpekļis; amonjaka un amonija slāpekļa summa - NH ₃ -N+ NH ₄ -N
UIP	Spureklī nenoārdītais (nenārdāmais) proteīns (tranzīnproteīns)
UN	<i>United Nation</i> – Apvienotās Nācijas
UNECE	UNECE – Apvienoto Nāciju Eiropas Ekonomikas komisija
UUN	Urīnvielas slāpekļis urīnā
XP	Piena šķirņu krustojuma govīs
y	<i>Year</i> - gads tabulās
VVD	Valsts Vides dienests
ZM	Zemkopības ministrija

² Šāda abreviatūra ir izmantota, jo LR programmatiskajos un normatīvajos dokumentos arī tiek izmantota abreviatūra angļu valodā

IEVADS

Ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2001/81/EK (EC, 2001) valstīm tika noteikts gada emisiju maksimums, kas katrai dalībvalstij bija jāsasniedz līdz 2010. gadam, attiecībā uz sēra dioksīda (SO₂), slāpekļa oksīdu (NO_x), nemetāna gaistošo organisko savienojumu (NMGOS) un amonjaka (NH₃) emisijām. Tās mērķis bija mazināt gaisa piesārņojumu un tā kaitīgo ietekmi uz visas Savienības iedzīvotāju veselību un vidi un arī nodrošināt Gēteborgas protokola izpildi. Līdz 2016. gada 23. novembrim spēkā esošā direktīvā (EC, 2001) par valstīm noteikto maksimāli pieļaujamo emisiju ir iekļauti ierobežojumi, ko piemēroja no 2010. gada. Lai gan emisiju robežvērtības pēdējos gados ir palīdzējušas samazināt tādu vielu emisijas kā sēra dioksīds (skābā lietussēnis), amonjaks, slāpekļa oksīdi un gaistoši organiski savienojumi (piesārņojums no šķīdinātājiem, transportlīdzekļiem, mājāsaimniecību apsildīšanas un elektroenerģijas ražošanas sistēmām), tomēr ES joprojām nespēj sasniegt savus ilgtermiņa mērķus attiecībā uz gaisa kvalitāti (EP, 2016).

Lai sasniegtu jaunus gaisa kvalitātes politikas mērķus 2030. gadam, ES direktīvas projektā prasīts amonjaka emisiju samazinājums par 27%. Direktīvā ir paredzēta virkne pasākumu, kurus jāīsteno emisiju rašanās vietā un kuri dalībvalstīm būtu jāņem vērā, izstrādājot nacionālās programmas. Daudzi no tiem ir rentabli pat salīdzinoši mazās saimniecībās. Dalībvalstis turklāt var sniegt atbalstu, rezervējot atbilstošus resursus no lauku attīstības fondiem. Tiks izskatītas papildu iespējas par ES kontroli emisiju rašanās vietā, tostarp vispārēja prasība par barības vielu sabalansētību mēslojuma lietošanā, īpaša kontrole attiecībā uz kūtsmēslojuma apsaimniekošanu, marķēšana un citi noteikumi par neorganiskajiem mēslošanas līdzekļiem (Mēslošanas līdzekļu regulas pārskatīšanas kontekstā). Daudzi no šiem pasākumiem, turklāt palīdzēs, samazināt slāpekļa oksīda (N₂O) – svarīgas siltumnīcefekta gāzes (SEG), kuru regulē saskaņā ar Kioto protokolu, – emisijas.

Pēdējā laikā ir publicēti vairāki svarīgi dokumenti un ieteikumi, kas dalībvalstīm palīdzētu izvēlēties piemērotākos emisiju samazināšanas pasākumus lauksaimniecībā.

ANO Eiropas Ekonomikas komisijas (turpmāk tekstā - ANO/EEK) Konvencijas par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos attālumos 2015. gada 24. marta dokuments (ECE/AB.AIR/129) "Ietvars Labai lauksaimniecības praksei amonjaka emisiju samazināšanai" (Labas lauksaimniecības prakses kodekss amonjaka emisiju samazināšanai) (UNECE, 2015) aizstāj 2001. gada attiecīgo dokumentu, un ņem vērā 2014. gadā publicētās (ECE/EB.AIR/120) pēdējās zinātniskās un praktiskās atziņas par amonjaka samazināšanas pasākumiem no lauksaimniecības "Projekts pārskatītajam Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomikas komisijas Labas lauksaimniecības prakses pamatkodeksam amonjaka emisijas samazināšanai" (UNECE, 2014). Dokuments ir paredzēts tikai kā vadlīnijas un nenosaka obligātu pasākumu kopumu, kas pilnībā dalībvalstīm jāīsteno normatīvos un labas prakses nosacījumos. Tā mērķis ir palīdzēt dalībvalstīm izveidot vai atjaunināt savu valstu rekomendējošos labas lauksaimniecības prakses kodeksus amonjaka emisijas kontrolei, kā tiek prasīts IX pielikumā grozītajā 1999. gada Protokolā par paskābināšanas, eutrofikācijas un piezemes (troposfēras) ozona līmeņa samazināšanu.

ANO/EEK Ķīmiski aktīvā slāpekļa darba grupa ir sagatavojusi metodiskos norādījumus "Amonjaka emisijas samazināšanas iespējas" (Bittman et al., 2014), kurus 2014. gadā ir publicējis Ekoloģijas un hidroloģijas centrs Edinburgā. Metodiskie norādījumi ir domāti kā pašreizējo zināšanu un prakses atsaucis dokuments lauksaimniecības izcelsmes amonjaka emisijas novēršanai un mazināšanai. Tas, galvenokārt, paredzēts politikas veidotājiem, nozarē iesaistītajiem un zinātniekiem.

Iepriekš minētie nosacījumi noteica projekta mērķi un uzdevumus.

Projekta mērķi, uzdevumi un rezultāti

Projekta **virszdevums** ir izstrādāt ieteikumus efektīviem pasākumiem, kas ierobežo un samazina amonjaka emisijas lopkopības un augkopības nozarēs, ņemot vērā jaunās Eiropas Savienības prasības Nacionālajai gaisa piesārņojuma kontroles programmai.

Projekta **mērķis** ir izstrādāt priekšlikumus efektīviem amonjaka emisiju ierobežošanas un samazināšanas pasākumiem Latvijas lauksaimniecības sektora augkopības (organiskā mēslojuma un minerālmēsli izmantošana, ievērojot augu prasības pēc barības vielām, un to saturu augsnē) un lopkopības (lauksaimniecības dzīvnieku turēšana, ēdināšana, kūtsmēsli uzkrāšana, apsaimniekošana un iestrāde) nozarēm.

Lielāko amonjaka emisijas apjomu rada kūtsmēsli visā to aprites jeb rašanās/apsaimniekošanas ciklā (transportēšana, uzglabāšana, iestrāde u.tml.). Turklāt daudzās mērena klimata valstīs aptuveni 10% amonjaka emisijas izraisa slāpekļa minerālmēsli izmantošana, it īpaši audzējot kultūraugus lielās platībās. Kūtsmēsli apsaimniekošanas rezultātā radušās amonjaka emisijas ir atkarīgas no dažādiem faktoriem, kur viens no būtiskākajiem ir lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanas programmas un stratēģijas.

Tā kā lielākā daļa no augiem pieejamā slāpekļa jebkura veida kūtsmēslos ir amonija slāpekļa veidā, kas ir tiešs minerālmēsli aizstājējs, tad amonjaka emisija gan no organiskiem mēsliem, gan minerālmēsliem rada slāpekļa zudumus, palielinot minerālmēsli lietošanu optimālas ražas iegūšanai. Konvencija par robežšķērsojošo gaisa piesārņojumu lielos attālumos 1999. gada Protokols par paskābināšanas, eutrofikācijas un piezemes ozona līmeņa samazināšanu (Gēteborgas protokols) norāda, ka ir nepieciešams novērtēt slāpekļa zudumus visā tā aprites ciklā. It īpaši, ņemot vērā, ka ieteicamie pasākumi amonjaka un slāpekļa oksīda (SEG) emisiju samazināšanai ir savstarpēji izslēdzoši jeb kontraversāli. Šajā situācijā ir īpaši svarīgi izvērtēt visus emisiju samazinošo pasākumu aspektus, novērtējot to dažādo ietekmi.

2017. gadā paredzēts, saskaņojot ar nozaru ekspertiem un lauksaimnieku organizācijām, izstrādāt rekomendācijas Labas lauksaimniecības prakses nosacījumiem. Šajā etapā ir paredzēts novērtēt lauksaimnieku potenciālos ieguvumus, tai skaitā ekonomiskos, kas veidotos izvēlēto emisiju samazināšanas pasākumu ieviešanas rezultātā.

Projekta mērķu sasniegšanai **2017. gadā** projekta īstenošanas **2. posmā** tika veikti šādi **uzdevumi**:

1. Balstoties uz 2016. gada pētījumu rezultātiem par pasākumiem amonjaka emisiju ierobežošanai un samazināšanai, tika veiktas aptaujas (anketēšana) lauksaimniekus pārstāvošajās profesionālajās un nevalstiskajās organizācijās, kā arī saskaņoti viedokļi ar nozares ekspertiem un lauksaimniecības un vides politikas veidotājiem.
2. Tika izstrādāts projekts amonjaka emisiju ierobežošanas un samazināšanas pasākumu ieviešanas vidēja un ilgtermiņa darbības plānam (rekomendācijas) lopkopības un augkopības sektorā.
3. Tika izstrādāti iespējamie risinājumi amonjaka emisiju ierobežošanas un samazināšanas pasākumu ieviešanas rezultātu novērtējumam.
4. Tika izstrādāti priekšlikumi labas lauksaimniecības prakses nosacījumiem par amonjaka emisiju ierobežošanas un samazināšanas pasākumiem.
5. Tika sagatavoti priekšlikumi nepieciešamajiem pētniecības projektiem, lai izstrādātu Latvijai piemērotāko indikatoru kopumu amonjaka emisijas ierobežojošo un samazinošo pasākumu ieviešanas rezultātu novērtēšanai (monitoringam).
6. Tika izstrādāts modelis (aprēķina metodika) amonjaka (NH₃) emisiju noteikšanai lopkopības sektorā un priekšlikumu izstrāde emisiju samazinājuma nodrošināšanai.

1. TIESISKAIS UN NORMATĪVAIS REGULĒJUMS

Ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2001/81/EK (EC, 2001) valstīm tika noteikts gada emisiju maksimums, kas katrai dalībvalstij bija jāsasniedz līdz 2010. gadam, attiecībā uz sēra dioksīda (SO₂), slāpekļa oksīdu (NO_x), nemetāna gaistošo organisko savienojumu (NMGOS) un amonjaka (NH₃) emisijām. Tās mērķis bija mazināt gaisa piesārņojumu un tā kaitīgo ietekmi uz visas Savienības iedzīvotāju veselību un vidi un arī nodrošināt Gēteborgas protokola izpildi.

Lai sasniegtu jaunus gaisa kvalitātes politikas mērķus līdz 2030. gadam, jaunā 2016. gada 14. decembrī pieņemtā ES Direktīva³ 2016/2284/EK paredz virkne pasākumu, kurus jāīsteno emisiju rašanās vietā un kuri dalībvalstīm būtu jāņem vērā, izstrādājot nacionālās programmas. Daudzi no tiem ir rentabli. Turklāt dalībvalstis var sniegt atbalstu, rezervējot atbilstošus resursus no lauku attīstības fondiem. ES līmenī paredzēts izskatīt papildu iespējas par ES kontroli emisiju rašanās vietā, tostarp vispārēja prasība par augu barības vielu sabalansētību mēslojuma lietošanā, īpaša kontrole attiecībā uz kūtsmēslu apsaimniekošanu, marķēšana un citi noteikumi par neorganiskajiem mēslošanas līdzekļiem (Mēslošanas līdzekļu regulas pārskatīšanas kontekstā). Daudzi no šiem pasākumiem, turklāt palīdzēs, samazināt slāpekļa oksīda (N₂O) – svarīgas siltumnīcefekta gāzes (SEG) emisijas, kuras regulē saskaņā ar Kioto protokolu.

Direktīvā 2016/2284/EK cita starpā ir norādīts, ka:

- lauksaimniecības sektora amonjaka un smalko daļiņu emisiju samazināšanas pasākumiem vajadzētu būt efektīviem izmaksu ziņā un balstītiem jaunākajās zinātnes atziņās;
- lauku saimniecībām ir tiesības saņemt finansiālu atbalstu par pasākumiem, kurus tās veic un kuru dēļ tām ir jāmaina līdzšinējā prakse vai jāveic ievērojami ieguldījumi. KLP sniedz iespēju ar konkrētiem pasākumiem dot ieguldījumu gaisa kvalitātes uzlabošanā;
- dalībvalstīm jānodrošina, ka tiek pilnībā ņemta vērā pasākumu ietekme uz mazajām saimniecībām, lai ierobežotu jebkādas papildu izmaksas, un dalībvalstis var atbrīvot mazās un mikro lauku saimniecības no pasākumu veikšanas.

Direktīva nosaka ES dalībvalstīm emisiju samazināšanas robežvērtības, kas sasniedzamas līdz 2029. gadam un pēc 2030. gada. Amonjaka (NH₃) samazinājuma robežvērtības jeb mērķi Latvijai ir šādi:

Dalībvalsts	NH ₃ samazinājums salīdzinājumā ar 2005. gadu	
	Kādā no gadiem laikposmā no 2020. līdz 2029. gadam	Kādā no gadiem laikposmā no 2030. gada
Latvija	1%	1%

Pēdējā laikā ir publicēti vairāki svarīgi dokumenti un ieteikumi, kas dalībvalstīm palīdzētu izvēlēties piemērotākos emisiju samazināšanas pasākumus lauksaimniecībā.

ANO Eiropas Ekonomikas komisijas (turpmāk tekstā - ANO/EEK) Konvencijas par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos attālumos 2015. gada 24. marta dokuments (ECE/AB.AIR/129) "Ietvars Labai lauksaimniecības praksei amonjaka emisiju samazināšanai" (Labas lauksaimniecības prakses kodekss amonjaka emisiju samazināšanai) aizstāj 2001. gada attiecīgo dokumentu, un ņem vērā 2014. gadā publicētās (ECE/EB.AIR/120) pēdējās zinātniskās un praktiskās atziņas par amonjaka samazināšanas pasākumiem no lauksaimniecības "Projekts pārskatītajam Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomikas komisijas (UNECE) Labas lauksaimniecības prakses pamatkodeksam amonjaka emisijas samazināšanai". Dokuments ir paredzēts tikai kā vadlīnijas un nenosaka obligātu pasākumu kopumu, kas pilnībā dalībvalstīm jāīstēdā normatīvos un labas prakses nosacījumos. Tā mērķis ir palīdzēt dalībvalstīm izveidot vai atjaunināt savu valstu rekomendējošos Labas lauksaimniecības prakses kodeksus amonjaka

³ Direktīva 2016/2284/EK par dažu gaisu piesārņojošo vielu valstu emisiju samazināšanu (ar ko tika grozīta Direktīva 2003/35/EK un atcelta Direktīva 2001/81/EK)

emisijas kontrolei, kā tiek prasīts IX pielikumā grozītajā 1999. gada Protokolā par paskābināšanas, eutrofikācijas un piezemes (troposfēras) ozona līmeņa samazināšanu.

ANO/EEK Ķīmiski aktīvā slāpekļa darba grupas metodiskie norādījumi “Amonjaka emisijas samazināšanas iespējas”⁴, kuri publicēti 2014. gadā, ir paredzēti kā pašreizējo zināšanu un prakses atsauces dokuments lauksaimniecības izcelsmes amonjaka emisijas novēršanai un mazināšanai. Tas, galvenokārt, paredzēts politikas veidotājiem, nozarē iesaistītajiem un zinātniekiem. Lielāko amonjaka emisijas apjomu rada kūtsmēsli visā to aprites jeb rašanās/apsaimniekošanas ciklā (transportēšana, uzglabāšana, iestrāde u.tml.). Kūtsmēsļu apsaimniekošanas rezultātā radušās amonjaka emisijas ir atkarīgas no dažādiem faktoriem, kur viens no būtiskākajiem ir lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanas programmas un stratēģijas.

Tā kā lielākā daļa no augiem pieejamā slāpekļa jebkura veida kūtsmēslos ir amonija slāpekļa veidā, kas ir tiešs minerālmēsļu aizstājējs, tad amonjaka emisija gan no kūtsmēsliem, gan minerālmēsliem rada slāpekļa zudumus, palielinot minerālmēsļu lietošanu optimālas ražas iegūšanai. Konvencija par robežšķērsojošo gaisa piesārņojumu lielos attālumos 1999. gada Protokols par paskābināšanas, eutrofikācijas un piezemes ozona līmeņa samazināšanu (Gēteborgas protokols) norāda, ka ir nepieciešams novērtēt slāpekļa zudumus visā tā aprites ciklā. It īpaši, ņemot vērā, ka ieteicamie pasākumi amonjaka un slāpekļa oksīda (SEG) emisiju samazināšanai ir savstarpēji izslēdzoši jeb kontraversāli.

Būtiski jauna pieeja un reglamentācija attiecībā uz cūkkopības un putnkopības nozaru regulējumu attiecībā pret dažādu vidi, tai skaitā gaisu, piesārņojošo darbību ierobežošanu ir saistīta ar 2017. gada 15. februāra EK Lēmumu Nr. 2017/302. Lēmums pieņemts saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2010/75/ES, kas nosaka nosacījumus par labākajiem pieejamajiem tehniskajiem paņēmieniem (LPTP) attiecībā uz mājputnu vai cūku intensīvo audzēšanu.

EK Lēmuma 2017/302 LPTP nosacījumi attiecas uz šādām Direktīvas 2010/75/ES I pielikuma 6.6. sadaļā minētajām darbībām - Intensīva putnu un cūku nobarošana:

- ar vairāk nekā 40 000 vietām mājputniem;
- ar vairāk nekā 2 000 vietām gaļas cūkām (virs 30 kg); vai
- ar vairāk nekā 750 vietām sivēnmātēm.

LPTP nosacījumi ietver šādus saimniecībā notiekošus procesus un darbības:

- mājputnu un cūku barības vielu apsaimniekošana;
- barības sagatavošana (smalcināšana, maisīšana un uzglabāšana);
- mājputnu un cūku audzēšana (turēšana);
- kūtsmēsļu savākšana un uzglabāšana;
- kūtsmēsļu pārstrāde;
- kūtsmēsļu izkliešana;
- kritušo dzīvnieku uzglabāšana.

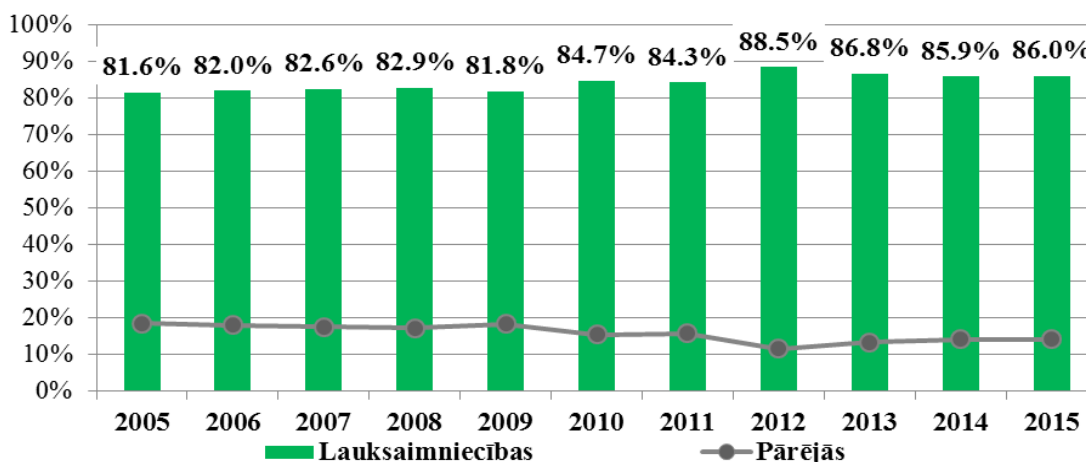
Papildu EK Lēmumam 2017/302 2017. gadā EK Apvienotais Pētniecības centrs (Joint Research Centre - JRC) izdevis LPTP (BAT) references dokumentu (BREF) intensīvai mājputnu un cūku audzēšanai (Santonja et al., 2017), kurā sniegti detalizēti ieteikumi EK Direktīvā 2010/75/ES noteikto prasību īstenošanā, kas novērstu vai ierobežotu piesārņojuma, tai skaitā amonjaka, rašanos un izplatīšanos.

Latvijā 2016. gadā A kategorijas piesārņojošās darbības atļaujas saņemšanai pakļautas bija: 11 sivēnmāšu novietnes, kurās atradās 87.9% no sivēnmāšu kopskaita valstī; iekļautas; 17 nobarojamo cūku novietnes ar 85.8% no nobarojamo cūku kopskaita, kā arī 4 mājputnu novietnes, kurās tika turēti vairāk nekā 90% no Latvijas mājputniem.

⁴ Bittman et al., 2014

2. SLĀPEKĻA PĀRVALDĪBA LAUKSAIMNIECĪBĀ

Lauksaimniecības izraisītais amonjaka emisiju apjoms (kt) Latvijā ir lielāks nekā pārējo avotu izcelsmes amonjaka emisiju apjoms, kas veido lielāko īpatsvaru un pieaugošu tendenci (1. attēls).



1. attēls. Amonjaka (NH₃) emisiju īpatsvara (%) dinamika, 2005.-2015. gads

Avots: autoru aprēķini pēc Latvia's Informative Inventory Report 2017

Izvērtējot lauksaimniecības sektorus, kas rada būtiskākās amonjaka emisijas, konstatēts, ka: vislielākais emisiju īpatsvars ir no slaucamo govju kūtsmēslu apsaimniekošanas, otrais lielākais - slāpekļa minerālmēsļu lietošana, it īpaši graudaugu un tehnisko kultūru (rapša) sējumos, kam seko kūtsmēslu iestrāde, un attiecīgi cūku, liellopu un dējējvistu kūtsmēslu apsaimniekošana (1. tabula).

Turklāt lauksaimniecības sektora izraisīto amonjaka emisiju apjoms ir būtiski pieaudzis laika posmā no 2005. līdz 2015. gadam par 20.9%.

1. tabula

Lauksaimniecības izraisītās amonjaka emisijas (NH₃ kt un %), 2005. un 2015. gads

Avots/gads		2005		2015	
Kūtsmēslu apsaimniekošana	slaucamās govīs	3.87	28.8%	3.34	20.7%
	pārējie liellopi	0.53	3.9%	0.74	4.6%
	aitas	0.12	0.9%	0.29	1.8%
	cūkas	2.23	16.6%	1.55	9.6%
	kazas	0.05	0.4%	0.04	0.2%
	zirgi	0.16	1.2%	0.11	0.7%
	dējējvistas	0.47	3.5%	0.49	3.0%
	broileri	0.16	1.2%	0.24	1.5%
	pārējie dzīvnieki	0.29	2.2%	0.56	3.5%
Lietošana/ iestrāde	N minerālmēslojums	2.6	19.3%	5.1	31.6%
	Kūtsmēsli	2.66	19.8%	3.17	19.6%
Dzīvnieku izdalījumi ganībās		0.28	2.1%	0.35	2.2%
Citi avoti		0.01	0.1%	0.01	0.1%
Kopā		13.44	100.0%	16.14	100.0%
Pieaugums		2015/2005		+2.7 kt	+20.9%

Avots: autoru aprēķini pēc Latvia's Informative Inventory Report 2017

3. AMONJAKA EMISIJU SAMAZINĀŠANAS PASĀKUMI LOPKOPĪBĀ

Latvijā lopkopības sektorā nepieciešams būtiski samazināt amonjaka (NH₃) emisijas. No lauksaimniecības dzīvniekiem lielāko amonjaka piesārņojumu rada slaucamās govys. Savukārt ļoti augsts īpatsvars (~ 90%) no cūku un mājputnu skaita Latvijā tiek audzēts novietnēs (saimniecībās), uz kurām attiecas EK Lēmums 2017/302 (2. tabula). Tas saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2010/75/ES prasībām, izvirza nosacījumus par labākajiem pieejamajiem tehniskajiem paņēmieniem (LTP) attiecībā uz mājputnu un cūku intensīvo audzēšanu. Tādejādi lielākajai daļai cūkkopības un putnkopības saimniecību tuvākajos četros gados ir jāsāk ieviest īpašas prasības, kas mērķētas vidi piesārņojošo samazinošo vai ierobežojošo darbību īstenošanai, tai skaitā amonjaka emisiju samazināšanai un ierobežošanai.

2. tabula

Intensīvās audzēšanas mājputnu un cūku skaita īpatsvars un novietnes Latvijā, 2016. gadā

Suga	Kategorija	L/s dzīvnieku skaits novietnē	
		Direktīva 2010/75/EK	Īpatsvars Latvijā
Cūkas	Nobarojamās cūkas, ≤30 kg	2 000	17 novietnes; 85.7% no skaita
	Sivēnmātes	750	11 novietnes; 87.9% no skaita
Mājputni		40 000	4 novietnes; 90% ≤ 50 0000;

Avots: autoru aprēķini pēc LDC un VVD datiem

Amonjaka un citu emisiju samazināšana noris, ja tiek paaugstināta dzīvnieku produktivitāte un barība tiek efektīvi izmantota.

Par to, ka apmēram pusei no slaucamo govju ganāmpulkiem lielajās saimniecībās, kurās tiek turētas vairāk nekā 300 govys, ir zems produktivitātes līmenis liecina pētījums, kurā visas pārraudzībā esošās slaucamās govys tika sagrupētas pēc ganāmpulka lieluma (govju skaits) un izslaukuma līmeņa. Kā redzams 3. tabulā, tad 14.6% no slaucamo govju skaita lielākajos ganāmpulkos maksimālais vidējais izslaukums ir 1.8 reizes mazāks nekā otrai daļai 18.4%. Turklāt šajās saimniecībās ir viszemākais maksimālais izslaukums – 7981 kg, kā arī viens no zemākajiem vidējiem izslaukumiem.

3. tabula

Slaucamo govju skaits, novietnes un izslaukums, grupējot pēc dzīvnieku skaita novietnē, 2016. gads

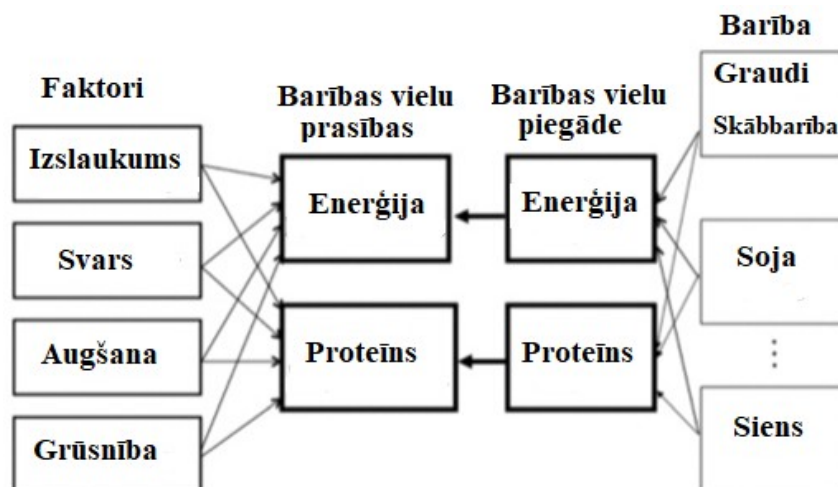
Novietnes		Govju skaits (n=128 000)						
		≥150		≥75≤149	≤74≥50	≤49	≤49≥8	≤7
		61	65	185	218	4171	2499	1672
Govju skaits		18652	23515	19105	13193	53651	46599	7052
		14.6%	18.4%	14.9%	10.3%	41.9%	36.4%	5.5%
Vidējais govju skaits		306	362	103	61	13	19	4
Izslaukums	Min.	4199	8005	2796	3450	1508	2246	1508
	Maks.	7981	14387	14909	11882	12904	12904	11158
	Vidējais	6708	10007	7387	6823	6173	6288	5998

Avots: autoru aprēķini pēc LDC datiem

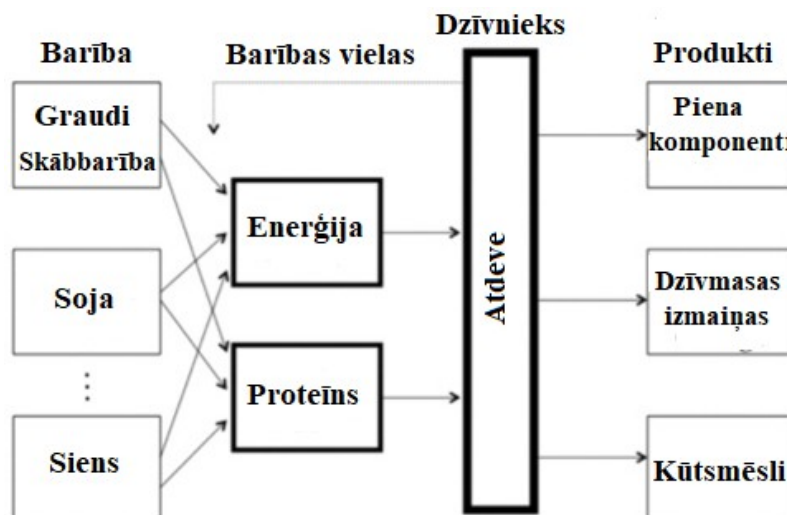
Amonjaka emisiju samazināšana slaucamām govīm

Eksistē dažādas pieejas, lai noteiktu optimālo barības sastāvu un devu lauksaimniecības dzīvniekiem. Viena pieeja ir, sastādot barības devu jeb diētu, aprēķinos ņemt vērā potenciālās dzīvnieka prasības, kur aprēķinos iekļauj gan produktivitātes faktoru, gan dzīvnieka fizioloģiskās prasības, tai skaitā dzīvnieka dzīvsvaru (2. attēls). Vairāki zinātnieki (St-Pierre & Weiss, 2012) norāda, ka dzīvnieka organisms, piemēram, slaucamās govys, ir ļoti sarežģīta un dinamiska

sistēma, kurā enerģijas piegāde ar barības vielām un tās piegādes forma (t.i., substrāti) ietekmē proteīna izmantošanu un otrādi. Tāpēc barības sastāva un devas noteikšanai (enerģētiskajai barības vērtībai un proteīna saturam) tiek ieteikts izmantot uz atdevi balstītu pieeju (3. attēls).



2. attēls. Dzīvnieka prasībām atbilstošas barības devas shēma slaucamām govīm
Avots: pēc St-Pierre & Weiss, 2012



3. attēls. Dzīvnieka atdevei atbilstošas barības devas shēma slaucamām govīm
Avots: pēc St-Pierre & Weiss, 2012

Slaucamās govīs lopbarībā esošo kopproteīnu (KP) var efektīvāk pārveidot piena proteīnā, kā arī izdalīt slāpekli ar kūtsmēsliem un urīnu. Slāpekļa saturs kūtsmēslos var būt divas, trīs reizes lielāks nekā pienā (4. tabula). Tādējādi, palielinoties kopproteīna saturam barībā, tiek ražots ne tikai vairāk piena, bet palielinās vides piesārņojuma risks ar slāpekli saturošiem savienojumiem, tai skaitā ar amonjaku.

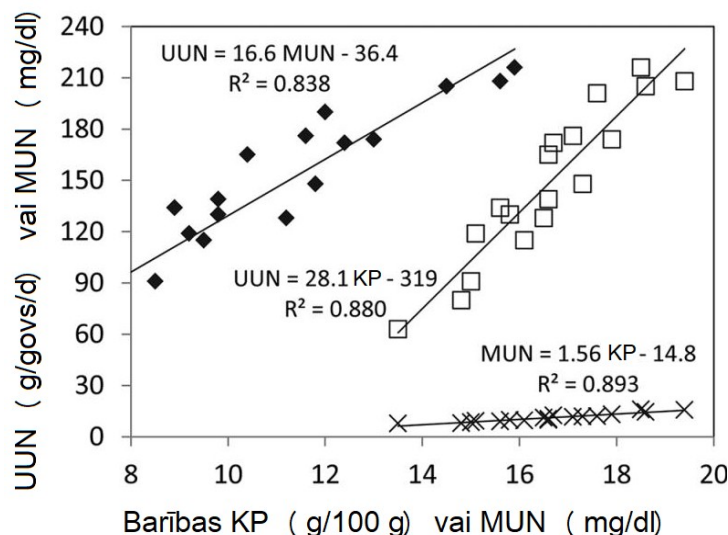
ASV Nacionālās Pētniecības padomes dati (*National Research Council*) liecina, ka slaucamo govju barības devās slāpekļa daudzums ir pārsniegts vidēji par 6.6%, tādēļ slāpekļa saturs urīnā palielinās par 16% un kūtsmēslos par 2.7%. Lai aprēķinātu patērētā slāpekļa daudzumu, kā indikators tiek izmantots urīnvielas saturs (MUN) pienā, jo to ir viegli noskaidrot un nav nepieciešams savākt un testēt īpašus urīna un izkārnījumu paraugus (Jonker et al., 2002; Broderick & Huhtanen, 2013).

**Ar barību uzņemtais un izdalītais slāpeklis dažādiem kopproteīna satura līmeņiem
slaucamo govju barībā**

Rādītājs	Kopproteīns, %				
	13.5	15	16.5	17.9	19.4
Uzņemtais N, g d ⁻¹	483	531	605	641	711
N pienā, g d ⁻¹	173	180	185	177	180
N kūtsmēslos, g d ⁻¹	309	316	376	410	467
N ekskrementos, g d ⁻¹	196	176	186	197	210
N urīnā, g d ⁻¹	113	140	180	213	257
N urīnā, % no kopējā N kūtsmēslos	36.5	44.3	47.8	52	55
N pienā, % no uzņemtā N	36.5	34	30.8	27.5	25.4

Avots: Chase et al., 2012

Daudzi pētījumi (Powell et al., 2014; Hynes et al., 2016) apliecina, ka piena urīnvielas slāpekļa (MUN mg dl⁻¹) saturs statistiski ticami jeb būtiski korelē ar urīnvielas slāpekļa (UUN) saturu urīnā (4. attēls), un tādejādi raksturo ar urīnu izdalīto slāpekli.



4. attēls. Sakarība starp MUN, UUN un barības devā esošo KP

Avots: Powell, et.al., 2014

ASV veiktā pētījumā zinātnieki noskaidrojuši, ka pastāv cieša sakarība starp MUN saturu pienā un UUN saturu urīnā ($R^2=0.838$), kā arī starp kopproteīna saturu (KP) barības devās un MUN pienā un UUN urīnā ($R^2=0.893$ un $R^2=0.880$). Tāpat noskaidrota cieša sakarība starp asins urīnvielas slāpekļa (BUN mg dl⁻¹) un piena urīnvielas slāpekļa saturu ($R^2=0.842$; Broderick & Huhtanen, 2013). Dažādos pētījumos noskaidrots, ka samazinoties MUN saturam pienā, amonjaka emisijas no vienas govs dienā arī samazinās (Webb et al., 2005; Arogo, et. al., 2006; Ndegwa, et. al. 2008). Urīnvielas slāpekļa saturs pienā atspoguļo slaucamo govju nodrošinājumu ar kopproteīnu, jo īpaši tā pārpalikumu gremošanas traktā, tāpēc šo rādītāju var izmantot, lai novērtētu govju gremošanas efektivitāti un vides piesārņojumu (Broderick & Clayton, 1997; Hof et al., 1997; Burgos et al. 2010; Powell, 2014).

Powell ar līdzautoriem (2012) kā iespējamus galvenos iemeslus paaugstinātam MUN saturam norāda šādus:

- zemāks izslaukums nekā prognozēts;
- nekvalitatīva jeb pavirša diētas jeb raciona sastādīšana;
- zema barības sagremojamība, ko izraisījusi tās pārkaršana;
- govs izvēlas tikai daļu no piedāvātās barības;
- neprecīzas MUN noteikšanas analīzes.

Koriģējot barības devu un, samazinot izēdinātā kopproteīna daudzumu, ir iespēja ne tikai samazināt izdalītā slāpekļa apjomu un ganāmpulka NH_3 emisijas, bet arī uzlabot govju veselības stāvokli.

Pārāk augsts proteīna līmenis barības devā palielina enerģijas vajadzību, kas tiek izmantota slāpekļa neitralizēšanai organismā, urīnvielas veidošanai un organisma attīrīšanai, kā rezultātā samazinās olnīcu aktivitāte. Zinātnieki analizējuši datus no 24 piena ganāmpulkiem, un atklāja, ka govīm ar MUN saturu mazāku nekā 10 mg dl^{-1} un ar MUN saturu no 10 līdz 12.7 mg dl^{-1} bija 2.4 un 1.4 reizes vairāk apstiprināto grūsnību, nekā govīm ar MUN saturu, virs 15.4 mg dl^{-1} (Rajala-Schultz et al., 2001).

Līdz ar to amonjaka emisiju samazināšana slaucamo govju ganāmpulkos sniedz ne tikai pozitīvu ietekmi uz apkārtējo vidi, bet var kalpot arī kā rīks govju veselības stāvokļa uzlabošanai.

Vieglāk ieviešamie pasākumi ganāmpulkos, lai samazinātu NH_3 emisijas, ir:

- piena urīnvielas noteikšanas ieviešana kā obligāts pasākums piena pārraudzības kontrolēs, lai noteiktu ar pienu izdalītā slāpekļa daudzumu un individuāla dzīvnieka proteīna izmantošanas efektivitāti;
- lopbarības ķīmisko analīžu veikšana nosakot ne tikai kopproteīna saturu (KP), bet arī sīkāk analizējot proteīna frakcijas: spureklī noārdāmo proteīnu (DIP) un spureklī nenoārdāmo pieejamo proteīnu (tranzīproteīnu, UIP);
- slaucamo govju grupēšana pēc produktivitātes līmeņa;
- precīzu barības devu sastādīšana katrai slaucamo govju grupai, pamatojoties uz lopbarības ķīmiskajām analīzēm;
- viena ēdināšanas speciālista pakalpojumus izmantošana, kritiski izvērtējot dažādu firmu ieteikumus;
- ganību zālāju ierīkošana un apsaimniekošana.

Urīnvielas satura (MU) noteikšana pienā

Daudzās Eiropas valstīs (Zviedrija, Vācija, Nīderlande, Beļģija u.c.) un rietumvalstīs pasaulē (ASV, Kanāda, Jaunzēlande, Austālija u.c.) urīnviela pienā tiek noteikta un uzskaitīta govju ikmēneša piena pārraudzības kontrolēs un tiek izmantota kā govju ēdināšanas efektivitātes rādītājs. Latvijā, veicot piena pārraudzību, ikmēneša kontroles laikā tiek noteikts govs izslaukums, piena tauku un olbaltumvielu saturs, kā arī somatisko šūnu skaits.

Papildu, bez atsevišķas samaksas pastāv iespēja noteikt arī pienā esošās laktozes un urīnvielas saturu, ko liela daļa Latvijas piena pārraudzības ganāmpulku neizmanto. Urīnvielas saturs pienā būtu jāievieš, kā obligāti nosakāms rādītājs, jo zinot urīnvielas saturu pienā, iespējams noteikt ne tikai izdalītā slāpekļa daudzumu, bet arī pārliecināties par izēdinātās barības devas sagremojamību un atbilstību dzīvnieku fizioloģiskajām vajadzībām.

Par optimālu urīnvielas saturu (MU) pienā tiek uzskatīts $15 - 30 \text{ mg dl}^{-1}$. Ar urīnvielu izdalītā N daudzuma (MUN) optimālās robežas ir $8 - 14 \text{ mg dl}^{-1}$.

Galvenie iemesli palielinātam MUN saturam pienā ir:

- pārāk augsts kopproteīna daudzums izēdinātajā barības devā, neizmantotais proteīns urīnvielas veidā izdalās ar pienu, urīnu vai fekālijām;
- pārāk augsts spureklī sagremojamā šķīstošā proteīna (DIP) saturs var paaugstināt MUN daudzumu pat tad, ja visas barības devas kopproteīna daudzums ir atbilstošs govs vajadzībām;
- spurekļa acidozes gadījumā mikrobiālā proteīna veidošanās tiek palēnināta līdz ar to netiek piesaistīts arī amonjaks;
- barības devas ar zemu ogļhidrātu (cietes, cukuru, kokšķiedras) saturu var samazināt spurekļa baktēriju vairošanos, kas rezultējas ar paaugstinātu MUN pienā.

Zinot urīnvielas saturu pienā ir iespējams aprēķināt urīnvielas slāpekļa daudzumu (MUN) (Spiekers & Obermaier, 2012) izmantojot formulu (1):

$$\text{MUN} = \text{urīnvielas saturs} \times 0.467 \quad (1)$$

Savukārt, izmantojot MUN pēc dažādu pētījumu rezultātiem ir iespējams prognozēt slāpekļa daudzumu, kas tiek izdalīts ar urīnu. Atsevišķi pētnieki UUN aprēķināšanai piedāvā formulu, kurā ir iekļauta govju dzīvmasa (2). Latvijā pārraudzības ganāmpulkos govīm dzīvmasu nosaka divas reizes mūžā – 1. un 3. laktācijā.

Lai varētu dzīvmasu izmantot UUN aprēķinos, to nepieciešams kontrolēt regulāri. Tas nozīmē, ka saimniecībām ir nepieciešams **lietot elektroniskos svarus**. Pagaidām elektroniskos svarus ikdienā nelieto pat lielos ganāmpulkos. Tuvākajā laikā govju dzīvmasas noteikšana mazās un vidējās saimniecībās būtu grūti ieviešams pasākums.

Tomēr saimniecībās kur regulāri iespējams noteikt dzīvmasu ar urīnu izdalītā slāpekļa daudzumu, var aprēķināt pēc zinātnieku (Kauffman, St-Pierre, 2001; Gulinski et. al., 2015) ieteiktās formulas (2):

$$\text{UUN} = 0.0259 \times \text{dzīvmasa (kg)} \times \text{MUN (mg dl}^{-1}) \quad (2)$$

Somu pētnieki (Nousiainen et al., 2004) UUN prognozei iesaka izmantot formulu (3), kurā tiek izmantots tikai MUN rādītājs:

$$\text{UUN (g/d)} = 14.1 \times \text{MUN} + 26 \quad (3)$$

Izmantojot no urīnvielas satura aprēķināto MUN daudzumu, ir iespējams aprēķināt amonjaka emisijas, ko vienā dienā iegūst no slaucamās govīs (Burgos et al., 2010):

$$\text{Amonjaka emisija, g dienā no govīs} = 25.0 + 5.03 \times \text{MUN saturs mg dl}^{-1} \quad (4)$$

Šādi ir iespējams prognozēt NH₃ emisijas no katra ganāmpulkā esošā dzīvnieka.

Kopproteīna (KP) līmeņa samazināšana barības devās

Lauksaimniecības dzīvniekiem dažādās dzīves cikla fāzēs ir nepieciešams atšķirīgs kopproteīna saturs barības devā. Lai prognozētu jebkuras barības vielas saturu izēdinātajā barības devā ir jāgūst priekšstats par izēdinātajiem barības līdzekļiem, veicot to ķīmiskās analīzes. Pēc iegūtajiem laboratorijas rezultātiem ir iespējams sastādīt precīzas un pamatotas barības devas. Ganāmpulkos, kuros tiek izēdināta pilnībā samaisītā barības deva (TMR), ieteicams veikt analīzes arī barības maisījumam, kas sniedz pilnīgāku priekšstatu gan par sastādīto barības devu, gan par lopbarības līdzekļu kvalitāti.

Govīm vajadzība pēc proteīna atšķiras dažādos laktācijas periodos, tāpēc ir svarīgi barības devas veidot atbilstoši govīs vai govju grupas vajadzībām (5. tabula). Augstproduktīvos ganāmpulkos, lai kāpinātu izslaukumu, dzīvnieku grupām tiek izēdināta barības deva, kurā ir lielāks daudzums barības vielu, nekā būtu nepieciešams. Tas nav ekonomiski pamatoti un var kaitēt dzīvnieka veselībai (Corson et al., 1999).

Turpretī mazproduktīvām govīm vai arī nelielās saimniecībās ir vērojama pretēja tendence – šeit ir problēmas ar barības devu sabalansēšanu un precīzu izēdināšanu (Corson et al., 1999; Ishler et al., 1999). Tāpēc ir vitāli svarīgi zināt izēdinātās lopbarības sastāvu, precīzi sastādīt barības devas un nodrošināt, lai visi barības līdzekļi tiktu nogādāti pareizajiem dzīvniekiem vai pareizajām dzīvnieku grupām. Slaucamo govju grupēšana tiek atzīta par svarīgu ekonomisko rīku saimniecības rentabilitātes paaugstināšanai (Cabrera et al., 2012).

5. tabula

Dažādām govju grupām nepieciešamā kopproteīna satura samazināšanas iespējas

Vidējais kopproteīna saturs barības devās, % no sausnas			
Dzīvnieku grupa	Pārāk augsts	Vidēji augsts	Maksimāli optimizēts
Liellopi			
Slaucamās govīs, laktācijas sākums (>30 kg piena dienā)	17–18	16–17	15–16
Slaucamās govīs, laktācijas sākums (<30 kg piena dienā)	16–17	15–16	14–15
Slaucamās govīs, laktācijas beigas	15–16	14–15	12–14
Jaunlopi	14–16	13–14	12–13
Teļi	20–22	19–20	17–19
Gaļas liellopi <3 mēnešiem	17–18	16–17	15–16
Gaļas liellopi >6 mēnešiem	14–15	13–14	12–13

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

Tomēr laktācijas fāze nav vienīgais barības vielu vajadzību limitējošais faktors.

Slaucamajām govīm kopproteīna nepieciešamība barības devā palielinās līdz ar to piena produktivitāti un dzīvmasu (6. tabula). Amonjaka emisiju samazināšanai ir jāraugās, lai spureklī noārdāmais proteīns (DIP), nepārsniegtu 65-70%, kas samazina proteīna izmantošanas efektivitāti.

6. tabula

Proteīna vajadzība govīm ar atšķirīgu piena produktivitāti un dzīvmasu

Dzīvmasa, kg	Produktivitāte laktācijas dienā, kg	Spureklī noārdāmais proteīns (DIP), g	Spureklī nenoārdāmais proteīns (UIP), g
450	15	1084	229
	20	1302	323
	25	1529	411
	30	1789	496
	35	1947	596
500	15	1126	219
	20	1344	314
	25	1571	402
	30	1789	496
	35	2016	584
550	15	1168	209
	20	1386	304
	25	1613	392
	30	1831	486
	35	2058	574
600	15	1201	206
	20	1420	300
	25	1646	389
	30	1865	482
	35	2092	570

Latvijā ir piena lopkopības saimniecības, kurās govīs grupē piecās grupās atbilstoši to fizioloģiskajam stāvoklim: cietstāvošās, pēcatnešanās, augstražīgās, govīs ar zemāku ražību un grupā ar paaugstinātu somatisko šūnu skaitu⁵.

Barības devas kopproteīna samazināšana no 18% līdz 16% Pensilvānijas Universitātes (ASV) veiktā pētījumā divu gadu laikā ir palīdzējusi samazināt MUN no 10.73 mg dl⁻¹ līdz 7.58 mg dl⁻¹ (Ishler, 2004). Turklāt kopējā slāpekļa izmantošanas efektivitāte pie samazināta

⁵ <http://laukutikls.lv/nozares/lauksaimnieciba/raksti/fermu-diena-zemnieku-saimnieciba-lejas-palsani-0>

kopproteīna daudzuma barības devā palielinās par 4.7% (no 34.0-38.7%), tajā pašā laikā saglabājot esošo piena produktivitāti.

Ne visos ganāmpulkos kopproteīna samazināšana barības devā ir pareizākais risinājums – Kornelas (*Cornell*) universitātes pētnieki noteikuši, kādos gadījumos barības devas proteīna līmeņa izmaiņas nenestu vēlamu rezultātu (Chase et. al., 2012):

- esošajā barības devā kopproteīna nav vairāk kā 16.5%;
- MUN koncentrācija pienā nav lielāka par 12 mg dl⁻¹;
- saimniecībā ir straujas barības līdzekļu izmaiņas;
- dažādiem barības līdzekļiem ir mainīgs sausnas saturs.

Arī šajā pētījumā zinātnieki ir norādījuši uz iespēju samazināt kopproteīna saturu par 0.5-1.0 procentpunktiem un nesamazināt piena produktivitāti tādējādi, neradot papildu zaudējumus saimniecībai.

Kopproteīna satura samazināšana barības devā būtu ne tikai nozīmīgs solis amonjaka emisiju samazināšanā, bet arī:

- palīdzētu samazināt proteīna lopbarības izmaksas;
- uzlabotu ganāmpulka produktivitātes rādītājus;
- uzlabotu atsevišķu dzīvnieku atražošanas rādītājus.

Šķirnes jeb genotipa nozīme barības devu aprēķinos ir būtiska, par ko liecina daudzi pētījumi. Piemēram, Lielbritānijā veiktie pētījumi apliecina, ka urīnvielas saturs pienā, kuru dienā izdala Holšteinas šķirnes slaucamās govīs un Holšteinas un Zviedrijas sarkanās šķirnes krustojums, atšķiras (7. tabula).

7. tabula

Kopproteīna satura (%) un slaucamo govju genotipa ietekme uz MUN un ar barību uzņemto slāpekli

Rādītājs	Kopproteīna līmenis			Šķirne/Genotips	
	Zems (14.1%)	Vidējs (16.1%)	Augsts (18.1%)	Holšteinas	Krustojums*
MUN, g/d	4.85	5.35	5.93	5.82	4.89
MUN saturs, mg/dl	18.9	20.9	22.5	20.7	20.7
MUN / uzņemtais N	0.0090	0.0094	0.0103	0.0101	0.0090
MUN /sagremojamais uzņemtais N	0.0141	0.0141	0.0157	0.0155	0.0137

* - Holšteinas un Zviedrijas sarkanās šķirnes krustojums

Avots: Hynes et al., 2016

Ganību un zālāju ierīkošana

Ganību sezonas pagarināšana samazina NH₃ emisijas, un kopējo siltumnīcas gāzu (piemēram, CO₂) emisiju īpatsvars arī samazinās, turklāt govju atrašanās ganībās pozitīvi ietekmē gan piena kvalitāti, gan kopējos saimniecības ienākumus, kā arī govju labturības apstākļus un citus vitāli svarīgus aspektus (Misselbrook et. al., 2012).

Govīm, kas atradušās ganībās vismaz 6 mēnešus gadā, pienā ir novērots būtiski zemāks urīnvielas saturs nekā govīm, kas tika turētas nepiesietās turēšanas sistēmā un ēdinātas ar pilnīgi samaisīto barības devu ar dažādām kopproteīna proporcijām (Gulinski et. al., 2016).

Govīm, kas vasaras periodā tiek ganītas, ir praktiski neiespējami sastādīt un izēdināt precīzi sabalansētu barības devu, jo nav iespējams noteikt apēstās ganību zāles daudzumu. Tomēr, lai samazinātu slāpekļa emisijas ganību periodā, iespējams veidot zālājus no zālaugu sugām ar augstu ūdenī šķīstošo cukuru saturu, kas var samazināt slāpekļa izdalīšanos par 20% (UUN izdalīšanos pat par 29%), jo paaugstinās slāpekļa izmantošanas efektivitāte organismā un līdz ar to arī uzlabojas piena produktivitāte (Miller et al., 2001; Moorby et al., 2006). Kā viena no šādām stiebrzālēm ir minama ganību airene (*Lolium perenne*).

Neviennozīmīgi rezultāti ir iegūti par sarkanā āboliņa iekļaušanu ganību zālāja maisījuma izveidē. Powel et al. (2009) savā pētījumā izvirzīja hipotēzi, ka šāda rīcība ļauj samazināt

slāpekļa emisijas, galvenokārt, no urīna, tomēr Dorland et al. (2007) pētījumā šāda sakarība netika konstatēta.

Latvijā izēdinātās barības devas slaucamām govīm intensīvā un ekstensīvā turēšanas sistēmā

Slaucamo govju ganāmpulka īpašniekam jāzina, ka katru gadu pēc rupjās lopbarības sagatavošanas, jāveic lopbarības ķīmiskās analīzes, lai pēc iespējas precīzāk būtu iespējams sastādīt barības devas govīm. Būtu nepieciešams analizēt ne tikai sagatavotās skābbarības paraugus, bet arī sienu un pat salmus.

Zinot lopbarības ķīmiskās analīzes, govju piena produktivitātes līmeni un fizioloģisko stāvokli, pieredzējis lopkopības speciālists sagatavos precīzu barības devu atbilstoši ganāmpulka vai konkrētas govju grupas vajadzībām, nodrošinot nepieciešamo proteīna, enerģijas, minerālvielu un vitamīnu daudzumu, kā arī kontrolējot barības devas apēdamību un sagremojamību.

Pēc LLKC datiem 2016. gadā sagatavotajā skābbarībā vidējais kopproteīna līmenis skābbarības sausnā bija 13–14%. Taču svārstības novērotas plašās robežās no 11% vēli pļautam zālājam līdz 19.5% skābbarībai ar lucernas pārsvaru. Augstražīgām govīm 13-14% kopproteīna barības devā ir nepietiekoši. Šāds proteīna līmenis nodrošina izslaukumu apmēram 20 kg diennaktī. Govīm ar dienas izslaukumu 35 kg un vairāk nepieciešami vidēji 16% proteīna barības devas sausnā.

Augstražīgo govju ganāmpulkos, jeb intensīvā piensaimniecībā lopbarības ķīmiskās analīzes tiek veiktas katram barības līdzeklim, kā arī TMR maisījumam.

Izmantojot LLKC 2016. gada bruto segumu, aprēķināta intensīvajā govju audzēšanā izēdinātās barības devas sausnā esošā kopproteīna, NDF un ADF saturs% un neto enerģija laktācijai 1 kg sausnas (8. tabula).

8. tabula

Barības deva intensīvā govju audzēšanā

Rādītāji	Rādītājs				
	Sausna, kg	Neto enerģija MJ NEL kg ⁻¹ sausnas	Kopproteīns, % no sausnas	NDF, % no sausnas	Koptauki, % no sausnas
Barības vielu vajadzība*	-	5.98-6.73	15-17	30-38%	2.5-3.0
Aprēķināts barības devā	19.7	6.3	15.1	42.9%	3.87

* Barības vielu vajadzība noteikta pēc Osītis, 1998. Barības līdzekļu novērtēšana atgremotāju ēdināšanā, 26. tabula 79. lpp.

Pēc aprēķiniem noskaidrots, ka govs ar 8500 līdz 9000 kg saražotā piena gadā vidēji uzņem 19.7 kg sausnas, kuras vienā kg ir 6.3 MJ NEL, 15.1% kopproteīna 42.9% NDF un 3.87% koptauku.

ASV zinātnieki noskaidrojuši, ka izslaucot 10000 kg piena no govs gadā zāles lopbarības kvalitātei jābūt augstai, tas ir kopproteīnam 17–19% no sausnas, NDF 40–46% no sausnas, ADF 31–40% no sausnas un sausnas sagremojamībai 62–65% (Redfearn & Zhang, 2011).

Ekstensīvā turēšanas sistēmā vidēji no vienas slaucamas govs laktācijā tiek iegūti 5000 – 6000 kg piena. Šāda izslaukuma sasniegšanai pēc LLKC datiem sausnā jābūt 12.8% kopproteīna.

Nemot vērā aprēķinu rezultātus, saimniecībās ir novērojama tendence kopproteīna saturam barības devā pārsniegt tā vajadzību. Līdz ar to proteīna satura samazināšana barības devās nestu ne tikai pozitīvu ieguldījumu NH₃ emisiju samazināšanai, bet arī saimniecības ekonomisko rādītāju uzlabošanai.

Amonjaka emisijas cūkkopībā

Cūku un mājputnu ēdināšanai EK Lēmuma 2017/302 ieteikumi paredz:

- samazināt kopproteīna saturu, nodrošinot slāpekļa satura ziņā sabalansētu izēdināmo barību, kurā ņemtas vērā enerģijas vajadzības un sagremojamās aminoskābes;
- nodrošināt daudzfāzu ēdināšanu, kurā izēdināmās barības sastāvs pielāgots specifiskajām prasībām ražošanas periodā;
- izēdināmajai barībai ar zemu kopproteīna saturu pievienot kontrolētus daudzumus neaizvietojoamo aminoskābju. Šo paņēmieni neizmanto gadījumos, kad barība ar zemu kopproteīna saturu ekonomiski nav pieejama, kā arī bioloģiskajā lopkopībā, kur neizmanto sintētiskās aminoskābes;
- izmantot atļautas barības piedevas, kas samazina kopējo izdalīto slāpekli.

Cūkkopībā samazināt amonjaka emisijas nobarojamo cūku novietnēs ir iespējams, izēdinot cūkām barības piedevas, kas saista organismā esošo lieko slāpekli, kā arī, precīzi sabalansējot aminoskābju daudzumu barības devā, tai pašā laikā samazinot izēdinātā kopproteīna daudzumu (Panetta et al., 2006).

Parasti cūkas no organisma izdala 30–50% no kopējā uzņemtā slāpekļa un no tā ir atkarīgas kopējās amonjaka emisijas novietnē. Izvēloties aminoskābju preparātus, lai būtiski samazinātu izēdinātā kopproteīna daudzumu varētu būt kā risinājums NH_3 emisiju samazināšanai.

Arī papildus kokšķiedras izēdināšana nobarojamām cūkām būtiski ietekmē slāpekļa apriti (Carter et al., 2008).

Galvenie ierobežojošie faktori šo pasākumu ieviešanai ir:

- nepieciešama precizitāte aminoskābju vajadzības noteikšanā dažādām cūku grupām;
- precīza preparātu izēdināšana cūkām ir svarīgs priekšnoteikums, lai samazinātu augšanas palēnināšanās risku;
- aminoskābju preparāti ir dārgi, un to lietošanai ir nepieciešama zinoša ēdināšanas speciālista konsultācija.

Pētījumā par dažādu barības devu izēdināšanu nobarojamām cūkām to augšanas dažādās fāzēs ir noskaidrots, ka augšanas sākumposmā izmantojot barības devu ar ultra zemu kopproteīna līmeni (172 g kg^{-1} sausas), ir iespējams amonjaka emisijas samazināt pat 10 reizes, salīdzinot ar cūkām, kam izēdināta barības deva ar vidējo kopproteīna daudzumu – 221 g kg^{-1} sausas. Turklāt augšanas fāzē šiem sivēniem tika novērota arī lielāka kopējā dzīvmasa (Powers et al., 2007). Tomēr nobarošanas beigu fāzē, kur zemākais proteīna līmenis barības devā nepārsniedz 120 g kg^{-1} sausas, lai arī uzrādīja viszemākās amonjaka emisijas starp 3 ēdināšanas grupām, tomēr nobarošanas beigās visu cūku dzīvmasa bija par nepilniem 50 kg zemāka nekā grupai ar nedaudz pazeminātu barības devas kopproteīna līmeni (145 g kg^{-1} sausas).

Cūku barībā kukurūzu vai kviešus iespējams aizstāt ar miežiem, tritikāli vai sorgo ar zemu tanīna saturu, neietekmējot cūku nobarošanu, bet samazinot barības izmaksas (Woyengo et al., 2014). Pākšaugi un eļļas augi daļēji vai pilnībā var aizstāt tradicionālos barības enerģijas un proteīna avotus, nesamazinot sniegumu. Iegādājoties pākšaugus un eļļas augu sēklas lētāk, ir iespējams samazināt barības izmaksas (Woyengo et al., 2014).

Dažādu aminoskābju preparātu izēdināšana nobarojamām cūkām samazina nepieciešamā kopproteīna daudzumu un līdz ar to rezultējas ar samazinātām amonjaka emisijām novietnē. Dažāda vecuma un izmantošanas veida cūkām, atkarībā no to dzīvmasas ir nepieciešams atšķirīgs daudzums aminoskābju. Saskaņā ar Vašingtonas Nacionālās Zinātņu akadēmijas 1998. gadā noteiktajiem aminoskābju izēdināšanas normatīviem nobarojamām cūkām (9. tabula) par normējamām uzskata 10 aminoskābes, kas jāiekļauj barības devā. Latvijā aminoskābju normēšana un kontrole cūku barības devās praktiskos apstākļos aprobežojas galvenokārt ar lizīnu, metionīnu, triptofānu, treonīnu, izoleicīnu un valīnu.

Aminoskābju vajadzība dažādas dzīvmasas nobarojamām cūkām

Aminoskābes vajadzība, % sausas	no	Dzīvmasa, kg					
		3 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 50	50 – 80	80 - 120
Arginīns		0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19
Histidīns		0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19
Izoleicīns		0.83	0.73	0.63	0.51	0.42	0.33
Leicīns		1.50	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54
Lizīns		1.50	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60
Metionīns		0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16
Fenilalanīns		0.90	0.80	0.68	0.55	0.44	0.35
Treonīns		0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41
Triptofāns		0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11
Valīns		1.04	0.92	0.79	0.64	0.52	0.40

Avots: Wu, 2010

Pētījums par urīnvielas saturu slaucamo govju pienā

Lai skaidrotu, kāds urīnvielas saturs pienā ir dažādos slaucamo govju ganāmpulkos Latvijā, tika veikts pētījums, izmantojot Lauksaimniecības datu centra (LDC) datu bāzi.

Pētījuma materiāls un metodes

Izmantojot slaucamo govju piena pārraudzības informāciju, kas uzkrāta LDC, tika izvēlētas 7 dažāda lieluma un produktivitātes līmeņa saimniecības, kuras veicot ikmēneša pārraudzības kontroles bez tauku un olbaltumvielu satura%, somatisko šūnu skaita (SSS) tūkstošos, nosaka arī urīnvielas saturu (mg dl⁻¹) pienā. Saimniecības šifrētas ar alfabēta burtiem A, B, C, D E, F un G. Visās saimniecībās govīs tiek turētas brīvi un tās saņem totāli maisītu barības devu (TMR) atbilstoši izslaukuma līmenim. Saimniecībās, A, C, F un arī E tiek regulāri veiktas lopbarības analīzes. Pārējās trijās saimniecībās lopbarība tiek analizēta periodiski.

No izvēlētajām saimniecībām lielākā bija B saimniecība, tās ganāmpulkā 2016. pārraudzības gadā bija vidēji 940 slaucamās govīs ar vidējo izslaukumu 7816 kg. Saimniecības A un C maz atšķīrās pēc slaucamo govju skaita, A saimniecībā bija 627, C saimniecībā 640 slaucamās govīs. Vidējais izslaukums no govīs standartlaktācijā attiecīgi 10800 kg un 12300 kg. Arī D saimniecībā slaucamo govju skaits bija lielāks par 500 govīm, bet vidējais izslaukums 7500 kg. Mazākā no visām saimniecībām bija E, tajā vidēji gadā turēja 76 slaucamās govīs, to vidējais izslaukums 9500 kg. Saimniecībā F vidēji turēja 390 slaucamās govīs ar vidējo izslaukumu 8000 kg un augstu vidējo tauku un olbaltumvielu saturu, attiecīgi 4.52 un 3.60%. Saimniecībā G vidējais govju skaits bija 134 un mazākais vidējais izslaukums no govīs 2016. gadā - 7000 kg.

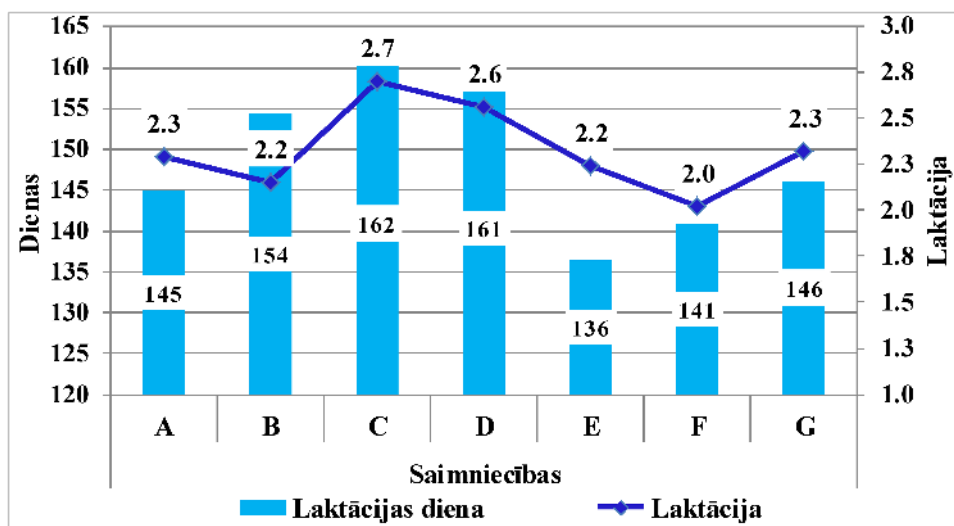
Pētījumā izmantoti dati par govīm, kuras atnesušās sākot ar 2016. gada 1. janvāri, un līdz 2017. gada 1. oktobrim noslēgušās laktāciju. Kopā visās saimniecībās analizēti 40216 piena paraugi. Analizēto piena paraugu skaits pa saimniecībām un šķirnēm dots 10. tabulā.

10. tabula

Dažādu šķirņu govju piena paraugu skaits analizētajās saimniecībās

Šķirnes	Saimniecības/ n						
	A	B	C	D	E	F	G
LB	802	2381		5353	302	1257	377
HS	275	1098		439	234	1906	581
HM	4778	6486	8082		295	591	605
XP	1789	1192		34	276	1062	21
Kopā	7644	11157	8082	5826	1107	4816	1584

Saimniecībās audzēto govju vidējais vecums bija no 2.0 laktācijām F saimniecībā līdz 2.7 laktācijām C saimniecībā (5. attēls). Tas nozīmē, ka ganāmpulkos pārsvarā bija jaunas govīs, lai gan bija arī 6., 7., un 8. laktācijas dzīvnieki, bet vecākā govīs bija noslēgusi 11. laktāciju. Vidējais slaukšanas dienu skaits saimniecībās no 136 līdz 162 dienām.



5. attēls. Govju vidējais vecums laktācijās un vidējā laktācijas diena.

Lai dažādās saimniecībās izvērtētu amonjaka piesārņojuma draudus, zinot urīnvielas saturu pienā, pēc zinātnieku ieteiktām formulām aprēķinājām MUN (1. formula) un amonjaka emisijas no govju dienā (4. formula).

Rezultāti tika apkopoti, pētījuma saimniecībās norādot izslaukumu, piena sastāvu un kvalitātes vidējos rādītājus, kā arī analizējot šķirnes, laktācijas perioda un urīnvielas satura ietekmi uz amonjaka emisijām, izmantojot datu apstrādes programmas *SPSS* (*SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA*) un *MS Office* programmu *Excel*.

Pētījuma rezultāti

Starp saimniecībām kontroles dienas vidējais izslaukums, piena sastāvs, kvalitāte, urīnvielas saturs un amonjaka iznese no govju dienā būtiski atšķīrās - $p < 0.05$ (11. tabula).

Lielākais izslaukums (41.9 kg) kontroles dienā novērots C saimniecībā, kurā audzē tikai HM šķirnes govus. Mazākais izslaukums (23.8 kg) kontroles dienā bija G, saimniecībā, kuras ganāmpulkā bija gan LB, gan Holšteinas šķirnes sarkanraibās un melnraibās, gan arī piena šķirņu krustojuma govus. Pārraudzības kontrolēs noteiktais vidējais urīnvielas saturs pienā (MUN) bija no 21.8 mg dl⁻¹ C saimniecībā līdz 30.7 mg dl⁻¹ A saimniecībā. Līdz ar to A saimniecībā bija arī lielākais urīnvielas slāpekļa (14.3 mg dl⁻¹) un lielākais amonjaka daudzums (97.0) gramos no govju dienā.

Saimniecība C audzē tikai Holšteinas melnraibās (HM) šķirnes govus, pārējās saimniecībās bija gan sarkano šķirņu - Latvijas brūnās (LB), Dānijas sarkanās (DS), Angleras (AN), Zviedru sarkanraibās (ZS) šķirnes, kuras visas apvienotas vienā grupā un saucas LB, gan arī Holšteinas sarkanraibās (HS) un Holšteinas melnraibās šķirnes govus, gan arī piena šķirņu krustojumi (XP).

Slaucamo govju vidējais kontroles dienas izslaukums, piena sastāvs, kvalitāte un amonjaka daudzums pētījuma saimniecībās

Saimniecība	Rādītāji	Izslaukums, kg	Tauku saturs, %	OLBV saturs, %	SŠS, tūkst ml ⁻¹	Urīnvielas saturs mg dl ⁻¹	MUN mg dl ⁻¹	NH ₃ /g dienā
A, n=7644	$\bar{x}$	37.8	4.00	3.29	176.0	30.7	14.3	97.0
	S	11.01	0.86	0.38	568.96	7.39	3.45	17.36
	V, %	29.1	21.6	11.6	323.2	24.1	24.1	17.9
B, n=11157	$\bar{x}$	24.4	3.80	3.47	292.2	29.1	13.6	93.3
	S	7.33	0.99	0.42	1098.9	7.93	3.70	18.63
	V, %	30.1	26.1	12.1	376.1	27.3	27.3	20.0
C, n=8082	$\bar{x}$	41.9	3.44	3.23	270.7	21.8	10.2	76.2
	S	9.94	0.87	0.38	680.62	6.89	3.22	16.17
	V, %	23.8	25.4	11.7	251.5	31.6	31.6	21.2
D, n=5826	$\bar{x}$	25.6	4.21	3.48	272.5	27.0	12.6	88.5
	S	7.78	0.76	0.49	636.29	8.22	3.84	19.31
	V, %	30.3	18.1	14.0	233.5	30.4	30.4	21.8
E, n=1107	$\bar{x}$	32.6	4.06	3.58	214.1	24.0	11.2	81.4
	S	8.91	0.81	0.46	792.15	6.90	3.22	16.21
	V, %	27.3	20.0	13.0	369.9	28.7	28.7	19.9
F, n=4816	$\bar{x}$	29.8	4.57	3.67	318.9	28.2	13.2	91.2
	S	9.12	0.99	0.42	964.19	8.48	3.96	19.92
	V, %	30.5	21.6	11.4	302.3	30.1	30.1	21.9
G, n=1584	$\bar{x}$	23.8	4.19	3.49	372.3	26.7	12.5	87.7
	S	7.29	0.82	0.46	990.11	8.33	3.89	19.57
	V, %	30.6	19.7	13.3	266.0	31.2	31.2	22.3

$\bar{x}$ - vidējais aritmētiskais; S – standartnovirze; V, % - variācijas koeficients

C saimniecībā govju turēšanai un ēdināšanai tiek pievērsta liela uzmanība. Slaucamās govīs saimniecībā tiek grupētas 5 grupās atkarībā no izslaukuma līmeņa. Šīm grupām tiek sastādītas barības devas. Atsevišķa barības deva paredzēta cietstāvošajām govīm un govīm pirms atnešanās. Govīs saimniecībā tiek barotas 2 reizes dienā. Sausnas un sausnā esošo barības vielu un enerģijas daudzums pa grupām govīm dots 12. tabulā.

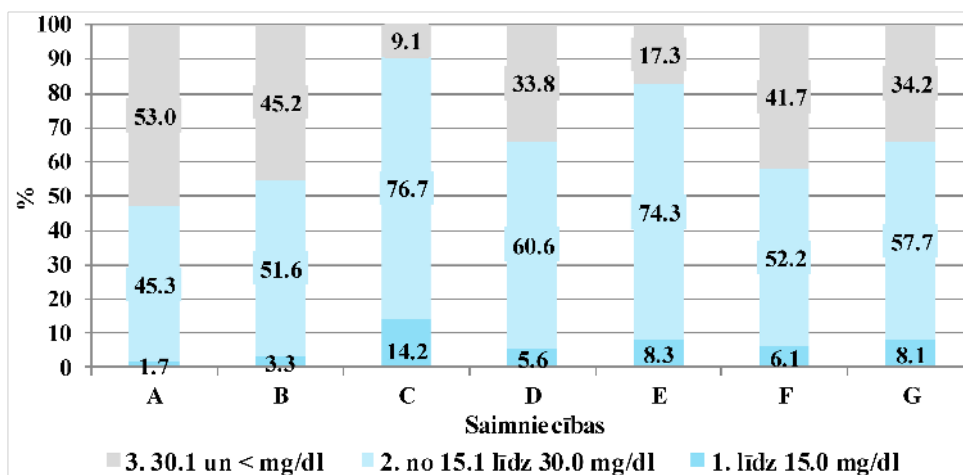
Barības devas govīm ar dažādu produktivitāti C saimniecībā

Rādītāji	Govju grupa			
	1	2.; 3.	4	5
Sausna, kg	24.6	26.8	22.7	17.6
Sausna, %	49.7	43.9	42.3	39.6
Kopproteīns KP, % sausnā	16.5	15.9	14.4	14
UIP, % no KP	32.85	732.3	33.01	31.15
NDF, % sausnā	29.8	19.9	33.9	38.8
ADF, % sausnā	18.2	32.3	20.8	24.1
NEL/MJ kg sausnas	6.87	6.72	6.68	6.45
Ca, %	0.9	0.84	0.77	0.73
P, %	0.48	0.46	0.43	0.42
Ca/P attiecība	1.9	1.8	1.8	1.7
Koptauki, % sausnā	4.14	4.07	4	3.88

Zinot lopbarības analīžu rezultātus, iespējams, detalizēti saplānot barības devu katrai grupai. Kopproteīns barības sausnā tiek plānots no 16.5 līdz 14%, bet enerģija no 6.87 līdz 6.45 MJ/kg sausnas. Tiek plānots arī NDF un ADF saturs barības devā % no sausnas. No minerālvielām 7. tabulā dots Ca un P saturs procentos. Barības devā tiek normēts arī pārējo

makro- (Mg, Na) un mikroelementu (Cu, Mn, Se, Zn, K, Si, S), kā arī sāls saturs%. Tiek normēts arī A, D un E vitamīnu daudzums.

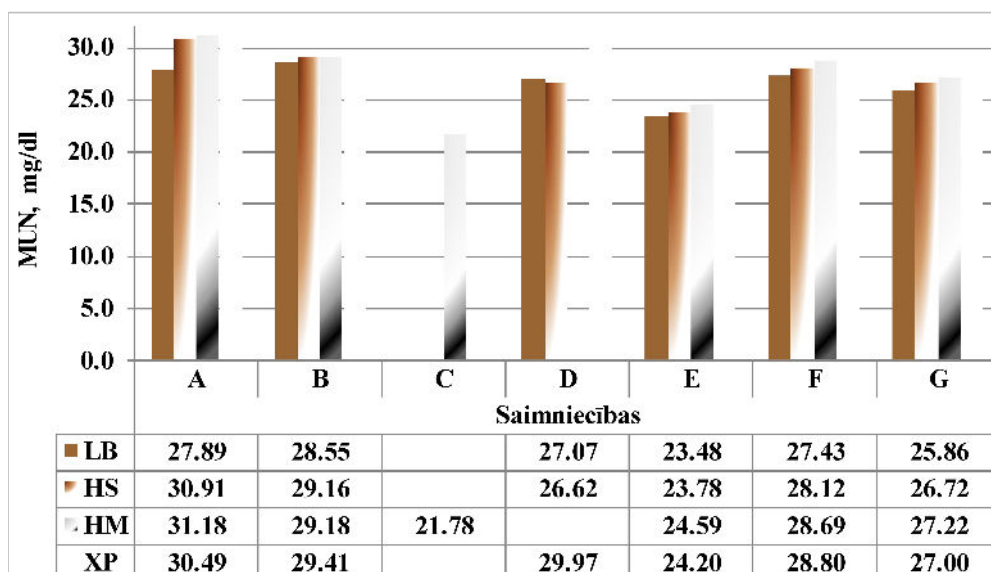
Lai noskaidrotu, kāds saimniecībā ir piena paraugu īpatsvars ar urīnvielas saturu pienā, kas neatbilst optimālajām robežām, visi paraugi tika sadalīti trīs grupās atkarībā no MUN satura tajos. 1. grupā bija piena paraugi ar MUN, kas nepārsniedz 15 mg dl⁻¹, 2. grupā paraugi ar optimālu MUN saturu no 15.1 līdz 30.0 mg dl⁻¹ un 3. grupā piena paraugi, kuros MUN saturs bija lielāks par 30.1 mg dl⁻¹ (6. attēls).



6. attēls. Piena paraugu sadalījums (%) pēc urīnvielas satura pienā (MUN) saimniecībās

Iegūtie rezultāti liecina, ka lielākā daļa paraugu visās saimniecībās, izņemot A saimniecību, ietilpa 2. grupā, tas ir ar optimālu urīnvielas saturu pienā. A saimniecībā optimāls urīnvielas saturs bija tikai 45.3% no visiem analizētajiem paraugiem, kas liecina, ka barības devās šajā saimniecībā nav sabalansēta proteīna un enerģijas vajadzība. Līdz ar to var secināt, ka saimniecībā netiek efektīvi izmantota slaucamo govju barības deva un var novērot palielinātu amonjaka izdalīšanos apkārtējā vidē. Saimniecībā C 76.7% no visiem piena paraugiem bija ar optimālu urīnvielas saturu. Arī E saimniecībā 74.3% piena paraugos urīnvielas saturs bija optimāls - no 15 līdz 30 mg dl⁻¹. Visās septiņās saimniecībās 3. grupas govju piena paraugos amonjaka iznese ar pienu bija lielāka par 100 g dienā (no 103 g C saimniecībā līdz 110 g A saimniecībā). A saimniecībā šādu paraugu bija vairāk nekā puse no visiem – 53%.

Ir veikti pētījumi, kuros noskaidrots, ka govīs šķirne ietekmē urīnvielas saturu pienā. Mūsu pētījumā urīnvielas saturs saimniecībās, dažādu šķirņu govīm būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) (7. attēls).



7. attēls. Urīnvielas saturs pienā (MUN mg dl⁻¹) dažādu šķirņu govīm

Augstākais urīnvielas saturs no visiem slaucamo govju genotipiem bija HM šķirnei un XP (krustojuma) govīm. Piemēram, A saimniecībā, kur HM šķirnes govīm bija visvairāk piena paraugu (n=4778), novērots augstākais urīnvielas saturs pienā 31.2 mg dl⁻¹, kas pārsniedz nteikto optimālo urīnvielas saturu - 30 mg dl⁻¹. Arī pārējās saimniecībās (B, E un G) HM šķirnes govīm novērots augstāks urīnvielas saturs pienā, nekā LB un HS govīm.

Turklāt ne visās saimniecībās HM šķirnes govīm bija augstākais izslaukums, salīdzinot ar citām šķirnēm (13. tabula).

13. tabula

Dienas vidējais kontroles izslaukums dažādu šķirņu govīm

Šķirnes	Saimniecības						
	A	B	C	D	E	F	G
LB	29.4	23.0	-	25.8	34.9	30.4	22.6
HS	36.5	24.2	-	23.9	34.9	30.2	23.7
HM	38.8	25.0	41.9	-	30.7	28.6	24.5
XP	39.4	23.8	-	27.9	30.2	29.2	28.9

Tā kā C saimniecībā tur tikai HM šķirnes govīs, tad šajā saimniecībā nevar salīdzināt izslaukumu starp šķirnēm. A, D un G saimniecībā augstākais izslaukums bija XP govīm, bet F saimniecībā LB šķirnes govīm.

Urīnvielas saturs pienā un līdz ar to arī urīnvielas slāpekļa saturs un izdalītā amonjaka daudzuma sakarība ar izslaukumu visās saimniecībās bija negatīva, tuva nullei ($r = -0.019$), kas liecina, ka izslaukuma palielināšanās praktiski neietekmēja urīnvielas saturu pienā.

Arī citi pētnieki nonākuši pie līdzīga secinājuma, ka sakarība starp izslaukumu un MUN ir nenozīmīga.

Tā kā laktācijas laikā mainās izslaukums un piena sastāvs, pētījumā tika noskaidrotas MUN vērtības svārstības dažādos laktācijas periodos. Slaucamo govju laktācija iedalīta četros periodos: 1. periods ir no 5.–100. laktācijas dienai, 2. periods no 101.–200. dienai, 3. periods no 201.–305. laktācijas dienai (standartlaktācijas garums) un 4. periods 306 un < dienas.

Visās saimniecībās laktācijas periodu vidējais slaukšanas dienu skaits būtiski neatšķīrās, līdz ar to, tas, mūsaprāt, nevarēja ietekmēt urīnvielas saturu pienā (14. tabula).

14. tabula

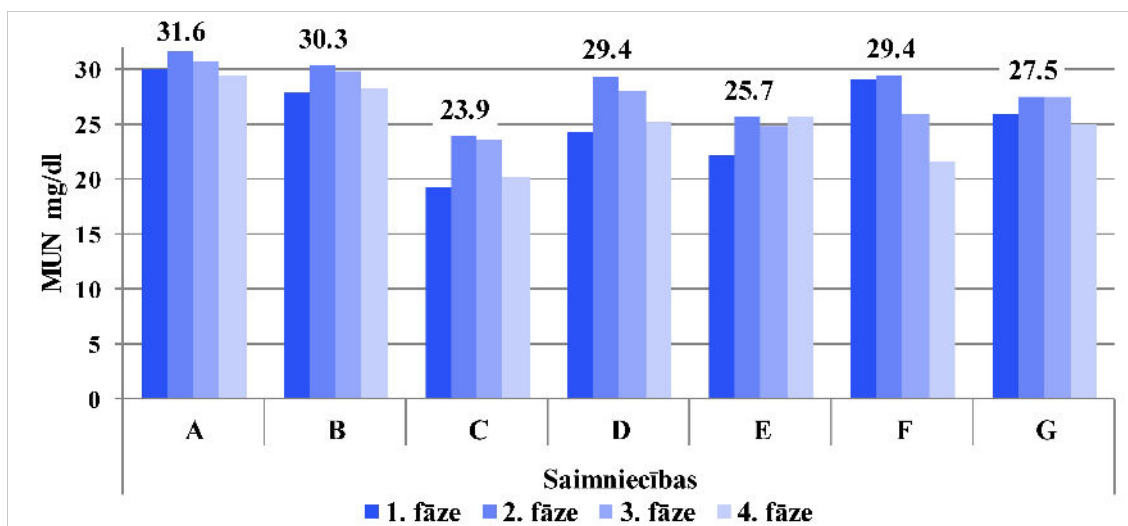
Vidējais laktācijas perioda dienu skaits pētījuma saimniecībās

Laktācijas periods, no līdz dienai		Saimniecības						
		A	B	C	D	E	F	G
1.	5.-100. diena	50	49	51	54	49	50	50
2.	101.-200. diena	148	149	149	149	147	149	147
3.	201.-305. diena	246	248	249	247	248	248	249
4.	306. un varāk	359	374	374	356	345	360	373

Visās saimniecībās urīnvielas saturs pienā pa laktācijas periodiem izmainījās līdzīgi (8. attēls).

Augstākais urīnvielas saturs novērots 2. laktācijas periodā - no 101. līdz 200. laktācijas dienai. To varētu skaidrot ar to, ka lielākā uzmanība saimniecībās sabalansētai govju ēdināšanai pievērsta pirmajās 100 dienās pēc atnešanās, bet nākamajā laktācijas periodā govīm vēl saglabājas augsts izslaukums, un daļa no govīm ir kļuvušas grūsnas. Līdz ar to šajā periodā saimniekiem var būt problēmas ar barības devas sabalansēšanu, jo govīs daļu enerģijas tērē augļa augšanai.

Mūsu pētījumā 1. laktācijas periodā vidējais izslaukums visās saimniecībās bija 35.0 kg, 2. periodā – 32.1 kg, 3. periodā izslaukums jau bija samazinājies līdz 26.6 kg, bet 4. periodā izslaukums bija tikai 22.7 kg.



8. attēls. Urīnvielas saturs pienā (MUN) dažādos laktācijas periodos

Izmantojot urīnvielas datus saimniecībās, būtu iespējams veikt aprēķinus un prognozēt saimniekošanas efektivitāti un vides piesārņojuma risku. Eiropas valstīs urīnvielas saturs pienā ir obligāts rādītājs, ko nosaka piena pārraudzības kontrolēs, jau sākot no pagājušā gadsimta 90. gadiem.

Veicot urīnvielas satura noteikšanu pienā, iespējams novērst nelietderīgu proteīna izmantošanu un vides piesārņojuma, tai skaitā amonjaka emisiju, palielināšanos. Nīderlandē kopš 1998. gada veiktie pasākumi, lai kontrolētu attiecīgo likumdošanas normu izpildi, deva rezultātus – jau pēc trim gadiem novēroja amonjaka emisiju samazināšanos par 12%. Turklāt nepieciešamības gadījumā slaucamo govju barības devās proteīna un enerģijas daudzums tika koriģēts, kas novērsa nelietderīgu barības un finanšu līdzekļu izmantošanu (Bijgaart, 2003).

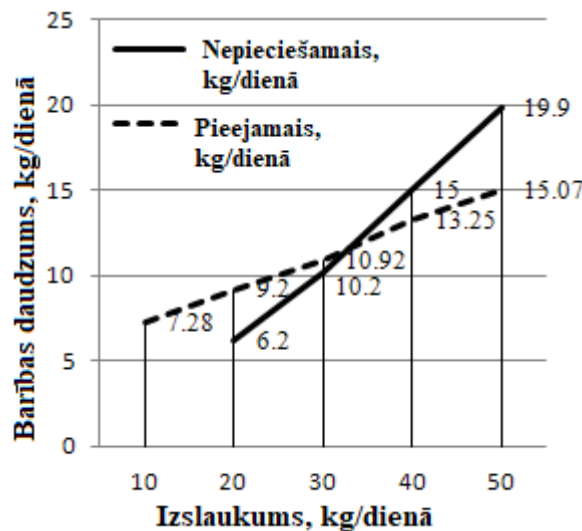
Daudzi zinātnieki uzsver, ka urīnvielas satura pienā izmantošana par indikatoru nav viennozīmīga, un to nevar pielietot, neņemot vērā faktorus, kas ietekmē tā izmaiņas: ne tikai vides un fizioloģiskos, bet arī piena paraugu ņemšanas laiku un izmantoto testēšanas metodi, kā arī testēšanas laboratorijas darba kvalitāti un rezultātu ticamību. Tādēļ zinātnieki un ēdināšanas eksperti/speciālisti iesaka regulārai ganāmpulka kontrolei izmantot vidējos rezultātus, kas iegūti no individuāliem dzīvniekiem, nevis MUN rādītājus, kuri noteikti koppienam. Ja ir iespējams, šie aprēķini jāveic dzīvniekiem, kas atrodas vienā ēdināšanas grupā (Bijgaart, 2003; Ingvarsten, 2006).

Sabalansētas diētas nepieciešamība

Barības devas ir jāaprēķina, ņemot vērā vairākus faktorus, no kuriem nozīmīgākie jeb galvenie ir šādi:

- dzīvnieka produktivitāte;
- šķirne jeb genotips;
- augšanas fāze;
- laktācijas periods;
- svars;
- turēšanas apstākļi (gaisa temperatūra u.c.);
- barības sastāvs (koncentrēta barība, ganības,

Latvijā arī ir veikti pētījumi, kas pierāda slaucamo govju produktivitātes nozīmi barības devu un sastāva aprēķināšanai (9. attēls), kur īpaša nozīme ir augstākā slaucamo govju, nodrošināšanai ar nepieciešamo barības daudzumu un optimālo sastāvu.



9. attēls. Barības daudzuma (kg d^{-1}) saistība ar izslaukumu (kg d^{-1})

Avots: pēc Saliņš et al., 2014

Secinājumi

1. Lai Latvijā varētu samazināt gan amonjaka, gan SEG emisijas konkrētām dzīvnieku sugām, jābūt izstrādātam regulējumam vai saistošām rekomendācijām, kas ietvertu prasības lauksaimniecības dzīvnieku barībai, ņemot vērā dzīvnieku sugu, fizioloģisko stāvokli, produktivitātes līmeni un vides faktorus.
2. Slaucamo govju saimniecības ir vienas no lielākajām amonjaka un SEG emisiju radītājām, un tāpēc tām būtu jāveic detalizētas lopbarības ķīmiskās analīzes, nosakot ne tikai kopproteīna saturu (KP), bet arī sīkāk analizējot proteīna frakcijas: spureklī noārdāmo proteīnu (DIP) un spureklī nenoārdāmo pieejamo proteīnu (tranzītproteīnu, UIP).
3. Saimniecībās ar lielu govju skaitu barības raciona sastādīšanai nepieciešams īstenot slaucamo govju grupēšanu pēc produktivitātes līmeņa, šķirnes, ražošanas posma u.tml.
4. Piena pārraudzības kontrolēs vajadzētu ieviest piena urīnvielas satura noteikšanu individuālo govju pienā. Izmainīts urīnvielas saturs individuālo govju pienā liecina par nesabalansētu slaucamo govju ēdināšanu, kas rada zaudējumus ne tikai iegādājoties dārgu proteīna barību, bet arī rada vielmaiņas traucējumus govīm, kas samazina govju mūža ilgumu un iegūto teļu skaitu mūžā.
5. Saimniecībās ar lielu govju skaitu būtu nepieciešami elektroniskie svāri, dzīvmasas kontrolei.
6. Lauksaimniekiem nepieciešams pilnveidot zināšanas par ēdināšanas stratēģijām, t.sk. sabalansētu barības devu sastādīšanu, vai izmantot zinoša un neatkarīga ēdināšanas speciālista pakalpojumus, kas, pamatojoties uz lopbarības ķīmiskajām analīzēm, varētu sastādīt precīzas un katrai slaucamo govju grupai atbilstošas barības devas. Turklāt kritiski būtu jāizvērtē dažādu firmu lopbarības piedevu piedāvājums.
7. Mazajās un bioloģiskajās saimniecībās jāpievērš uzmanība ganību zālāju ierīkošanai un apsaimniekošanai.
8. Lauksaimniecības datu centram (LDC) individuālo govju ikmēneša pārraudzības kontroles lapās paredzēt vietu arī urīnvielas satura norādei. Līdzīgi piena kvalitātes datu bāzei būtu jāveido piena urīnvielas datu bāze, kur saimniecībām pārsniedzot optimālās urīnvielas satura robežas, parādītos brīdinājums.

4. KŪTSMĒSLU APSAIMNIEKOŠANA

4.1. Amonjaka emisiju izraisošo faktoru vērtējums

Aplūkojot amonjaka un cieta daļiņu ($PM_{2.5}$) lauksaimniecības sektora radītās emisijas, īpaša vieta ir intensīvai putnkopībai un cūkkopībai, kuras ir ietvertas rūpniecisko piesārņotāju skaitā un uz tām attiecas īpašas prasības, tai skaitā 2010. gada MK noteikumu Nr. 1082 (MK, 2010) prasības par atļaujas saņemšanu A kategorijas piesārņojošām darbībām. EK (EC, 2013) ziņojumā Eiropas Parlamentam un Padomei norādīja, ka intensīva lopkopība ES ietekmē vidi, veidojot vairāk nekā 90% no ES kopējām amonjaka emisijām, un liela šo emisiju daļa rodas lauksaimniecības dzīvnieku vairošanas un audzēšanas rezultātā. Emitētais amonjaks:

Amonjaka emisiju novērtēšanai ir izstrādātas vairākas metodikas, kuras aprakstītas *EMEP/EEA* rokasgrāmatā (2016). Vienkāršākais ir *Tier 1* līmenis, kad emisijas aprēķina pēc valstī esošā lauksaimniecības dzīvnieku skaita un attiecīgā metodikā dotajiem koeficientiem. Taču precīzāks ir *Tier 2* līmenis, kad emisiju aprēķinā ir ietverti arī kūtsmēslu apsaimniekošanas risinājumi. Vēl iespējams izmantot *Tier 3* līmeni, kurš pamatojas uz valstī veiktajiem pētījumiem un izstrādātajiem amonjaka emisiju aprēķina modeļiem. *EMEP/EEA* rokasgrāmatā arī noteikts, ka tajās ES dalībvalstīs, kurās nav izstrādāti amonjaka emisiju aprēķina modeļi *Tier 3* līmenī, amonjaka emisiju inventarizācija ir jāveic pēc rokasgrāmatā norādītās metodikas, un šī norāde pagaidām attiecas arī uz Latviju.

Šīs sadaļas pētījuma mērķis bija salīdzināt amonjaka emisiju aprēķinu rezultātus, kuri iegūti pēc *Tier 1* un *Tier 2* līmeņiem atbilstošām metodikām, aptverot Latvijā izplatītākās lauksaimniecības dzīvnieku grupas un nozīmīgākos kūtsmēslu apsaimniekošanas tehnoloģiskos risinājumus. Tas bija nepieciešams, lai iegūtu informāciju par atsevišķu emisiju izraisošo faktoru ietekmi uz izskaitļoto amonjaka emisiju lielumu.

Metodika

Pētījuma veikšanai tika izvēlētas trīs nozīmīgākās lauksaimniecības dzīvnieku grupas: slaucamās govīs, nobarojamās cūkas un dējējvistas, un katrai no šīm grupām tika sastādīti trīs kūtsmēslu apsaimniekošanas scenāriji. Šo scenāriju izvēlē tika ņemti vērā mūsu iepriekšējie pētījumi (Laurs & Priekulis et al., 2016; Laurs & Markovicset al., 2016), kuros tika konstatēts, ka lauku saimniecībās iegūtais kūtsmēslu veids un to apsaimniekošanas risinājums ir lielā mērā atkarīgs no novietnē izvietotā ganāmpulka lieluma. Piemēram, lielfermās, kurās vienkopus izvietotas 200 un vairāk govju, dzīvniekus tur nepiesietus un novietnē iegūst šķidrmēslus. Turpretim nelielās mītnēs, kurās ganāmpulka lielums nepārsniedz 50 slaucamās govīs, visbiežāk lieto piesieto turēšanu un iegūst pakaišu kūtsmēslus. Turklāt līdzīga situācija veidojas arī nodarbojoties ar citu lauksaimniecības dzīvnieku audzēšanu. Tādēļ pētījumā tika iekļauti divu veidu saimniekošanas risinājumi, gan tādi, kas atbilst nelielām saimniecībām (nodarbojas ar bioloģisko lopkopību), gan tādi, kurā ir pietiekami liels lauksaimniecības dzīvnieku skaits, lai nodarbotos ar ekstensīvo lopkopību.

Vadoties no šiem apsvērumiem, tika izveidoti šādi pētījuma varianti:

1. variants - Dzīvnieki atrodas nelielās zemnieku saimniecībās. Tādēļ govīs tur piesietas, bet vasarā tās laiž ganībās, cūkas tur aizgaldos ar salmu pakaišiem, dējējvistas - uz dziļiem pakaišiem ar iespējām iziet pastaigu laukumā. Visos šajos gadījumos dzīvnieku novietnēs iegūst pakaišu kūtsmēslus, kurus uzkrāj krātuvēs un izmanto lauku mēslošanai.

2. variants - Dzīvnieki atrodas lielsaimniecībās. Tādēļ govīs tur kūtīs nepiesietas un nelaiž ganībās, cūkas izvietotas aizgaldos uz režģu grīdām, bet dējējvistas atrodas sprostū baterijās. Šajā gadījumā no liellopu un cūku novietnēm iegūst šķidrmēslus, bet no dējējvistu kūtīm - bezpakaišu kūtsmēslus. Iegūtos mēslus uzkrāj speciāli ierīkotās krātuvēs un izmanto lauku mēslošanai.

3. variants - Dzīvniekus tur lielsaimniecībās, taču, atšķirībā no 2. variantā, iegūtos kūtsmēslus izmanto biogāzes ražošanai.

Nozīmīgākie izejas dati, kuri izmantoti aprēķinos, ir apkopoti 15. tabulā.

Pētījuma izejas dati

Rādītāji	Varianta Nr.	Lauksaimniecības dzīvnieku grupas		
		Slaucamās govīs	Nobarojamās cūkas	Dējējvistas
Kūti stāvēšanas perioda ilgums	1.	200	365	125
	2.	365	365	365
Salmu pakaišu izmantošanas daudzums, kg/dienn.	1.	2.3	0.25	2 kg uz 1000 putniem
	2.	nelieto	nelieto	nelieto
Kūtsmēslu uzkrāšanas risinājums	1.	Pakaišu kūtsmēslu krātuve		
	2.	Šķidrmēslu krātuve ar dabīgu segkārtu	Šķidrmēslu krātuve ar peldošo plēvi	Bezpakaišu kūtsmēslu kaudze

Amonjaka emisiju aprēķini tika veikti gan pēc *Tier 1*, gan *Tier 2* metodikas. Aprēķinos pieņemts, ka novietnēs izvietotas attiecīgi 100 slaucamās govīs, 100 nobarojamās cūkas un 100 dējējvistas, bet pēc tam izskaitļotās amonjaka emisijas pārrēķinātas mērvienībā - kg/dzīvnieks/gads.

Pētījuma rezultāti

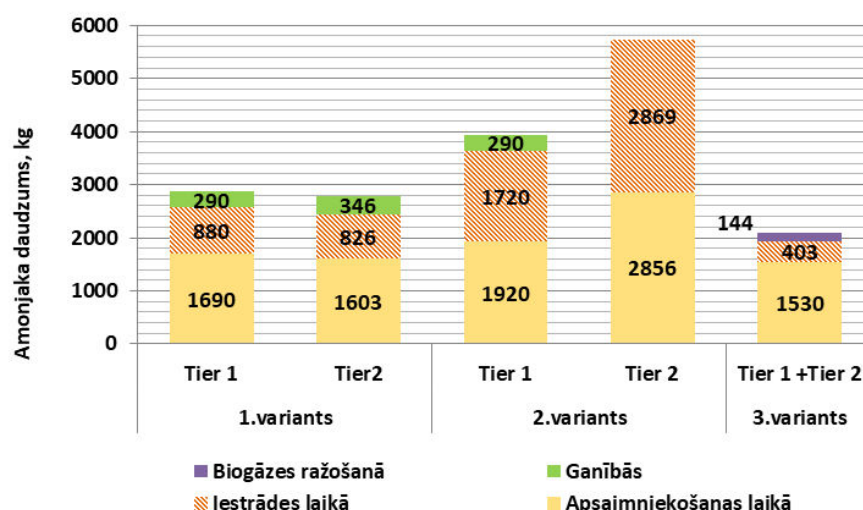
Katra no iepriekš minētajām pētījuma metodikām ietver atšķirīgu izejas datu daudzumu (16. tabula).

Amonjaka emisiju aprēķināšanai izmantotie izejas dati, izmantojot *Tier 1* un *Tier 2* metodikas

<i>Tier 1</i> metodika		<i>Tier 2</i> metodika	
Nr.p.k.	Izejas parametri	Nr.p.k.	Izejas parametri
1.	Dzīvnieku suga, vecuma grupa	1.	Dzīvnieku suga, vecuma grupa
2.	Dzīvnieku skaits pa atsevišķām grupām	2.	Dzīvnieku skaits pa atsevišķām grupām
3.	Iegūto kūtsmēslu veids	3.	Iegūto kūtsmēslu veids
4.	Amonjaka emisiju koeficienti	4.	Amonjaka emisiju koeficienti
		5.	Kūti turēšanas perioda ilgums
		7.	Izmantoto salmu pakaišu daudzums
		8.	Kūtsmēslu uzkrāšanas veids

Tātad *Tier 1* metodika ietver vispārīgu informāciju, no kuras var izrēķināt iegūto kūtsmēslu daudzumu, bet *Tier 2* metodika – arī datus par lauksaimniecības dzīvnieku turēšanas īpatnībām un kūtsmēslu uzkrāšanas veidu.

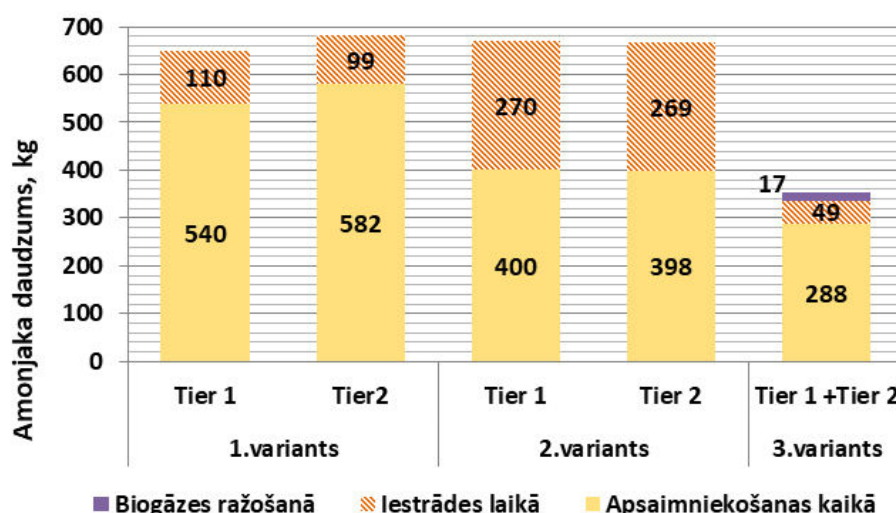
Aprēķinātās amonjaka emisijas, kuras gada laikā iegūst no slaucamo govju kūtsmēslu apsaimniekošanas, ir redzamas 10. attēlā. Kā redzams, 1. kūtsmēslu apsaimniekošanas variantā abas amonjaka aprēķina metodikas dod aptuveni vienādus rezultātus. Taču atšķirības rodas 2. kūtsmēslu apsaimniekošanas variantā. Šajā gadījumā kūti iegūtās amonjaka emisijas, rēķinot pēc *Tier 2* metodikas ir aptuveni 1,5 reizes lielākas nekā izmantojot *Tier 1* metodiku, un aptuveni tikpat reizi lielākas ir arī kopējās aprēķinātās amonjaka emisijas. Tādēļ, vadoties no amonjaka emisiju samazināšanas viedokļa, izdevīgāka ir govju šķidrmēslu izmantošana biogāzes ražošanai. Šeit gan jāatzīmē, biogāzes ražošanā iegūto emisiju aprēķins nav ietverts *Tier 2* metodikā un tādēļ tās ir izskaitļotas pēc *Tier 1* aprēķina metodikas. Tādēļ šai gadījumā būtu nozīmīgi Latvijai izstrādāt savu amonjaka emisiju aprēķināšanas metodiku, t.i., realizēt *Tier 3* pieeju. Taču šim nolūkam nākotnē būtu jāveic attiecīgi pētījumi.



10. attēls. Amonjaka emisiju iznākumi slaucamo govju kūtīs, pielietojot dažādus kūtsmēsļu apsaimniekošanas variantus un atšķirīgas emisiju aprēķināšanas metodikas

Vēl būtiski, ka, rēķinot pēc *Tier 2* metodikas, 2.apsaimniekošanas variantam ir aptuveni 2 reizes lielākas emisijas nekā pirmajam. Bet tas nozīmē, ka, pārejot uz intensīvām saimniekošanas tehnoloģijām, notiek ievērojama amonjaka emisiju palielināšanās.

Aprēķinātās amonjaka emisijas, kuras rodas nobarojamo cūku mītnēs, ir redzamas 11. attēlā.

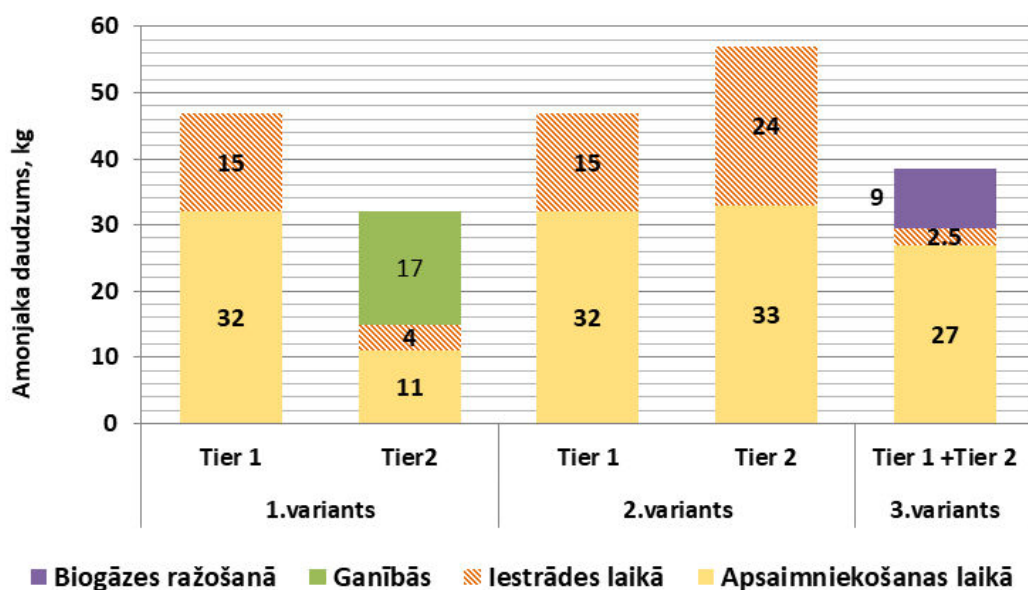


11. attēls. Amonjaka emisiju iznākumi nobarojamo cūku mītnēs, pielietojot dažādus kūtsmēsļu apsaimniekošanas variantus un atšķirīgas emisiju aprēķināšanas metodikas

Aprēķinu rezultāti liecina, ka cūkkopības nozarē pāreja no *Tier 1* emisiju aprēķina metodikas uz *Tier 2* izraisa lielāku emisiju iznākumu 1. variantā gadījumā, kad cūkas tur nelielās saimniecībās. Taču šīs emisiju palielinājums nav liels (nepārsniedz 5%), un turklāt, saskaņā ar mūsu pētījumiem (Lauris & Priekulis et al., 2016; Lauris & Markovičs et al., 2016). Šādās mītnēs pašlaik ir izvietotas tikai aptuveni 15% no visām cūkām, bet 85% cūku tiek turētas modernās mītnēs uz režģu grīdām, iegūstot šķidrmēslus. Arī nākotnē nav paredzams nelielo cūku ganāmpulku palielinājums, jo mūsdienās notiek cūkkopības koncentrācija. Tādēļ šādam amonjaka emisiju pieaugumam nelielos cūku ganāmpulkos, lietojot *Tier 2* aprēķina metodiku, nav būtiskas nozīmes.

Zīmīgi, ka arī šai gadījumā ir vēlama cūku šķidrmēslu izmantošana biogāzes ražošanai, jo tas samazina aprēķinātās amonjaka emisijas aptuveni divas reizes.

Informācija par amonjaka emisiju lielumu, kas rodas dējējvistu kūtīs, apkopota 12. attēlā.



12. attēls. Amonjaka emisiju iznākumi dējējvistu mītnēs, pielietojot dažādus kūtsmēsļu apsaimniekošanas variantus un atšķirīgas emisiju aprēķināšanas metodikas

Nelielās novietnēs dējējvistas tur uz pakaišiem un labvēlīgos laika apstākļos tām ir brīva iespēja izmantot pastaigu laukumu. Tādēļ lietojot *Tier 2* aprēķinu metodiku, kura ievērtē šos faktorus, aprēķinātās amonjaka emisijas ir par 32% mazākas nekā tās rēķinot pēc *Tier 1* metodikas.

Ja savukārt dējējvistas izvietotas sprostu baterejās, tad lielākas emisijas iegūst rēķinot pēc *Tier 2* metodes, un šis palielinājums rodas galvenokārt pie putnu mēslu iestrādes augsnē. Taču būtisku emisiju samazinājumu (par 90%) iegūst, ja putnu mēslus izmanto biogāzes ieguvei. Saskaņā ar mūsu aprēķiniem (Lauris & Priekulis et al., 2016; Priekulis et al., 2016), pašlaik Latvijā šim nolūkam izmanto aptuveni 36% no kopējā putnu mēslu daudzuma. Tādēļ salīdzinoši liela ir atlikusī putnu mēslu daudzuma daļa. Bet tas liecina, ka arī šajā gadījumā būtu vēlams amonjaka emisiju aprēķināšanas metodikas pārskatīšana, ieviešot *Tier 3* līmeni.

No attēla arī redzams, ka ieviešot intensīvo putnkopību (2. variants) un rēķinot pēc *Tier 2* metodikas, amonjaka emisiju lielums palielinās 1,8 reizes.

Amonjaka emisiju iznākuma procentuālais sadalījums atsevišķos liellopu kūtsmēsļu apsaimniekošanas sektoros, lietojot *Tier 2* metodiku, ir redzams 13. attēlā.



13. attēls. Amonjaka emisiju procentuālais sadalījums dažādos slaucamo govju kūtsmēsļu apsaimniekošanas sektoros, rēķinot pēc *Tier 2* metodikas

Aprēķinu rezultāti liecina, ka abos pētījuma variantos lielākās amonjaka emisijas rodas kūtsmēsļu iestrādes laikā. Nelielās saimniecībās, kurās govys tur piesietas un iegūst pakaišu kūtsmēslus (1. variants), amonjaka emisiju daudzums sasniedz 30% no to kopējā apjoma, bet lielsaimniecībās, kurās govys tur nepiesietas un iegūst šķidrmēslus (2. variants), šīs emisijas ir jau

50% apjomā. Savukārt dzīvnieku novietnēs un kūtsmēslu krātuvēs aprēķinātās amonjaka emisijas ir aptuveni vienlīdzīgas (23-29% līmenī).

Saimniecībās, kurās govīs tur piesietas un laiž ganībās (1. variants), amonjaka emisijas veidojas arī no ganībās palikušajiem kūtsēliem, taču šo emisiju daļa nav liela, jo nepārsniedz 12% līmeni. Tādēļ var prognozēt, ka lielāko amonjaka emisiju samazinājumu var panākt ar racionālu kūtsmēslu iestrādes paņēmieni ieviešanu.

Secinājumi

1. Kūtsmēslu apsaimniekošanā iegūto amonjaka emisiju aprēķināšanai var izmantot *Tier 1* un *Tier 2* aprēķina metodikas. Taču tās ne vienmēr dod identiskus rezultātus. Piemēram, *Tier 2* metodikas lietošana emisiju izskaitļošanai slaucamo govju lielfermās palielina aprēķināto amonjaku iznākumu par 50%, salīdzinot ar *Tier 1*, bet dējējvistu fermām šī izskaitļotā emisiju starpība ir 32%. Tādēļ vēlams *Tier 2* amonjaka emisiju aprēķina metodikas detalizētāka izpēte un precizēšana.

2. Ja emisijas rēķina pēc *Tier 2* metodikas, tad iegūst, ka, palielinot ganāmpulka lielumus un ieviešot intensīvās lopkopības tehnoloģijas cūkkopībā amonjaka emisiju līmenis praktiski nemainās, bet piena lopkopībā tas palielinās aptuveni 2 reizes un putnkopībā 1,8 reizes.

3. Lielākās amonjaka emisijas rodas kūtsmēslu iestrādes laikā. Nelielās saimniecībās, kurās govīs tur piesietas un iegūst pakaišu kūtsmēslus (1. variants), šīs amonjaka emisiju daudzums sasniedz 30% no to kopējā apjoma, bet lielsaimniecībās, kurās govīs tur nepiesietas un iegūst šķidrmēslus (2. variants), šīs emisijas ir jau 50% apjomā. Savukārt dzīvnieku novietnēs un kūtsmēslu krātuvēs aprēķinātās amonjaka emisijas ir aptuveni vienlīdzīgas (23-29% līmenī). Tādēļ var prognozēt, ka liela nozīme amonjaka emisiju samazināšanā ir racionāli veiktai kūtsmēslu iestrādei, taču *Tier 2* metodikā šis aspekts nav detalizēti atspoguļots.

4. Būtisku amonjaka emisiju samazinājumu iespējams iegūt, ja kūtsmēslus izmanto biogāzes ražošanai, taču šis kūtsmēslu izmantošanas variants nav ietverts *Tier 2* metodikā un šajos pētījumos aprēķināts pēc *Tier 1* metodikas. Tādēļ ir nepieciešams īstenot attiecīgus pētījumus par digestāta emisiju apjomu atkarībā no Latvijai raksturīgiem klimatiskiem apstākļiem un augšņu tipiem.

4.2. Ekspertu aptauja par amonjaka emisiju samazinošiem pasākumiem Latvijas lopkopībā

Lauksaimniecība ir viens no trim galvenajiem reaktīvā slāpekļa (Nr) avotiem ar vairākiem apkšavotiem un pieciem galvenajiem emisiju/piesārņotāju draudiem jeb apdraudējumiem: ūdens kvalitāte, gaisa kvalitāte, klimata pārmaiņas, bioloģiskās daudzveidības samazināšanās un augsnes kvalitātes pazemināšanās (Oenema et al., 2011). Atsevišķo apkšavotu Nr emisiju mazāks darbā iesaistīto agregātu skaits. Vienlaikus samazinās arī ekspluatācijas izmaksas. Taču pasliktinās paveiktā darba kvalitāte. Īpaši tas izpaužas agrā pavasarī, kad augsnei ir maza nestspēja un, veicot mēslojuma iestrādi, ir iespējama augsnes pastiprināta sablīvēšanās.

Aptaujas mērķis

Aptaujas mērķis ir noskaidrot Latvijas vadošo lopkopības speciālistu viedokli par prioritāriem un potencionālajiem amonjaka emisiju samazinošiem pasākumiem, nodarbojoties ar lopkopības produkcijas ražošanu.

Aptaujas uzdevumi

Noskaidrot ekspertu viedokli par amonjaka emisiju samazinošiem pasākumiem:

- slaucamo govju mītnēs;
- gaļas liellopu un jaunlopu fermās;
- cūku mītnēs;
- mājputnu mītnēs;
- kūtsmēslu krātuvēs;

– kūtsmēslu transportēšanas un iestrādes laikā.

Pētījuma metodika

Pētījums ietver informācijas apkopošanu par Latvijā plašāk lietotajām kūtsmēslu apsaimniekošanas tehnoloģijām, kuras izmanto piena lopkopībā un cūkkopībā, iespējamiem amonjaka emisiju rašanās avotiem, kā arī šo emisiju samazināšanas pasākumiem. Lai noskaidrotu atsevišķu pasākumu ieviešanas prioritāti, tika izmantota ekspertu metode (Markovičs, 2009). Šim nolūkam tika sastādītas ekspertu aptaujas lapas, gan par amonjaka emisiju samazināšanas pasākumiem, kuri saistīti ar kūtsmēslu izvākšanu no dzīvnieku mītnēm, gan arī to uzkrāšanu (1. pielikums).

Katras jautājumu grupas izvērtēšanā tika iesaistīti 10-15 eksperti, kuri labi pārzina attiecīgās kūtsmēslu apsaimniekošanas tehnoloģijas. Tādēļ šajā ekspertu kolektīvā tika iekļauti gan vadošie Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra speciālisti, gan Latvijas Lauksaimniecības universitātes pasniedzēji un pētnieki, gan arī Latvijas lielāko lopkopības fermu speciālisti.

Ekspertiem bija jānovērtē, katra emisiju samazinošā pasākuma ieviešanas nepieciešamība, šim nolūkam lietojot sekojošus apzīmējumus: P - prioritāri ieviešams pasākums, V - vēlāk ieviešams pasākums, N - noraidāms pasākums. Vēl papildus bija jāatzīmē iespējamo izmaksu līmenis un valsts atbalsta nepieciešamība.

Lai izvērtētu aptaujas rezultātus, atbildēm par katru jautājumu tika noteikts iegūto balsu skaits un tas izteikts procentos. Pēc tam tika aprēķināta katra atsevišķa emisiju pamazināšanas pasākuma ieviešanas prioritāte, lietojot formulu

$$A = 1,0 \cdot N_p + 0,5 \cdot N_v \quad (1)$$

kur

A - attiecīgā pasākuma ieviešanas prioritātes novērtējums, ballēs;

N_p - ekspertu skaits, izteikts%, kuri šim pasākumam ir devuši vērtējumu P,%;

N_v - ekspertu skaits, izteikts%, kuri šim pasākumam devuši vērtējumu V,%;

1,0 un 0,5 – pieņemtie koeficienti.

Lietojot šādu vērtēšanas metodiku, iegūtais rezultāts var būt no 0 līdz 100 ballēm. Ja, piemēram, visi eksperti kādu atsevišķa pasākuma ieviešanu novērtē kā prioritāru, tad kopējais prioritātes vērtējums ir 100 balles. Ja savukārt, visi eksperti uzskata, ka attiecīgo pasākumu nav vajadzības ieviest, tad kopējais vērtējums ir 0 balles. Taču šāda vērtēšanas metode pieļauj gadījumus, ka vairākiem pasākumiem ir vienāds ballu skaits. Tādēļ kā papildus faktors tika izmantots iespējamais emisiju samazinājums (pēc literatūras datiem), kuru izraisa šī pasākuma ieviešana, kā arī aptaujā iegūtā papildus informācija par attiecīgo pasākumu ieviešanas izmaksām un valsts atbalsta nepieciešamību. Tāpēc šādā veidā var iegūt viennozīmīgu ranžējumu visiem emisijas samazināšanas pasākumiem.

Pētījuma rezultāti

Pētījuma rezultāti apkopoti 17. un 18. tabulā. Tajās norādīti amonjaka emisiju samazināšanas pasākumi, iespējamais emisiju samazinājums (pēc literatūras datiem), kā arī dots katra šāda pasākuma prioritātes novērtējums, saskaņā ar ekspertu aptaujas datiem. Turklāt emisiju samazinošie pasākumi, kuri minēti katrā atsevišķā tabulā, ir saranžēti atkarībā no to prioritātes novērtējuma. Tādēļ visnozīmīgākajam pasākumam ir piešķirts prioritātes rangs 1, tam seko prioritāte ar rangu 2 utt.

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi siltinātām liellopu mītnēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums, %	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Risinājums		
1.	Dzīvnieku guļvietu kaisīšana ar mitrumu absorbējošu materiālu, piemēram, salmu pakaišiem	~70%	100
2.	No pakaišu kūtsmēsliem iztecējušās vircas savākšana un tās uzkrāšana atsevišķā krātuvē*	25-40%	100
3.	Kūtsmēslu regulāra izvākšana no sekļajām kūtīm (vismaz 2 reizes diennaktī)	līdz 20%	90
4.	Maksimāli ilga dzīvnieku ganīšanas laika nodrošināšana	līdz 50%	75

*pasākums ietverts MK noteikumos Nr. 829

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

Pēc 17. un 18. tabulas datiem var secināt, ka siltinātās liellopu kūtīs vispirms ir jā rūpējas par dzīvnieku guļvietu kaisīšanu ar mitrumu absorbējošu materiālu, piemēram, salmu pakaišiem, kā arī vircas savākšanu, kura iztek no kūtsmēsliem, un tās uzkrāšanu atsevišķā krātuvē. Tāpat ir nozīmīgi nodrošināt regulāru kūtsmēslu izvākšanu, organizēt dzīvnieku ganīšanu (vasaras periodā), bet nesiltinātās kūtīs - izmantot šķidrmēslu ķīmiskās vai bioloģiskās piedevas.

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi nesiltinātām liellopu mītnēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums,%	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Risinājums		
1.	Dzīvnieku guļvietu kaisīšanai ar mitrumu absorbējošu materiālu, piemēram, salmu pakaišiem	~70%	90
2.	Izmantojot seklās kūtis, nodrošināt kūtsmēslu izvākšanu vismaz 2 reizes diennaktī	līdz 20%	90
3.	Cietstāvošo govju un jaunlopu ganīšana	līdz 20%	85
4.	Šķidrmēslu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana	līdz 68%	80
5.	Izmantot kūtis ar režģu grīdām un zemgrīdas mēslu krātuvi	25-64%	45*
6.	Ieviest mēslu ejas ar dziļi rievotām grīdām	25-46%	35*

*pasākumu ieviešanai ir nepieciešams valsts atbalsts

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

19. tabulas dati liecina, ka cūku mītnēs īpaša vērība pievēršama daļēji režģoto aizgalda grīdu izmantošanai, kanālos un/vai starpkrātuvēs uzkrāto šķidrmēslu skābināšanai, mītnu ventilācijai izmantotā gaisa filtrācijai ar skābes skruberiem vai pilienu biofiltriem, kā arī šķidrmēslu uzkrāšanas kanālu biežai iztukšošanai (ne retāk kā 2 reizes nedēļā).

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi cūku mītnēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums,%	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Risinājums		
1.	Daļēji režģoto aizgalda grīdu izmantošana	20-50%	89
2.	Mēslu kanālos un/vai starpkrātuvēs uzkrāto šķidrmēslu skābināšana	līdz 60%	87
3.	Ventilācijas sistēmas izvadītā gaisa filtrācija ar skābes skruberiem vai pilienu biofiltriem	70-90%	83*
4.	Šķidrmēslu uzkrāšanas kanālu iztukšošana ne retāk kā 2 reizes nedēļā	25%	83
5.	Šķidrmēslu savākšanas kanālu ierīkošana ar slīpām sienām un trapecveida formu, lai to augšdaļas platums būtu lielāks nekā apakšdaļas	līdz 60%	78
6.	Vakuuma (vannas) sistēmas izmantošana mēslu savākšanai un nogādei uz starpkrātuvi	līdz 65%	66
7.	Šķidrmēslu temperatūras samazināšana mēslu uzkrāšanas kanālos, lietojot siltummaini	46-70%	66
8.	Aizgalda grīdām lietoto dzelzsbetona režģu aizstāšana ar metāla režģiem vai režģiem ar plastmasas pārklājumu	15-20%	61*
9.	Karstajā laikā realizēt gaisa temperatūras samazināšanu cūku mītnēs (nepārkāpjot labturības prasības)	līdz 30%	55

* - pasākumu ieviešanai ir nepieciešams valsts atbalsts

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

No 20. tabulas redzams, ka putnu mītnēs ir nozīmīgi nodrošināt labturības prasības. Tādēļ, lietojot brīvo turēšanu, jāizmanto kvalitatīvi pakaiši, nipeļa tipa dzirdnes (no kurām mazāk izšļakstās ūdens) un vēlams ieviest mēslu kastes ar mēslu transportieriem, lai varētu realizēt mēslu izvākšanu 2-3 reizes nedēļā.

Ja savukārt, putnus tur sprostu baterijās, tad jāveic svaigo mēslu apžāvēšana uz savākšanas konveijera un šo mēslu izvākšana 2-3 reizes nedēļā.

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi mājpūtnu mītnēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums, %	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Risinājums		
1.	Mājputnu mītnēm jābūt sausām, labi vēdinātām, bet iekštelpu temperatūrai jāatbilst labturības prasībās norādītajam līmenim	~70	100
2.	Jālieto nipeļa tipa dzirdnes, jo no tām mazāk izšļakstās ūdens	30%	100
3.	Lietojot putnu brīvo turēšanu, ieviest režģotas mēslu kastes ar mēslu transportieriem un mēslus izvākt 2-3 reizes nedēļā	70%	71
4.	Mājputnus turēšana uz dziļiem pakaišiem (vēlama ēveļskaidu un zāģu skaidu izmantošana)	~70%	67
5.	Ja mājputnus tur uz dziļiem pakaišiem, tad tiem pievieno alumīnija sulfātu (alaunu)	70%	67
6.	Ja putnus tur sprostu baterijās, tad realizē svaigo mēslu apžāvēšanu uz savākšanas konveijera un mēslu izvākšanu 2-3 reizes nedēļā	35-45%	57*

* - pasākuma ieviešanai ir nepieciešams valsts atbalsts

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

Pakaišu kūstmēslu krātuves ir būtiski aprīkot ar vircas savākšanas sistēmu (21. tabula), kā arī to ierīkot ar maksimāli iespējamo kaudzes augstumu. Vēl salīdzinoši lielu vērtējumui (65

balles) eksperti ir devuši kaudzes noseģšanai ar sintētisko plēvi vai pakaišu kārtu, kam Latvijā iepriekš netika pievērsta īpaša vērība.

21. tabula

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi pakaišu kūtsmēsļu krātuvēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums, %	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Risinājums		
1.	Krātuves aprīko ar vircas savākšanas sistēmu*	25-40%	95
2.	Kūtsmēslus nosedz ar sintētisko plēvi, salmu vai pakaišu kārtu	līdz 60%	75
3.	Kūtsmēsļu kaudzi ierīko ar maksimāli iespējamo augstumu, lai mazinātu emitējošās virsmas laukumu	divkārtšojot augstumu, samazinās 1,5 reizes	55

* - pasākums ietverts MK noteikumos Nr.829

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

Uzkrājot šķidrmēslus, augsti tika novērtēts pasākums ir ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana (22. tabula).

Vēl pastāv iespēja aprīkot cilindriskās šķidrmēsļu krātuves ar vieglas konstrukcijas jumtu, kā arī aizstāt lagūnas tipa krātuves ar cilindriskām tilpnēm. Taču šādas izmaiņas ir saistītas ar salīdzinoši lieliem kapitālieguldījumiem un tādēļ realizējamas tālākā nākotnē.

22. tabula

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu rangi šķidrmēsļu krātuvēm

Emisiju samazināšanas pasākums		Samazinājums, %	Prioritāte, ballēs
Prioritātes rangs	Prioritātes rangs		
1.	Šķidrmēsļu ievade zem dabiski vai mākslīgi izveidotas segkārtas**	~40%	95
2.	Šķidrmēsļu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana	līdz 68%	75
3.	Cilindriskās šķidrmēsļu krātuves aprīkot ar vieglas konstrukcijas jumtu	līdz 80%	70*
4.	Lagūnas tipa krātuvju aizstāšana ar cilindriskām krātuvēm	30-60	66**
5.	Šķidrmēsļu virsmas (spoguļvirsmas) samazināšana jaunbūvējamās krātuvēs	līdz 60%	55

*pasākumu ieviešanai ir nepieciešams valsts atbalsts

**pasākums ietverts MK noteikumos Nr.829

Avots: Bittman et al., 2014; UNECE, 2014

Secinājumi

1. Lai novērtētu dažādus pasākumus, kuri samazina kūtsmēsļu apsaimniekošanas izraisītās amonjaka emisijas un iegūtu šo pasākumu ieviešanas prioritātes ranžējumu, ir lietderīgi izmantot ekspertu metodi, tajā iesaistot pieredzējušus lopkopības speciālistus.
2. Pētījums liecina, ka būtiska nozīme emisiju samazināšanā ir dzīvnieku mītnu tīrības nodrošināšanai un pareizai kūtsmēsļu apsaimniekošanai, kā, piemēram, dzīvnieku guļvietu kaisīšana ar mitrumu absorbējošu materiālu, bieža kūtsmēsļu izvākšana, ganību izmantošana. Taču papildus ieviešams arī tāds jauns pasākums kā šķidrmēsļu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana.
3. Daudzi amonjaka emisiju samazinošie pasākumi ir saistīti ar dzīvnieku mītnu un kūtsmēsļu krātuvju rekonstrukciju vai būvniecību. Taču šim nolūkam ir vajadzīgi ievērojami kapitālieguldījumi, un tādēļ šādi pasākumi ir realizējami vēlākā laika posmā.

4.3. Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu novērtējums, apsaimniekojot liellopu šķidrmēslus

Pētījuma **mērķis** ir noskaidrot racionālākos kūtsmēslu izvākšanas, uzkrāšanas un iestrādes tehnoloģiskos risinājumus piena lopkopībā, vadoties no amonjaka emisiju samazināšanas viedokļa un ekonomiskā izdevīguma.

Šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģiju novērtējums

Šķidro kūtsmēslu ieguves un izmantošanas priekšrocības un trūkumi

Šķidro kūtsmēslu ieguve Latvijā aizsākās pagājušā gadsimta sešdesmito gadu beigās, kad to ieviesa Talsu rajona kolhoza „Draudzība” (priekšsēdētājs Edvīns Damškalns) cūku fermā. Septiņdesmitajos gados pusšķidrmēslus sāka iegūt arī jaunbūvētajās liellopu un cūku lielfermās. Taču tai laikā vēl nebija pieredzes šķidrmēslu apsaimniekošanā un trūka nepieciešamās tehnikas. Radās arī dabas piesārņošanas problēmas, jo šķidrmēslus mēdza izvākt, skalojot ar ūdeni.

Līdzīga situācija tolaik veidojās arī Lietuvā un Igaunijā. Turklāt Igaunijas zinātnieki pauda nostāju, ka šāda tehnoloģija viņiem nav pieņemama sakarā ar aukstajām ziemām, kuru laikā iespējama šķidrmēslu sasaldšana, un tad tie kļūst neizvācami. Tādēļ arī šķidrmēslu ieguve un izmantošana toreiz neieguva plašu atbalstu.

Taču tagad situācija ir krasi mainījusies. Atkal cieņā ir lielās lopkopības fermas, kurās var izmantot modernu tehniku un iegūt kvalitatīvu un lētu pienu. Bet šādu fermu eksistence tagad nav iedomājama bez šķidrmēslu ieguves, jo šīs tehnoloģijas izmantošana ir saistīta ar šādām priekšrocībām:

- būtiski samazinās pakaišu materiāla nepieciešamība. Tādēļ arī mazinās izdevumi pakaišu savākšanai, uzglabāšanai un izmantošanai;
- šķidrie mēsli ir plūstoši. tas rada iespēju mehanizēt visus darbus, kas saistīti ar mēslu savākšanu kūtī, to nogādā uz uzkrāšanas vietu un pēc tam uz lauka, šim nolūkam lietojot speciālu tehniku: sūkņus, spiedējtransportierus, transportcisternas utt.;
- šķidro kūtsmēslu izvākšanai un apsaimniekošanai ir nepieciešams 1,5-2 reizes mazāks strādājošo darba laika patēriņš;
- ja šķidros kūtsmēslus pareizi uzglabā, tad tajos ir mazāki barības vielu (īpaši slāpekļa) zudumi.

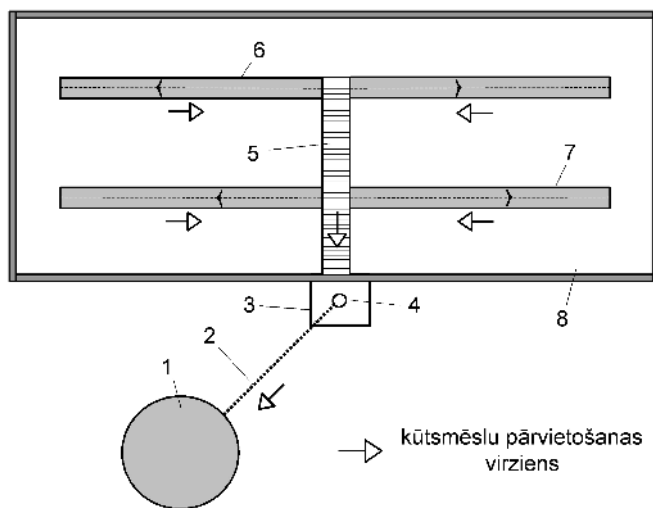
Tomēr šķidrmēslu ieguvei, uzkrāšanai un izmantošanai ir arī trūkumi:

- šķidrmēsli ir vairāk smakojoši, jo tiem ir samazināts pakaišu piejaukums, kas piesaista nelabvēlīgās smakas. Tādēļ to uzkrāšanā un apsaimniekošanā ir jālieto atbilstoši tehnoloģiski risinājumi, kas iespējami efektīvi novērš smaku izplatīšanos apkārtējā vidē. Lielā mērā to tagad reglamentē spēkā esošie likumdošanas akti, piemēram, LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 829. Īpašās prasības piesārņojošo darbību veikšanai dzīvnieku novietnēs, spēkā no 2014. gada 23. decembra un LR Ministru kabineta noteikumi Nr. 834. Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem. Spēkā no 2014. gada 23. decembra;
- šķidrmēsli ziemā var sasalt. Tādēļ nesiltinātās kūtīs to izvākšanai ir jālieto skrēpertransportieri, kurus ekstremālos periodos darbina ar minimāliem pārtraukumiem, vai arī mobilā tehnika;
- jārēķinās, ka iegūstot šķidrmēslus, kūts vairs nav tik tīra, un sakopta, jo mēslu ejās arī pēc to tīrīšanas saglabājas neliela šķidro mēslu kārtā. Turklāt ievērojami lielāks, aptuveni trīs reizes, ir nomēsloātās grīdas daļas kopējais laukums, no kura izdalās nevēlamie izgarojumi.

Raksturīgākās šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģijas

Liellopu mītnēm var lietot dažādas šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģijas. Taču šīs tehnoloģijas konkrēto risinājumu lielā mērā nosaka paredzētais boksu un pakaišu veids (augstie vai dziļie boksi, smilšu vai salmu pakaiši). Ja, piemēram, govju mītnē izmanto augstos boksus, tad tos mēdz komplektēt ar gumijas paklājiem vai matračiem un guļvietu kaisīšanai lieto minimālu pakaišu daudzumu (0,1-0,5 kg uz vienu guļvietu, atkarībā no pakaišu materiāla veida), bet mēslu izvākšanai no kūts lieto galvenokārt stacionāro tehniku. Ja savukārt govis tur dziļos boksos uz smilšu pakaišiem, tad kūtsmēslu izvākšanai piemērotāka ir mobilā tehnika (traktora agregāts), jo tā tik strauji nenolietojas smilšu abrazīvās ietekmes dēļ.

Raksturīgs šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģijas piemērs ir dots 14. attēlā.



1 - galvenā mēslu krātuve; 2 - šķidrmēslu transportēšanas maģistrāle; 3 - starpkrātuve; 4 - sūknis; 5 - šķērskanāls; 6, 7 - mēslu ejas, kuras aprīkotas ar skrāpertransportieriem; 8 - govju mītne

14. attēls. Šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģijas piemērs liellopu kūtij

Šajā gadījumā govis tur boksos. Tādēļ mēsli uzkrājas ejās starp boksos un pie barības galda, bet to periodiskai savākšanai lieto skrāpertransportierus 6 un 7. Šādi transportieri mēslus nogādā līdz šķērskanālam 5, kuru visbiežāk ierīko mītnes centrālajā daļā. Mēslu tālākai virzīšanai līdz starpkrātuvei var būt divi risinājumi.

Pirmkārt, lietot skalošanas principu ar starpkrātuvē nostādīnātiem šķidrmēsliem. Šim nolūkam izmanto starpkrātuvē iemontēto sūkni ar plūsmas pārslēdzēju un attiecīgu spiedvadu (attēlā nav parādīts), kas ierīkots līdz pat šķērskanāla tālākajam galam. Mēslu skalošana parasti notiek vienu reizi diennaktī, un tā ilgst aptuveni 0,5 h. Šāda risinājuma priekšrocība, ka tas ir salīdzinoši vienkāršs un lēts, bet trūkumi, ka mēslu skalošanas laikā intensīvi izdalās smakas un nevēlamās gāzes, un turklāt tas nenotiek automatizētā režīmā.

Otrkārt, šķērskanālā var ierīkot mēslu transportieri. Tas ir dārgāks risinājums, taču neizraisa kūts mikroklimata pasliktināšanos, kā arī efektīvāk darbojas pie palielinātas šķidrmēslu konsistences un arī ziemas apstākļos pie īpaši zemām gaisa temperatūrām.

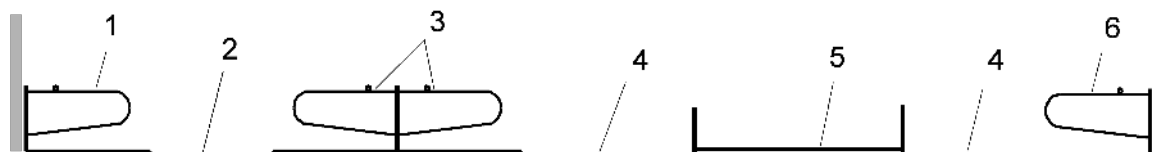
Dažādi risinājumi iespējami ar šķidrmēslu nogādei no starpkrātuves uz galveno krātuvi. Ja mēslu virzīšanai pa šķērskanālu lieto skalošanas (recirkulācijas) principu, tad parasti starpkrātuvē ierīkots attiecīgs plūsmas pārslēgšanas vārsts, lai ar šo pašu sūkni varētu mēslus novadīt uz galveno krātuvi. Ja mēslus virza pa šķērskanālu ar tajā iemontētu transportieri, tad mēslu nogādei no starpkrātuves uz galveno krātuvi var lietot arī virzuļa tipa sūkni. Šāds risinājums ir īpaši lietderīgs, ja no starpkrātuves līdz galvenajai krātuvei ir salīdzinoši liels attālums (vairāk par 30-50 m).

Pētījuma metodika

Mūsdienīgu piena ražošanas tehnoloģiju un tehniku iespējams ieviest, ja vienā ganāmpulkā nav mazāk par 100 govīm (Priekulis, 2000; Laurs & Priekulis, 2001). Bet saskaņā ar statistikas datiem (ZM, 2017), pašlaik Latvijā šādos apstākļos tiek turētas tikai 33% no visām

govīm, tai skaitā ganāmpulkos no 100 līdz 299 govīm - 16% dzīvnieku. Taču, būvējot jaunas kūtis, kā arī veicot esošo mītņu rekonstrukciju, notiek pakāpeniska govju koncentrācija un ganāmpulku palielināšanās. Tādēļ, ņemot to visu vērā, saviem pētījumiem izvēlējamies kūti, kura paredzēta 200 slaucamām govīm.

Šādas kūts šķērsriezuma variants ir dots 15. attēlā.



1 - viļņusējais bokss; 2 - mēslu eja starp boksiem; 3 - divpusējais bokss; 4 - mēslu eja pie barības galda; 5 - barības galds; 6 - cietstāvošo govju bokss

15. attēls. Izvēlētais kūts šķērsriezums 200 govju turēšanai

Kūti ierīkoti govju atpūtas boksi, kuri izvietoti četrās rindās, bet dzīvniekus ēdina pie barības galda. Slaucamās govīs atrodas vienā barības galda pusē, kur ir trīs atpūtas boksu rindas. Savukārt cietstāvošās govīs un teles izvietotas otrā barības galda pusē, kur ir viena atpūtas boksu rinda. Aptuvenais kūts garums ir 70 m, bet platums – 32 m. Iespējamie šķidrmēslu savākšanas, transportēšanas un uzkrāšanas tehnoloģiskie varianti apkopoti 23. tabulā.

23. tabula

Šķidrmēslu izvākšanas un uzkrāšanas raksturīgākie tehnoloģiskie varianti

Govju turēšanas veids	Varianta Nr.	Tehnoloģiskās iekārtas un darba operācijas šķidrmēslu izvākšanai no kūts un nogādei līdz krātuvei
Augstie boksi ar gumijas paklāju	1.	Kombitransportieris ar trosi + skalošana uz starpkrātuvi pa šķērskanālu + starpkrātuve ar centrālās tipa sūkni un plūsmas pārslēdzēju + maģistrālais cauruļvads + galvenā krātuve
	2.	Kombitransportieris ar ķēdi + šķērstransportieris + starpkrātuve ar maisītāju + virzuļa tipa sūknis + maģistrālais cauruļvads + galvenā krātuve
Dziļie boksi ar salmu pakaišiem	3.	Kombitransportieris ar trosi + skalošana uz starpkrātuvi pa šķērskanālu + starpkrātuve ar centrālās tipa sūkni un plūsmas pārslēdzēju + maģistrālais cauruļvads + galvenā krātuve. Papildu ir nepieciešams pakaišu izkliedētājs.
	4.	Kombitransportieris ar ķēdi + šķērstransportieris + starpkrātuve ar maisītāju + virzuļa tipa sūknis + maģistrālais cauruļvads + galvenā krātuve. Papildu ir nepieciešams pakaišu izkliedētājs.
Dziļie boksi ar smilšu pakaišiem	5.	Traktors ar kausu + starpkrātuve ar centrālās sūkni + maģistrālais cauruļvads + galvenā krātuve. Papildu ir nepieciešams pakaišu izkliedētājs.

* - kausu izmanto gan mēslu izvākšanai no mēslu ejām, gan nosēdumu savākšanai no starpkrātuves

Izvēloties salīdzināmos tehnoloģiskos variantus, ir ņemts vērā, ka attiecīgais tehnoloģiskais risinājums ir atkarīgs no govju turēšanas boksa veida, t.i., vai tas ir augstais, vai dziļais bokss un kāds ir lietotais pakaišu materiāls. Vēl ir ņemts vērā, ka šīs tehnoloģijas var atšķirties arī pēc izmantotās tehnikas komplektācijas. Tādēļ pirmajiem diviem boksu veidiem ir izvēlēti attiecīgi divi praksē lietoti apakšvarianti: gan vienkāršākais un vienlaikus arī lētākais, gan arī komplicētāks un atbilstoši dārgāks. Atšķirīgs ir dziļo boksu izmantošanas risinājums, lietojot smilšu pakaišus. Šai gadījumā nav vēlams mēslu transportieru izmantošana, jo tie strauji nolietojas. Tādēļ pētījumos ietverts tikai viens šķidrmēslu izvākšanas tehnoloģiskais risinājums, kad mēslu savākšanai kūti un nogādei līdz starpkrātuvei izmanto traktora agregātu. Pēc tam šajā starpkrātuvē notiek smilšu nogulsnešanās. Tādēļ šķidrmēslu nogādi līdz galvenajai krātuvei var daļēji veikt ar centrālās sūkni, bet nosēdumus izsmelt ar traktoram piemontēto kausu.

Jāpiezīmē, ka līdzīgu tehnoloģisko risinājumu šķidrmēslu savākšanai lieto arī cūku mītnēs.

Taču tur, atšķirībā no slaucamo govju kūtīm, šķidrmēslus uzkrāj kanālos, kuri ierīkoti zem režģu grīdām, un periodiski tos novada uz starpkrātuvi, izmantojot mēslu paštecī.

Diennaktī iegūtais šķidrmēslu daudzums un nepieciešamā kūtsmēslu krātuves ietilpība

Novietnē iegūtā šķidrmēslu daudzuma un krātuves ietilpības aprēķināšanai izmantojama 2014. gada 23. decembra MK noteikumu Nr. 829 pielikumā dotā metodika. Tā ietver sekojošas formulas.

Vienā gadā iegūtais šķidrmēslu daudzums, t/gadā

$$M_g = \sum_{i=1}^n m_k \cdot z_{dz}, \quad (2)$$

kur

m_k - kūtsmēslu daudzums no viena dzīvnieka, t/gadā;

z_{dz} - dzīvnieku skaits vienā grupā;

n - dzīvnieku grupu skaits.

Nepieciešamā krātuves ietilpība, m^3

$$V = \frac{k_r \cdot T_u}{12 \cdot \zeta_s} \cdot M_g + V_p, \quad (3)$$

kur

k_r - rezerves koeficients, $k_r = 1,2-1,3$;

T_u - šķidrmēslu normatīvais uzkrāšanas ilgums, $T_u = 8$ mēneši;

ζ_s - liellopu šķidrmēslu tilpummasa, $\zeta_s = 1,01-1,02$ t/ m^3 ;

V_p - papildus ūdens daudzums, kas var ieplūst šķidrmēslos, m^3 .

$$V_p = \frac{T_u \cdot \sum_{i=1}^n m_{\bar{u}i} \cdot z_{dzi}}{12} + M_{sk} \cdot q_s, \quad (4)$$

kur

$m_{\bar{u}}$ - kūtsmēslos iekļuvušais ūdens daudzums, m^3 /dzīvnieku gadā;

M_{sk} - sagatavotais skābbarības daudzums, t/gadā;

q_s - sulas daudzums, kas izdalās no vienas tonnas sagatavotās skābbarības, m^3 .

Savukārt vidējais diennaktī iegūtais šķidrmēslu daudzums (neietverot skābbarības sulu)

$$V_{dien} = \frac{V - M_{sk} \cdot q_s}{30,5 \cdot T_u} \quad (5)$$

Tehnoloģisko variantu salīdzināšana

Tehnoloģiskos variantus salīdzinājām pēc īpatnējiem kapitālieguldījumiem, kas nepieciešami attiecīgā kūtsmēslu izvākšanas paņēmiena ieviešanai, €/govi, īpatnējā strādājošo darba patēriņā, cilv.h/govi gadā, kā arī īpatnējām ekspluatācijas izmaksām, €/govi gadā. Šo kritēriju aprēķināšanai izmantojām attiecīgi sastādītu datorprogrammu. Nepieciešamos izejas datus ieguvām pēc mūsu hronometražas rezultātiem, spēkā esošiem normatīviem, cenrāžiem un tehnikas instrukcijām, bet daudzos gadījumos izmantojām arī firmu „DeLaval” un „GEA” rīcībā esošo informāciju.

Jāpiezīmē, ka šajā apakšnodaļā nav ietvertas kūtsmēslu uzkrāšanas izmaksas, jo tās ir apskatītas atsevišķi.

Aprēķiniem izmantotas sekojošas formulas (Priekulis & Strautnieks, 2000).

Strādājošo darba laika patēriņš, h/govi dienn.

$$t_d = \frac{T_{tr} + T_{pal} + T_{lopk} + T_{meh}}{60 \cdot Z_g} \quad (6)$$

kur T_{tr} - traktorista darba ilgums kūtsmēslu izvākšanā, min/ dienn.

T_{pal} - palīglaiks traktora sagatavošanai darbam, dīkstāves utt., min/dienn

T_{lopk} - lopkopēju darba ilgums kūtsmēslu izvākšanā, min/ dienn.

T_{meh} – mehāniķa darba ilgums kūtsmēsļu izvākšanā (mēsļu nogādē uz krātuvi), min/dienn.

Z_g – kūtī izvietoto govju skaits.

Izmaksas darba algām, ieskaitot nodokļus, €/govi gadā

$$I_{da} = \frac{1,24 \cdot 365}{Z_g} \cdot \left(\frac{T_{tr} \cdot i_{tr}}{60 \cdot 180} + \frac{T_{pal} \cdot i_{tr}}{60 \cdot 180} + \frac{T_{lopk} \cdot i_{lopk}}{60 \cdot 180} + \frac{T_{meh} \cdot i_{meh}}{60 \cdot 180} \right) =$$

$$= \frac{1,24 \cdot 365}{60 \cdot 180 \cdot Z_g} \cdot (T_{tr} \cdot i_{tr} + T_{pal} \cdot i_{tr} + T_{lopk} \cdot i_{lopk} + T_{meh} \cdot i_{meh}) \quad (7)$$

kur i_{tr} – traktorista darba algas likme, €/mēnesī;

i_{lopk} – lopkopēja darba algas likme, €/mēnesī;

i_{meh} – mehāniķa darba likme, €/mēnesī;

180 – lopkopībā strādājošo darba stundu skaits mēnesī;

1,24 – koeficients, kas ievērtē strādājošo sociālā nodokļa daļu, kuru maksā darba devējs.

Traktora attiecinātā noslodze

$$x = \frac{T_{tr} + T_{pal}}{T_{dienn}} = \frac{T_{tr} + T_{pal}}{480} \quad (8)$$

kur T_{dien} – traktora kopējais darba laiks, min/diennaktī; $T_{dien} = 480$ min/dien

Tehnikas renovācijas izmaksas, €/govi gadā

$$I_a = \frac{1,1 \cdot x \cdot C_{tr}}{N_{tr} \cdot Z_g} + \sum \frac{1,3 \cdot C_{iz}}{N_{iz} \cdot Z_g} + \frac{1,2 \cdot C_{sū}}{N_{sū} \cdot Z_g} \quad (9)$$

kur C_{tr} – traktora cena, €;

C_{iz} – kūtsmēsļu izvākšanas iekārtu cena bez montāžas, €;

$C_{sū}$ – sūkņa cena bez montāžas, €;

N_{tr} ; N_{iz} ; $N_{sū}$ – traktora, kūtsmēsļu izvākšanas iekārtas un sūkņa normatīvais kalpošanas ilgums, gados.

Tehnikas remonta izmaksas, €/govi gadā;

$$I_r = \left(x \cdot C_{tr} + \sum C_{izv} + C_{sū} \right) \frac{b_r}{100 \cdot Z_g}, \quad (10)$$

kur b_r – remonta atskaitījuma procents; $b_r = 4-7\%$. Pieņemts 5% .

Piesaistītā kapitāla izmaksas, €/govi gadā

$$I_k = \frac{(1,1 \cdot x \cdot C_{tr} + 1,3 \sum C_{iz} + 1,2 \cdot C_{sū}) \cdot b_k}{2 \cdot 100 \cdot Z_g} \quad (11)$$

kur b_k – bankas noguldījumu apmaksas%; $b_k = 0,5\%$.

Degvielas izmaksas, €/govi gadā:

$$I_d = 365 \frac{q \cdot N_{ef} \cdot k_{izm} \cdot C_d}{60 \cdot 1000 \cdot \gamma} \left(\frac{T_{tr} + T_{pal}}{Z_g} \right) \quad (12)$$

kur q – īpatnējais degvielas patēriņš; $q = 180-200$ g/Zsh;

N_{ef} – dzinēja efektīvā jauda, Zs;

k_{izm} – dzinēja jaudas izmantošanas koeficients, $k_{izm} = 0,5-0,8$; pieņemts $0,5$.

γ – dīzeļdegvielas blīvums, $\gamma = 0,825$ kg/l;

C_d – dīzeļdegvielas cena, €/l.

Elļas un ziežvielas izmaksas traktoram, €/govi gadā

$$I_z = I_d \cdot k_z \quad (13)$$

kur k_z – elļu un ziežvielu patēriņa koeficients, $k_z = 0,03-0,15$

Elļas izmaksas delta tipa transportierim, €/govi gadā

$$I_{ell} = \frac{Q_{ell} \cdot C_{ell}}{Z_g}; \quad (14)$$

kur Q_{ell} – eļļas patēriņš, l/gadā;

C_{ell} – eļļas cena, €/l.

Elektroenerģijas izmaksas mēslu transportēšanai, €/govi gadā;

$$I_{et} = 365 \cdot C_e \sum \frac{N_{et} \cdot k_{et} \cdot T_{trans}}{Z_g} \quad (15)$$

kur

C_e – elektroenerģijas cena, €/kwh;

N_{et} – transportiera nominālā jauda, kW;

k_{et} – jaudas izmantošanas koeficients kūtsmēslu izvākšanai, $k_{et}=0,55$;

T_{trans} – delta transportiera kopējais darba ilgums, h/dienn.

Elektroenerģijas izmaksas šķīdirmēslu sūkņim, €/govi gadā

$$I_{es} = C_e \cdot N_{es} \cdot k_{es} \cdot \frac{T_{es}}{Z_g} = C_e \cdot N_{es} \cdot k_{es} \left(\frac{M_m}{W_s} + \frac{365 \cdot T_{s.rec}}{Z_g} \right) \quad (16)$$

kur

N_{es} – sūkņa elektromotora nominālā jauda, kW;

k_{es} – sūkņa elektromotora jaudas izmantošanas koeficients;

T_{es} – sūkņa darba ilgums, h/gadā;

M_m – gadā no vienas govs iegūtais šķīdirmēslu daudzums, ietverot šķīdirmēsliem pievienotos notekūdeņus, m³/govs gadā;

W_s – sūkņa darba ražīgums, m³/h;

$T_{s.rec}$ – sūkņa darba ilgums recirkulācijas (šķīdirmēslu skalošanas) režīmā, h/dienn.

Kopējās mašīnizmaksas, €/govi gadā

$$I_m = I_a + I_r + I_k + I_d + I_z + I_{ell} + I_{et} + I_{es} \quad (17)$$

Pakaišu izmaksas, €/govi gadā

$$I_{pak} = 365 \cdot q_{pak} \cdot C_{pak} \quad (18)$$

kur

q_{pak} – pakaišu patēriņš, kg/boksu dienā;

C_{pak} – pakaišu cena, €/kg;

Būvju ekspluatācijas izmaksas, €/govi gadā

$$I_b = \frac{1,1 \cdot C_{starp}}{Z_g \cdot N_{starp}}, \quad (19)$$

kur

I, I – koeficients, kas ievēro remonta izmaksas;

C_{starp} – starpkrautves būvizmaksas, €;

N_{starp} – starpkrautves normatīvais kalpošanas ilgums, gadi. Pēc normatīviem N_{starp} ir 20 gadi.

Kopējās ekspluatācijas izmaksas, €/govi gadā

$$I_{ek} = I_{da} + I_m + I_{pak} + I_b \quad (20)$$

Īpatnējie kapitālieguldījumi tehnikas iegādei, €/govi gadā

$$K_{ip.t} = \frac{1,1 \cdot x \cdot C_{tr} + 1,3 \sum C_{iz} + 1,2 \cdot C_{sū}}{Z_g} \quad (21)$$

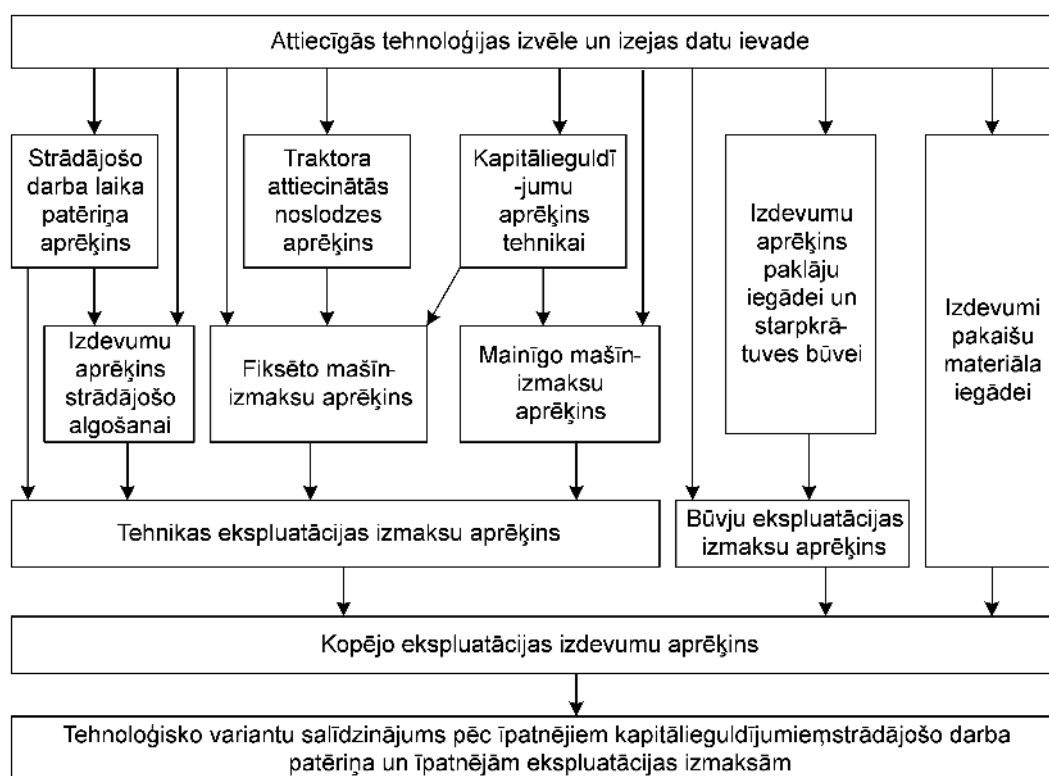
Īpatnējie kapitālieguldījumi būvēm, €/govi gadā

$$K_{ip.b} = \frac{C_{kr} + C_{starp} + C_{kan}}{Z_g} \quad (22)$$

Kopējie īpatnējie kapitālieguldījumi, €/govi gadā

$$K_{ip} = K_{ip.t} + K_{ip.b} \quad (23)$$

Aprēķinu veikšanai tika sastādīta attiecīga datorprogramma, izmantojot 16. attēlā doto shēmu.



16. attēls. Kūtsmēslu izvākšanas tehnoloģiju novērtēšanas aprēķinu blokshēma

Vadoties no iepriekš aprakstītās ekspertu aptaujas rezultātiem, tika izvērtēta šādu amonjaka emisiju samazinošo pasākumu ieviešanas efektivitāte:

- dzīvnieku guļvietu kaisīšanu ar mitrumu absorbējošu materiālu, piemēram, salmu pakaišiem;
- cietstāvošo govju ganīšanu;
- šķidrmēslu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošanu.

Zinot kūtsmēslu esošā slāpekļa zudumus, kuri rodas to izvākšanas laikā (Kārkliņš & Līpenīte, 2008), kā arī pieņemot, ka šie slāpekļa zudumi ir proporcionāli amonjaka emisijas lielumam, var aprēķināt īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, kuras rodas uz vienu kilogramu kūtsmēslu palikušā slāpekļa, realizējot dažādus amonjaka emisiju samazinošos pasākumus.

Gadījumā, kad dzīvnieku guļvietas kaisa ar salmiem, šim nolūkam ir jālieto formula

$$I_{N.s} = \frac{IE_{ip}}{x_b + \frac{(x_s - x_b) \cdot \lambda_s}{100}}, \quad (24)$$

kur

$I_{N.s}$ - īpatnējās izmaksas, rēķinot uz vienu kg kūtsmēslu palikušā slāpekļa daudzumu, €/kg;

x_s un x_b - slāpekļa daudzums, kuru satur govju izdalījumi (urīns un tvirtie ekskrementi), kā arī mītnē savāktie kūtsmēsli, kg/govi gadā. Pēc literatūras datiem (Kārkliņš & Līpenīte, 2008), x_s vidēji ir 152 kg/govi gadā, bet x_b ir 129 kg/govi gadā;

λ_s - amonjaka emisiju samazinājums, izmantojot salmu pakaišus,%. Pēc literatūras (EC, 2016; Bittman et al., 2014; UNECE, 2014) $\lambda_s \sim 70\%$.

Ja savukārt tiek realizēta cietstāvošo govju ganīšana, tad

$$I_{N.g} = \frac{IE_{ip}}{x_b + \frac{(x_s - x_b) \cdot \frac{365 - t_g}{365} \cdot \frac{365 - t_c}{365}}, \quad (25)$$

kur

t_g - ganību perioda ilgums, dienas gadā. Pēc LLU veiktajiem pētījumiem (Laurs & Priekulis et al., 2016) $t_g = 196$ dienas;

t_c - govju cietstāvēšanas perioda ilgums, dienas gadā;

365 - dienu skaits gadā.

Ja kā emisiju samazinošo līdzekli izmanto šķidrmēslu ķīmiskās vai bioloģiskās piedevas, tad

$$I_{N.p} = \frac{IE_{ip} + IE_p}{x_b + \frac{(x_s - x_b) \cdot \lambda_p}{100}}, \quad (26)$$

kur

IE_p - papildus ekspluatācijas izmaksas, kuras saistītas ar ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošanu, €/govi gadā. Pēc mūsu aprēķiniem, lietojot piedevu GÜLLEMAX, $IE_p = 0,13$ €/govi gadā;

λ_p - amonjaka emisiju samazinājums, lietojot šķidrmēslu piedevas,%. Pamatojoties uz Austrijā un Vācijā veikto pētījumu datiem⁶, pieņem $\lambda_p = 50\%$.

Pētījuma rezultāti

Diennaktī iegūtais kūtsmēslu daudzums un nepieciešamā krātuves ietilpība

Iegūto kūtsmēslu daudzuma un krātuvju ietilpības aprēķinam izmantoti sekojoši izejas dati:

- novietnē tiek turētas 200 govys (saskaņā ar sākuma nosacījumiem);
- govju izslaukums pārsniedz 8000 kg/gadā, tādēļ normatīvais šķidrmēslu iznākums ir 26 t/gadā (MK noteikumi Nr. 834);
- šķidrmēslu daudzuma rezerves koeficients ir 1,2 (MK noteikumi Nr. 829);
- papildus ūdens daudzums, kas var ieplūst šķidrmēslos ir 4,3 m³/dzīvnieku gadā (MK noteikumi Nr.829);
- gadā sagatavojamais kukurūzas skābbarības daudzums, ja dzīvniekiem izēdina 3,5 kg kukurūzas skābbarības diennaktī (Murikovs & Priekulis, 2006), ir 700 t;
- skābbarības sausas satur ir 20%, tādēļ tās sulas notece ir 0,2 m³/t (MK noteikumi Nr. 829).

Lietojot iepriekš aprakstīto metodiku un attiecīgos izejas datus, iegūstam, ka konkrētajā situācijā nepieciešamā šķidrmēslu krātuves ietilpība ir 4840 m³, jeb noapaļojot - 5000 m³, bet diennaktī iegūtais šķidrmēslu daudzums ir 19,26 m³.

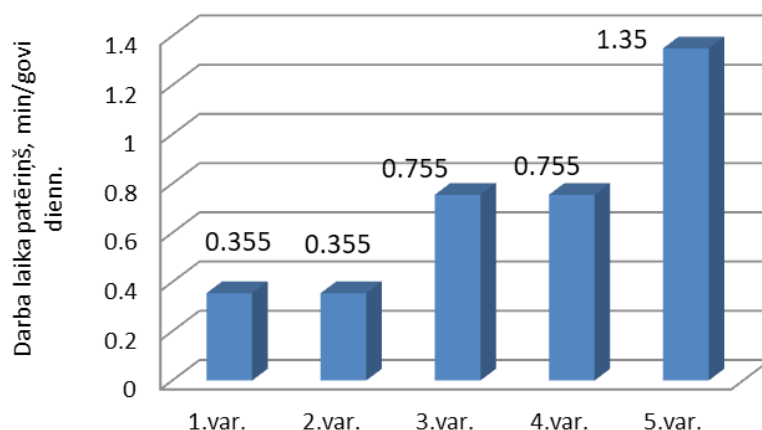
Kūtsmēslu izvākšanas tehnoloģiju novērtējums

Kūtsmēslu izvākšanas tehnoloģiju salīdzinājums pēc strādājošo darba patēriņa ir apkopots 17. attēlā. 17. attēlā redzams, ka strādājošo darba patēriņu ietekmē izmantotais govju atpūtas boksa variants. Ja lieto augstos boksus, tad strādājošo darba patēriņš ir minimāls, jo cilvēku roku darbs ir nepieciešams galvenokārt dzīvnieku guļvietu sakopšanai, bet kūtsmēslu transportiekārtas strādā automātiskā režīmā.

Ja savukārt lieto dziļos boksus ar salmu - kūtsmēslu ieklājumu, tad ir jānodrošina regulāra salmu pakaišu papildināšana un izlīdzināšana. Šai gadījumā mehanizēta ir salmu pakaišu pievešana un izkliešana. Taču to mēdz veikt vairākas reizes mēnesī. Lai sakārtotu govju guļvietas ikdienā, ir nepieciešams roku darbs.

Vēl lielāks strādājošo darba patēriņš ir nepieciešams, ja lieto dziļos boksus ar smilšu iesegumu. Šādi boksi tiek rekomendēti, vadoties galvenokārt, no dzīvnieku higiēnas nodrošināšanas viedokļa. Taču staigājot, govys šīs smiltis iznēsā. Tādēļ tās nokļūst mēslu transportieru darbības zonā, izraisot to paātrinātu nolietojanos. Arī to daudzums šai gadījumā ir regulāri jāpapildina, bet ikdienā vēl jāveic boksa aizmugurējā daļā esošo mēslu noraušana un smilšu klājuma izlīdzināšana, kas palielina lopkopēju roku darba patēriņu.

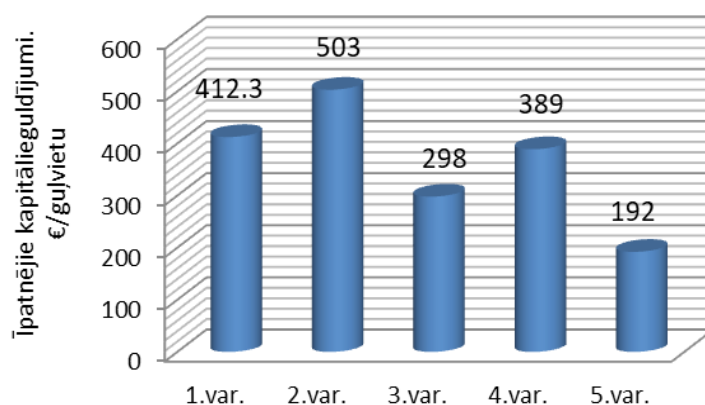
⁶ <http://www.amalgerol.com>



17. attēls. Kūsmēslu izvākšanas tehnoloģiju salīdzinājums pēc strādājošo darba patēriņa

Īpatnējo kapitālieguldījumu salīdzinājums, rēķinot uz vienu gulvietu (atpūtas boksu), ir redzams 18. attēlā.

Šie kapitālieguldījumi paredzēti tehnoloģisko iekārtu (transportieru, sūkņu utt.) iegādei un montāžai, dzīvnieku gulvietu sagatavošanai pirms ekspluatācijas: to sākotnējai aizpildei ar attiecīgo pakaišu materiālu vai noseģšanai ar gumijas paklāju (matraci), kā arī kūsmēslu starpkrātuvju ierīkošanai.

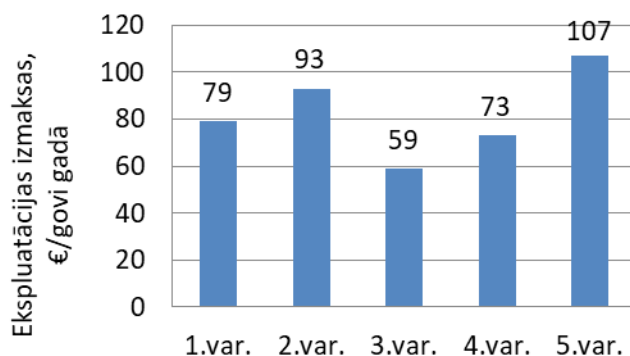


18. attēls. Īpatnējie kapitālieguldījumi, kuri nepieciešami kūsmēslu izvākšanas tehnoloģisko līniju iekārtošanai

Šo kapitālieguldījumu lielumu būtiski ietekmē iegādājamās tehnikas daudzums un tās cena. Tādēļ tie ir vislielākie 2.variantam, jo šai gadījumā nākas iegādāties ne tikai skrēpertransportierus mēslu savākšanai kūtī, bet arī šķērstransportieri. Turklāt, salīdzinot ar 4. variantu, šajā gadījumā kapitālieguldījumi ietver arī gulvietu paklāju izmaksas.

Savukārt vismazākie kapitālieguldījumi nepieciešami 5. variantam, jo tad ir jāiegādājas tikai traktors ar frontālo lāpstu. Turklāt šis traktors var nebūt jauns, jo, veicot kūsmēslu izvākšanu (200 govju kūtī), tas ir noslogots tikai vienu stundu diennaktī.

Kūsmēslu izvākšanas ekspluatācijas izmaksas ir apkopotas 19. attēlā

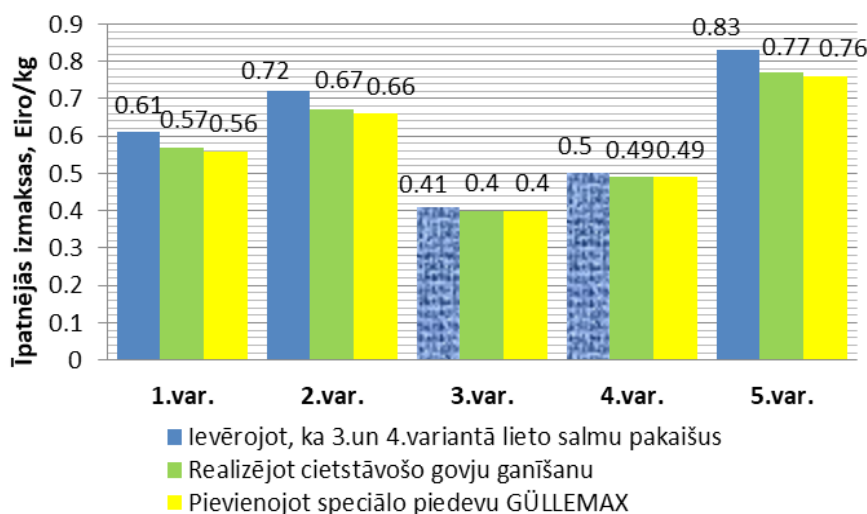


19. attēls. Kopējās ekspluatācijas izmaksas, €/govī gadā, realizējot kūtsmēsliu izvākšanu.

Kopējās ekspluatācijas izmaksas ietver gan tehnikas izmantošanas izdevumus, gan arī strādājošo darba samaksu. Tādēļ pēc šīm izmaksām var vispusīgi novērtēt katras tehnoloģijas izmantošanas ekonomisko izdevīgumu.

Vadoties pēc 19. attēla, var secināt, ka vismazākās ekspluatācijas izmaksas ir 3. variantam, kad govīs tiek turētas dziļos boksos ar salmu-mēsliu guļvietas ieklājumu, bet mēsliu transportēšanai pa šķērskanālu lieto skalošanas (recirkulācijas) principu. Ja savukārt mēslus pārvieto pa šķērskanālu ar transportieri, tad ekspluatācijas izmaksas palielinās par gandrīz 24%. Vēl lielākas (par 58% un 80%) tās ir 2. un 5. variantam. 2. variantam tas ir saistīts ar paklāju iegādes nepieciešamību, bet 5. variantam - ar traktora izmantošanu un traktora vadītāja darba samaksu.

Savukārt īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, rēķinot uz vienu kg kūtsmēslus palikušā slāpekļa daudzumu, realizējot dažādus amonjaka emisiju samazinošus pasākumus, ir redzamas 20. attēlā.



20. attēls. Īpatnējās izmaksas, rēķinot uz kūtsmēslus palikušā slāpekļa daudzumu, €/kg

Apkopotie aprēķinu rezultāti liecina, ka vismazākās izmaksas, rēķinot uz vienu kilogramu šķīdirmēslus palikušā slāpekļa daudzumu, ir 3. un 4. variantā, kur lieto dziļos boksus ar salmu - mēsliu ieklājumu. Šajā gadījumā govju guļvietas regulāri kaisa ar salmu pakaišiem, kuri absorbē mitrumu, un nelabvēlīgo gāzu, tai skaitā amonjaka, emisijas. Tādēļ, vadoties no amonjaka emisiju samazināšanas viedokļa, nav lietderīgi izmantot augstos boksus, kā arī dziļos boksus ar smilšu ieklājumu.

Vēl ir racionāli izmantot speciālās šķīdirmēsliu piedevas, piemēram, SIA „Augu Aizsardzības Serviss” piedāvāto šķīdirmēsliu piedevu GÜLLEMAX. Jāpiezīmē, ka šī piedeva saglabās savu iedarbību arī kūtsmēsliu uzkrāšanas laikā, kas vēl vairāk palielina tās izmantošanas ekonomisko lietderību.

Īpatnējo izmaksu samazinājumu, rēķinot uz vienu kg kūtsmēslus palikušā slāpekļa daudzumu, izraisa arī govju ganīšana. Taču, ņemot vērā, ka, realizējot slaucamo govju ganīšanu,

nav iespējams iegūt īpaši augstus izslaukumus, šajā pētījumā ietverta tikai cietstāvošo govju ganīšana. Turklāt iegūtie aprēķinu rezultāti ir aptuveni, jo tajos nav ņemtas vērā ganību izmantošanas izmaksas, kā arī ganību zāles izmaksas, salīdzinot ar konservēto zāles lopbarību.

Šķidrmēslu uzkrāšanas tehnoloģiju novērtējums

Šķidrmēslu krātuves - šķidrmēslu uzkrāšanai lieto divu veidu krātuves: cilindriskās un lagūnas.

Cilindriskās krātuves montē no dažādiem būvmateriāliem: metāla loksņēm, kuras pārklātas ar pretkorozijas klājumu, dzelzsbetona paneļiem, speciālām armētām plēvē vai citādi. Taču pastāv vēl iespēja, ka tās ir monolīta dzelzsbetona būves, kuras izgatavotas ar slīdošu veidņu palīdzību. Tādā gadījumā krātuves ir mehāniski izturīgākas, taču to būvēšanai ir nepieciešams ilgāks laika un darba patēriņš, kā arī palielinās šādu krātuvju būvizmaksas.

Praksē lieto galvenokārt virszemes cilindriskās krātuves. Pusiedziļinātās krātuves izmanto retos gadījumos, jo tad ir jānodrošinās pret iespējamo gruntsūdeņu ieplūdi, turklāt šādas krātuves mēdz būt arī dārgākas.

Lagūnas tipa krātuves ierīko līdzenā vietā, izrokot attiecīga izmēra taisnstūra bedri. Bet izrakto zemi izmanto krātuves apmales veidošanai. Lai novērstu lagūnā iepildīto šķidrmēslu iespējamo infiltrāciju gruntī, lagūnu izklāj ar sintētisku plēves klājumu jeb ģeomembrānu, kuras malas sniedzas līdz pat lagūnas apmales augšdaļai.

Lagūnu galvenā priekšrocība ir to samazinātās būvizmaksas. Taču lagūnu dziļums parasti nepārsniedz 2,5-3 m (jo citādi tās var tikt pakļautas gruntsūdeņa ietekmei). Tādēļ lagūnas aizņem lielāku laukumu, nekā cilindriskās krātuves, un tai ir arī lielāka spoguļvirsmas (šķidrmēslu augšējā virsma), no kura izdalās nevēlamās gāzes un smakas. Trūkums ir arī tāds, ka, strādājot ar tehniku, var viegli sabojāt lagūnas ģeomembrānu, izraisot šķidrmēslu noplūdes, un tādēļ šai gadījumā ir papildus jāierīko iespējamo noplūžu kontroles drenāža.

Kūtsmēslu krātuvju ierīkošanas un ekspluatācijas pamatprasības ir noteiktas LR 2014. gada Ministru kabineta noteikumos Nr. 829 un Nr. 834. Šo prasību ievērošana lielā mērā ierobežo kūtsmēslos esošo biogēno elementu zudumus, kuri var rasties mēslu uzglabāšanas laikā, kā arī nodrošina apkārtējās vides aizsardzību. Taču praksē nav iespējams pilnīgi izvairīties no šiem biogēno elementu zudumiem. Turklāt ir konstatēts (Kārkliņš & Līpenīte, 2008), ka īpaši lieli ir slāpekļa zudumi, kurus daļēji izraisa amonjaka emisija. Tādēļ mūsu pētījuma nolūks ir noskaidrot ekonomiski izdevīgākos risinājumus amonjaka emisiju samazināšanai, veicot šķidrmēslu uzkrāšanu dažāda veida krātuvēs.

Pētījuma metodika

Saskaņā ar iepriekš veikto aprēķinu kūtij ar 200 slaucamām govīm šķidrmēslu krātuves ietilpība ir jābūt vismaz 5000 m³.

Cilindrisko krātuvju konstruktīvos elementus (metāla loksnes, dzelzsbetona blokus utt.) Latvijā piedāvā vairākas firmas, piemēram: SIA Agrozona, SIA LRS Mūsa, un tās veic arī attiecīgo krātuvju montāžu. Šo cilindrisko krātuvju būvizmaksas jau ir dotas attiecīgo firmu katalogos. Taču mūsu iepriekšējie pētījumi (Priekulis & Murikovs, 2007) liecina, ka šīs būvizmaksas ir atkarīgas galvenokārt no krātuvju ietilpības, nevis no būvmateriāla veida un krātuves konstruktīvā risinājuma. Tādēļ noteiktas ietilpības cilindriskām krātuvēm tās ir maz atšķirīgas, un šajos pētījumos var ietvert tikai vienu cilindriskās krātuves veidu.

Savukārt, lai ierīkotu lagūnas, vispirms ir jāzina tās iespējamais dziļums, kuru nosaka pēc attiecīgās būvvietas konkrētajiem apstākļiem. Pēc tam var aprēķināt lagūnas gabarīta izmērus, izstrādāt tās būvprojektu un sastādīt būvizmaksu tāmi. Turklāt, arī šai gadījumā, krātuves būvizmaksas mainās galvenokārt atkarībā no lagūnas ietilpības (Murikovs & Priekulis, 2006).

Ņemot to visu vērā, mūsu pētījumu īstenošanai ir izvēlēta firmas "Agrozona" piedāvātā cilindriskā krātuve un LLKC projektētā lagūna, kuru raksturlielumi doti 24. tabulā.

Salīdzināto šķidrmēslu krātuvju raksturojums

Rādītāji	Cilindriskā krātuve	Lagūna
Krātuves ietilpība, m ³	4944	5000
Dziļums (sienu augstums), m	4,27	2,5
Diametrs vai sānu malu garumi, m	38,4	40 x 50
Spoguļvirsmas laukums, m ²	1 157,5	2 000
Būvizmaksas (ietverot PVN), €	92 802	70 000
Īpatnējās būvizmaksas, €/ m ³ *	18,77	14,00

* - € uz vienu krātuves ietilpības kubikmetru

Kā redzams no tabulas, konkrētajā situācijā, pie aptuveni vienādas krātuvju ietilpības, cilindriskās krātuves būvizmaksas ir par 33% lielākas nekā lagūnai, bet spoguļvirsmas laukums, no kura izdalās nevēlamo gāzu emisijas un smakas - par 73% mazāks. Turklāt lielākas ir arī cilindriskās krātuves īpatnējās būvizmaksas, rēķinot uz krātuves ietilpības vienu kubikmetru. Ja cilindriskai krātuvei tās ir 18,77 €/ m³, tad lagūnai - 14,00 €/ m³.

Lai novērtētu dažādu kūtsmēslu uzkrāšanas tehnoloģiju ekonomisko izdevīgumu, ir jāveic šo tehnoloģiju salīdzināšana pēc īpatnējām ekspluatācijas izmaksām. Tādēļ šajos aprēķinos būtu jāietver ne tikai kūtsmēslu krātuvju būvizmaksas, bet arī mēslu izkraušanas sūkņa, kā arī maisītāja izmantošanas izmaksas. Taču mūsdienās šādi sūkņi parasti ir uzmontēti uz mēslu transportcisternām, tādēļ stacionārs sūknis, kurš atrodas pie krātuves, vairs nav vajadzīgs. Turklāt mobili (traktoram uzmontēti) mēdz būt arī maisītāji, un tad tie var apkalpot daudzas krātuves. Tādēļ ņemot vērā, ka krātuvju būvizmaksas ir ievērojami lielākas nekā šo maisītāju izmaksas, ekonomiskajā novērtējumā tās netiek ietvertas.

Vadoties pēc literatūrā apskatītās ekonomisko aprēķinu metodikas (Priekulis & Strautnieks, 2000), var iegūt formulu kūtsmēslu krātuvju ekspluatācijas izmaksu aprēķināšanai

$$IE_{kr} = \frac{I_a + I_r}{Z_g} = \frac{1,1 \cdot K_{kr}}{Z_g \cdot N} \quad (27)$$

kur

IE_{kr} - kūtsmēslu krātuves īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, €/govi gadā;

I_a - krātuves amortizācijas izmaksas, €/gadā;

I_r - krātuves remonta un tehnisko apkopju izmaksas, €/gadā;

Z_g - govju skaits, kuru mēsli tiek krātuvē uzkrāti;

I, I - koeficients, kurš ietver krātuves remonta un tehnisko apkopju izmaksas;

K_{kr} - kapitālieguldījumi krātuves būvei un montāžai, ietverot PVN, €;

N - krātuves normatīvais kalpošanas ilgums, gadi, kur lopkopības būvēm pieņemti 20 gadi (Priekulis, 2000).

Izmantojot ekspertu aptaujas rezultātus (8. tabula), tika noskaidrots, ka prioritārie pasākumi amonjaka emisiju samazināšanai no šķidrmēslu krātuvēm ir šādi:

- šķidrmēslu ievade zem dabiski vai mākslīgi izveidotas segkārtas;
- šķidrmēslu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana;
- cilindriskās šķidrmēslu krātuves aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu;
- lagūnas tipa krātuvju aizstāšana ar cilindriskām krātuvēm;
- šķidrmēslu virsmas (spoguļvirsmas) samazināšana jaunbūvējamās krātuvēs.

Taču šķidrmēslu ievade krātuvē zem dabiski izveidotas segkārtas jau tiek praksē realizēta, jo šāda prasība ir iekļauta spēkā esošajos MK noteikumos Nr. 829 *Īpašas prasības piesārņojošo darbību veikšanai dzīvnieku novietnēs*.

Lai novērtētu pārējo priekšlikumu ekonomisko izdevīgumu, tika izmantota formula:

$$I_{N.k} = \frac{IE_p}{x_{kb} + \frac{(x_{ks} - x_{kb}) \cdot \lambda_k}{100}}, \quad (28)$$

kur

$I_{N.k}$ - pasākuma realizācijas īpatnējās izmaksas, rēķinot uz vienu kilogramu, mēšlos palikušā slāpekļa daudzuma, €/kg;

IE_p - īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, kuras nepieciešamas attiecīgā emisiju samazināšanas pasākuma realizācijai, €/govs/gadā;

x_{ks} un x_{kb} - slāpekļa daudzums, kuru satur šķidrmēsli, tos iekraujot krātuvē un pēc uzglabāšanas, kg/govs/gadā. Pēc literatūras datiem (Kārklīšs & Līpenīte, 2008), x_{ks} ir vidēji 129 kg/govi gadā, bet x_{kb} ir 107 kg/govi gadā;

λ_k - amonjaka emisiju samazinājums, izmantojot attiecīgu amonjaka emisiju samazinošo pasākumu, %.

Pētījuma rezultāti

Lai izvērtētu iepriekš uzskaitītos ekspertu ieteikumus, izvērtēsim katru amonjaka emisiju samazinošo pasākumu atsevišķi.

Šķidrmēsļu piedevu *GÜLLEMAX* Latvijā piedāvā SIA „Augu Aizsardzības Serviss”. To pārdod 25 l ietilpības kannās, un viena litra cena ir 8,90 €. Šo līdzekli rekomendē pievienot reizi nedēļā, to iepriekš atšķaidot ar ūdeni (ņemot 0,5 l *GÜLLEMAX* koncentrāta uz 10 l ūdens). Nepieciešamais darba šķīduma daudzums ir 0,1 l, rēķinot uz vienu dzīvnieku ar 500 kg dzīvmasu. Saskaņā ar firmas sniegto informāciju, pētījumos, kuri veikti Dabas resursu un dabaszinātņu universitātē (BOKU) Vīnē, Kransa Hora Prāgas Lauksaimniecības un tehnoloģijas institūtā un Foršheimas Cūkkopības selekcijas reģionālajā birojā (Vācija)⁷, konstatēts, ka iegūtais amonjaka emisiju samazinājums ir, līdz pat 68%.

Vadoties pēc šiem datiem, ir iespējams aprēķināt, ka šai gadījumā īpatnējās ekspluatācijas izmaksas $IE_p \sim 3,3$ €/govs/gadā.

Nākamais aptaujā ieteiktais amonjaka emisiju samazināšanas pasākums ir cilindriskās šķidrmēsļu krātuves aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu. Parasti šādu jumtu ierīko tām cilindriskām krātuvēm, kurās uzkrāj cūku šķidrmēslus. Tas tādēļ, ka cūku šķidrmēsli, atšķirībā no liellopu mēsliem, nesatur pakaišu daļiņas, nesagremotu lopbarību un citus piemaisījumus, kuri uzpeld šķidrmēsļu slāņa virspusē, veidojot peldošu segkārtu.

Saskaņā ar literatūrā dotajiem datiem (Bittman et al., 2014; UNECE, 2014; EC, 2016), šāda segkārtā samazina amonjaka emisijas par 40% un, saskaņā ar Latvijā esošajiem normatīvajiem aktiem (MK noteikumi Nr. 829), tas tiek uzskatīts par pietiekamu. Taču literatūrā arī norādīts (Priekulis & Murikovs, 2007), ka cilindrisko krātuvju aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu palielina krātuves būvizmaksas orientējoši par 25%. Pieņemot, ka kūtsmēsļu krātuves kalpošanas mūžs ir līdzvērtīgs ražošanas ēku normatīvam izmantošanas ilgumam, t.i. 20 gadi, ir iespējams aprēķināt, ka šai gadījumā īpatnējās ekspluatācijas izmaksas $IE_p \sim 6,38$ €/govs/gadā.

Vēl tiek rekomendēts aizstāt lagūnu ar cilindrisko krātuvi. Tādā gadījumā samazinās šķidrmēsļu spoguļvirsmas laukums, caur kuru notiek amonjaka emisijas. Taču lagūnu nevar pārbūvēt par cilindrisko krātuvi. Tā ir jāierīko no jauna. Tādēļ, ņemot vērā, ka cilindriskās krātuves normatīvais kalpošanas ilgums ir 20 gadi (Priekulis, 2000), var izskaitļot, ka šajā gadījumā nepieciešamās ekspluatācijas izmaksas būs 25,52 €/govs/gadā, neietverot lagūnas nojaukšanas izmaksas.

Iespējami arī dažādi risinājumi spoguļvirsmas samazināšanai jaunbūvējamām lagūnām. Kā liecina mūsu pētījumi (Murikovs & Priekulis, 2006), šī spoguļvirsmā ir minimāla, ja lagūnu būvē ar maksimāli iespējamo dziļumu, vienāda garuma sānu malām un maksimāli stāvām sānu sienām. Taču šo parametru izvēle ir lielā mērā atkarīga no konkrētās situācijas, kāda ir lagūnas būvvieta.

⁷ <http://www.amalgerol.com>

Pētījuma izejas dati un attiecīgo pasākumu realizācijas īpatnējo izmaksu apkopojums dots 25. tabulā.

25. tabula

Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu novērtējums, realizējot šķidrmēslu uzkrāšanu

Nr. p.k.	Pasākums	Amonjaka emisiju samazinājums		Īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, €/govs/ gads	Īpatnējās izmaksas, €/kg saglabātais N
		pēc literatūras	pieņemtais		
1.	Šķidrmēslu piedevu GÜLLEMAX izmantošana	Līdz 68%	50%	0,13	0,001
2.	Cilindriskās šķidrmēslu krātuves aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu	~ 25%	25%	~ 6,38	0,057
3.	Lagūnas tipa krātuvju aizstāšana ar cilindriskām krātuvēm	~ 42%	40%	~ 25,52	0,220
4.	Šķidrmēslu virsmas (spoguļvirsmas) samazināšana	Iegūtais efekts ir atkarīgs no lagūnas ģeometriskajiem parametriem			

Tātad, vadoties pēc 11. tabulā apkopotajiem datiem, iespējams secināt, ka lētākais un praksē vienkāršāk ieviešamais amonjaka emisiju samazinošais pasākums ir ķīmisko un bioloģisko piedevu izmantošana. Šādas piedevas ir salīdzinoši lētas un efektīvas. Turklāt tās ir iespējams pievienot pie šķidrmēsliem ne tikai krātuvē, bet jau govju mītnē ierīkotajos mēslu savākšanas kanālos. Tādā gadījumā iegūtais efekts būs vēl lielāks.

Nākamais praksē realizējamais pasākums var būt cilindrisko krātuvju aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu. Šāds jumts ne tikai samazina nevēlamo gāzu un smaku emisijas, bet arī novērš nokrišņu ūdens ieplūdi krātuvē.

Būvējot jaunas lagūnas tipa krātuves, ir jāpievērš lielāka vērība šo krātuvju spoguļvirsmas samazināšanai. Jāveicina arī cilindrisko krātuvju būve, jo pēdējo 10 gadu laikā to būvizmaksas ir ievērojami mazinājušās, un tagad to ierīkošana maksā tikai par 40-50% dārgāk nekā tādas pat ietilpības lagūnai.

Secinājumi

1. Lai novērtētu ekonomisko izdevīgumu dažādiem amonjaka emisiju samazinošiem pasākumiem, kurus rekomendē izmantot šķidrmēslu izvākšanai no slaucamo govju mītnēm un to uzkrāšanai, ir jānoskaidro un savstarpēji jāsalīdzina šo pasākumu īstenošanas īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, rēķinot uz vienu kilogramu šķidrmēslu palikušā slāpekļa daudzuma.
2. Pētījumā konstatēts, ka efektīvākais amonjaka emisiju samazināšanas risinājums slaucamo govju mītnē ir dziļo boksu izmantošana ar salmu-mēslu ieklājumu. Šādā gadījumā strādājošo darba patēriņš, kurš nepieciešams govju guļvietu sakārtošanai ir aptuveni divas reizes lielāks nekā izmantojot augstos boksus, taču par 30-35% samazinās mēslu izvākšanas ekspluatācijas izmaksas, kā arī īpatnējās izmaksas, kuras rēķinātas uz kūtsmēslu palikušā slāpekļa daudzumu.
3. Cits efektīvs amonjaka emisiju samazinošs pasākums ir šķidrmēslu ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana. Piemēram, SIA „*Augu Aizsardzības Serviss*” piedāvātās piedevas GÜLLEMAX izmantošanas izmaksas ir tikai 3,3 €/govs/gadā un, pēc izplatītājfirmas sniegtās informācijas, iegūtais amonjaka emisiju samazinājums ir līdz 68%. Turklāt šīs piedevas var ievadīt jau dzīvnieku mītnē ierīkotajos mēslu savākšanas kanālos, tādējādi nodrošinot amonjaka emisiju samazinājumu ne tikai pašā kūtī, bet arī kūtsmēslu krātuvē.
4. Mazāk efektīvi amonjaka emisiju samazinošie pasākumi ir cietstāvošo govju ganīšana un cilindrisko šķidrmēslu krātuvju aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu. Taču nenoliedzama ir šāda jumta nepieciešamība, uzkrājot cūku šķidrmēslus, jo no šiem mēsliem neveidojas peldoša segkārtā, kas spēj samazināt amonjaka emisijas.

5. Ja tiek būvēta jauna šķidrmēslu krātuve, tad to vēlams izvēlēties cilindriskā tipa, jo šai gadījumā, salīdzinot ar lagūnas veida krātuvi, spoguļvirsmas laukums, no kuras izdalās amonjaka emisijas un smakas, ir mazāks par aptuveni 70%.

4.4. Šķidrmēslu transportēšanas un iestrādes tehnoloģiju novērtējums

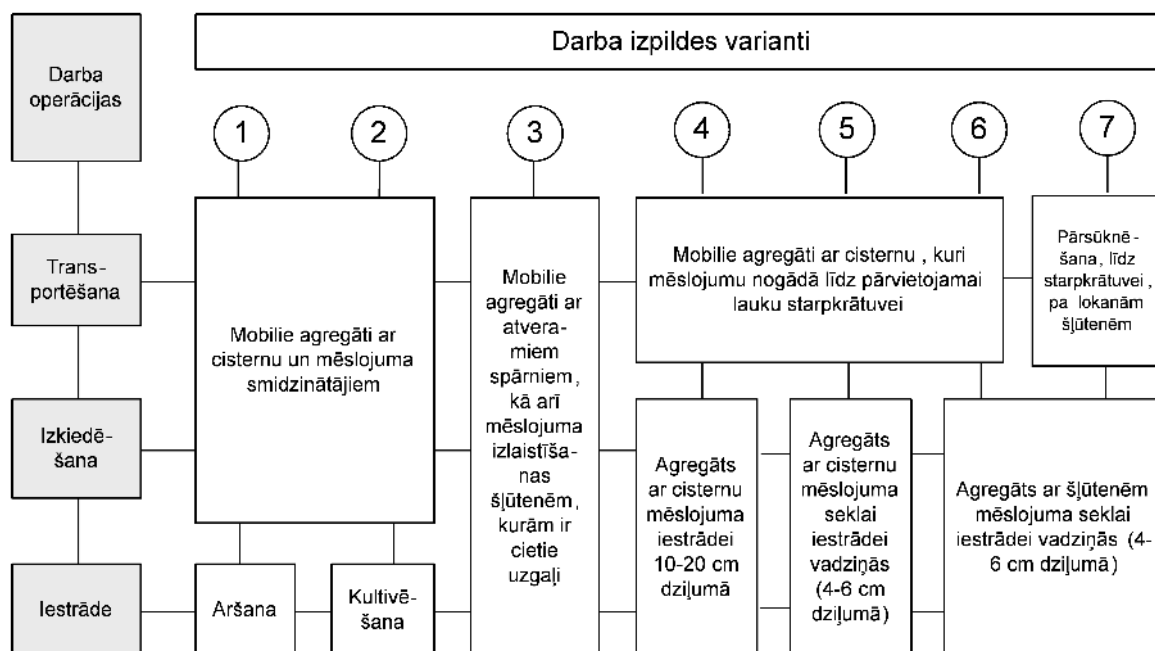
Ievads

Ieviešot jaunās piena ražošanas un cūkkopības tehnoloģijas, pakāpeniski palielinās šķidrmēslu ieguve. Jau pašlaik Latvijā aptuveni 50% no iegūtajiem kūtsmēsliem ir šķidrmēsli (Priekulis & Āboltins, 2016), bet pārējais - pakaišu kūtsmēsli un ganībās palikušie mēsli. Turklāt 70% no liellopu un cūku šķidrmēsliem izmanto augsnes mēslošanai, un šim mēslu daudzumiem ir tendence ar katru gadu palielināties.

Visbiežāk šķidrmēslus izmanto kā augsnes pamatmēslojumu, un tādēļ tos iestrādā pavasara un rudens periodos, taču dažkārt lieto arī kā virsmmēslojumu. Šķidrmēslu lietošanai raksturīgs, ka tiem jānodrošina pēc iespējas tūlītēja iestāde augsnē. Citādi no tiem izdalās amonjaks, izraisot strauju mēslošanas vērtības samazināšanos (UNECE, 2014; EC, 2016). Tādēļ praksē tagad lieto dažādus šķidrmēslu iestrādes paņēmienus, kuri atšķiras pēc iestrādes dziļuma un veida. Turklāt šos iestrādes paņēmienus lieto dažādās kombinācijās ar šķidrmēslu transportēšanas risinājumiem no krātuves līdz to iestrādes vietai. Piemēram, praksē šim nolūkam ir izplatīti mobilie transportagregāti, taču pakāpeniski paplašinās arī šļūteņu tehnoloģijas izmantošana. Tādēļ šajā sadaļā ir salīdzinātas raksturīgākās šķidrmēslu transportēšanas un izkliešanas tehnoloģijas, vadoties ne tikai no to realizācijas ekonomiskā izdevīguma, bet arī no iespējamo amonjaka emisiju samazināšanas viedokļa.

Materiāli un metodika

Pētījumos salīdzinātas septiņas dažādas šķidrmēslu transportēšanas un izdales tehnoloģijas (21. attēls).



21. attēls. Salīdzinātās šķidrmēslu transportēšanas un iestrādes tehnoloģijas

Visas šīs tehnoloģijas iedalāmas trīs grupās: tiešās, pārkraušanas un plūsmas tehnoloģijās. Pirmās trīs ir tiešās iestrādes tehnoloģijas. Tām raksturīgs, ka šķidrmēslus transportē līdz izmantošanas vietai un izklie uz laukiem, izmantojot mobilos traktora agregātus, kuru transportcisternas aprīkotas ar mēslojuma izliedētājiem. Taču mēslojuma iestrādi 1. variantā realizē ar aršanu, 2. variantā - ar kultivēšanu, bet 3. variantā - ar nokarenām šļūtenēm un cietiem uzgaļiem, kuri ir pierīkoti pie šo transportcisternu atveramiem spārniem. Tādēļ šāds risinājums ir

arī piemērots kultūraugu virsmēslojuma jeb papildmēslojuma iestrādei, jo mēslojumu novada uz augsnes, neizraisot augu virszemes daļas nosmērēšanos.

Nākamās trīs ir, t.s., pārkraušanas tehnoloģijas. To īpatnība, ka mobilo agregātu komplekts tiek papildināts ar pārvietojamu starptvertni, kuru novieto pie apstrādājamā lauka. Tādēļ mobilie transportagregāti mēslojumu nogādā līdz šai starptvertnei, bet tā izkliešanas un iestrādei augsnē izmanto speciālu agregātu. Turklāt šis agregāts var būt aprīkots ar savu šķidrmēsļu tvertni (4.un 5.variants), vai arī to piegādā ar sūkni, izmantojot lokanu šļūteni, kuru darba laikā agregāts velk sev līdzī (6.variants).

Savukārt plūsmas tehnoloģija tiek realizēta 7.variantā. Šai gadījumā šķidrmēsļus pārsūknē līdz iestrādes vietai, izmantojot ātri samontējamu transportšļūteni, bet tālāk - līdz iestrādes agregātam, pa samazināta diametra darba šļūteni.

Visu traktoragregātu komplektēšanai ir izmantoti firmas *Deutz Fahr 6210* traktori, kuru dzinēju jauda ir 210 Zs, kā arī izvēlētas šiem traktoriem atbilstošas šķidrmēsļu transportcisternas (ar ietilpību 20 m³), šķidrmēsļu izkliešanas cisternas un cita, konkrētajam variantam atbilstoša tehnika. Ir pieņemts, ka šķidrmēsļu transportam izmantoto traktoru normatīvais kalpošanas ilgums ir 12 gadi, bet transportcisternām un starptvertnēm - 10 gadi. Savukārt tehnikas pieņemtā gada noslodze ir 1500 h/gadā, izņemot arklu un kultivatoru, kurus lieto mēslojuma iestrādei, un kuru pieņemtā gada nostrāde ir 500 h. Pārējie tehnikas ekspluatācijas parametri, kā arī šļūteņu tehnoloģijas izmantošanas raksturlielumi ir ņemti pēc mūsu hronometrāžas datiem (Приекулис & Вартукаптейныс, 2013; Приекулис & Вартукаптейныс, 2016), bet attiecīgās tehnikas cenas un citi parametri, kuri nepieciešami ekonomisko aprēķinu veikšanai, ir iegūti no katalogiem, firmu cenrāžiem un informatīvajiem materiāliem.

Šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes tehnoloģiskie varianti ir salīdzināti pēc trim kritērijiem:

- strādājošo īpatnējā darba patēriņa, cilv.h/ha;
- šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes īpatnējām izmaksām, €/ha;
- šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes izmaksām, rēķinot uz slāpekļa daudzumu, kuru iestrādātā ar mēslojumu, €/kg.

Aprēķinu veikšanai, ir pieņemts, ka visos gadījumos šķidrmēsli jāiestrādā 100 ha lielā laukā, kurš var atrasties 2 vai 5 vai 8 km attālumā no kūtsmēsļu krātuves, bet mēslojuma iestrādes norma ir 40 m³/ha. Strādājošo darba ilgums ir vidēji 10 h/diennaktī, bet pieņemtā darba samaksas likme (bruto alga) - 6,25 €/h.

Lietojot tiešās iestrādes tehnoloģiju, mobilo agregātu reisu skaits

$$n_r = \frac{F \cdot q_s}{V_c}, \quad (29)$$

kur: F – lauka platība, ha;

q_s - šķidrmēsļu iestrādes norma, t/ha;

V_c - vienas transportcisternas ietilpība, t.

Nepieciešamais transportagregātu skaits

$$n_{ag} \geq \frac{n_r \cdot t_r}{t_d}, \quad (30)$$

kur: t_d - plānotais darba ilgums, h;

t_r - viena transportagregāta reisa vidējais ilgums, h

$$t_r = t_{ies} + t_{tr} + t_o + t_{tuk} + t_{dik}, \quad (31)$$

kur: t_{ies} - šķidrmēsļu iesūkšanas (transportcisternas piepildes) ilgums, h;

t_{tr} - šķidrmēsļu transportēšanas ilgums no iesūkšanas vietas līdz laukam, h;

t_o - šķidrmēsļu izkraušanas ilgums starptvertnē vai iestrādes ilgums uz lauka, h;

t_{tuk} - transportagregāta pārbrauciena ilgums no lauka līdz digestāta uzpildes vietai, h;

t_{dik} - dīkstāvju laiks, ietverot sagatavošanas un nobeiguma laiku, h.

Strādājošo īpatnējā darba patēriņa aprēķināšanai izmantota formula

$$D_{ip} = \frac{D_{tr} + D_{ie}}{F}, \quad (32)$$

kur: D_{tr} - darba patēriņš šķidrmēslu transportēšanai un izklieidēšanai, cilv.h;

D_{ie} - darba patēriņš šķidrmēslu iestrādei, cilvh;

F - apstrādājamā platība, ha.

Īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, attiecīgam tehnoloģiskam variantam

$$IE_{ip} = \frac{IE_{tr} + IE_{ie}}{F}, \quad (33)$$

Kur: IE_{tr} - šķidrmēslu transportēšanas agregāta ekspluatācijas izmaksas, €/gadā;

IE_{ie} - šķidrmēslu iestrādes ekspluatācijas izmaksas, €/gadā.

Gan darba patēriņa, gan agregātu ekspluatācijas izmaksu aprēķināšanai izmantotas speciālajā literatūrā (Priekulis, Strautnieks, 2000) dotās formulas.

Lietojot pārkraušanas tehnoloģiju, darba izpildes ilgums ir atkarīgs no mēslojuma iestrādes agregāta ražīguma. Tādēļ

$$t_d = \frac{F \cdot q_d}{Q_{ag}}, \quad (34)$$

kur: t_d – šķidrmēslu iestrādes ilgums, h;

F – lauka platība, ha;

Q_{ag} – mēslojuma iestrādes agregāta vidējais darba ražīgums, t/h.

Mobilo agregātu reisa ilgumu, kā arī strādājošo īpatnējo darba patēriņu aprēķina pēc iepriekš dotajām formulām (4.3) un (4.4), bet šķidrmēslu transportēšanas un iestrādes izmaksas pēc formulas

$$IE_{ip} = \frac{IE_{tr} + IE_{st} + IE_{ie}}{F}, \quad (35)$$

kur: IE_{st} - starptilpnes ekspluatācijas izmaksas, €/gadā.

Lietojot plūsmas tehnoloģiju, vēl papildus jāievēro darba patēriņš cauruļvadu izvietošanai, pārvietošanai un demontāžai. Tādēļ strādājošo īpatnējā darba patēriņa aprēķināšanai izmantota formula

$$D_{ip} = \frac{D_{sl} + D_{sag,nob} + D_{ie}}{F}, \quad (36)$$

kur: D_{sl} - šķidrmēslu transporta šļūteņu izvietošanas darbietilpība, cilvh;

$D_{sag,nob}$ - mobilo agregātu sagatavošanas un darbu nobeiguma pasākumu darbietilpība, cilv.h;

D_{iz} - strādājošo darba patēriņš, veicot digestāta iestrādi uz lauka, cilv.h.

Savukārt kopējās ekspluatācijas izmaksas, attiecīgajam tehnoloģiskam variantam

$$IE_{ip} = \frac{IE_{sl} + IE_{sag,nob} + IE_{ie}}{F}, \quad (37)$$

kur: IE_{ip} - kopējās īpatnējās ekspluatācijas izmaksas šķidrmēslu transportēšanai un iestrādei attiecīgajā laukā, €/ha;

IE_{sl} - šļūteņu izvietošanas īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, €/ha;

$IE_{sag,nob}$ - sagatavošanas un nobeiguma darbu veikšanas īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, €/ha.

Visu tehnoloģiju salīdzināšanai izmantotās īpatnējās šķidrmēslu transportēšanas un iestrādes izmaksas, rēķinot uz slāpekļa daudzumu, kuru iestrādātā ar mēslojumu, var izskaitļot sekojoši

$$I_N = \frac{IE_{ip}}{q_m \cdot Y_N \left(\frac{\theta}{100} + \frac{\lambda}{100} - \frac{\theta \cdot \lambda}{100 \cdot 100} \right)}, \quad (38)$$

kur: q_m - šķidrmēslu iestrādes deva, t/ha;

Y_N - slāpekļa normatīvais daudzums šķidrmēslos, kg/t; pēc MK noteikumiem Nr. 834 liellopu šķidrmēsliem $y_N = 4,2$ kg/t;

θ - šķidrmēslos atlikušais slāpekļa daudzums, ja tie izkļiedētie netiek iestrādāti, %. Pēc literatūras $\theta = 30\%$ (Huijsmans, 2003);

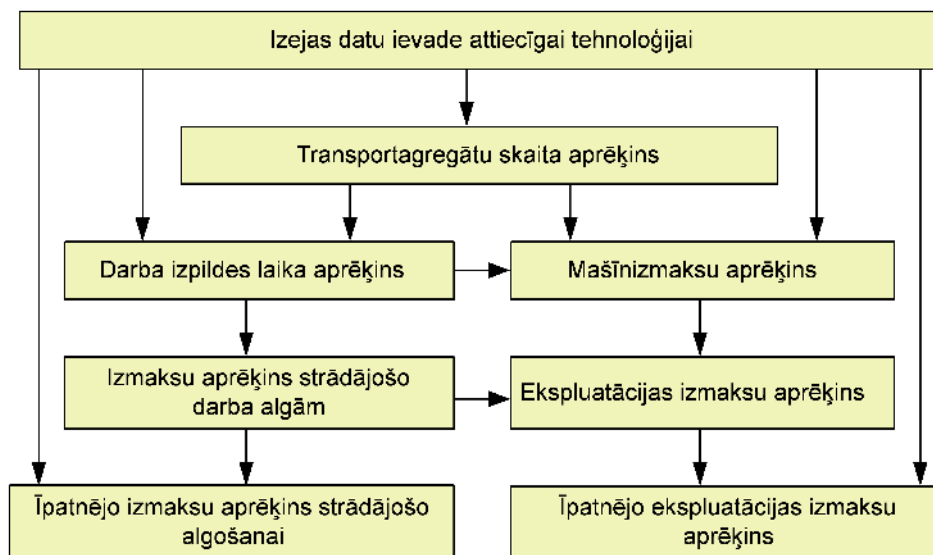
λ - amonjaka emisiju samazinājums, lietojot attiecīgus šķidrmēslu iestrādes paņēmienus, % (26. tabula).

26. tabula

Amonjaka emisiju samazinājums, atkarībā no šķidrmēslu iestrādes paņēmiena

Nr. p.k.	Šķidrmēslu iestrādes paņēmieni	Amonjaka emisiju samazinājums, %	
		pēc literatūras	aprēķinos pieņemtais
1.	Aršana:		
	tūlīt pēc izkļiedēšanas	90	90
	24 h vēlāk	30	30
2.	Kultivēšana	50-60	55
3.	Nokarenās šļūtenes ar cietiem uzgaļiem	30-60	45
4.	Iestrāde 10-20 cm dziļumā	90	90
5.	Iestrādājot vadziņās 4-6 cm dziļumā	70-80	75

Aprēķinu veikšanai tika sastādīta attiecīga datorprogramma, kuras blokshēma ir redzama 22. attēlā. Katram darba izpildes variantam un transportēšanas attālumam, tika veikts atsevišķs aprēķins. Vispirms tika noskaidrots katra tehnoloģiskā varianta izpildei nepieciešamais transportagregātu skaits, vadoties pēc darba cikla ilguma un mēslojuma iestrādes tehnikas veiktspējas. Pēc tam tika aprēķināts darba izpildei nepieciešamais laiks, ņemot vērā arī darba sagatavošanas un nobeiguma ilgumus. Tālāk sekoja fiksēto un mainīgo mašīnizmaksu, kā arī ekspluatācijas izmaksu aprēķini, vadoties pēc speciālās literatūras (Priekulis & Strautnieks, 2000). Pēc tam izkalkulēja īpatnējās strādājošo darba izmaksas un īpatnējās ekspluatācijas izmaksas, izmantojot iepriekš dotās formulas.



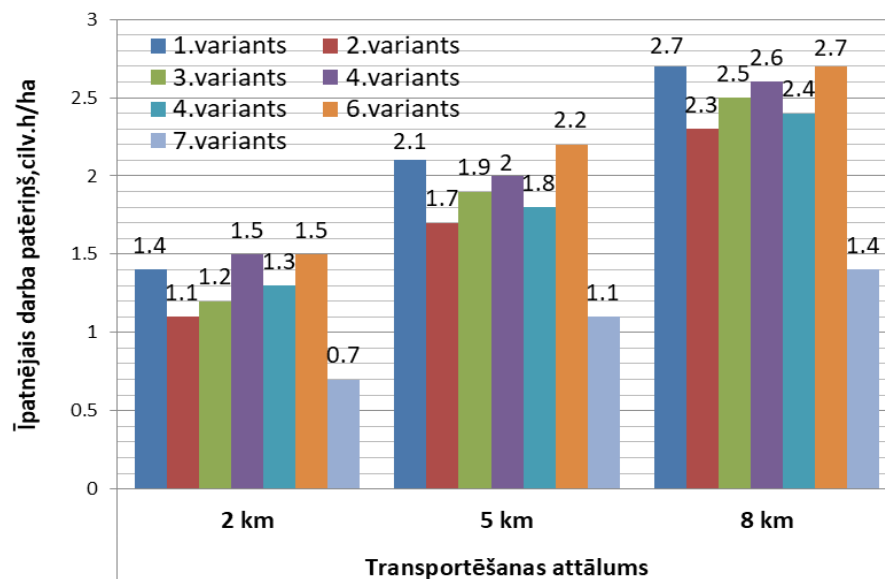
22. attēls. Ekonomisko aprēķinu blokshēma

Pētījumu rezultāti

Pētījumi liecina, ka strādājošo īpatnējais darba patēriņš ir atkarīgs no šķidrmēslu transportēšanas attāluma, kā arī no izmantotā tehnoloģiskā varianta. Jo mēslojuma transportēšanas attālums ir mazāks, jo mazāks ir arī darba realizēšanai nepieciešamais laiks un attiecīgi mazāks arī nepieciešamo cilvēkstundu skaits.

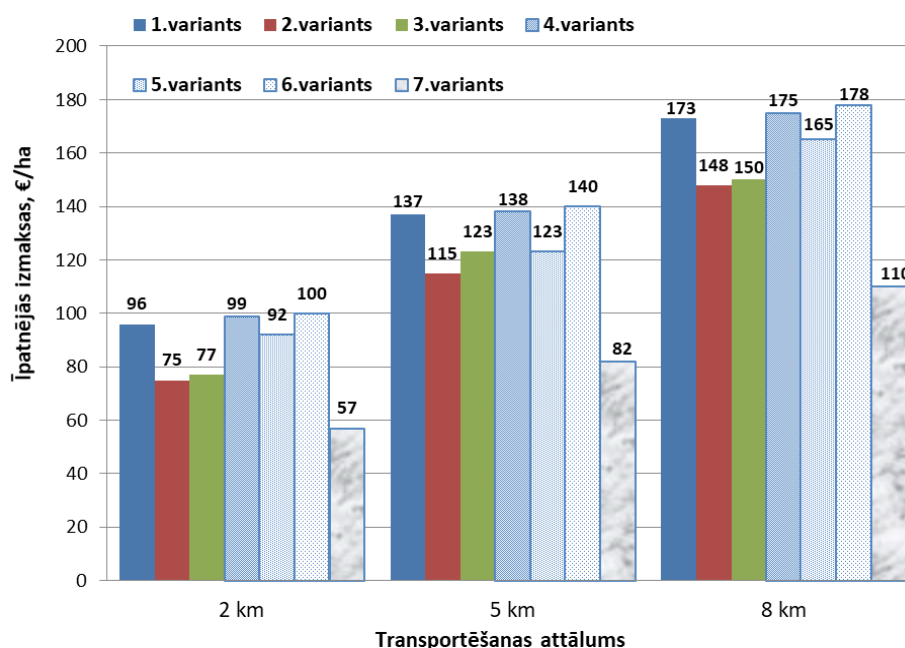
Savukārt pie vienāda transportēšanas attāluma mazāks strādājošo darba patēriņš ir 7. variantam, kad šķidrmēslu transportēšanai un arī iestrādei izmanto šļūteņu tehnoloģiju (23. attēls). Šai gadījumā būtiski samazinās darbā iesaistīto cilvēku skaits, jo mēslojuma piegādei neizmanto mobilos agregātus. Vēl šo darba patēriņu iespējams mazināt, lietojot ražīgāku tehniku.

Tas izpaužas, piemēram, salīdzinot pirmos divus tehnoloģiskos variantus. 1. variantā gadījumā mēslojumu iestrādā ar aršanu, bet 2. variantā - ar kultivēšanu, tādējādi šī darba veikšanai patērējot, aptuveni, 2,5 reizes mazāk laika.



23. attēls. Strādājošo darba īpatnējais patēriņš šķidrmēsļu transportēšanai un iestrādei, cilv.h/ha

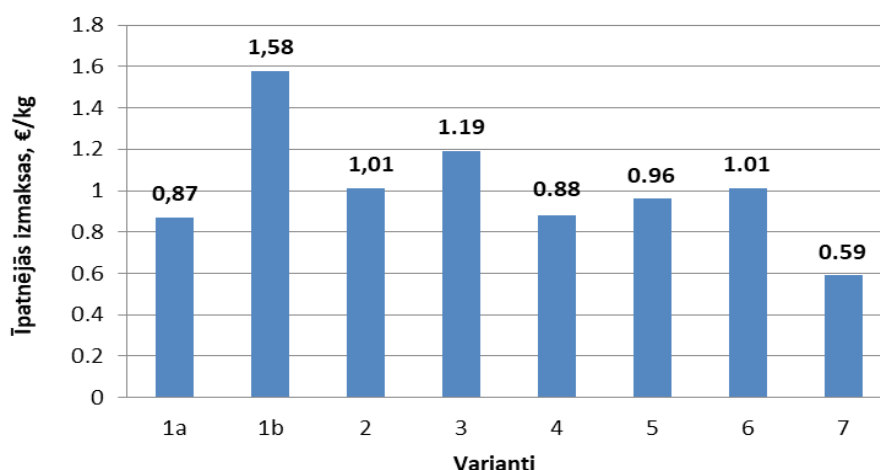
Šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes izmaksas, rēķinot uz vienu hektāru apstrādājamās platības, ir redzamas 24. attēlā.



24. attēls. Šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes izmaksas, €/ha

No 24. attēla var konstatēt, ka arī šīs izmaksas ir atkarīgas gan no šķidrmēsļu transportēšanas attāluma, gan no izmantotā tehnoloģiskā risinājuma. Vismazākās izmaksas ir šļūteņu tehnoloģijai. Savukārt vislielākās (aptuveni 2 reizes lielākas) tās ir trīs dažādos gadījumos: realizējot izklaidēto šķidrmēsļu iestrādi augsnē ar aršanu (1. variants), izmantojot lauka starptvertni un veicot šī mēslojuma dziļo iestrādi (4. variants), kā arī izmantojot agregātu mēslojuma iestrādei vadziņās (4-6 cm dziļumā), kurš aprīkots ar atbilstošu iekārtu šķidrmēsļu pievadei pa lokanām šļūtenēm (6. variants).

Taču precīzāku tehnoloģisko variantu salīdzinājumu iegūst pēc īpatnējām izmaksām, kuras aprēķinātas uz vienu kg augsnē iestrādātā slāpekļa daudzumu (25. attēls).



25. attēls. Šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes īpatnējās izmaksas, rēķinot uz iestrādātā amonjaka daudzumu (transportēšanas attālums 5 km), €/kg

Arī vadoties pēc šī rādītāja, vismazākās īpatnējās izmaksas ir plūsmas tehnoloģijai, kad mēslojumu piegādā no krātuves pa šļūtenēm un veic tā seklo iestrādi vadziņās (7. variants). Aptuveni 1,5 reizes lielākas izmaksas ir pārkraušanas tehnoloģijai, to saistot ar mēslojuma dziļo iestrādi (4. variants), kā arī tiešajai izkliešanās un tūlītējai iearšanai (1a. variants). Bet aptuveni 1,7 reizes lielākas īpatnējās izmaksas ir trim citām tehnoloģijām: abām pārkraušanas tehnoloģijām, ar kurām realizē ar mēslojuma seklo iestrādi vadziņās (5. un 6. variants), kā arī mēslojuma tiešai izkliešanās un tūlītējai iestrādei augsnē ar kultivēšanu (2. variants). Orientējoši 2 reizes lielākas izmaksas ir 3. tehnoloģijai, kad lieto universālus transportagregātus, kuriem ir atverami spārni un mēslojuma iestrāde notiek ar nokarenām šļūtenēm (3. variants). Turpretim vislielākās īpatnējās izmaksas ir tādā gadījumā, kad lieto mēslojuma tiešo izkliešanu, bet tā iearšana notiek tikai pēc 12 h (1b. variants).

Jāpiezīmē, ka iegūtos pētījumu rezultātus ir iespējams izmantot arī pakaišu kūtsmēsļu transportēšanas un iestrādes tehnoloģiju orientējošai novērtēšanai. Atšķirībā no šķidrmēsliem pakaišu kūtsmēsli nav plūstoši, tādēļ šajā gadījumā lieto tiešo transportēšanas un iestrādes tehnoloģiju, kura atbilst iepriekš apskatītajiem 1.a un 1.b variantiem. Ņemot vērā, ka šai gadījumā ir jāsalīdzina tikai divi varianti, var prognozēt, ka iegūtie pētījumu rezultāti, lietojot pakaišu kūtsmēslus, būs līdzīgi kā šķidrmēsļu izmantošanas gadījumā.

Secinājumi

1. Katra atsevišķa šķidrmēsļu iestrādes paņēmiena realizēšanai ir jālieto atbilstoši mēslojuma transportēšanas un izkliešanas tehnoloģiskie risinājumi. Tādēļ, veicot šķidrmēsļu iestrādes ekonomisko novērtējumu, ir vienkopus jāapskata gan šķidrmēsļu transportēšana, gan izkliešana, gan arī iestrāde augsnē, t.i., visas šīs operācijas ir jāvērtē kompleksi kā vienots tehnoloģiskais posms.
2. Šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes īpatnējais darba patēriņš, kā arī tā īpatnējās izmaksas, rēķinot uz vienu hektāru, ir būtiski atkarīgas no mēslojuma transportēšanas attāluma. Ja šis attālums palielinās no 2 līdz 5 km, tad īpatnējās izmaksas palielinās par aptuveni 40%, bet ja vēl no 5 līdz 8 km, tad atkal par 40%.
3. Vismazākās šķidrmēsļu transportēšanas un iestrādes izmaksas, €/ha, ir tad, ja lieto plūsmas tehnoloģiju, t.i., mēslojumu pārsūknē līdz iestrādes vietai pa elastīgu šļūteni, un tādā pat veidā to nogādā līdz iestrādes agregātam, kurš pārvietojas pa lauku. Savukārt lielākas izmaksas rodas tad, ja realizē mēslojuma transportēšanu ar mobiliem agregātiem, izmantojot pārkraušanas tehnoloģiju, vai arī tiešo transportēšanas un izkliešanas tehnoloģiju, kas papildināta ar mēslojuma iearšanu augsnē.

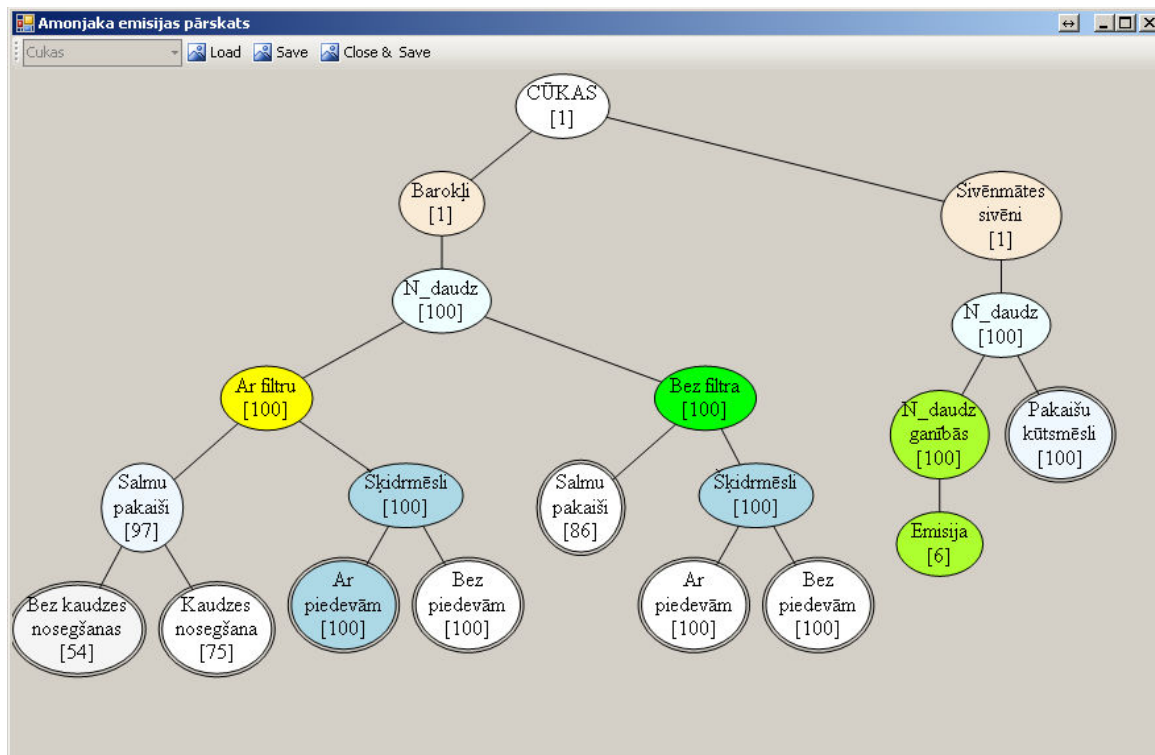
4. Šļūteņu tehnoloģija ir visizdevīgākā arī tad, ja šķidrmēslu iestrādes tehnoloģijas vērtē pēc īpatnējām izmaksām, rēķinot uz vienu kg augsnē iestrādātā slāpekļa daudzumu. Aptuveni 1,5-1,7 reizes lielākas īpatnējās izmaksas ir visām pārkraušanas tehnoloģijām, kā arī mēslojuma transportēšanai ar mobilo tehniku, realizējot tā tiešo izkliešanu un tūlītēju iearšanu augsnē. Ja turpretim, mēslojumu iear tikai pēc 12 stundām, tad īpatnējās izmaksas palielinās gandrīz trīskāršā apjomā.
5. Izstrādātā pētījumu metodika ir derīga arī tad, ja saimniecībā iegūst pakaišu kūtsmēslus. Šādā gadījumā kūtsmēslu transportēšana un iestrāde notiek pēc 1a un 1b variantos apskatītajām tehnoloģijām, un arī iegūtie rezultāti būs līdzīgi kā šķidrmēslu izmantošanas gadījumā.

5. AMONJAKA EMISIJU APRĒKINA MODELIS LOPKOPIBĀ

Amonjaka emisijas pārskata programma

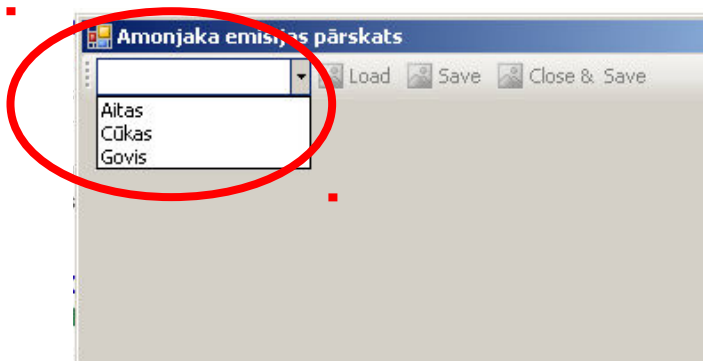
5.1. Programmas uzbūves princips

Pētījuma projekta ietvaros izveidotā programma paredzēta amonjaka emisijas lielumu salīdzinošajiem pētījumiem/aprēķiniem. Specializētā programmatūra paredzēta ērtai amonjaka emisijas pārskatīšanai koka struktūras veidā. Amonjaka emisijas pārskata programmas veidota uz NET ietvara bāzes, kura noklusēti tiek atbalstīta visās Microsoft operētājsistēmās. Zemāk redzamajā attēlā (26. attēls) var aplūkot programmatūras ekrāna uzņēmumu.



26. attēls. Programmatūras ekrāna uzņēmums

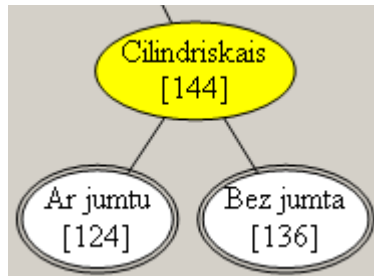
Programma sastāv no datnēm, kā "*Aep.exe*" - izpildes datne un datnēm ar palašinājumu "**.pig*". Datnē "**.pig*" glabājas visi parametri, kuri saistīti ar izstrādāto aprēķinu modeli. Sāknējot "*Aep.exe*" programmatūru, algoritms meklē visas datnes, kurām ir paplašinājums "**.pig*" un ielasa aprēķinu modeļu izvēles logā visus datnes atribūtus. Aprēķinu modeļu izvēles logu var atrast kreisajā augšējā stūrī (27. attēls). Izvēloties konkrēto modeli, aktivizēsies poga "Load". Nospiežot uz pogas "Load", pēc izvēlētā modeļa programma izveidos koku.



27. attēls. Aprēķinu modeļu izvēles logs

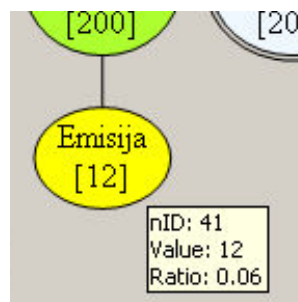
Kad ir uzģenerēta modeļa koka struktūra, tiks aktivizētas pogas “Save” un “Close & Save”. Ar “Save” pogu var saglabāt modeļa izmaiņas un ar “Close & Save” modelis tiek saglabāts, un programma aizvērta.

Modelis sastāv no koka struktūras zariem, kuri attēloti burbuļa formā. Burbuli var aplūkot zemāk redzamajā attēlā (28. attēls). Burbulis sastāv no ovāla veida gredzena. Gredzena iekšienē ir zara nosaukums un kvadrāta iekavās šī zara vērtība.



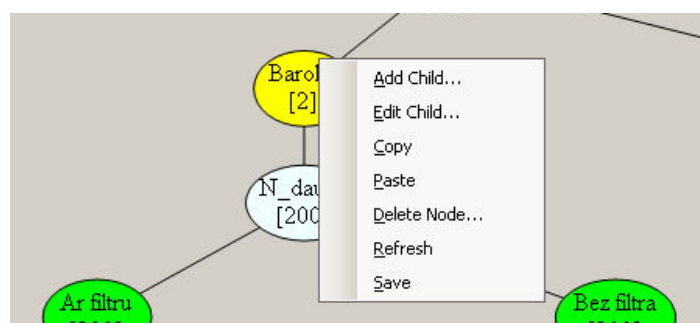
28. attēls. Koka struktūras zaru attēlojums

Virzot kursoru pa modeli un uzbīdot kursoru uz kāda no koka struktūras modeļa zara burbuļa, burbulis iekrāsosies dzeltenā krāsā. Tas nozīmē, ka esam aktivizējuši šo burbuli tālākām darbībām. Kad burbulis ir aktivizēts, zem kursora parādīsies īsa informācija par burbuļa parametriem. Burbuļa zara parametru informācijas piemēru var aplūkot zemāk redzamajā attēlā (29. attēls). Šajā informācijas logā var redzēt šī konkrētā burbuļa unikālu identifikatoru (nID), zara vērtību (Value) un koeficients (Ratio) ar iepriekšējo zara vērtību.



29. attēls. Zara parametru informācijas piemērs

Uz aktivizētā zara burbuļa, veicot peles labā taustiņa nospiešanu, parādīsies izvēles logs. Zara izvēles iespējas var aplūkot zemāk redzamajā attēlā (30. attēls).



30. attēls. Zara izvēles logs

Šajā izvēles logā var izvēlēties modeļa zara darbības:

- “Add Child” – pievienot zem izvēlētā zara jaunu apakš zaru;
- “Edit Child” – labot izvēlētā zara parametrus;
- “Copy” – kopēt izvēlētā zara apakš zarus;
- “Paste” – uz izvēlētā zara izveidot “Copy” zara apakš zarus;
- “Delete Node” – dzēst izvēlēto zaru. Ja ir izvēlētam zaram apakš zari, tad tiek dzēsti arī tie.

- “Refresh” – atjaunot modeļa skatu;
- “Save” – saglabāt modeli.

Programmās modeļa koka struktūras zara apakšzarus ir iespēja paslēpt, lai modeli būtu vieglāk pārskatīt. Zaru paslēpšanu var veikt uzbīdot kursoru uz izvēlēta zara burbuļa un veicot peles kreisās pogas dubūlspiedienus. Pēc pogas dubūlspiediena nerādīsies izvēlēta zara sekojošie apakš zari un zara burbulis tiks attēlots ar dubultu līniju, kā redzams zemāk redzamajā attēlā (31. attēls) piemērā.



31. attēls. Koka struktūras zara attēlojums, kad ir paslēpti apakš zari

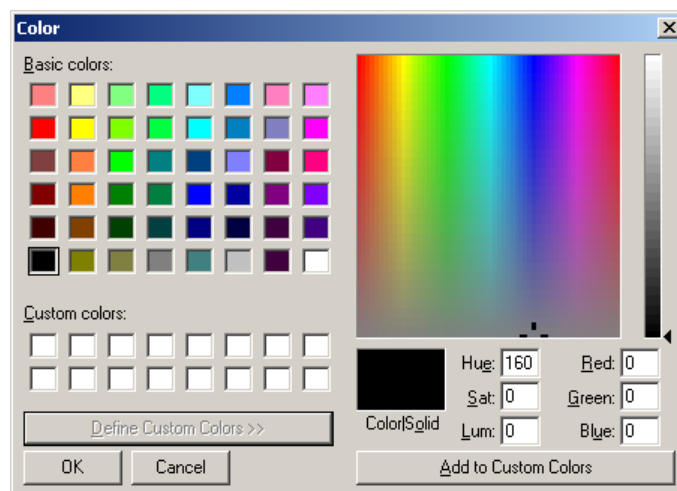
Emisiju aprēķināšanai ir izmantots koka struktūras princips. Visi aprēķini sākas no galvenā zara, kurš atrodas virspusē. Šajā zarā var ievadīt sākotnējo vērtību. Pārējos zaros ir iespēja ievadīt tikai koeficients, kurš tiek sareizināts ar augšējā piesaistītā zara vērtību. Zemāk redzamajā 32. attēlā var aplūkot galvenā zara ievades formu un apakš zaru ievades formu.

a)

b)

32. attēls. Vērtības (a) un koeficienta (b) ievades formas

Formās var ievadīt zaru nosaukumus (Node Text), kuri parādīsies pārskata zaros. Papildus izmantojot šo formu, zariem var piešķirt arī krāsu pēc krāsas nosaukuma vai, izmantojot krāsu paleti, ja peles kursoru uzbīda uz krāsu kvadrāta un nospiež peles kreiso taustiņu. Krāsu izvēles paletes formu var aplūkot zemāk redzamajā 33. attēlā.



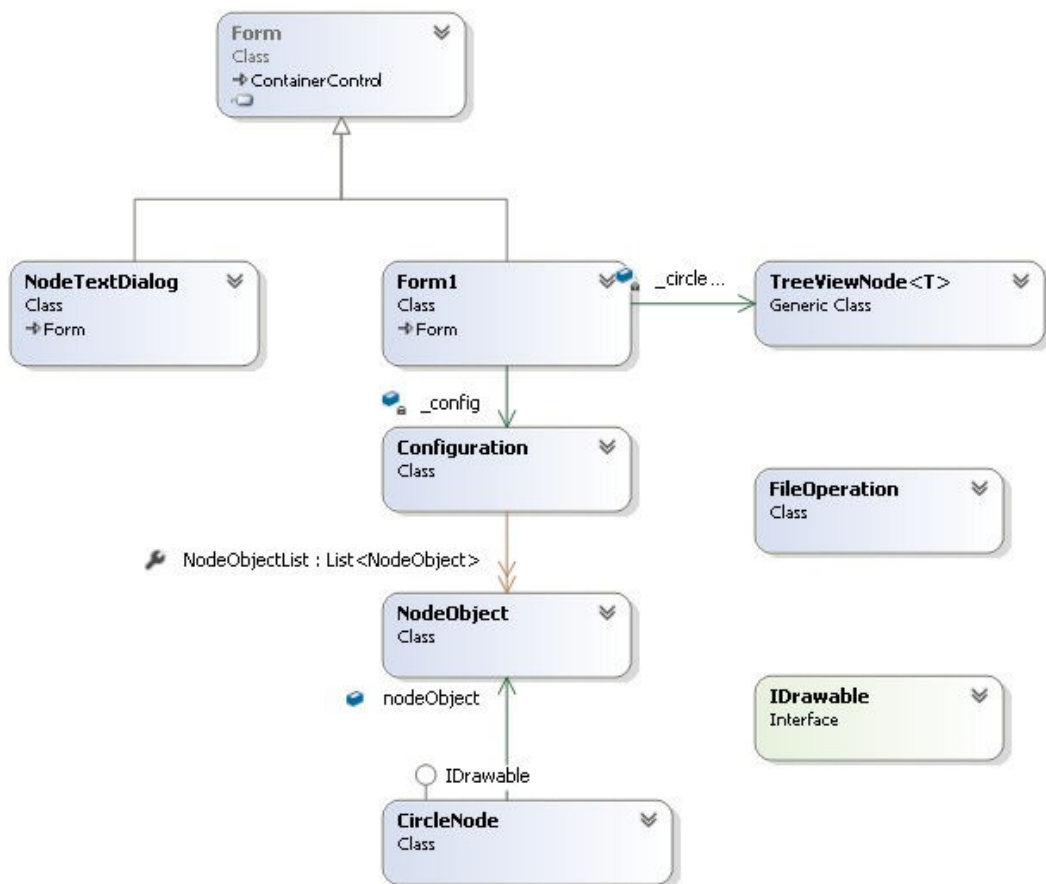
33. attēls. Krāsu izvēles paletes forma

Zemāk redzamajā 34. attēlā ir aplūkojama programmas klašu diagramma. Programma ir īstenota divos dialoga logos, kuri ir mantoti no “Form” klases:

- “NodeTekstDialog ” ir realizēts, lai varētu ievadīt modeļa koka struktūras zara parametrus.

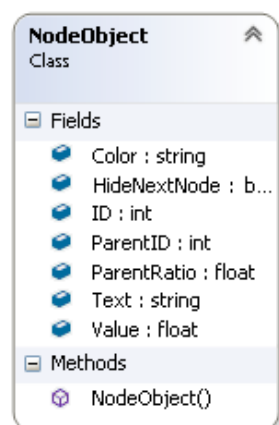
– “Form1” ir realizēts koka struktūras attēlojums.

Galvenā loga “Form1” koka struktūras veidošanai tiek izmantota klase “TreeNode”, kura ir realizēts interfeiss “IDrawable”. Ar šo klašu palīdzību tiek rekursīvi veidota koka struktūra.



34. attēls. Programmas klašu diagramma

Koka zaru parametru uzturēšanai izveidota klase “Configuration”, kura saukārt ir realizēts katra koka zaru parametru saraksts ar klases “NodeObject” īpašībām. Šīs īpašības var aplūkot zemāk redzamajā 35. attēlā.



35. attēls. “NodeObject” īpašības

Šo īpašību saglabāšanu datnē realizē ar klasi “FileOperation”, kurā ir realizēta XML serializācija un deserializācija.

Modeļa struktūra glabājas datnē ar paplašinājumu “pig”. Datnē modelis tiek glabāts pēc XML iezīmju valodas struktūras. Modeļa datnes piemēru var aplūko zemāk redzamajā 36. attēlā.

```

<?xml version="1.0"?>
<Configuration xmlns:xsi="http://www.w3.
  <text>Cūkas</text>
  <NodeObjectList>
    <NodeObject>
      <ID>0</ID>
      <ParentID>-1</ParentID>
      <Text>CŪKAS</Text>
      <Value>2</Value>
      <ParentRatio>0</ParentRatio>
      <Color>White</Color>
      <HideNextNode>true</HideNextNode>
    </NodeObject>

```

36. attēls. Modeļa datnes paraugs

36. attēlā var redzēt XML versiju un modeļa koka struktūras vienu zaru, kā arī modeļa nosaukumu. Nosaukumu var mainīt iekš iezīmes “<text> </text>”. Šis teksts parādīsies pie aprēķinu modeļu izvēles loga.

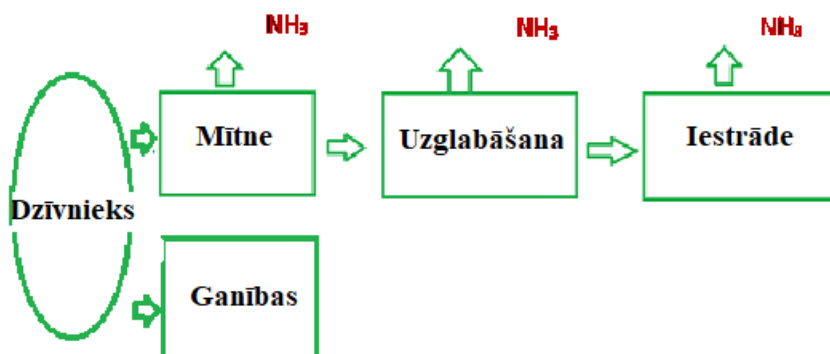
5.2. Programmas darbības princips

Modelēšanas sistēmas primārais modulis novērtē amonjaka emisiju katrā no aprites posmiem: dzīvnieku turēšanas vietas (kūtis, nojumes vai ganībās/uz lauka), kūtsmēsļu apstrāde un uzglabāšana un kūtsmēsļu izmantošana vai utilizācija (37. attēls).

Mītne posmā var tikt noteikta amonjaka emisija atkarībā no dzīvnieku skaita un veida, mītne būvkonstrukcijām, ventilēšanas veida (mehāniskā vai dabiskā), dzīvnieku pārvaldības un kūtsmēsļu savākšanas metodēm. Posms ganība raksturo amonjaka emisijas dzīvniekam, uzturoties ārpus mītne.

Svarīgs posms amonjaka emisiju samazināšanai ir kūtsmēsļu uzglabāšana (gan šķidrmēsļu, gan pakaišu mēsļu). To veido vides apstākļi (temperatūra, gaisa mitrums un vēja virziens un ātrums), uzglabāšanas veids un glabāšanas tehnoloģijas.

Kūtsmēsļu iestrāde tehnoloģija arī samazina vai palielina amonjaka emisijas. Kūtsmēsļu iestrādes laiks, tehnoloģijas izvēle, iestrādes dziļums tas viss ietekmē emisiju apjomu.



37. attēls. Amonjaka emisiju izdalīšanās procesa shematiskā diagramma

Iepriekš tika aprakstīts programmas uzbūves princips ar lietotnēm. Tagad aplūkojam programmas darbības principu. Izveidotais matemātiskais modelis paredz apkopot visus aplūkotos kūtsmēsļu apsaimniekošanas posmus un noteikt amonjaka samazinošo pasākumu efektivitāti, balstoties uz amonjaka emisiju samazinājošiem faktoriem. Modelī tiek izsekota N izmaiņu ķēde no dzīvnieka izdalītajiem ekskrementiem (urīns un fekālijas) līdz to iestrādei.

Modeļa aprēķiniem tika izvēlēti tie amonjaka emisijas samazinošie pasākumi, kuriem ir augstākais emisiju samazināšanas potenciāls un iespēja ieviest Latvijas saimniecībās (27. tabula). Amonjaka emisiju samazinošo pasākumu izvēle tika pamatota ar projekta ietvaros veikto pētījumu rezultātiem (t.sk., rekomendāciju un literatūras izvērtējumu).

Nozīmīgākie amonjaka emisiju samazinošie pasākumi

NH ₃ emisiju samazinošais pasākums		NH ₃ emisiju samazinājums (%), salīdzinot ar maksimāli iespējamo
<i>Liellopu mītnes</i>		
Dzīvnieku guļvietu kaisīšana ar mitrumu absorbējošu materiālu, piemēram, salmu pakaišiem		50%
Ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana šķidrmēsliem		50%
<i>Cūku mītnes</i>		
Mēslu kanālos un/ vai starpkrātuvēs uzkrāto šķidrmēslu apstrāde ar piedevām		50%
Mākslīgo ventilācijas sistēmu izvadītā gaisa filtrācija ar skābes skruberiem vai pilienu biofiltriem		80%
Vakuuma (vannas) sistēmas izmantošana mēslu savākšanai un nogādei uz starpkrātuvi		50%
<i>Mājputnu mītnes</i>		
Mājputnu turēšana uz dziļiem pakaišiem		70%
Turot putnus sprostu baterijās, realizēt svaigu mēslu apžāvēšanu uz savākšanas konveijera		40%
Režģoto mēslu kastu ar mēslu transportieriem ieviešana un mēslu izvākšana 2-3 reizes nedēļā		70%
Nipeļa tipa dzirdņu izmantošana ūdens izšķīdšanas mazināšanai		30%
<i>Pakaišu kūtsmēslu krātuves</i>		
Kūtsmēslu noseģšana ar sintētisko plēvi vai pakaišu (salmu) kārtu		50%
<i>Šķidrmēslu krātuves</i>		
Ķīmisko vai bioloģisko piedevu izmantošana		50%
Cilindrisko krātuvju aprīkošana ar vieglas konstrukcijas jumtu		70%
Lagūna tipa krātuvju aizstāšana ar cilindriskām krātuvēm		50%
<i>Pakaišu kūtsmēslu iestrāde</i>		
Izkliedēto kūtsmēslu iestrāde augsnē:	tūlītēja	90%
	4 stundu laikā	50%
	24 stundu laikā	30%
<i>Šķidrmēslu iestrāde</i>		
Šķidrmēslu dziļā inžekcija, iestrādājot 10-30 cm dziļumā		90%
Šķidrmēslu seklā inžekcija, iestrādājot 4-6 cm dziļumā		75%
Šķidrmēslu paskābināšana pirms iestrādes		50%
Šķidrmēslu izkliede ar nokarenām šļūtenēm		50%
Izkliedēto šķidrmēslu iestrāde augsnē:	tūlītēja	75%
	4 stundu laikā	50%
	24 stundu laikā	30%

Avots: projekta ietvaros veikto pētījumu rezultāti

Par bāzes variantu tiek ņemti 27. tabulas pasākumi, kuriem noteiktas Tier 2 emisijas vērtības/ faktori dažādiem dzīvniekiem un to grupām, dažādiem kūtsmēslu veidiem un to pārvaldībai. Šo vērtību apkopojums ievietots 28. tabulā

Tier 2 līmeņa pieņemtie lielumi un ar to saistītie default emisijas faktori 2. līmeņa metodoloģijai, lai aprēķinātu amonjaka emisijas no kūtsmēsliu pārvaldības

Dzīvnieki	Kūtsmēsliu veids	Aprites posms	Lielums
Slaucamās govīs	šķidrie	Mītne	0.2
		Glabāšana	0.2
		Iestrāde	0.55
	pakaišu	Mītne	0.19
		Glabāšana	0.27
		Iestrāde	0.79
	ganības		0.1
Liellopi	pakaišu	Mītne	0.19
		Glabāšana	0.27
		Iestrāde	0.79
	ganības		0.06
Nobarojamās cūkas	šķidrie	Mītne	0.28
		Glabāšana	0.14
		Iestrāde	0.4
	pakaišu	Mītne	0.27
		Glabāšana	0.45
		Iestrāde	0.81
Sivēnmātes un sivēni	šķidrie	Mītne	0.22
		Glabāšana	0.14
		Iestrāde	0.29
	pakaišu	Mītne	0.25
		Glabāšana	0.45
		Iestrāde	0.81
Dējējvistas	pakaišu	Mītne	0.41
		Glabāšana	0.14
		Iestrāde	0.69
Broileri	pakaišu	Mītne	0.28
		Glabāšana	0.17
		Iestrāde	0.66

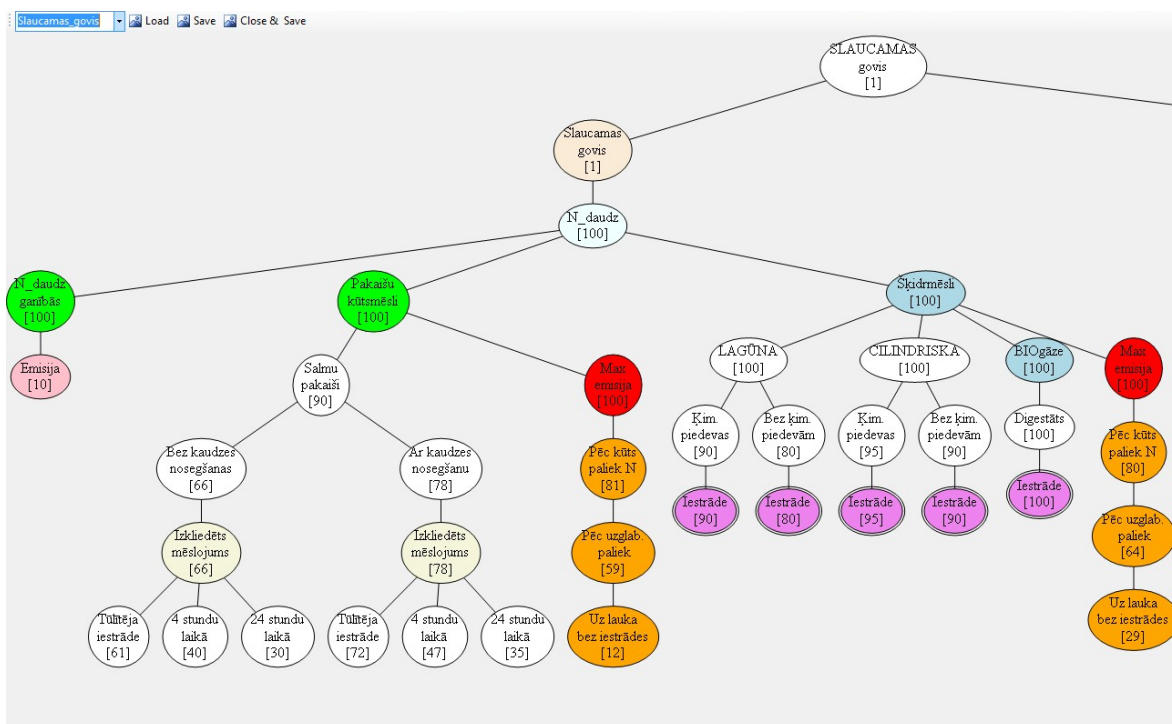
Avots: EEA (2017b; 2017c).

Tā kā ganībās turētiem dzīvniekiem netiek piedāvāti būtiski emisiju samazinājošie pasākumi, tad NH₃ emisija ganībās gaļas lopiem ir 0.06, slaucamajām govīm 0.1 visiem mēsli veidiem.

28. tabulas vērtības norāda, kāds daļas daudzums no kopējā N daudzuma tiek pazaudēts emisijās katrā no kūtsmēsliu apsaimniekošanas posmiem, neizmantojot amonjaka emisiju samazinošos pasākumus (27. tabula).

Šim nolūkam tika formāli uzskatīts, ka katra procesa sākumā, t.i., no dzīvnieka iznākušie kūtsmēsli satur 100 vienības N. Izmantojot 27. un 28. tabulas datus, ir iespējams izsekot N daudzuma izmaiņām, kas notiek, pielietojot vienu vai otru amonjaka emisijas samazinošo pasākumu.

Slaucamo govju kūtī izmantojam salmu pakaišus (38. attēls), kuri dod 50% emisiju samazinājuma salīdzinot ar maksimāli iespējamo lielumu (27. tabula), tas nozīmē, ka uz kaudzi nonāks nosacītas 90.5 vienības N / t.i. $(1-0.19*0.5)*100$ /. Bez salmu pakaišu izmantošanas uz krātuvi nonāks 81 vienība N (28. tabula).



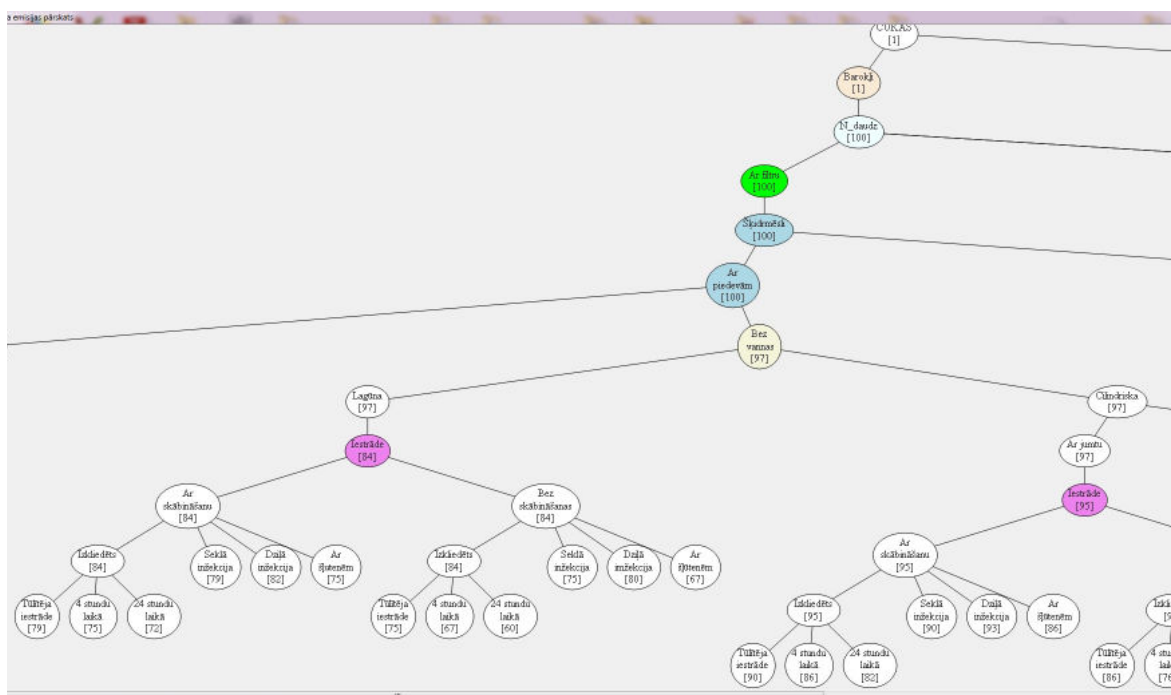
38. attēls. Slāpekļa daudzuma izmaiņas slaucamo govju pakaušu kūtsmēslos

Salmu pakaušu kaudzi varam gan apsegt, gan atstāt neapsegto. Apsedzot samazinām emisiju par 50%, tas ir, iestrādājot kūtsmēslos augsnē no apsegtās, kaudze varam sagaidīt 78 nosacītās N vienības, bet no nenosegtās kaudzes - 66 nosacītās N vienības. Rezultātā, kūtsmēslo uzglabāšanas procesā, izmantojot kaudzes noseģšanu, esam samazinājuši emisijas par 12 vienībām šajā situācijā. Turpat, neizmantojot salmu pakaušus un, kaudzi nenosedzot, kūtsmēslos, kurus vēlamies iestrādāt augsnē, ir palikušas tikai 59 vienības N no sākotnējām 100 pieņemtajām vienībām. Tas pats attiecas uz iestrādāšanas laiku. Izkliedētā mēslojuma iestrāde 24 stundu laikā samazina N daudzumu par vairāk nekā pusi, ja kūtsmēslo iestrāde augsnē notiktu uzreiz pēc izkļiedes (39. attēls).

Programmā var viegli redzēt N masas plūsmu, kas parāda kāds daudzums saglabāties pēc katra etapa. Jo lielāka N vērtība plūsmas beigās, jo mazāk tā aizgājis emisijās. Šajā piemērā demonstrēta vienkārša situācija, kur katrā posmā iespējams viens samazinājošs pasākums.

Aplūkojam programmas realizāciju gadījumā, kad vienā posmā iespējami vairāki samazināšanas pasākumi (39. attēls). Tiek aplūkotas nobarojamās cūkas, kuras tiek turētas kūtī ar bio filtriem, šķidrmēsli kūtī tiek apstrādāti ar piedevām, mēslo savākšanā netiek izmantota vannas sistēma. Šajā gadījumā kūtī emisija sastāda tikai 2.8 N vienības no 100 (t.i. $(1 - 0.28 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.8)) \cdot 100$), kas tiek nogādāta uzglabāšanai lagūnā. Uzglabāšanas laikā iestrādei paliek 83.592 vienības N $(97.2 \cdot (1 - 0.14))$.

Detalizēts pārskats par aprēķiniem amonjaka emisiju samazinošo pasākumu izvērtējumam slaucamām govīm, liellopiem, cūkām (sivēnmātēm un nobarojamām cūkām – barokļiem) un mājputniem (dējējvistām un broileriem) ir ievietots 2. pielikumā.



39. attēls. Slāpekļa daudzuma izmaiņas nobarojamo cūku šķidrmēslos

Salīdzinot uzglabāšanu lagūnā un cilindriskajā krātuvē ar jumtu redzams, ka dotajā situācijā no cilindriskā krātuves ar jumtu N daudzums iestrādei ir samazinājies tikai par 5 vienībām no kūtī iegūtajām turpretim no lagūnas par 16 vienībām.

Līdzīgi tas darbojas situācijās, kad šķidrmēslus pirms iestrādes skābina, vai neskābina. Redzams, ka vienu un to pašu N saturošo mēslu daudzumu (84 vienības) skābinot, pēc tam izkliešējot un iestrādājot 24 stundu laikā, augsnē nonāk 72 vienības N. Salīdzinot ar neskābināšanu, pie tiem pašiem nosacījumiem augsnē nonāk 60 N vienības. Šādā veidā ejot pa zariem uz augšu iespējams salīdzināt, katra faktora ietekmi uz gala rezultātu t.i. augsne iestrādātā N daudzumu un starpība no sākotnējā norāda uz emisijas lielumu.

Jāatzīmē, ka programmas izstrādes galvenais uzdevums bija salīdzināt emisiju samazinājošo faktoru ietekmi. Programma ir uzbūvēta tā, lai varētu aplūkot arī kopīgo emisiju lielumu. Ievadot dzīvnieku skaitu, vidējo N daudzumu katram dzīvniekam, procentuālo kūtsmēsli daudzumu sadalījumu, programmas pirmajos 3 līmeņos iespējams novērtēt augsnē iestrādājamo N daudzumu un kā starpību - emisijas daudzumu.

6. AMONJAKA EMISIJU SAMAZINĀŠANA AUGKOPĪBĀ

Slāpekļa minerālmēsļu pielietošanas rezultātā rodas vairāk nekā trešdaļa no visām amonjaka emisijām – 2015. gadā tās īpatsvars bija 31.6% no visām lauksaimniecības sektora amonjaka emisijām. Rezultāti liecina, ka slāpekļa minerālmēsļu patēriņš pieaug.

Apkopojot CSP datus par slāpekļa minerālmēsļu izmantošanu atsevišķām lauksaimniecības kultūrām, pārrēķinot 100% augu barības vielās laika periodā no 2007. līdz 2015. gadam (29. tabula), redzams, ka slāpekļa minerālmēsļu lielākais īpatsvars (2015. gadā 79% no visiem slāpekļa minerālmēsliem) tika izmantots graudaugu mēslošanai.

Turklāt redzams, ka pēdējos divus gadus tas ir pieaudzis. Kopš 2007. un 2012. gada šis pieaugums ir 7 procentpunkti. 2007. un 2012. gadā 72% no visiem slāpekļa minerālmēsliem (pārrēķinot darbīgā vielā) tika izlietoti graudaugu sējumos, toties 2014. un 2015. gadā īpatsvars sasniedza jau 79%. Otrais procentuāli lielākais izlietotā slāpekļa minerālmēsļu īpatsvars tika izmantots tehnisko kultūru mēslošanai, kur savukārt lielākais īpatsvars ir rapša sējumiem.

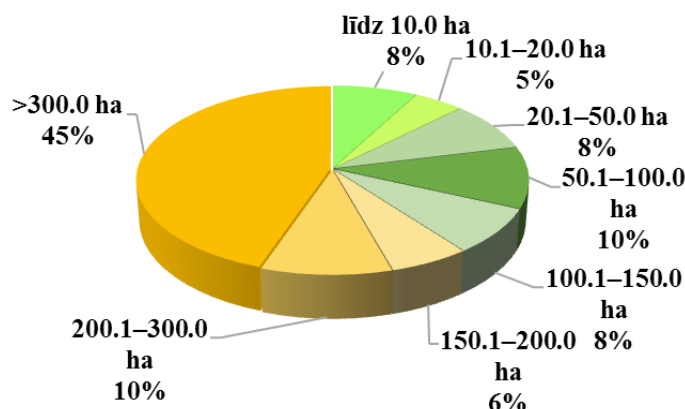
29. tabula

Slāpekļa minerālmēsļu izmantošana lauksaimniecības kultūrām, 2007.-2015. gads

Kultūra	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Graudaugi	72%	73%	73%	70%	70%	72%	70%	79%	79%
Kartupeļi	2%	0%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%
Tehniskās kultūras	20%	19%	15%	20%	20%	20%	21%	15%	13%
Lopbarības kultūras	9%	6%	10%	7%	7%	8%	6%	4%	5%

Avots: pēc CSB, 2017

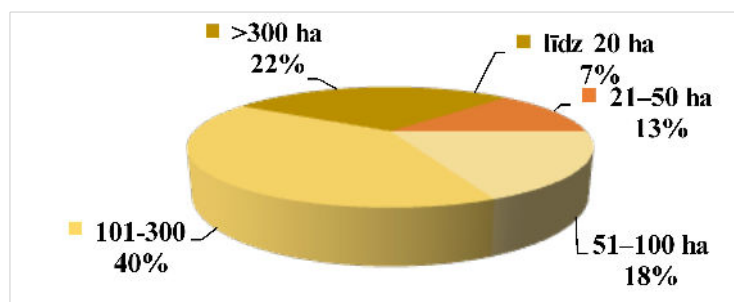
Lai noskaidrotu mērķa saimniecības un lauksaimniecības kultūras amonjaka samazināšanas pasākumu ieviešanai, tika veikta saimniecību un augkopības kultūru analīze saistībā ar slāpekļa minerālmēsļu lietošanu. Analizējot slāpekļa minerālmēsļu izmantošanu pa lauksaimniecības kultūrām, 40. attēlā redzams, ka vislielākais slāpekļa minerālmēsļu izmantošanas īpatsvars ir graudaugiem – 79% 2015. gadā un tehniskajām kultūrām, cita starpā rapsim – 13% 2015. gadā. Vērtējot, kurās no saimniecību lieluma grupām, koncentrējušās lielākā daļa (īpatsvars) no graudaugu platībām, redzam (40. attēls), ka 69% no visām graudaugu platībām apsaimnieko saimniecības, kurās ir vairāk par 100 ha. Cita starpā 45% no platībām apsaimnieko saimniecības, kurās ir vairāk par 300 ha graudaugu platības.



40. attēls. Graudaugu sējumu platību īpatsvars (%) pa saimniecību grupām, 2015. gads

Avots: autoru aprēķini pēc CSP (2016) datiem

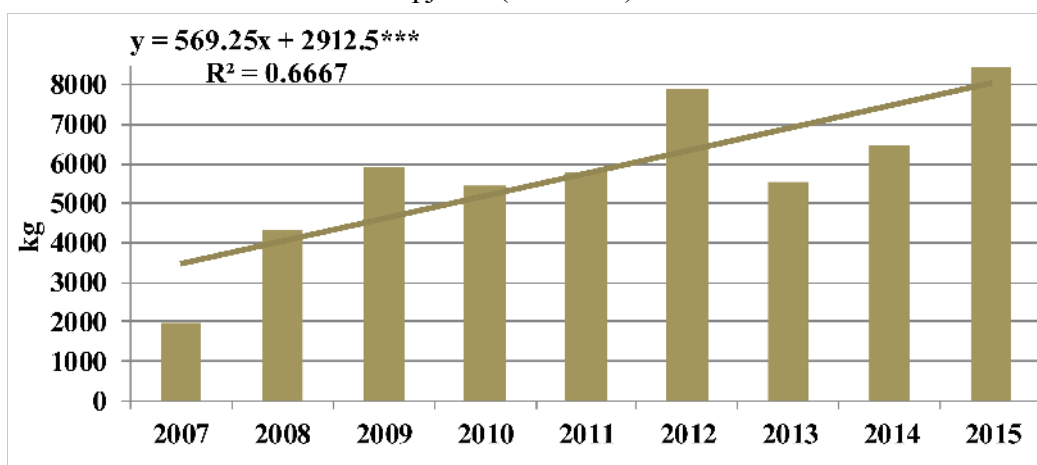
Līdzīga situācija ir novērojama rapša audzēšanā, kur 66% no rapša platībām ir saimniecībās (41. attēls), kuras apsaimnieko vairāk par 100 ha lauksaimniecības zemju.



41. attēls. Rapša sējumu platību īpatsvars (%) pa saimniecību grupām, 2015. gads

Avots: autoru aprēķini pēc CSP (2016) datiem

Urīnvielas izkliedēšana un tās šķīduma pielietošana izraisa vislielāko amonjaka emisiju, CSP dati liecina, ka Latvijā kopš 2007. līdz 2015. gadam ir būtiski ($p < 0.01$) pieaudzis lauksaimniecībā izmantotās urīnvielas apjoms (42. attēls).



42. attēls. Urīnvielas pielietošana Latvijā, 2007.-2015. gads

Avots: autoru aprēķini pēc CSP (2016) datiem

Lauku saimniecību aptaujas dati liecina, ka tikai 2 no 20 saimniecībām pēdējo 10 gadu laikā ir veikta augšņu agroķīmiskā sastāva izpēte. Abās saimniecībās, neskatoties uz veiktajām agroķīmiskajām augsnes analīzēm, nav izstrādāts kultūraugu mēslošanas plāns. Turklāt tikai 1 no tām (183 ha) norāda, ka tiek īstenotas precīzās lauksaimniecības metodes. Turklāt 5 no 20 saimniecībām apgalvo, ka ir izstrādāts kultūraugu mēslošanas plāns, tomēr augšņu agroķīmiskā sastāva izpēte pēdējos 10 gados nav veikta.

Ureāzes un nitrifikācijas inhibitoru un pārklājumu lietošana

Daudzās rietumvalstīs tiek pētīti slāpekļa stabilizatori un nitrifikācijas inhibitori, lai samazinātu amonjaka un slāpekļa dioksīda emisijas no minerālmēslojuma izmantošanas. Īrijā veiktajos pētījumos (Forrestal et al., 2016) pļavu mēslošanā tika veikti izmēģinājumi, kuros tika pētīti: kalcija amonija nitrāts (CAN), urīnviela un urīnviela ar ureāzes inhibitoru N-(n-butil) tiofosfora triamīds (NBPT), nitrifikācijas inhibitors - diciandiamīds (DCD), DCD + NBPT un maleīnskābes un itakonskābes polimērs (MIP). Rezultāti parādīja, ka vidējie $\text{NH}_3\text{-N}$ zudumi no CAN bija par 85% zemāki par zudumiem no urīnvielas. DCD ietekme uz amonjaka emisijām bija mainīga, bet MIP nebija būtiska ietekme uz $\text{NH}_3\text{-N}$ zudumiem. Ureāzes inhibitors (NBPT) samazināja amonjaka emisijas par 78.5% un, kombinējot ar nitrifikācijas inhibitoru DCD, amonjaka emisiju samazinājums bija 74%, salīdzinot urīnvielas izmantošanu. Urīnvielas izmantošana ar vai bez inhibitoriem ir potenciāla N_2O emisiju samazināšanas stratēģija, kas jāīsteno, neradot ievērojamu $\text{NH}_3\text{-N}$ emisiju pieaugumu (Forrestal et al., 2016).

Ureāzes inhibitors (NBPT) samazina amonjaka emisijas par 54% un 78%, salīdzinot ar urīnvielas izmantošanu (Soares et al., 2012). Soares ar līdzautoriem (2012) uzskata, ka nitrifikācijas inhibitors (DCD) samazina NBPT pozitīvo ietekmi uz $\text{NH}_3\text{-N}$ zudumu samazināšanu.

Mēslošanas līdzekļu polimēru pārklājumi (PCF) tiek uzskatīti par tehnoloģiski visattīstītākiem (Timilsena et al., 2015). PCF mēslošanas līdzekļa kodols ir pārklāts ar vienu vai vairākiem polimēru slāņiem. Vairāki dabīgie un sintētiskie polimēri ir pētīti, pārklājot ar tiem minerālmēslus. Ir pētīti dabiskie polimēri dabiskā vai modificētā formā, piemēram, ciete, celuloze, lignīns, citozāns, algināts, kviešu lipekļi, gumija un latekss. Kā pārklājums ir izmantoti arī sintētiskie polimēri, piemēram, poliolefīni, poliuretāns, poliakrils, poliakrilamīds, polisulfonāts, polivinilhlorīds, polistirols, polilaktīds, poliacetāts un polidopamīns. Lai gan sintētiskajiem polimēriem ir labākas īpašības, sintētisko polimēru uzkrāšanās augsnē rada jaunu piesārņojuma veidu un ar to saistīto risku. Tādēļ dabiskiem polimēriem tiek dota priekšroka, jo tie nav toksiski, šķīst ūdenī un bioloģiski noārdās.

Tomēr ir ierobežojošie faktori, kas neļauj šos pārklājumus plaši pielietot: lielas izmaksas un samērā vāja barības vielu izdalīšanās kontrole. Tādēļ pašreizējais pētījums par bioloģiski noārdāmu polimēru kā pārklājuma materiālu izmantošanu ir vērsts uz ražošanas izmaksu samazināšanu un labāku barības vielu izdalīšanās kontroli. Kā potenciālie pārklājumi tiek pētīti kviešu salmi, līdzīgas lignocelulozes atliekas un māls (Timilsena et al., 2015).

Polimēra pārklājumu mēslošanas līdzekļu ražošanas metode ir atkarīga no pārklājuma materiālu īpašībām un gatavā produkta vēlamajām īpašībām. Vienkāršākā pārklāšanas metode ietver polimēra šķīdināšanu organiskajā šķīdinātājā (piemēram, toluolā, ksilolā) vai ūdenī, kas pēc tam tiek izsmidzināts uz mēslošanas līdzekļa.

Lai nodrošinātu lielāku efektivitāti un papildu barības vielu piegādi, polimēru pārklājums parasti tiek izmantots kopā ar sēra pārklājumu.

Ir pētītas dažādas iespējas izveidot efektīvus pārklājumus, piemēram, nanokomposīts, kas izveidots, pamatojoties uz urīnvielas mijiedarbību ar montmorillonīta mālu, izmantojot ekstrūzijas procesu istabas temperatūrā (Pereira et al., 2012).

Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi, kur izmēģinājumos novērtētu dažādo inhibitoru un pārklājumu izmantošanas efektivitāti un izmaksas. Tāpēc šādu potenciāli efektīvu amonjaka emisijas samazinošo pasākumu nevaram ieteikt Latvijas lauksaimniekiem.

Urīnviela un tās aizvietošanas iespēja

Urīnviela (karbamīds) – populārs slāpekļa mēslojums, kas piemērots dažādu lauka, sakņu dārza un augļu dārza kultūru mēslošanai. Ar šo mēslojumu lauka augi jāmēslo līdz sējai, ziemāji un daudzgadīgie augi – veģetācijas sākumā.

Amonija nitrāts – AN 34,4 – nodrošina augus ar tiem nepieciešamo slāpekli, kas ir īpaši svarīgs intensīvas augšanas periodā. Mēslošana ar amonija nitrātu ne tikai nodrošina efektīvu augšanu un kultūraugu nogatavošanos, ātrāku sakņu sistēmas attīstību, ātrāku barības vielu uzsūkšanu, bet arī pasargā augus no lapu dzeltēšanas.

Ar karbamīdu jeb urīnvielu augkopībā mēslo ziemājus veģetācijas sākumā vai vasarājus līdz sējai.

Ziemāji, kuriem pavasarī izmantot urīnvielu papildmēslojumam, ir ziemas kvieši, ziemas tritikāle, ziemas rudzi un ziemas rapsis. Šiem kultūraugiem veģetācijas sākumā pavasarī (1. papildmēslošanas reize) papildmēslošanā dažos gadījumos lieto karbamīdu. Attīstoties augkopībai, urīnvielas izmantošana praksē ir ļoti samazinājusies.

Ar pirmo papildmēslošanas reizi minētajiem kultūraugiem nodrošina zināmu daudzumu slāpekli:

- ziemas kviešiem – 60% no kopējās papildmēslojuma normas,
- rudziem – pat 100%,
- tritikālei – 60%,
- ziemas rapsim – 70%.

Izmaksas aizstājot, urīnvielu (karbamīdu) (N 46.2%) ar amonija nitrātu (AN) (N 34.4%) ir apkopotas 30. tabulā. Tās var mainīties, mainoties minerālmēslu cenai.

Izmaksas urīnvielas (karbamīda) aizstāšanai ar amonija nitrātu

Rādītājs	Kvieši	Rudzi	Triticāle	Rapsis
Nepieciešamais N daudzums, kg/ha*	86	86	103	103
Karbamīda (46.2%) daudzums nepieciešamības nodrošināšanai, kg/ha	187	187	224	224
Karbamīda izmaksas, EUR/ha**	44	44	53	53
Amonija nitrāts, kg/ha	250	250	299	299
Amonija nitrāta izmaksas, EUR/ha***	55	55	66	66
Minerālmēsļu izmaksu pieaugums, karbamīdu aizstājot ar amonija nitrātu, EUR/ha	+11	+11	+13	+13

*- no bruto segumu aprēķinos izmantoto kultūraugu audzēšanas tehnoloģijām; ** - urīnvielas 1 t cena 236 euro bez PVN; *** - amonija nitrāta cena 220 euro/t bez PVN.

Ziemājiem aizstājot karbamīdu ar amonija nitrātu, minerālmēsļu izkliešanas izmaksas nemainās, jo nemainās kopējais minerālmēsļu kaisīšanas reižu skaits sezonā un arī izkliešamo apjomu atšķirība ir niecīga, lai kaisīšana samazinātos.

Vasarājiem urīnvielu parasti iestrādā pirms kultūraugu sējas, to izkaisot pa lauku un tūlīt pat iestrādājot augsni, lai samazinātos zudumi. Vasarāju graudaugiem piemēram, miežiem ir arī tāda audzēšanas prakse, ka visu N papildmēslojuma normu iestrādā pamatmēslojumā, tur var izmantot urīnvielu. Bet jāsaprot, ka zemnieki lieto mūdienu kompleksos minerālmēsļus kā pamatmēslojumu un papildmēslojumā lieto AN. AN gan pamatmēslojumā neiestrādā. Nemainīsies arī minerālmēsļu izkliešanas reižu skaits. Variantā, kur minerālmēsļus iestrādā pamatmēslojumā, izmantojot urīnvielu, ir 2 izkliešanas reizes (kompleksie MM un urīnviela), un variantā kur nelieto urīnvielu, bet aizstāj ar AN, ir arī 2 izkliešanas reizes (kompleksie MM pamatmēslojumā un AN papildmēslojumā). Minerālmēsļu izmaksu aprēķinam, aizstājot urīnvielu ar AN, ir tāds pats princips kā ziemājiem (x. tabula), kur zinot nepieciešamību, veic aprēķinus.

Nedaudz atšķirīgi ir ar kukurūzu. Prakse un arī demonstrējumi saimniecībās rāda, ka urīnvielu iestrādājot, pamatmēslojumā kopā ar kompleksajiem MM ir stabilāka un lielāka kukurūzas zaļās masas raža. Kukurūzai labus rezultātus dod 100 – 150 kg/ha urīnvielas iestrāde, attiecīgi samazinot AN normu pamatmēslojumā. Izmaksas urīnvielas aizstāšanai ar AN šajā gadījumā būs nelielas, ja pieņemam, ka MM cena ir tāda, kā aprēķinā (tabula) – tas sastādītu 5.9 – 8.9 EUR/ha. Kukurūzai ir jāņem vērā, ka, šādā tehnoloģijā aizstājot urīnvielu, ar AN būtu novērojams sausas ražas samazinājums.

Urīnvielas iestrāde

Izmaksas minerālmēsļu izkliešanai pēc LLKC apkopojuma, pamatojoties uz novadu lauku attīstības speciālistu iesūtīto informāciju par dažādu tehnisko pakalpojumu cenām visos Latvijas reģionos, ir atkarīga no reģiona. Pierīgā – 17.0 eiro/ha; Zemgalē – 18.3 eiro/ha; Kurzemē – 20.0 eiro/ha; Vidzemē – 21.0 eiro/ha; Latgalē – 17.6 eiro/ha. Minerālmēsļu izkliešanas cena veidojas, saskaitot degvielas, darbaspēka un pamatlīdzekļu nolietojuma izmaksas, kā arī pakalpojuma sniedzēja vēlamā peļņu. Tehnisko pakalpojumu cenas norādītas bez pievienotās vērtības nodokļa (bez PVN).

Būtiski, ka minerālmēsļu izkliešanas pašizmaksa saimniecībās vidēji sastāda 7.3 eiro/ha (rēķināts pie dīzeļdegvielas patēriņa 12 litri/h un darbaspēka stundas tarifa likmi – 7 eiro/h).

To izstrādē iesaistīti gan speciālisti no LLKC struktūrvienībām, gan nozares eksperti - saimniecību vadītāji. Katrā bruto seguma aprēķinā ir izmantota konkrēta optimāla ražošanas tehnoloģija. Bruto segumi atšķiras pēc ražošanas intensitātes pakāpes un ražošanas specifikas. Lai bruto segumus varētu izmantot konkrētas saimniecības vajadzībām, ir jāņem vērā tajā lietotā ražošanas tehnoloģija un citi apstākļi. Paliek jautājums, vai, karbamīdu aizstājot, ar nitrātu varētu samazināties ziemāju ražība? Latvijā šajā jomā nav tādu pētījumu. LLKC speciālistu novērojumi, strādājot ar zemniekiem, liecina, ka ražas līmenis nemainās. Ir daži gadījumi, ka veģetācijas

sākumā, kad lieto karbamīdu iestājas silts un saulains laiks, karbamīds viegli iztvaiko un zaudē daļu slāpekļa, kas, protams, ir nevēlams process, kas var ietekmēt ražu.

Mēslošanas plāni

Saimniecībā jāveic agroķīmiskās analīzes un situācijas analīze, lai noskaidrotu: kādas ir kultūraugu prasības pēc slāpekļa; pieejamie slāpekļa avoti, uzglabāšanas apstākļus un iespējamās noplūdes, pieejamie tehniskie paņēmieni, metodes, procedūras, izmantojot slāpekli efektīvi.

Lēmumu pieņemšana, pamatojoties uz iepriekšējām augsnes analīzēm: seku novērtējums dažādām iespējām, izvēloties labāko variantu, lai sasniegtu agronomiskos un vides aizsardzības mērķus.

Plānošana: plāno pieejamās barības vielas tādā veidā, lai palielinās ekonomiskais ieguvums, vienlaikus samazinot ietekmi uz vidi.

Izpilde: īstenojot slāpekļa apsaimniekošanas plānu praksē, ņemot vērā faktiskos vides apstākļus un labākās pārvaldības pamatnostādnes un ieteikumus.

Uzraudzība un kontrole: ievācot datus par ražu un slāpekļa saturu; novērtējot slāpekļa pārpalikumu (balance) un slāpekļa izmantošanas efektivitāti (NIE).

Minerālmēsļu izkliešana un iestrāde

Potenciālie ierobežojošie un samazinošie pasākumi no slāpekļa minerālmēsliem 31

31. tabula

Potenciālie amonjaka emisiju samazinošie pasākumi saistībā ar slāpekļa minerālmēsļu izmantošanu

Minerālmēsļu veids	Izkliedes veids	Emisijas samazinājums (%)	Izmaksas (€/kg ietaupītais NH ₃ -N)
Urīnviela	Inžekcija	> 80	-0.5–1
	Ureāzes inhibitors	> 30	-0.5–2
	Iestrāde pēc izkliešanas	> 50	-0.5–2
Amonija karbonāts	Aizliegums	~100	-1–2
Amoniju saturošie minerālmēsli	Inžekcija	> 80	0–4
	Iestrāde pēc izkliešanas	> 50	0–4

Avots: pēc UNECE, 2014

32. tabula

Potenciālie amonjaka emisiju samazinošie pasākumi saistībā ar urīnvielas izmantošanu

Pasākums	Samazinājums, %	Ieviešana	Ietekme	Izmaksas, €/kg	Ieguvumi lauksaimniekiem
Urīnvielas aizstāšana ar NH ₄ NO ₃ mēslojumu	līdz 90	Viegla	Augsta	-0.5-1.0	Izmaksas nedaudz augstākas par granulētās urīnvielas (karbamīda) izmaksām
Urīnvielas fermenta ureāzes inhibitori	līdz 70	Vidēja	Vidēja līdz augsta	-0.5-2.0	Būtisks samazinājums, kavēta ureāzes darbība, neļaujot urīnvielai noārdīties
Urīnvielas iestrāde augsnē	50-80	Vidēja	Vidēja līdz augsta	-0.5-2.0	Būtisks samazinājums, ja urīnviela augsnē tiek pareizi iestrādāta
Urīnvielas granulēšana	ap 30	Vidēja	Zema	-0.5-2.0	Neliels emisijas samazinājums

Avots: pēc Rochette et al., 2009; Soares et al., 2012; Sanz-Cobena et al., 2014; UNECE, 2015; Best-practices..., 2016

Lai novērtētu lauksaimnieku zaudējumus amonjaka emisiju rezultātā zaudētajam slāpeklim, tika novērtētas slāpekļa tīrvielas izmaksas galvenajiem Latvijas lauku kultūraugiem (33. tabula).

Slāpekļa tīrvielas izmaksas galvenajām laukaugu kultūrām, €/ ha

Mēslojums	cena*, €/kg	N tīrvielas izmaksas €/ ha					
		Ziemas kvieši	Vasaras kvieši	Mieži	Ziemas rapsis	Vasaras rapsis	Kukurūza
Pamatmēslojumā							
15-15-15+11S	1.33	x	39.9	39.9	x	49.88	59.85
Karbamīds	0.71	x	x	x	x	x	48.99
6-26-30 vai	5.5	82.5	x	x	82.5	x	x
vai 8-20-30	4	80	x	x	96	x	x
Papildmēslojums							
Amonija nitrāts	0.67	57.62	46.1	34.57	69.14	46.1	69.14
Amonija sulfāts	1.42	x	x	x	59.64	44.73	x
N 30+7S	0.9	61.92	x	x	x	x	x
Karbamīds	0.71	58.79	x	x	65.32	x	x

* - bez PVN

Avots: pēc LLKC Bruto aprēķinu tehnoloģijām

Slāpekļa izmantošanas efektivitāte

N izmantošanās efektivitāte = $[N \text{ ražā} - \text{neto daudzums apsaimniekotajiem kultūraugiem, kuri eksportēti no saimniecības, ieskaitot atliekas (kg ha}^{-1})] / [N \text{ pielietotajos mēslošanas līdzekļos (kg ha}^{-1}) + N \text{ kūtsmēslos (kg ha}^{-1}) + N \text{ daudzums, kurš pievadīts ar kompostu (kg ha}^{-1}) + \text{bioloģiski fiksētais } N_2 \text{ no tauriņziežiem} + N \text{ ar atmosfēras nokrišņiem (kg/ha}^{-1}) + N \text{ pievadīts caur sēklām un augiem}]$.

Slāpekļa bilance

Efektīva stratēģija saimniecībās ir veikt slāpekļa bilanci, lai palielinātu slāpekļa izmantošanas efektivitāti un samazinātu slāpekļa zudumus. **Kopējā N bilancei** (pēc ražas novākšanas) saimniecībās ir jāklūst par obligātu. Metode prasa gada datus saimniecībā par slāpekļa daudzumu katrā pozīcijā (minerālmēsļu daudzums, kūtsmēslos un ganībās saistītais slāpekļlis, slāpekļa daudzums, kas fiksēts ar tauriņziežiem u.c.). Atšķirsies slāpekļa apsaimniekošanas plānošana starp atšķirīgi specializētām saimniecībām (laukaugi, dārzeni, augļaugi)⁸.

N pārpalikums = $[N \text{ pielietotajos mēslošanas līdzekļos (kg ha}^{-1}) + N \text{ kūtsmēslos (kg ha}^{-1}) + N \text{ daudzums, kurš pievadīts ar kompostu (kg ha}^{-1}) + \text{bioloģiski fiksētais } N_2 \text{ no tauriņziežiem} + N \text{ ar atmosfēras nokrišņiem (kg ha}^{-1}) + N \text{ pievadīts caur sēklām un augiem}] - [N \text{ ražā} - \text{neto daudzums apsaimniekotajiem kultūraugiem, kuri eksportēti no saimniecības, ieskaitot atliekas (kg ha}^{-1})]$.

⁸ UNECE, 2013; UNECE, 2015

7. TURPMĀKO PĒTĪJUMU NEPIECIEŠAMĪBA

Latvijā ir ieviesta ikgadēja amonjaka emisiju inventarizācija un ir paredzēta šo emisiju turpmāka ierobežošana, nodrošinot to samazinājumu vidēji par 0,1% gadā. Taču, vērtējot pēc attiecīgajiem inventarizācijas datiem, pašlaik Latvijā notiek nevis amonjaka emisiju samazināšanās, bet gan palielināšanās vidēji par 1,7% gadā.

Šādam pašreizējās situācijas novērtējumam var daļēji arī piekrist, jo valstī notiek pakāpeniska lopkopības modernizācija, kuras rezultātā tiek ieviestas racionālākas tehnoloģijas. Turklāt, kā liecina mūsu iepriekšējie pētījumi, pārejot no slaucamo govju piesietās turēšanas uz nepiesieto un attiecīgi pakaišu kūtsmēslu vietā, iegūstot šķidrmēslus, amonjaka emisiju, iznākums palielinās aptuveni 2 reizes. Līdzīga situācija ir arī putnkopībā, un tikai cūkkopībā šo emisiju daudzums, ieviešot intensīvās tehnoloģijas, praktiski nemainās. Šādu rezultātu apstiprina arī fakts, ka, **pārejot no govju piesietās turēšanas uz nepiesieto turēšanu, lietojot boksus, kūts nomēsnotā laukuma platība, ko kuras izdalās nevēlamās emisijas, palielinās aptuveni 3 reizes.**

Taču vienlaikus eksistē arī dažādi risinājumi, kuri samazina amonjaka emisijas, un kuri pakāpeniski ieviešas lopkopībā. Tādēļ savos līdzšinējos pētījumos esam apkopojuši literatūrā doto informāciju par šādu pasākumu efektivitāti un veikuši lopkopības speciālistu aptauju, noskaidrojot šo pasākumu ieviešanas prioritāti. Vienlaikus esam veikuši pētījumus, lai noskaidrotu racionālākās kūtsmēslu izvākšanas, uzkrāšanas un iestrādes tehnoloģijas gan no ekonomiskā, gan amonjaka emisiju samazināšanas viedokļa. Taču rekomendētajā un pašreiz lietotajā amonjaka emisiju aprēķina metodikā nav ietverti iepriekš minētie amonjaka emisiju samazināšanas pasākumi. Tādēļ **turpmākajos pētījumos galvenā vērība būtu jāpievērš amonjaka emisiju aprēķināšanas metodikas pilnveidei, lai tajā ietvertu iespējamās amonjaka emisiju samazinošos pasākumus.** Šādu iespēju pieļauj arī spēkā esošās vadlīnijas, kurās teikts, ka katra valsts var veikt attiecīgi savus pētījumus, lai nodrošinātu amonjaka emisiju aprēķina metodikas atbilstību faktiskajai situācijai. Ņemot to visu vērā, turpmāko pētījumu uzdevumi būtu šādi:

1. Atlasīt nozīmīgākos amonjaka emisiju samazinošos pasākumus, kuri būtu jāietver pilnveidotajā aprēķina metodikā.
2. Izstrādāt savu attieksmi par amonjaka emisijām, kuras izraisa kūtsmēslu izmantošana biogāzes ražošanā. Izstrādāt precizētu metodiku amonjaka emisiju aprēķināšanai no digestāta ieguves un izmantošanas lauku mēslošanai. (Šāda metodika nav Tier2 vadlīnijās).
3. Pārstrādāt pašreiz lietoto amonjaka emisiju aprēķināšanas metodiku Tier 2, tajā iekļaujot prioritāros amonjaka emisiju samazināšanas pasākumus, un veikt šīs metodikas sākotnējo aprobāciju.
4. Izstrādāt metodiku nozīmīgāko amonjaka emisiju samazinošo pasākumu ieviešanas novērtēšanai Latvijas pašreizējā situācijā, kā arī šo pasākumu ieviešanas apjoma prognozēšanai tuvākajā nākotnē.

Ļoti svarīgi ir aktīvi iesaistīties starptautiskajās (it īpaši Baltijas jūras reģiona) pētījumu programmās un izstrādāt Latvijai modeli lauksaimniecības dzīvnieku izdalītā slāpekļa, slāpekļa satura kūtsmēslos novērtēšanai. Turklāt slāpekļa saturs ir jānoskaidro gan svaigos kūtsmēslos, gan pirms iestrādes augsnē, lai varētu novērtēt gan potenciālās amonjaka emisijas, gan augsnē iestrādājamā slāpekļa daudzumu. Ir nepieciešams modelēt/noskaidrot/precizēt izdalītos kūtsmēslu daudzumus/apjomus ne tikai dzīvnieku sugām un kategorijām, bet arī šķirnēm un produktivitātes līmeņiem. Turklāt varāki zinātnieki, piemēram, Jiao et al. (2014), uzsver, ka vienādojuma jeb formulas izstrādei slāpekļa un organiskās vielas satura kūtsmēslos prognozēšanai, nepieciešams ņemt vērā arī dzīvnieka vecumu.

Pētījumi lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanas stratēģiju pilnveidošanai varētu būt šādi:

- 1) Piena urīnvielas slāpekļa un amonjaka emisiju mainības analīze slaucamo govju ganāmpulkos izmantojot lopbarību ar samazinātu kopproteīna saturu;
- 2) Vietējo proteīnaugu (pākšaugu)

izmantošana l/s dzīvnieku barībā un tās efektivitāte amonjaka emisiju samazināšanā, izvērtējot arī pēcietekmi augu sekā un slāpekļa minerālmēslu lietošanas samazināšanas iespējas.

Turklāt Latvijā ir nepieciešami pētījumi, kā mainās zāles skābbarības proteīna izmantošanās efektivitāte atkarībā no zāles apvītināšanas pakāpes, jo ir informācija, ka izmantošanās efektivitāte palielinās vairāk apvītinātai zālei.

8. PĀRĒJĀ INFORMĀCIJA

Projekta ietvaros sagatavotās publikācijas

Zinātniskie raksti - 5

1. Aboltins, A., Priekulis, J., Aboltina, B., Melece, L. (2017). Ammonia Emission Reduction Livestock Manure Storage: Slurry Lagoon Design. *Agronomy Research*, vol. 15(5), 1822–1830. (Scopus).
2. Frolova, O., Priekulis, J., Berzina, L., Aboltins, A. (2017). Ammonia emission evaluation from manure management. *Engineering for Rural Development*, Vol. 16, pp. 1257.-1262. (Scopus).
3. Melece, L. (2017). Promising Ammonia Mitigation Options in Latvia's Agriculture. In: D. Kovacevic (Eds.) *Book of Proceedings VIII International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2017"*, pp. 1769-1775. ISBN 978-99976-718-1-3
4. Priekulis, J., Vartukapeinis, K., Melece, L. (2017). Costs of liquid manure transportation and incorporation using mobile transport aggregates. *Engineering for Rural Development*, Vol. 16, pp. 1474.-1479. (Scopus).
5. Ruska, D., Jonkus, D., Cielava, L. (2017). Monitoring of ammonium pollution from dairy cows farm according of urea content in milk. *Agronomy Research*, Vol. 15(2) pp. 553–564. (Scopus; Web of Science).

Raksti monogrāfijā - 3

1. Frolova, O., Priekulis, J., Berzina, L. (2017). *Analysis of ammonia emission in different farming practises*. In: W. Romaniuk (Eds.) Monograph: Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas. Falenty – Warsaw, pp. 64.-67.
2. Laurs, A., Priekulis, J., Melece, L. (2017). *Reduction of ammonia emissions collecting and storing farm manure*. In: W. Romaniuk (Eds.) Monograph: Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas. under the scientific editorship of prof.. Falenty – Warsaw, pp. 93.-96.
3. Priekulis, J., Vartukapeinis, K., Melece, L. (2017). *Evaluation of liquid manure transportation and incorporation technologies*. In: W. Romaniuk (Eds.) Monograph: Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas. Falenty – Warsaw, pp. 149.-153.

Tēzes - 2

1. Aboltins, A., Priekulis, J., Aboltina, B., Melece, L. (2017). Effect of Slurry Lagoon Redesign on Reduction of Ammonia Emission During Livestock Manure Storage. *8th International conference on Biosystems Engineering 2017: Book of Abstracts*, Estonia, Tartu, May 11–13, 2017. Estonian University of Life Sciences. Tartu, 2017, pp. 106. ISBN 978-9949-536-81-8
2. Jonkus, D., Cielava, L., Ruska, D., Melece, L. (2017). Amonjaka emisiju prognozēšana slaucamām govīm pamatojoties uz urīnvielas saturu pienā. *Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes*, Jelgava, Latvija, 23.02.2017. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības fakultāte. Latvijas Agronomu biedrība. Latvijas Lauksaimniecības un Meža Zinātņu akadēmija. Jelgava, 2017. 46. lpp. ISSN: 2501-0166.

Populārzinātniskās publikācijas - 1

Priekulis J. Jaunākais aprīkojums kūtsmēsļu izvākšanai un uzkrāšanai. //agro tops, 2017. gada marts, 58.-62.lpp.

Dalība konferencēs ar prezentāciju - 10

1. Aboltins, A., Priekulis, J., Aboltina, B., Melece, L. "Ammonia Emission Reduction Livestock Manure Storage: Slurry Lagoon Design". 8th International Conference "Biosystem Engineering 2017", Igaunija, Tartu, May 11-13, 2017.
2. Frolova, O., Priekulis, J., Berzina, L., Aboltins, A. "Ammonia emission evaluation from manure management". 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, May 24-26, 2017.
3. Frolova, O., Priekulis, J., Berzina, L. "Analysis of ammonia emission in different farming practises". XXIII International Scientific Conference "Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas". Falenty – Warsaw, September 19-20, 2017.
4. Jonkus, D., Cielava, L., Ruska, D., Melece, L. Amonjaka emisiju prognozēšana slaucamām govīm pamatojoties uz urīnvielas saturu pienā. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Jelgava, February 23, 2017.
5. Laurs, A., Priekulis, J., Melece, L. "Reduction of ammonia emissions collecting and storing farm manure". XXIII International Scientific Conference "Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas". Falenty – Warsaw, September 19-20, 2017
6. Melece, L. "Assessment of mitigation possibilities of ammonia emissions from agriculture". 18th International Scientific Conference "Economic Science for Rural Development 2017", Workshop "Environment and Sustainable Development of Agriculture", Jelgava, 28.05.2017.
7. Melece, L. "Promising Ammonia Mitigation Options in Latvia's Agriculture". "International Agriculture Symposium „AGROSYM 2017“", Bosnija un Hercogovina, Jahorina, October 4-7, 2017.
8. Priekulis, J., Vartukapteinis, K., Melece, L. "Costs of liquid manure transportation and incorporation using mobile transport aggregates". 16th International Scientific Conference "Engineering for rural development". Jelgava, May 24-26, 2017.
9. Priekulis, J., Vartukapteinis, K., Melece, L. "Evaluation of liquid manure transportation and incorporation technologies". XXIII International Scientific Conference "Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas". Falenty – Warsaw, September 19-20, 2017.
10. Ruska, D., Jonkus, D., Cielava, L. "Monitoring of ammonium pollution from dairy cows farm according of urea content in milk". 8th International Conference "Biosystem Engineering 2017", Igaunija, Tartu, May 11-13, 2017.

IZMANOTĀ LITERATŪRA UN DOKUMENTI⁹

1. Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., Vallejo, A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 189, 136-144.
2. Agle, M., Hristov, A.N., Zaman, S. et al. (2010). Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 4211-4222.
3. Aguerre, M.J., Wattiaux, M.A., Hunt, T., Larget, B.R. (2010). Effect of dietary crude protein on ammonia-N emission measured by herd nitrogen mass balance in a freestall dairy barn managed under farm-like conditions. *Animal*, 4(8), 1390-1400.
4. Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L., Winiwarter, W. (2015). *Adjusted historic emission data, projections, and optimized emission reduction targets for 2030-a comparison with COM data 2013. Part B: Results for Member States*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
5. Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L., Wagner, F. (2011). *Cost-effective emission reductions to improve air quality in Europe in 2020: Analysis of policy options for the EU for the revision of the Gothenburg Protocol*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
6. Amon, B. (2016). *Housed livestock, manure storage and manure processing*. Joint DG ENV & TFRN workshop "Towards joined-up nitrogen guidance for air, water and climate co-benefits". October 11-12, Brussels.
7. Arogo, J., Westerman, P. W., Heber, A. J., Robarge, W. P., & Classen, J. J. (2006). Ammonia emissions from animal feeding operations. *National Center for Manure and Animal Waste Management*.
8. Atia, A. (2008). Ammonia Volatilization from Manure Application. *Agri-Facts*. Agdex 538-3.
9. Balsari, P., Dinuccio, E., Gioelli, F. (2013). A floating coverage system for digestate liquid fraction storage. *Bioresource Technology*, 134, pp. 285-289.
10. Best-practices to cut ammonia emissions. Report from 29 february 2016 World café. <http://www.eeb.org/index.cfm?LinkServID=9BC61560-5056-B741-DB89141C0EE3A51F>
11. Bērziņš, G. (2016). Agronomisko nosacījumu izpilde augu mēslošanā ar Precīzās Laukopības palīdzību. http://img.agrario.lv/media/uploads/agrario/llu_agrario_2016_lv.pdf
12. Bijgaart, H. van den. (2003) Urea. New applications of mid-infra-red spectrometry. *Bulletin of the IDF*, No. 383, p. 5-15.
13. Bittman, S., Dedina, M., Howard C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. (eds) (2014). *Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.
14. Bittman, S., Mikkelsen, R. (2009). Ammonia emissions from agricultural operations: livestock. *Better Crops*, 93(1), 28-31.
15. Briedis, A., Auziņš, A. (2013). *Agrovīdes pasākumi Baltijas jūras reģionā*. Ozolnieki: LLKC.
16. Broderick G. A., Clayton M. K. (1997) A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, 80, 2964-2971.
17. Broderick G., Huhtanen P. (2013) *Application of milk urea nitrogen values*. <https://www.researchgate.net/publication/43267630>. Accessed 19.10.2013
18. Burgos, S.A., Embertson, N.M., Zhao, Y., Mitloehner, F.M. et al. (2010). Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. *Journal of Dairy Science*, 93 (6), pp. 2377-2386.
19. Cabrera, V.E., Contreras, F., Shaver, R.D., Armentano, L. (2012). *Grouping Strategies for Feeding Lactating Dairy Cattle*. In: Four-State Dairy Nutrition and Management Conference, pp. 40-44.
20. Carter, S., Lachmann, M., Bundy, J. (2008). Effects of dietary manipulation on ammonia emissions. *Proceedings Mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations*.
21. Chase, L.E., Higgs, R.J., Van Amburgh, M.E. (2012). Feeding low crude protein rations to dairy cows-What have we learned. In *Proceedings of the 23rd Ruminant Nutrition Symposium*. University of Florida, Gainesville, FL, pp. 32-42.

⁹ Sarakstā ir iekļauti arī avoti, kas izmantoti vai citēti pārskatam pievienotajos pielikumos

22. Corson, D., Waghorn, G. C., Ulyatt, M. J., & Lee, J. (1999). NIRS: forage analysis and livestock feeding. In *proceedings of the conference- New Zealand grassland association* (pp. 127-132).
23. CSB (2017). Statistics Database. <http://www.csb.gov.lv/dati/statistikas-datubazes-28270.html>
24. De Vries, J.W., Melse, R.W. (2017). Comparing environmental impact of air scrubbers for ammonia abatement at pig houses: A life cycle assessment. *Biosystems Engineering*, 161, 53-61.
25. EC (2010). Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). OJ, L 334, pp. 17–119
26. EC (2016). Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC. *Official Journal of the European Union*, L 344, pp. 1-31.
27. EC (2017). Commission Implementing Decision (EU) 2017/302 of 15 February 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for the intensive rearing of poultry or pigs. OJ, L 43, 231–279.
28. EEA (2017a). Air quality in Europe — 2017 report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
29. EEA (2017b). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Emission factors. <http://efdb.apps.eea.europa.eu/>
30. EEA (2017c). Emission Factor Database. http://efdb.apps.eea.europa.eu/?source=%7B%22query%22%3A%7B%22match_all%22%3A%7B%7D%7D%2C%22display_type%22%3A%22tabular%22%7D
31. Eionet (2017). Central Data Repository, Latvia, National emission inventories (CLRTAP). <http://cdr.eionet.europa.eu/lv/un/clrtap/inventories/>
32. EMEP/EEA (2016). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
33. Forrestal, P.J., Harty, M., Carolan, R., Lanigan, G.J., Watson, C.J. et al. (2016). Ammonia emissions from urea, stabilized urea and calcium ammonium nitrate: insights into loss abatement in temperate grassland. *Soil Use and Management*, 32(S1), 92-100.
34. Guliński, P., Salamończyk, K. M., & Młynek, K. (2016). Improving nitrogen use efficiency of dairy cows in relation to urea in milk—a review. *Animal Science Papers and Reports*, 34(1), 24.
35. Hayes, E.T., Leek, A.B. G., Curran, T.P., Dodd, V.A. et al. (2004). The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource Technology*, 91(3), pp.309–315.
36. Hof, G., Vervoorn, M. D., Lenaers, P. J., Tamminga, S. (1997) Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 3333-3340.
37. Hou, Y., Bai, Z., Lesschen, J. P., Staritsky, I. G., Sikirica, N., Ma, L., Sikirica, N., Ma, L., Velthof, G.L., Oenema, O. (2016). Feed use and nitrogen excretion of livestock in EU-27. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 218, 232-244.
38. Hou, Y., Velthof, G.L., Oenema, O. (2015). Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology*, 21, 1293-1312.
39. Hristov, A.N., Heyler, K., Schurman, E., Griswold, K., Topper, P. et al. (2015). Case study: Reducing dietary protein decreased the ammonia emitting potential of manure from commercial dairy farms. *The Professional Animal Scientist*, 31, pp. 68–79.
40. Huhtanen, P., Hristov, A.N. (2009). A meta-analysis of the effects of protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, pp. 3222-3232.
41. Hutjens, M. Chase, L.E. (2012). Interpreting Milk Urea Nitrogen (MUN) Values. *eXtension*, pp. 1-4.
42. Hynes, D. N., Stergiadis, S., Gordon, A., Yan, T. (2016). Effects of crude protein level in concentrate supplements on animal performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows fed fresh-cut perennial grass. *Journal of Dairy Science*, 99 (10), pp. 8111-8120.
43. Ingvarsten K. L. (2006) Feeding and management related diseases in the transition cow physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and technology*, 126, pp. 175–213.

44. Ishler, V. (2004). Nitrogen, ammonia emissions and the dairy cow. *Nutrient Management College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University*, 04-87.
45. Ishler, V., Wolfgang, D., Griswold, D. (1999). Prevention and control of foot problems in dairy cows. *Department of Dairy and Animal Science and Department of Veterinary Science, College of Agricultural Sciences and Cooperative Extension*, 1-20.
46. Islam, M., Abe, H., Terada, F., Iwasaki, K., Tano, R. (2000). Effects of Levels of Feed Intake and Inclusion of Corn on Rumen Environment, Nutrient Digestibility, Methane Emission and Energy and Protein Utilization by Goats Fed Alfalfa Pellets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13 (7), pp. 948-956.
47. Jiao, H.P., Yan, T., McDowell, D.A. (2014). Prediction of manure nitrogen and organic matter excretion for young Holstein cattle fed on grass silage-based diets. *Journal of Animal Science*, 92(7), 3042-3052.
48. Jonker J. S., Kohn R. A., High J. (2002) Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency. *Journal of Dairy Science*, 85, No. 5, 1218-1226.
49. Kauffman, A. J., & St-Pierre, N. R. (2001). The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in holstein and jersey cows1. *Journal of dairy science*, 84(10), 2284-2294.
50. Kārkliņš, A., Ruža, A. (2013). Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi. Jelgava: LLU. 55 lpp.
51. Klimont, Z., Winiwarter, W. (2011). *Integrated ammonia abatement – Modelling of emission control potentials and costs in GAINS*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
52. Klimont, Z., Winiwarter, W. (2015). *Estimating costs and potential for reduction of ammonia emissions from agriculture in the GAINS model*. In: Costs of ammonia abatement and the climate co-benefits, pp. 233-261. Springer Netherlands.
53. LAD (n/d). Rokasgrāmata "Ieteikumi kūtsmēslu krātuvju būvniecībai". http://www.lad.gov.lv/files/1121ieteikumi_kutsmeslu_kratuvju_buvniecibai.pdf
54. Latvia's Informative Inventory Report 1990 – 2015 Submitted under the Convention on Long - Range Transboundary Air Pollution. Pieejams:<http://cdr.eionet.europa.eu/lv/un/clrtap/iir/envwmlmda/>
55. Latvietis, J., Auziņš, V., Strikauska, S., Eihvalde I. (2008). Lopbarības raksturojums piena izmaksu aspektā. *LLU Raksti*, 21 (315), lpp. 51-56.
56. Latvietis, J., Priekulis, J. (2011). Consumption of concentrated feed for milk cows in conditions of robotized technology. *Proceedings of the 10th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*, pp. 55-58).
57. Laurs A., Markovics Z., Priekulis J., Aboltins A. (2016). Research in farm management Technologies using the expert method. *Agronomy Research*, Vol. 14 (3), pp. 811.-820.
58. Laurs A., Priekulis J., Markovičs Z., Āboltiņš A. (2016). Research in farm animal breeding technological parameters. *Engineering for rural development*, Vol. 15, pp. 1054.-1058.
59. LDC (2017). Statistika. http://pub.ldc.gov.lv/pub_stat.php?lang=lv
60. Le, P. D., Aarnink, A.J.A., Jongbloed, A.W. (2009). Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level. *Livestock Science*, 121(2), 267-274.
61. LLKC (2008). Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodika. <http://www.lad.gov.lv/lv/atbalsta-veidi/noderigi/kulturaugu-meslosanas-plans/>
62. LLKC (2013). Lopbarības analīžu rezultātu apkopojums. <http://www.laukutikls.lv/racionalu-piena-lopkopibas-razosanas-modelu-rokasgramata>
63. LLKC (2014). Sagatavots informatīvs materiāls par slaucamo govju fermu būvniecību. <http://new.llkc.lv/lv/nozares/lopkopiba/sagatavots-informativs-materials-par-slaucamo-govju-fermu-buvniecibu>
64. LLKC (2015). 2014. gada analīžu rezultāti. <http://new.llkc.lv/lv/2014-gada-analizu-rezultati>
65. LLKC (n/d). Tehnikas izmaksu aprēķins. http://laukutikls.lv/riki/tehnikas_aprekins/
66. Loyo, L., Burton, C.H., Misselbrook, T., Webb, J., Philippe, F.X., Aguilar, M., Doreau, M., Hassouna, M., Veldkamp, T., Dourmad, J.Y. Bonmati, A. (2016). Best available technology for European livestock farms: Availability, effectiveness and uptake. *Journal of Environmental Management*, 166, 1-11.
67. LR Zemkopības ministrija (2008). Kūtsmēslu ieguve un apsaimniekošana. Uzņēmumu tehniskie noteikumi (nozares standarts). http://www.lad.gov.lv/files/1121nacionalais_standarts_kutsmeslu_ieguve_un_apsaimniekosana.pdf

68. Melse, R.W., Ogink, N.W., Rulkens, W.H. (2009). Air Treatment Techniques for Abatement of Emissions from Intensive Livestock Production. *Open Agriculture Journal*, 3, 6-12.
69. Mikkelsen, R. (2009). Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. *Better Crops*, 93(4), 9-11.
70. Miller, L.A., Moorby, J.M., Davies, D.R., Humphreys, M.O., Scollan, N.D., MacRae, J.C. & Theodorou, M.K. 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science* 56: 383–394.
71. Misselbrook, T., Bittman, S., Cordovil, C., Rees, B., Sylvester-Bradley, R., Olesen, J., Vallejo, A. (2016). *Field application of organic and inorganic fertilizers*. Joint DG ENV & TFRN workshop “Towards joined-up nitrogen guidance for air, water and climate co-benefits”. October 11-12, Brussels.
72. Misselbrook, T., Del Prado, A., & Chadwick, D. (2013). Opportunities for reducing environmental emissions from forage-based dairy farms. *Agricultural and Food Science*, 22(1), 93-107.
73. Misselbrook, T.H., Powell, J.M. (2005). Influence of bedding material on ammonia emissions from cattle excreta. *Journal of Dairy Science*, 88(12), 4304-4312.
74. Misselbrook, T.H., Powell, J.M., Broderick, G.A., Grabber, J.H. (2005). Dietary manipulation in dairy cattle: Laboratory experiments to assess the influence on ammonia emissions. *Journal of Dairy Science*, 88(5), pp. 1765-1777.
75. MK (2009). Ministru kabineta noteikumi Nr.743 Cūku labturības prasības. Rīgā, 2009.gada 7.jūlijā.
76. MK (2014). Ministru kabineta noteikumi Nr.834 Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma ar nitrātiem (Rīgā 2014. gada 23.decembrī). <https://likumi.lv/doc.php?id=271376>
77. MK (2014) MK noteikumi Nr.829. Īpašas prasības piesārņojošo darbību veikšanai dzīvnieku novietnēs (Rīgā 2014.gada 23.decembrī). <https://likumi.lv/ta/id/271374-ipasas-prasibas-piesarnojoso-darbibu-veiksanai-dzivnieku-novietnes>
78. MK (2016). Ministru kabineta noteikumi Nr. 13 Slaucamo govju un slaucamo kazu pārraudzības kārtība (Rīgā 2016. gada 5. janvārī). <https://m.likumi.lv/>
79. Moorby, J.M., Evans, R.T., Scollan, N.D., Macraet, J.C. & Theodorou, M.K. 2006. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. *Grass and Forage Science* 61: 52–59.
80. Murikovs, V., Priekulis, J. (2006). Research in building costs and geometric parameters of lagoon type fluid manure reservoirs. *Proceedings 5th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”*, pp. 135-139.
81. Ndegwa, P. M., Hristov, A. N., Arogo, J., & Sheffield, R. E. (2008). A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. *Biosystems Engineering*, 100(4), 453–469.
82. Ni, K., Pacholski, A., Kage, H. (2014). Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, 184-194.
83. Nousiainen, J., Shingfield, K.J., Huhtanen, P. (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science*, 87, pp. 386–398.
84. Oenema, O. (2015). The EU Nitrogen Expert Panel and its indicator for Nitrogen Use Efficiency (NUE). <http://fertilizerseurope.com/>
85. Oenema, O. (2016). Principles of overall nitrogen management. Background document. <http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clr> Petersen, S.O., Sommer, S.G. (2011). Ammonia and nitrous oxide interactions: roles of manure organic matter management. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 503-513.
86. Oenema, O. (2016). Principles of overall nitrogen management. Joint DG ENV & TFRN workshop “Towards joined-up nitrogen guidance for air, water and climate co-benefits”. October 11-12, Brussels. <http://www.clrtap-tfrn.org>
87. Pan, B., Lam, S. K., Mosier, A., Luo, Y., & Chen, D. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: a global synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 283-289.

88. Panetta, D.M., Powers, W.J., Xin, H., Kerr, B.J. (2005). Nitrogen Excretion and Ammonia Emissions from Pigs Fed Reduced Crude Protein Diets or Yucca Extract. *Animal Industry Report*, 651(1), 49.
89. Pereira, E.I., Minussi, F.B., da Cruz, C.C., Bernardi, A.C., Ribeiro, C. (2012). Urea–montmorillonite-extruded nanocomposites: a novel slow-release material. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(21), 5267-5272.
90. Petrovska, S., Jonkus, D. (2014). Slaucamo govju ķermeņa kondīcijas, dzīvmasas un piena produktivitātes sakarību analīze. *Proceedings of Conference „ Research and Practice in Veterinary Medicine*, pp. 64-71.
91. Portejoie, S., Dourmad, J.Y., Martinez, J., Lebreton, Y. (2004). Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. *Livestock Production Science*, 91(1), 45-55.
92. Powell, J.M. (2014). Feed and manure use in low-N-input and high-N-input dairy cattle production systems. *Environmental Research Letters*, 9(11), 115004 (1-8).
93. Powell, J.M., Aarons, S.R., Gourley, C.J.P. (2012). Determinations of feed–milk–manure relationships on grazing-based dairy farms. *Animal*, 6(10), 1702-1710.
94. Powell, J.M., Broderick, G.A., Grabber, J.H. Hymes-Fecht, U.C. (2009). Effects of forage protein-binding polyphenols on chemistry of dairy excreta. *Journal of Dairy Science*. 92: 1765–1769.
95. Powell, J.M., Rotz, C.A., Wattiaux, M.A. (2014). Potential use of milk urea nitrogen to abate atmospheric nitrogen emissions from Wisconsin dairy farms. *Journal of environmental quality*, 43(4), 1169-1175.
96. Powers, W.J., Zamzow, S.B., Kerr, B.J. (2007). Reduced crude protein effects on aerial emissions from swine. *Applied engineering in agriculture*, 23(4), pp. 539-546.
97. Priekulis J., Aboltins A. (2016). *Calculation of amount of farm manure*. In: Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas, W.Romaniuk (Eds). Warsaw: Falenty, pp. 147-151.
98. Priekulis J., Laurs A., Aplociņa E. (2015). *Determination of percentage of poultry manure management systems*. In: W.Romaniuka (Eds.) Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej na tle ochrony środowiska i standardow unii europejskiej. Instytut Technologiczno-przyrodniczy w Falentach. Oddział w Warszawie, pp. 169.-173.
99. Priekulis, J. (2008). *Lopkopības mehanizācija*. Jelgava: LLU.
100. Priekulis, J., Murikovs, V. (2006). Ieteikumi kūstmēslu krātuvju būvniecībai. Rokasgrāmata. http://www.lad.gov.lv/files/1121ieteikumi_kutsmeslu_kratuvju_buvniecibai.pdf
101. Rajala-Schultz, P. J., W. J. A. Saville, G. S. Frazer, and T. E. Wittum. (2001). Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84, pp. 482-489.
102. Redfearn D. and Zhang H. (2011): Forage Quality interpretations, Oklahoma cooperative extension service, PSS 2117, available online at: <http://pazing%20management%20pdfs/F2117web.pdf>.
103. Reis, S., Howard, C., Sutton, M. A. (Eds.). (2015). *Costs of ammonia abatement and the climate co-benefits*. Dordrecht: Springer.
104. Saliņš, A., Priekulis, J., Laurs, A. (2014). Fodder feeding peculiarities when introducing the VMS automatized cow milking system. *Agronomy Research*, 12(1), 231-236.
105. Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho L.D. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
106. Skrebele, A., Ratniece, V., Rubene, L., Cakars, I. et al. (2017). *Latvia's Informative Inventory Report 1990 – 2015*. Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Riga: Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre.
107. Smith, K., Cumby, T., Lapworth, J., Misselbrook, T., Williams, A. (2007). Natural crusting of slurry storage as an abatement measure for ammonia emissions on dairy farms. *Biosystems Engineering*, 97(4), 464-471.
108. Soares, J.R., Cantarella, H., de Campos Menegale, M.L. (2012). Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil biology and biochemistry*, 52, 82-89.
109. Spiekers, H., Obermaier, A. (2012) *Milchharnstoffgehalt und N-Ausscheidung (Milk urea content and N excretion)*. Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.–Dürrwachter–Platz 3, 85586 Poing–Grub.

110. St-Pierre, N.R., Weiss, W.P. (2012). Nutrient Requirements, Responses and Feed Efficiency. *Four-State Dairy Nutrition and Management Conference*, June 13-14, 2012, Dubuque, Iowa, pp. 1-7.
111. Szogi, A. A., Vanotti, M. B., & Ro, K. S. (2015). Methods for treatment of animal manures to reduce nutrient pollution prior to soil application. *Current Pollution Reports*, 1(1), 47-56.
112. Tamm, K., Vettik, R., Viil, P., Vosa, T., Kažotnieks, J. (2016). Comparative Survey of Manure Spreading Technologies.
113. Timilsena, Y.P., Adhikari, R., Casey, P., Muster, T., Gill, H., Adhikari, B. (2015). Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1131-1142.
114. Tried & Tested (2014). Think manures: A guide to manure management. <http://www.nutrientmanagement.org/3-think-manures-2014>
115. UNECE (2014). Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120. <https://www.unece.org>
116. UNECE (2016). Progress in the implementation of the 2016–2017 workplan: Report of the Task Force on Reactive Nitrogen. ECE/EB.AIR/WG.5/2016/2. http://www.unece.org/fileadmin/.../2016/.../ac_TFRN_report_03102016.pdf
117. Van Dorland, H.A., Wettstein, H.R., Leuenberger, H. & Kreuzer, M. 2007. Effect of supplementation of fresh and ensiled clovers to ryegrass on nitrogen loss and ethane emission of dairy cows. *Livestock Science* 111: 57–69.
118. Van Grinsven, H. J., Holland, M., Jacobsen, B. H., Klimont, Z., Sutton, M. A., & Jaap Willems, W. (2013). Costs and benefits of nitrogen for Europe and implications for mitigation. *Environmental science & technology*, 47(8), 3571-3579.
119. Van Vuuren, A.M., Pineiro, C., van der Hoek, K.W., Oenema, O. (2015). *Economics of low nitrogen feeding strategies*. In: Costs of ammonia abatement and the climate co-benefits, pp. 35-51.
120. Velthof, G.L., van Bruggen, C., Groenestein, C.M. et al. (2012). A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 46, pp. 248-255.
121. Wagner, F., Winiwarter, W., Klimont, Z., Amann, M., Sutton, M. (2012). *Ammonia reductions and costs implied by the three ambition levels proposed in the Draft Annex IX to the Gothenburg protocol*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
122. Webb, J., Menzi, H., Pain, B. F., Misselbrook, T. H., Dämmgen, U., Hendriks, H., & Döhler, H. (2005). Managing ammonia emissions from livestock production in Europe. *Environmental Pollution*, 135(3), 399–406.
123. Woyengo, T.A., Beltranena, E., Zijlstra, R.T. (2014). Nonruminant nutrition symposium: Controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: A review. *Journal of animal science*, 92(4), 1293-1305.
124. Wu, G. (2010). Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 1(1), 31-37.
125. Young, A. (2000). Excess dietary protein in dairy rations can impair reproduction. *Disponible en URL: http://www.ext.usu.edu/ag/dairy/newsletter/protrepr.htm*. Fecha de consulta, 26(12), 2000.
126. Young, A. (2001). *Milk Urea Nitrogen Test*. Utah State University Extension, 10–12.
127. ZM (2009). *Uzņēmumu tehniskie noteikumi (nozares standarts) "Kūtsmēslu transportēšana un iestrādāšana augsnē"*. Latvijas valsts uzņēmuma tehniskie noteikumi. Rīga: ZM.

PIELIKUMI

APTAUJAS ANKETAS FORMULĀRS

Amonjaka emisiju samazinošie pasākumi, turot

Kopš 1990. gada Latvijā notiek siltumnīcefekta izraisošo gāzu emisiju (SEG) ikgadējā inventarizācija. Taču paredzēts, ka visām ES dalībvalstīm, sākot ar 2017. gadu, ir jāveic arī regulāra amonjaka emisiju uzskaitē. Noskaidrots, ka vislielākās amonjaka emisijas lauksaimniecības sektorā izraisa lopkopība. Tādēļ ir būtiski izvērtēt, kurus no iespējamiem emisiju samazinošiem faktoriem varētu rekomendēt ieviešanai. Šim nolūkam **respondentam vajadzētu tabulas labajā rindā ierakstīt savu vērtējumu** par atsevišķu pasākumu ieviešanu, izmantojot burtus **P**; **V** vai **N**.

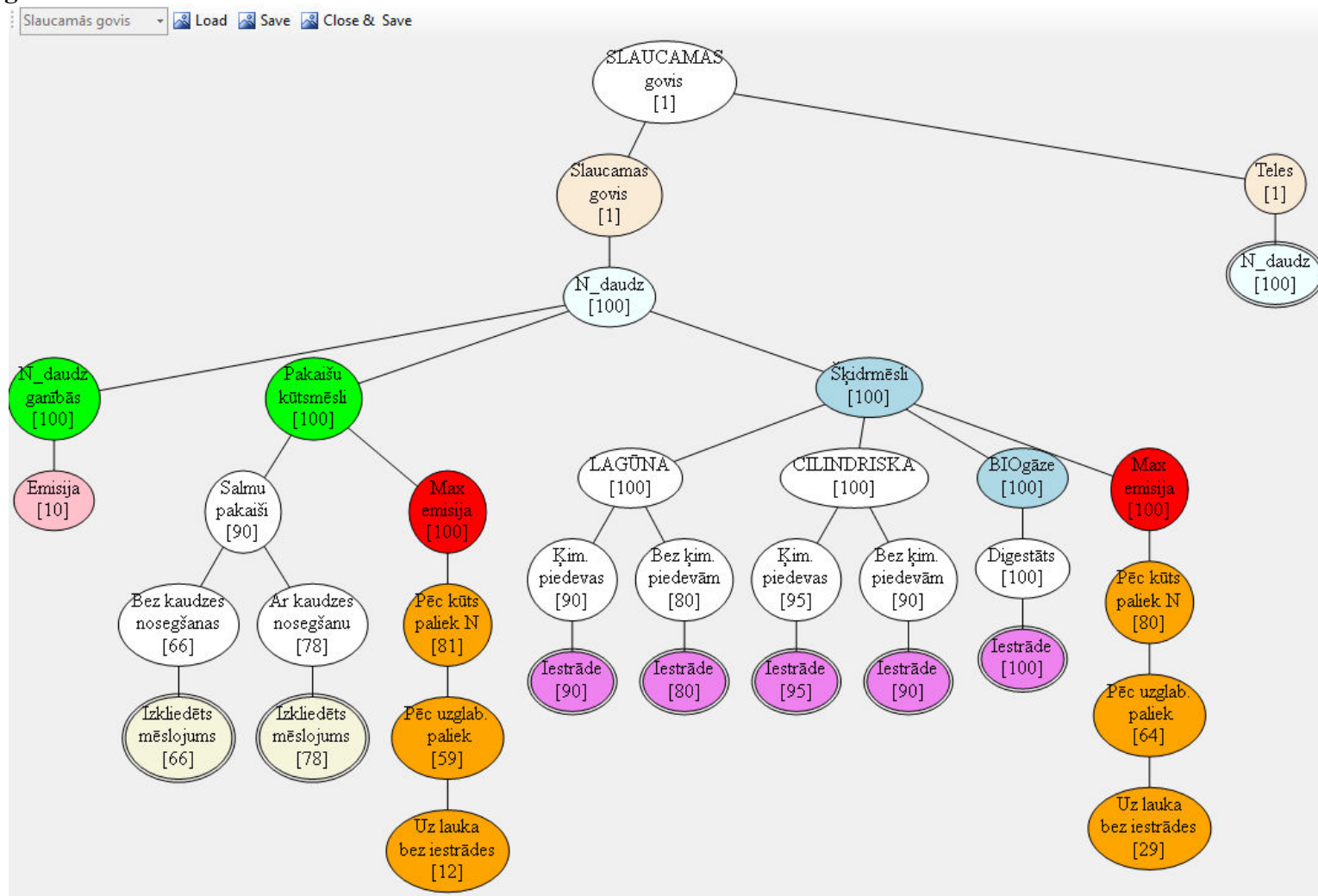
Šo burtu nozīme ir sekojoša: **P** - **prioritāri ieviešams pasākums**; **V** - **vēlāk ieviešams pasākums**; **N** - **noraidāms pasākums**. Bet gadījumā, kad jautājums nav saprotams vai arī respondentam nav sava vērtējuma, lūdzu ielieciēt jautājuma zīmi - ?

Pētījuma objekts

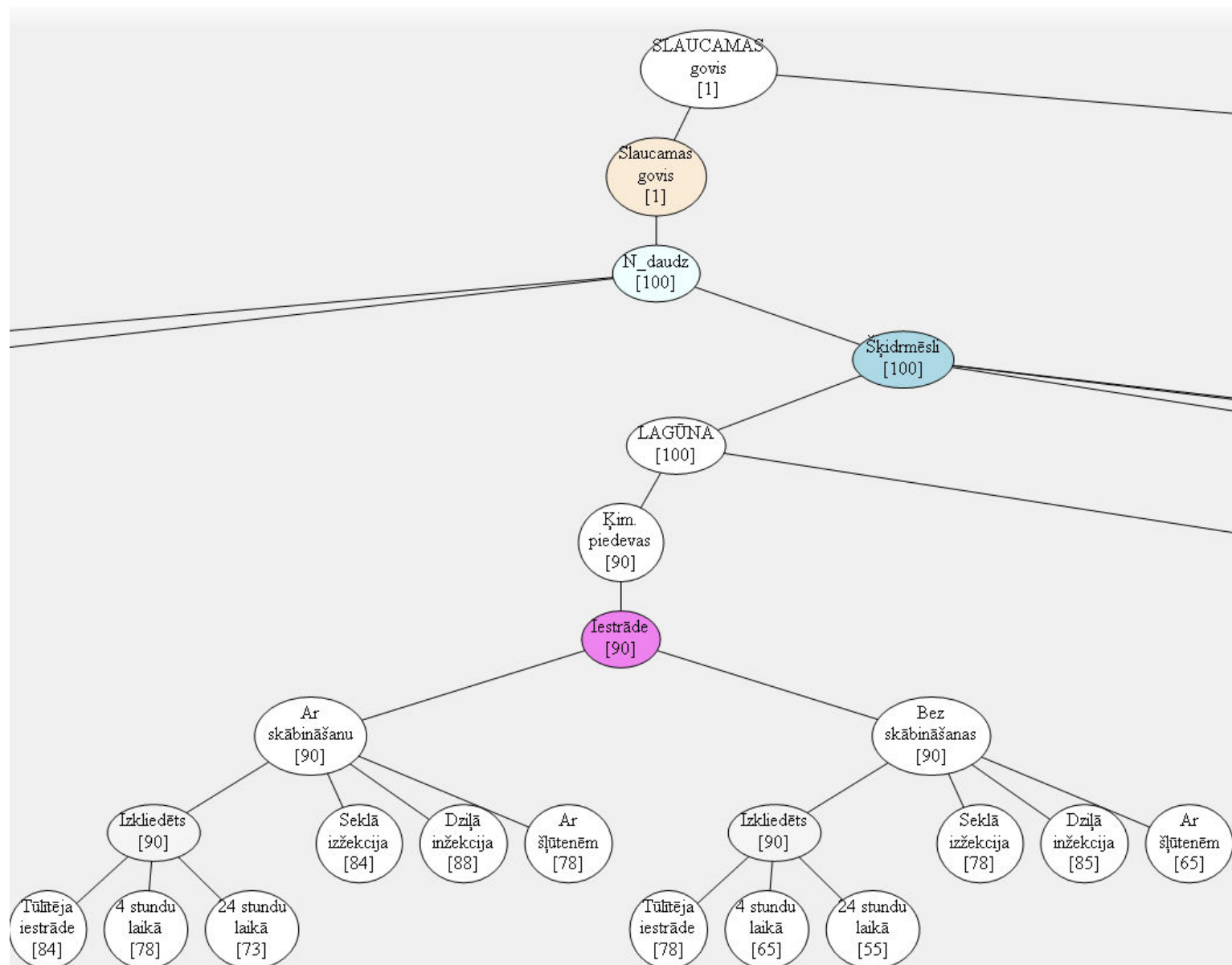
Pasākums	Amonjaka emisiju samazinājums (pēc literatūras),%	Respondentu vērtējums		
		Ieviešana	Izmaksas	Atbalsts

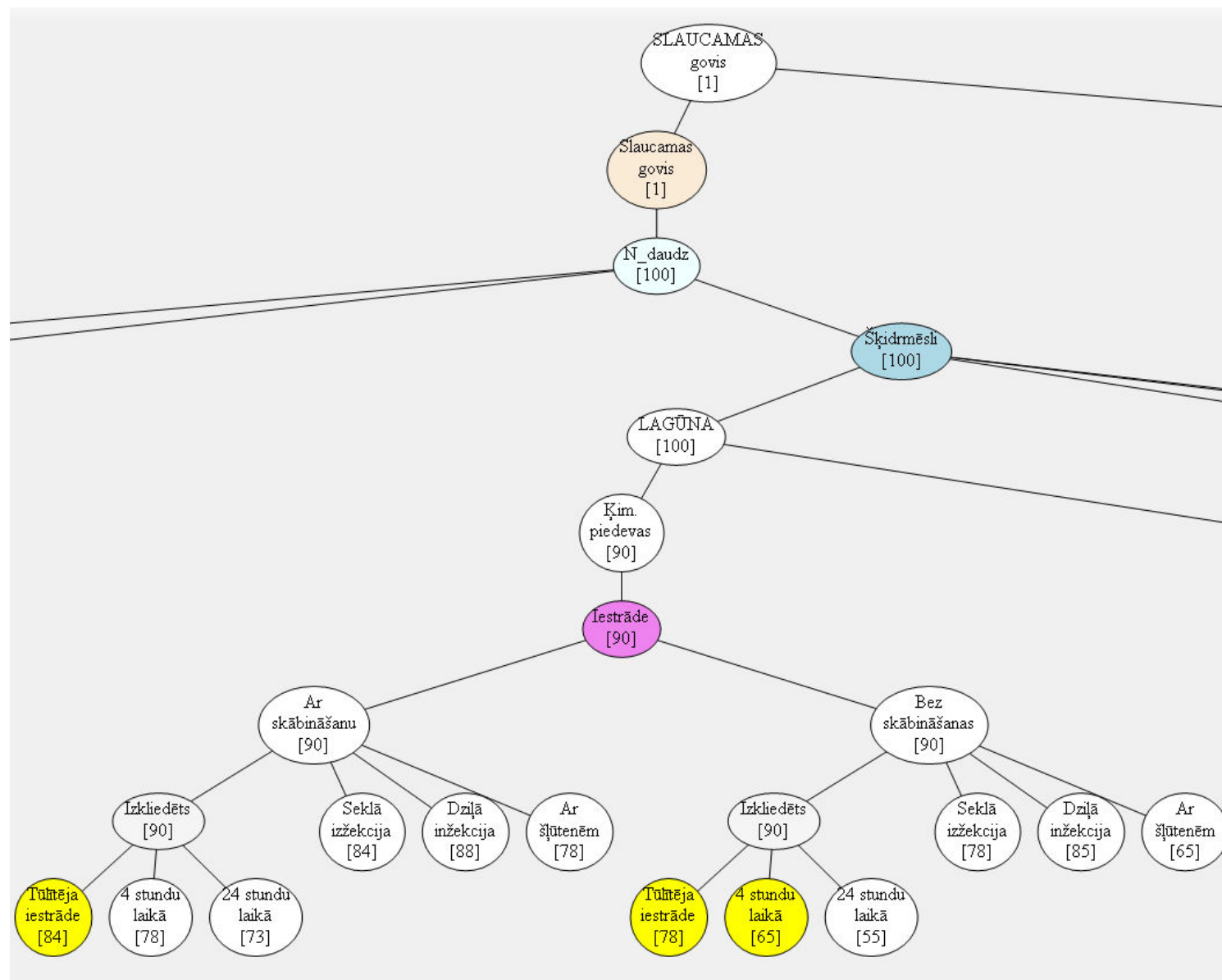
Aprēķinātās slāpekļa atlikuma vērtības

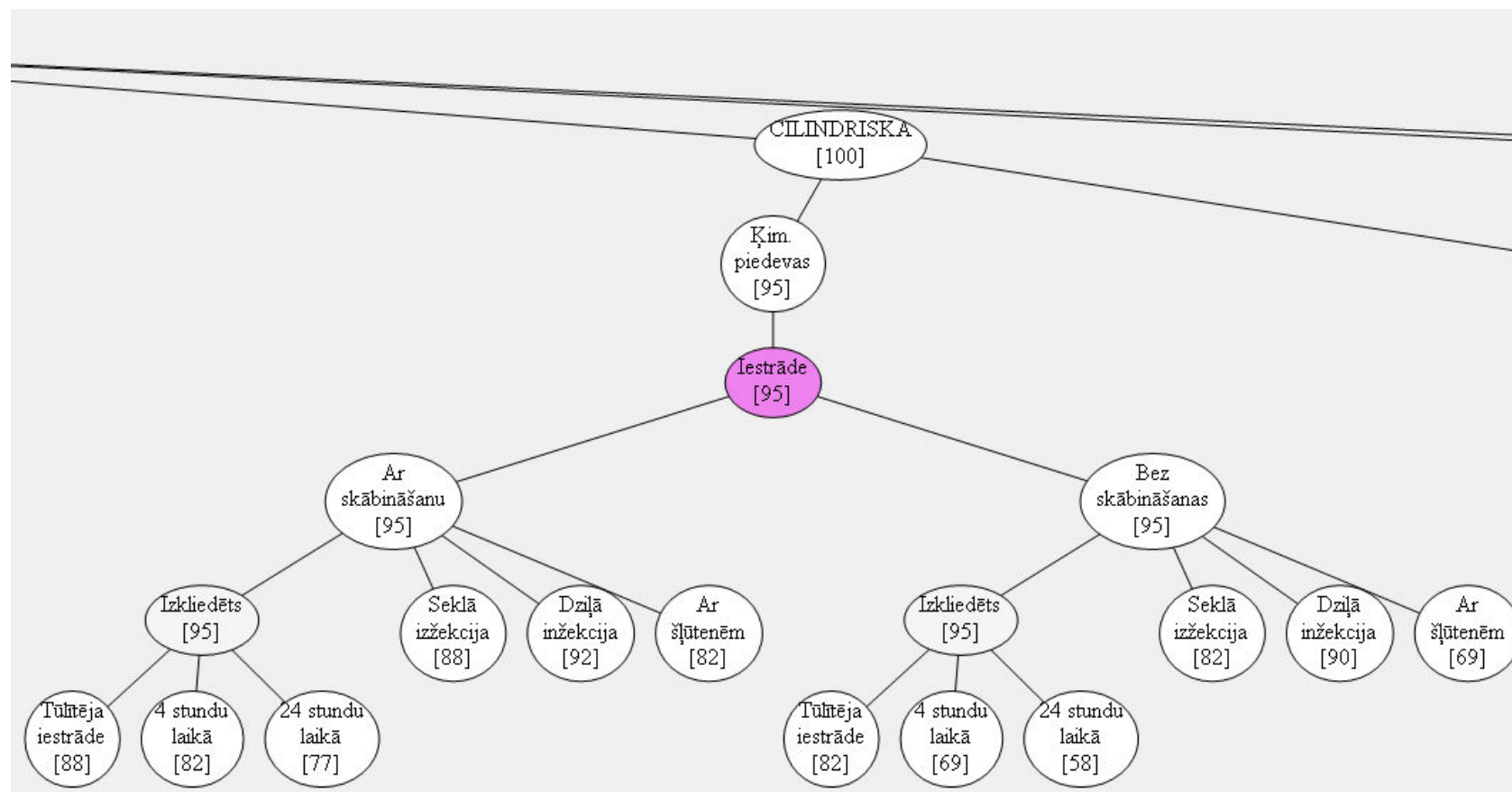
Slaucamās govīs

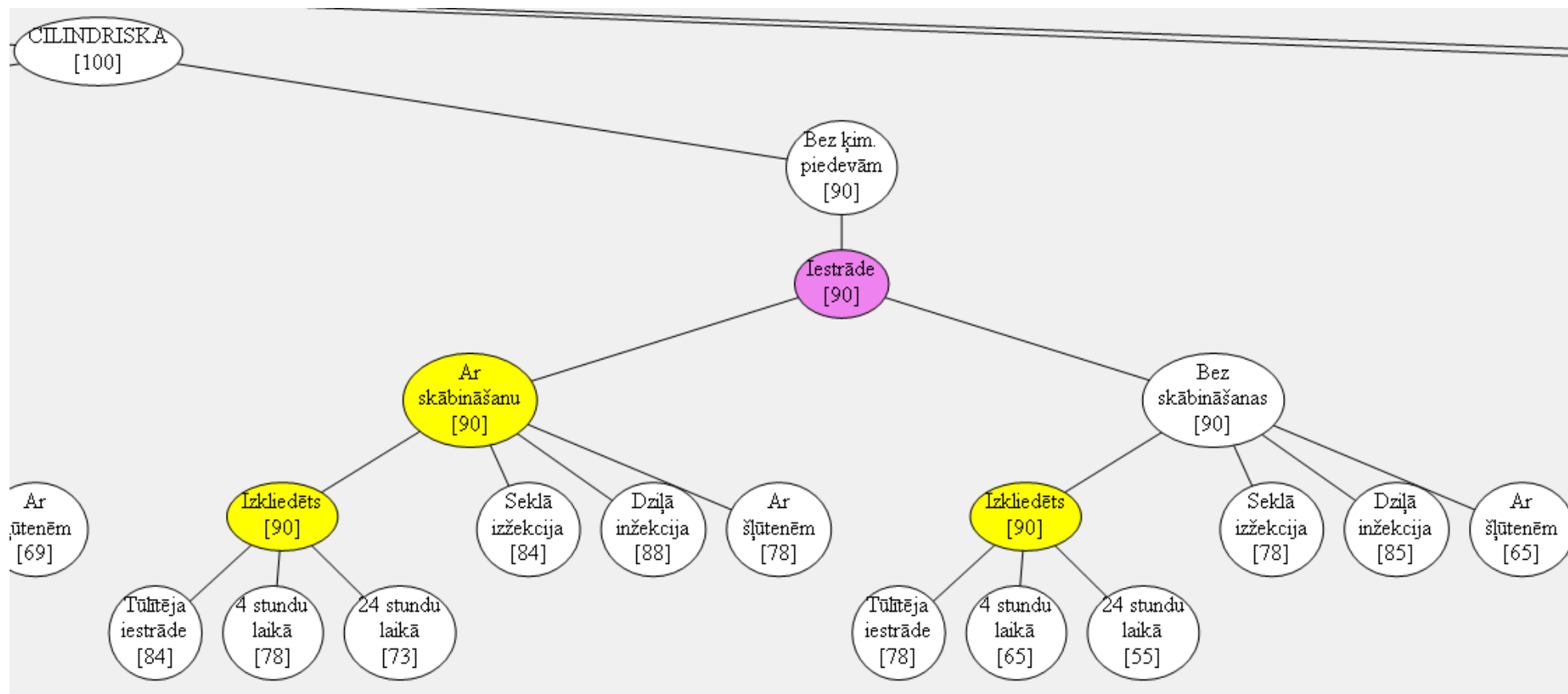


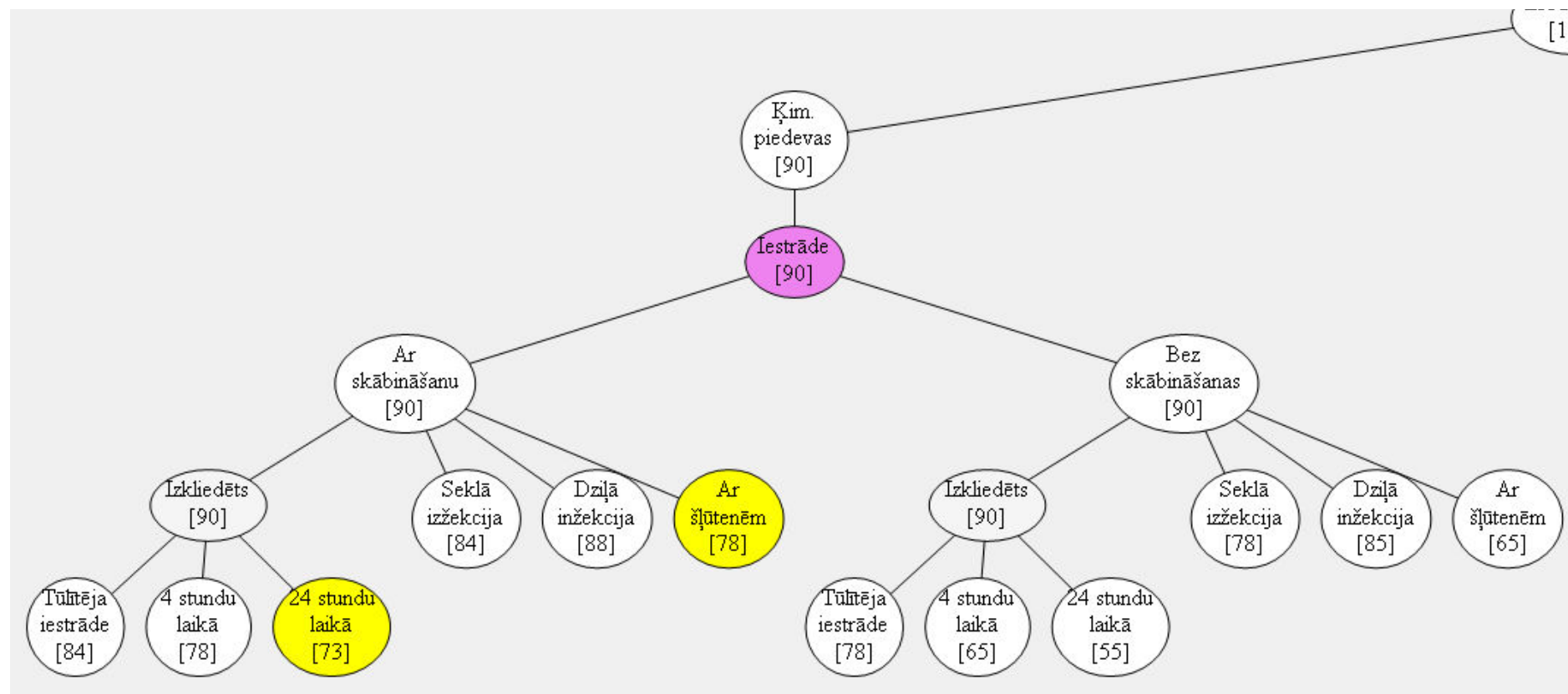


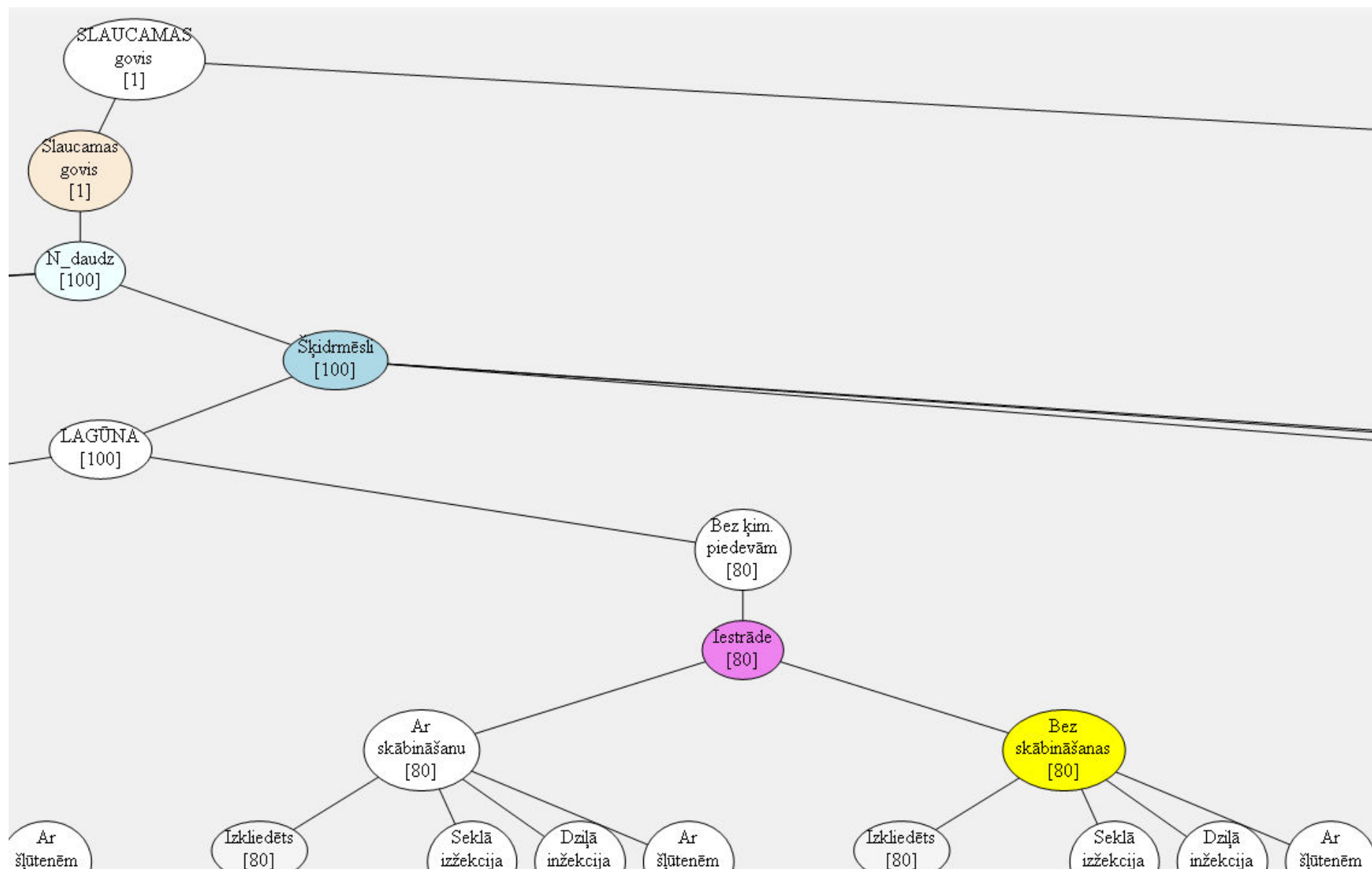


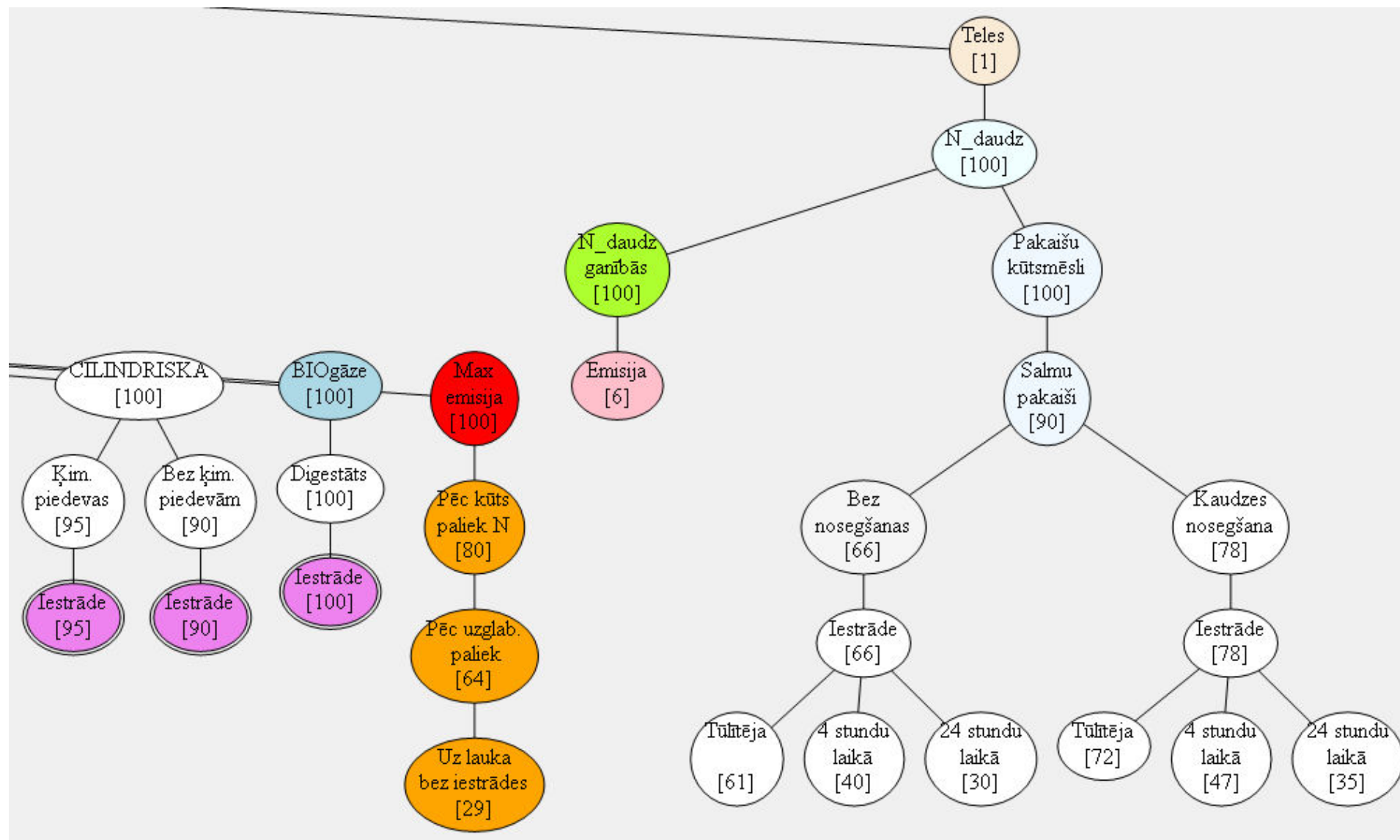


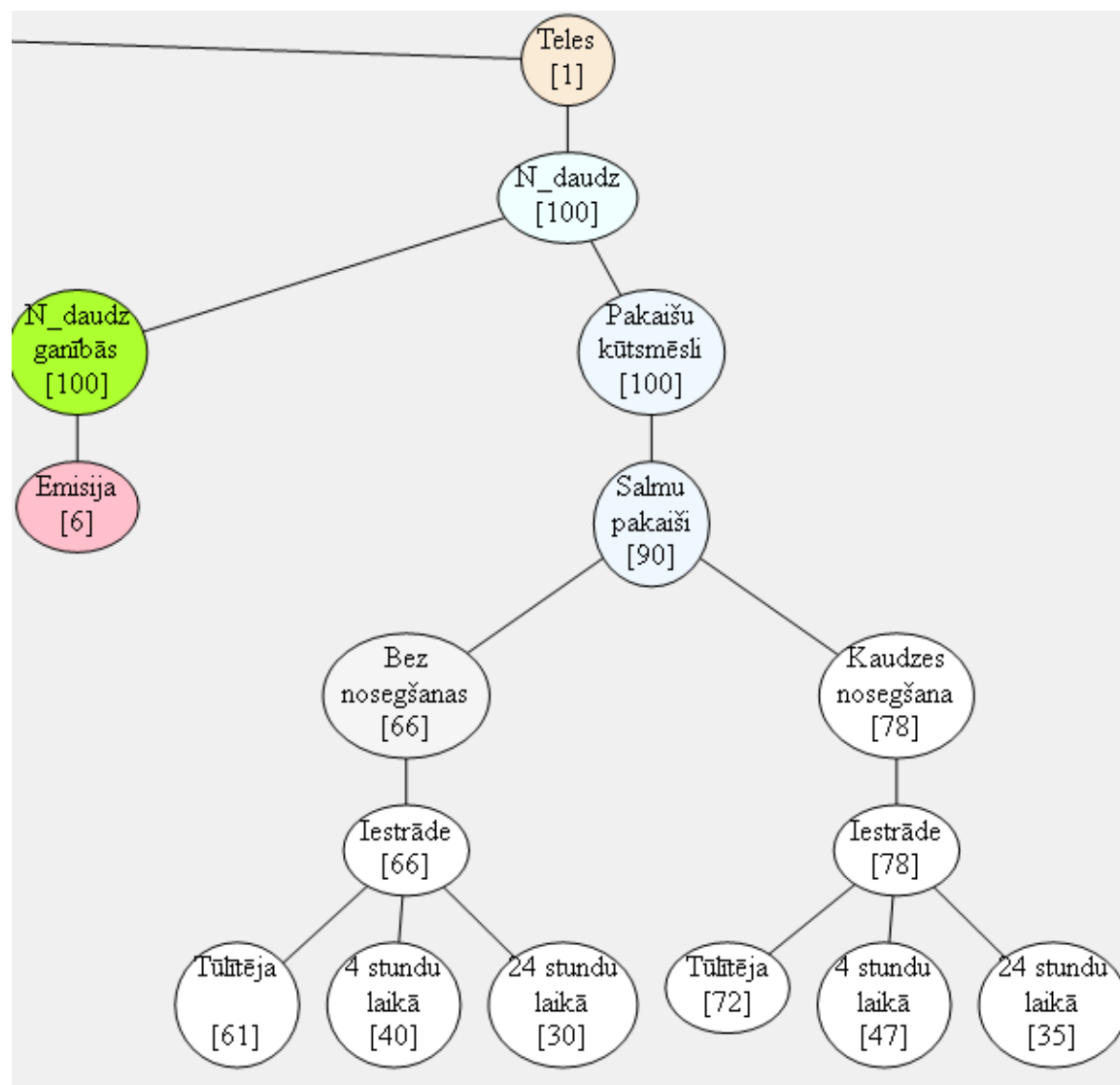


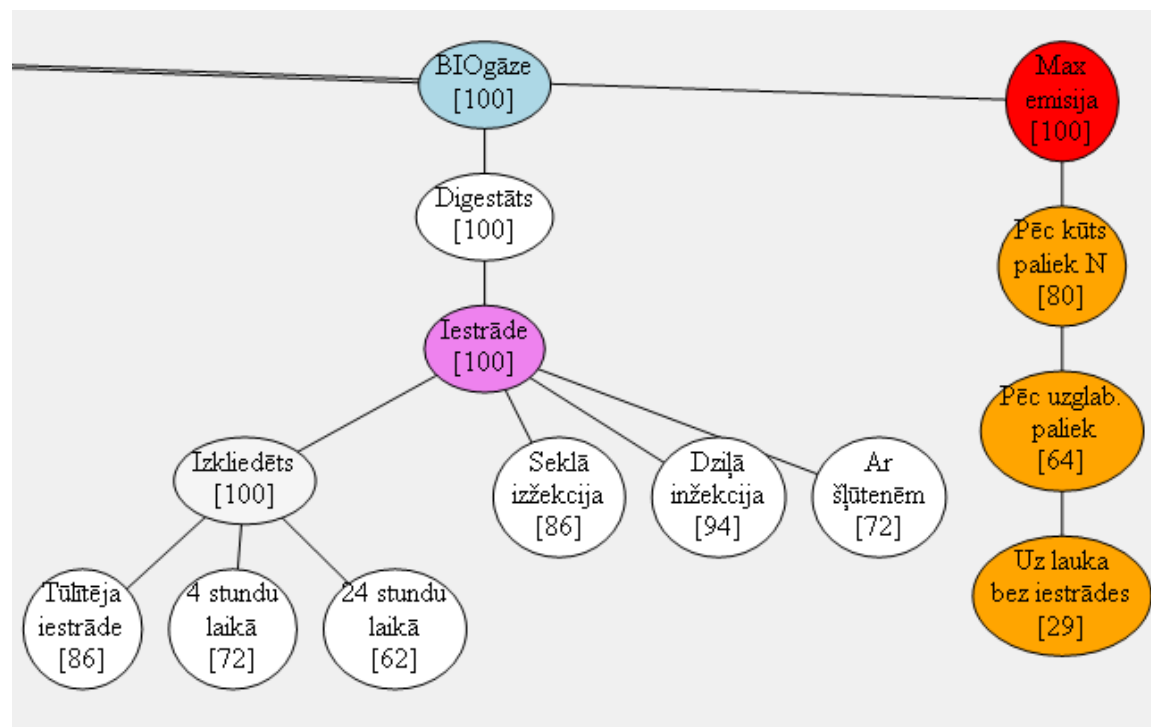




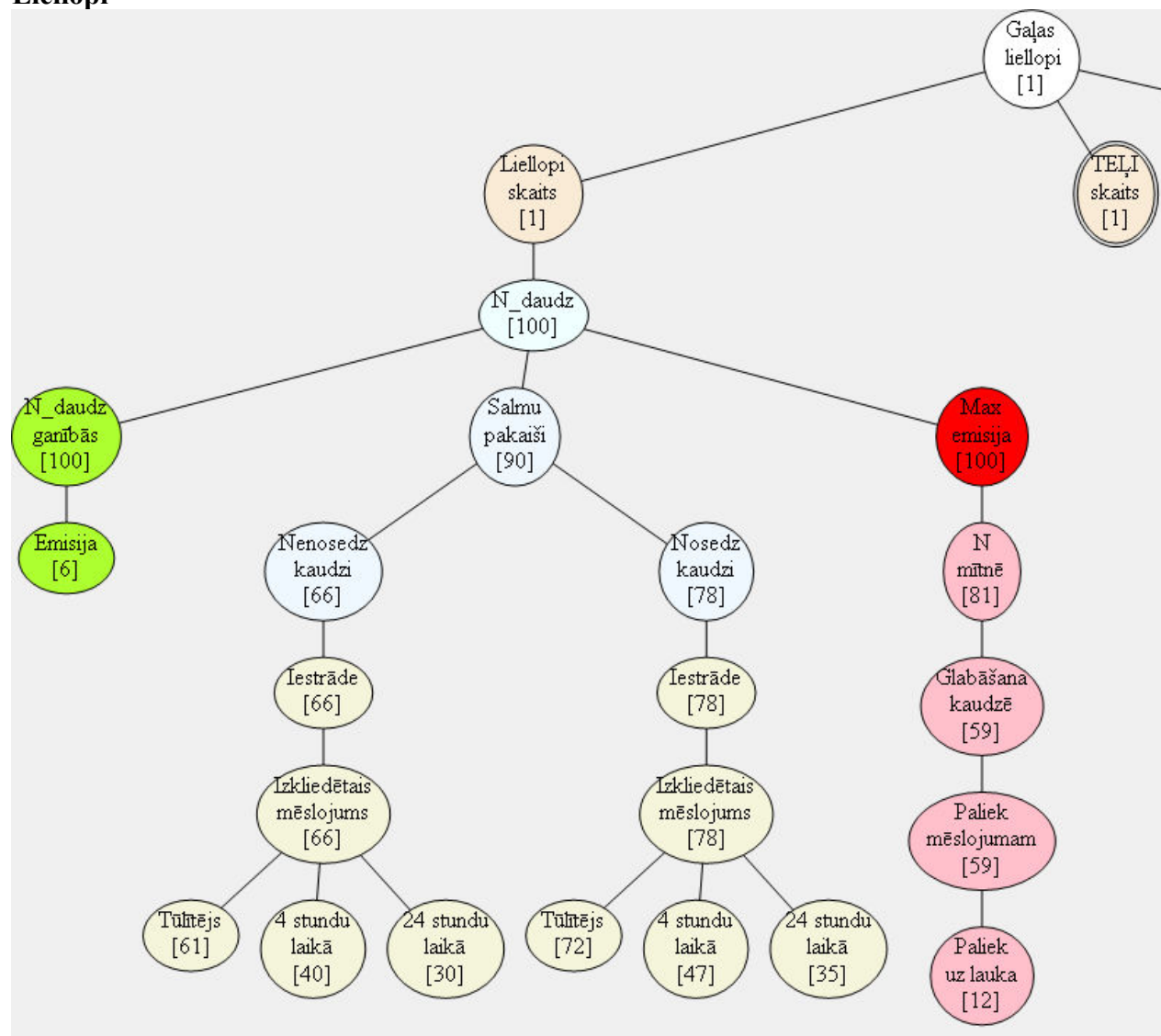


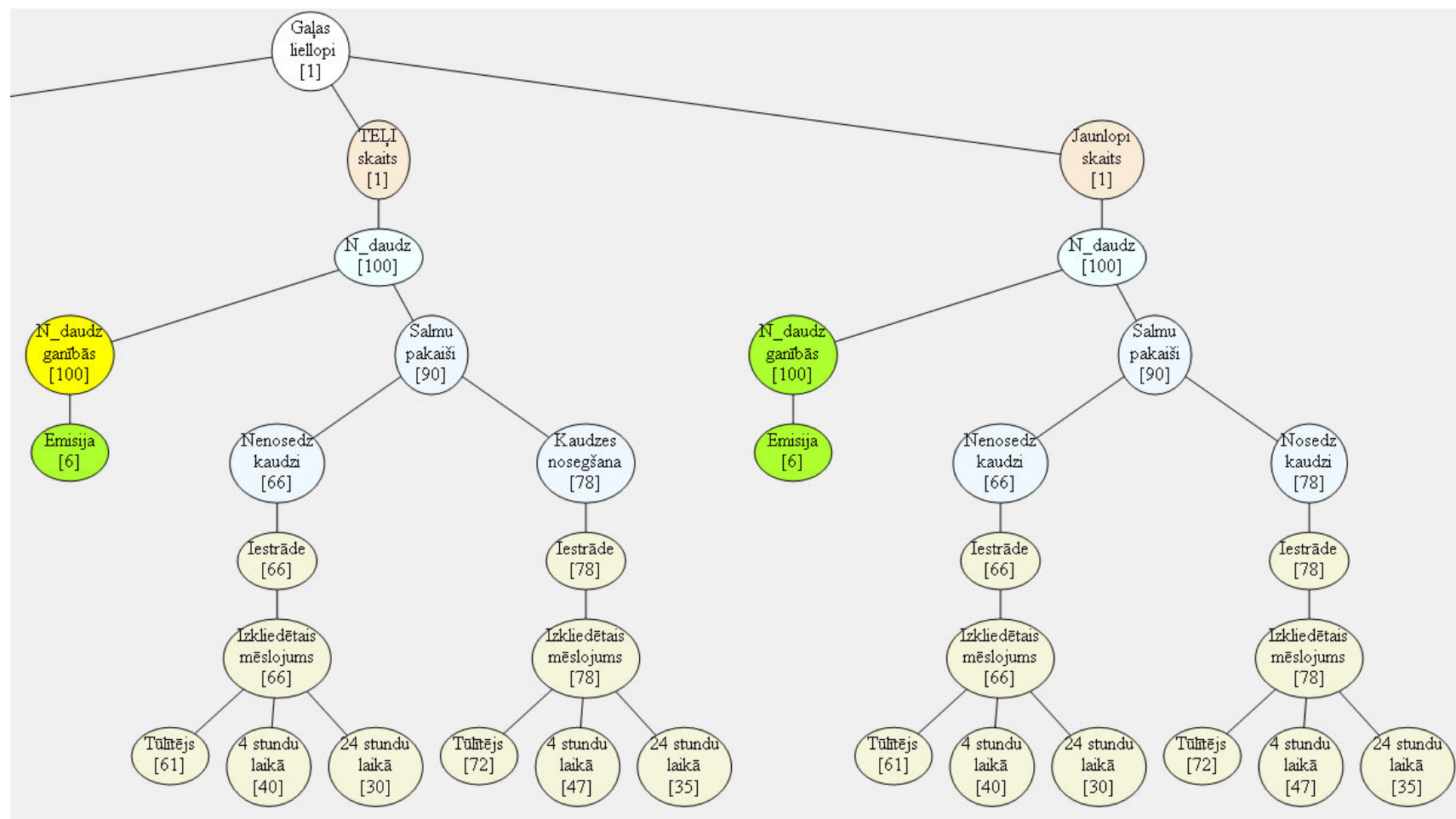


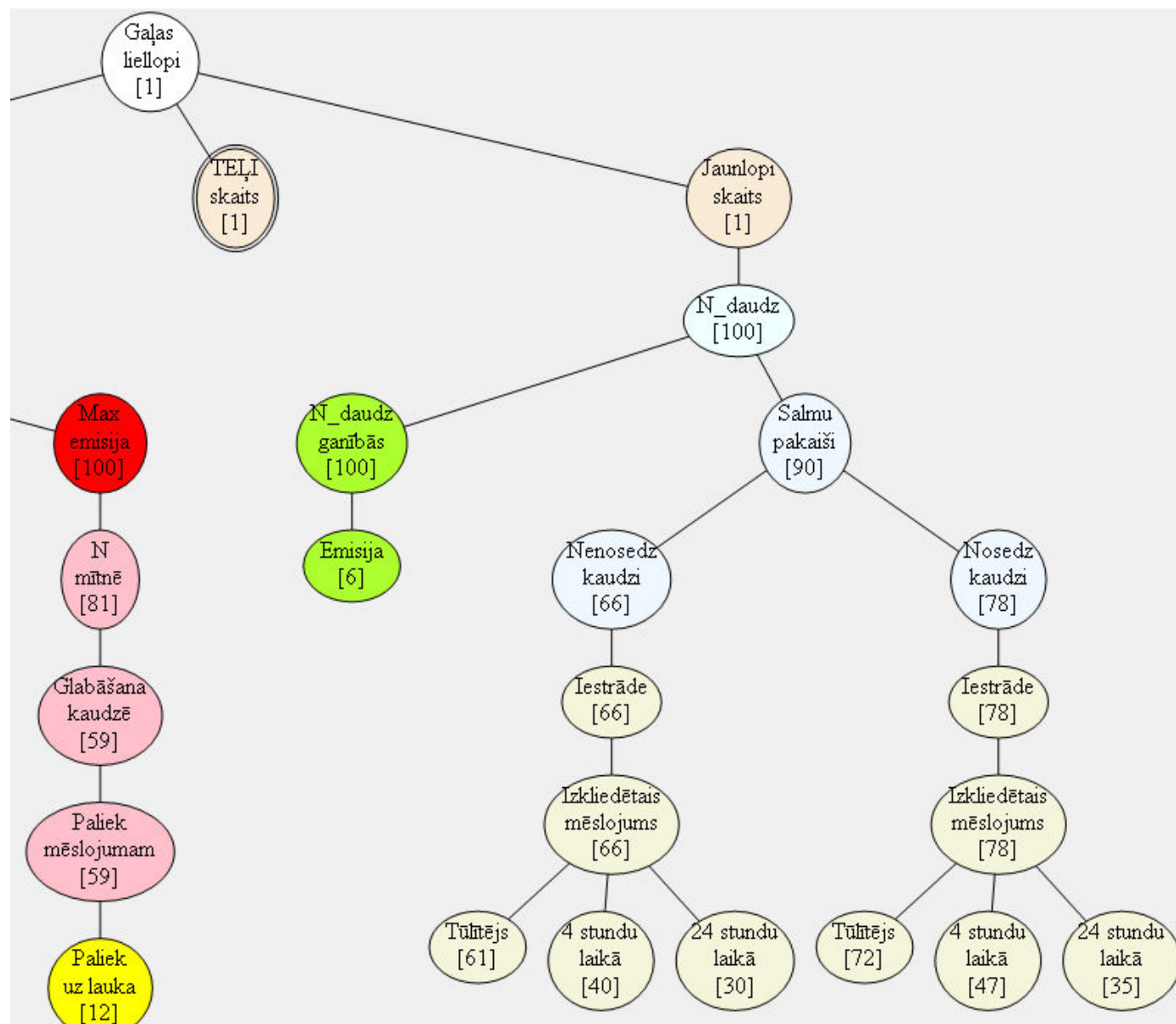




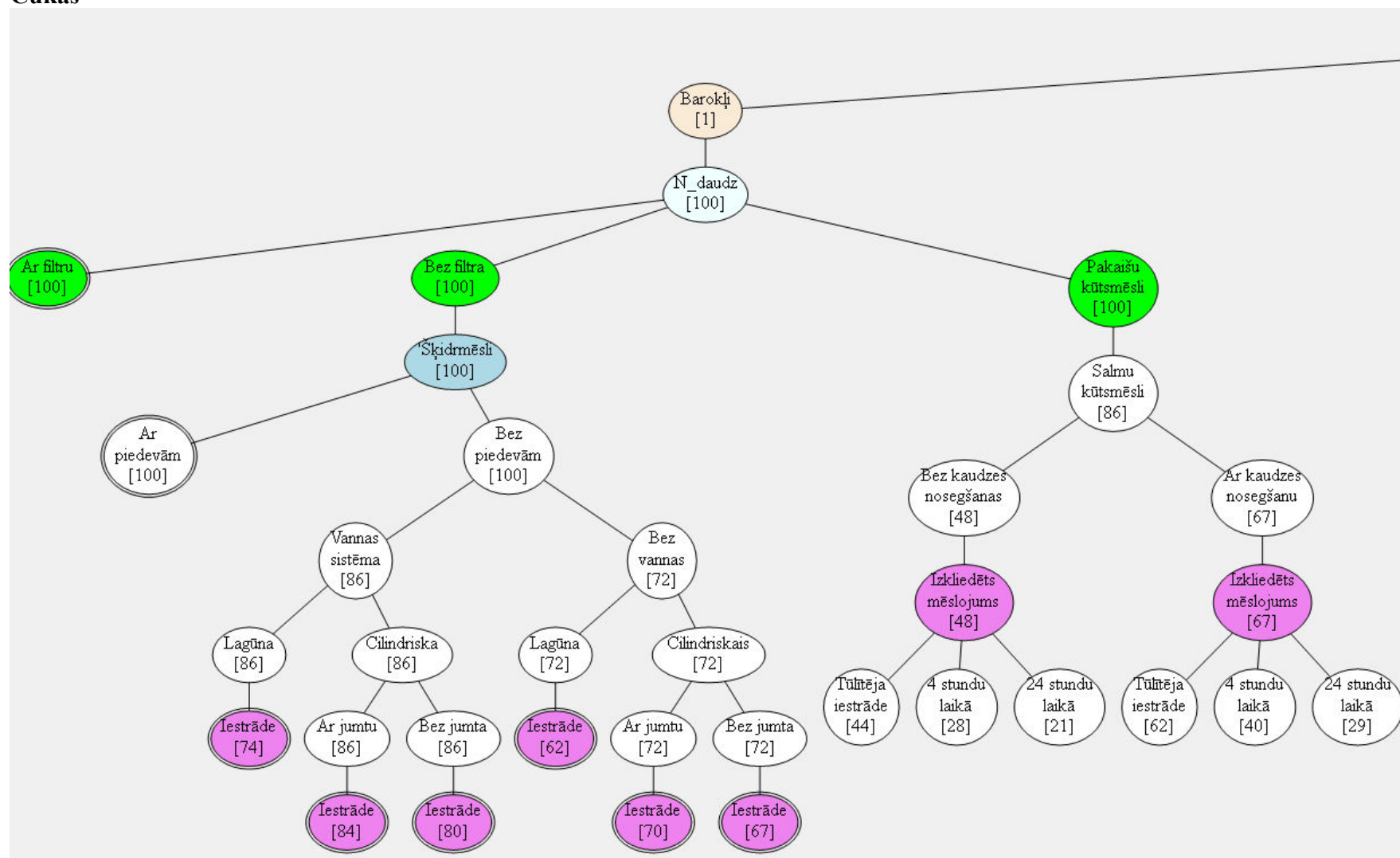
Liellopi

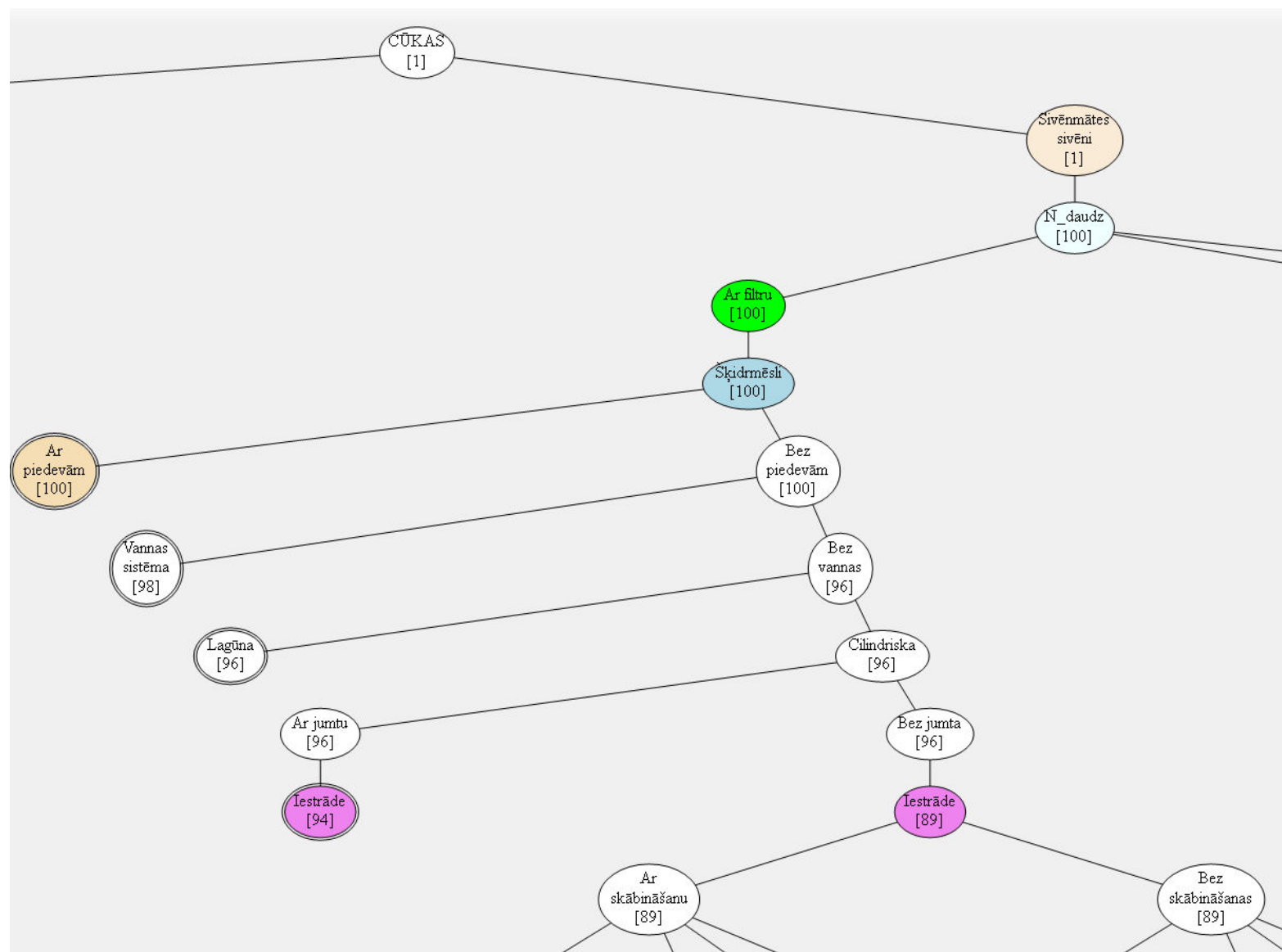


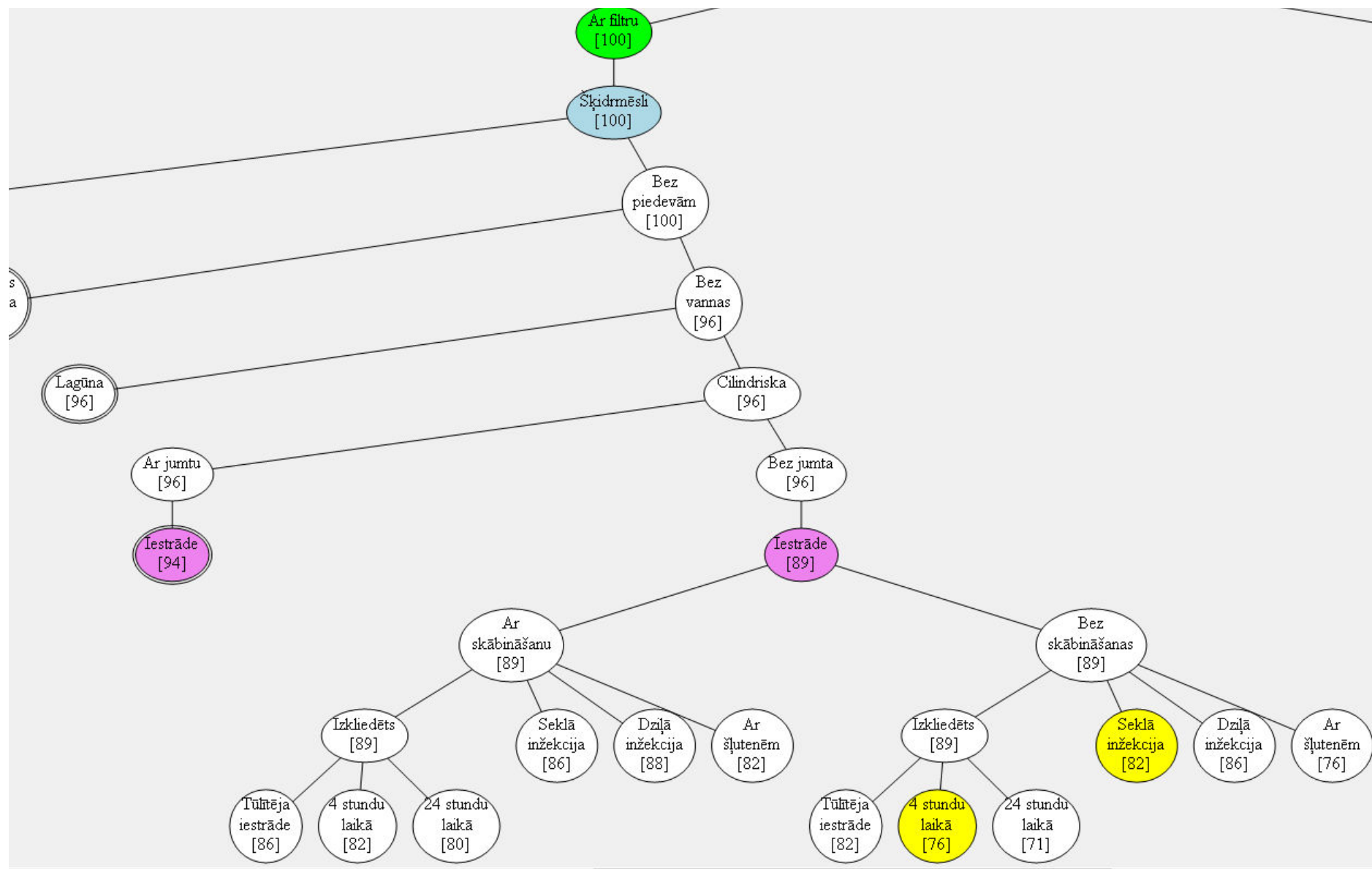


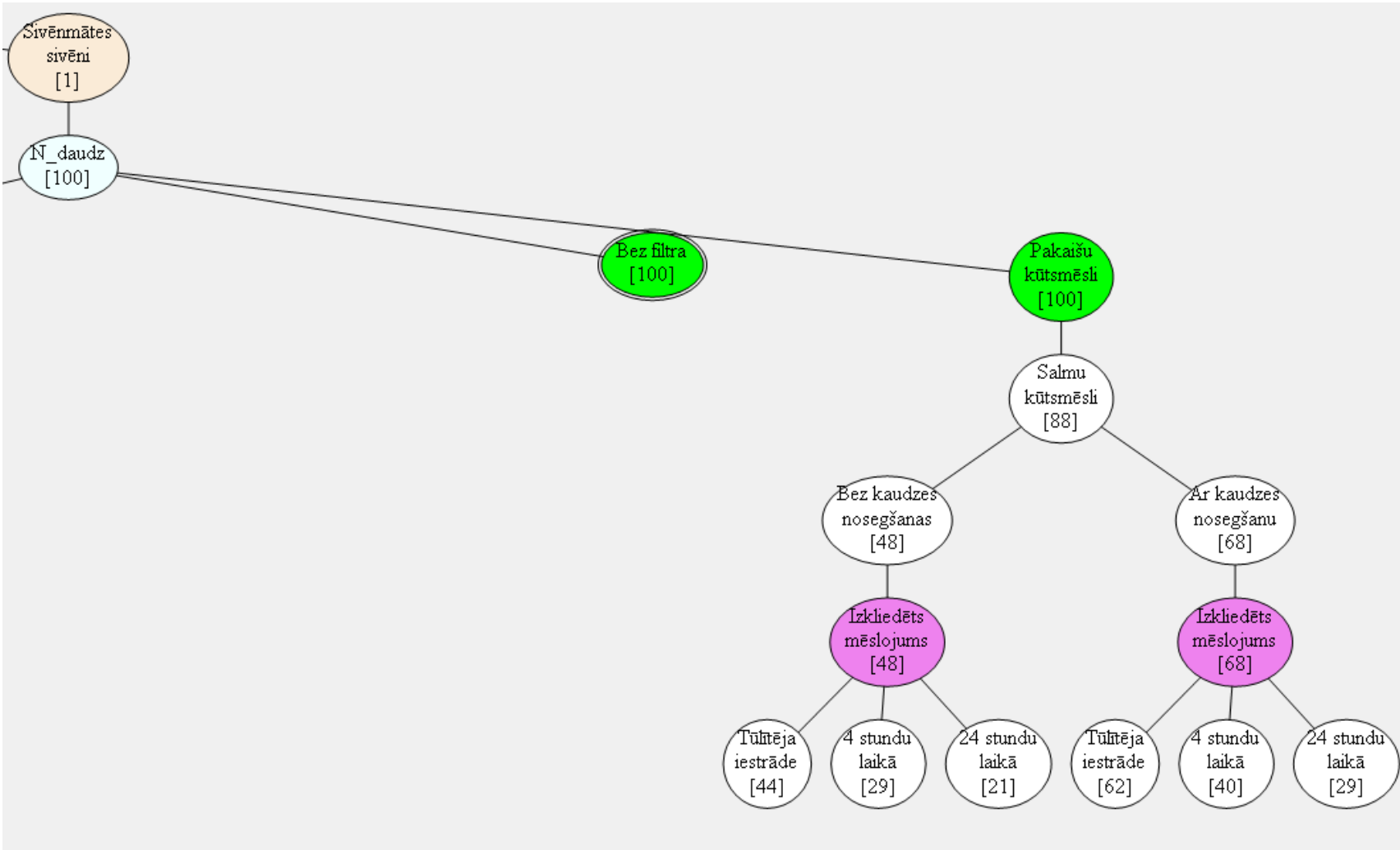


Cūkas

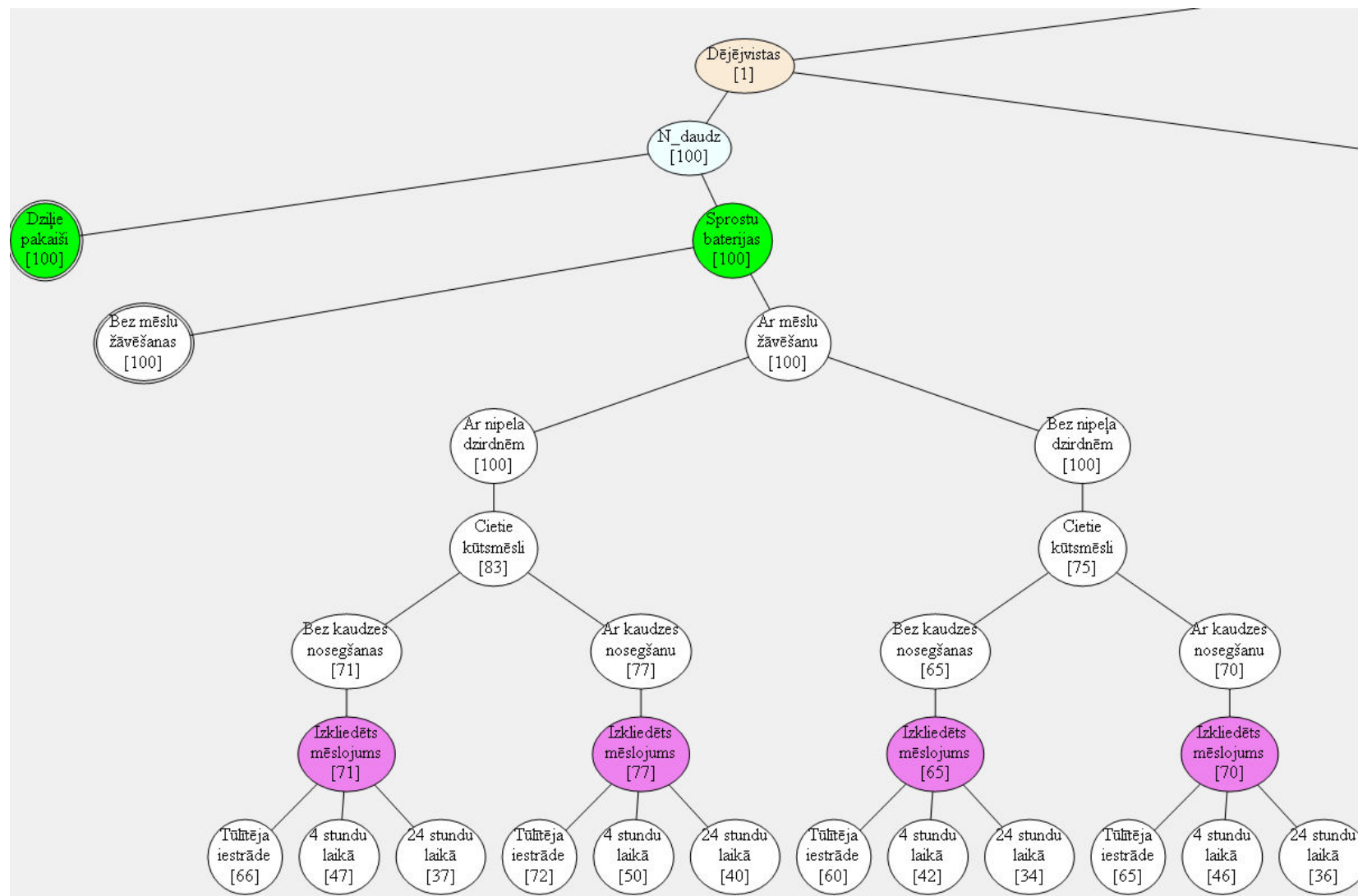


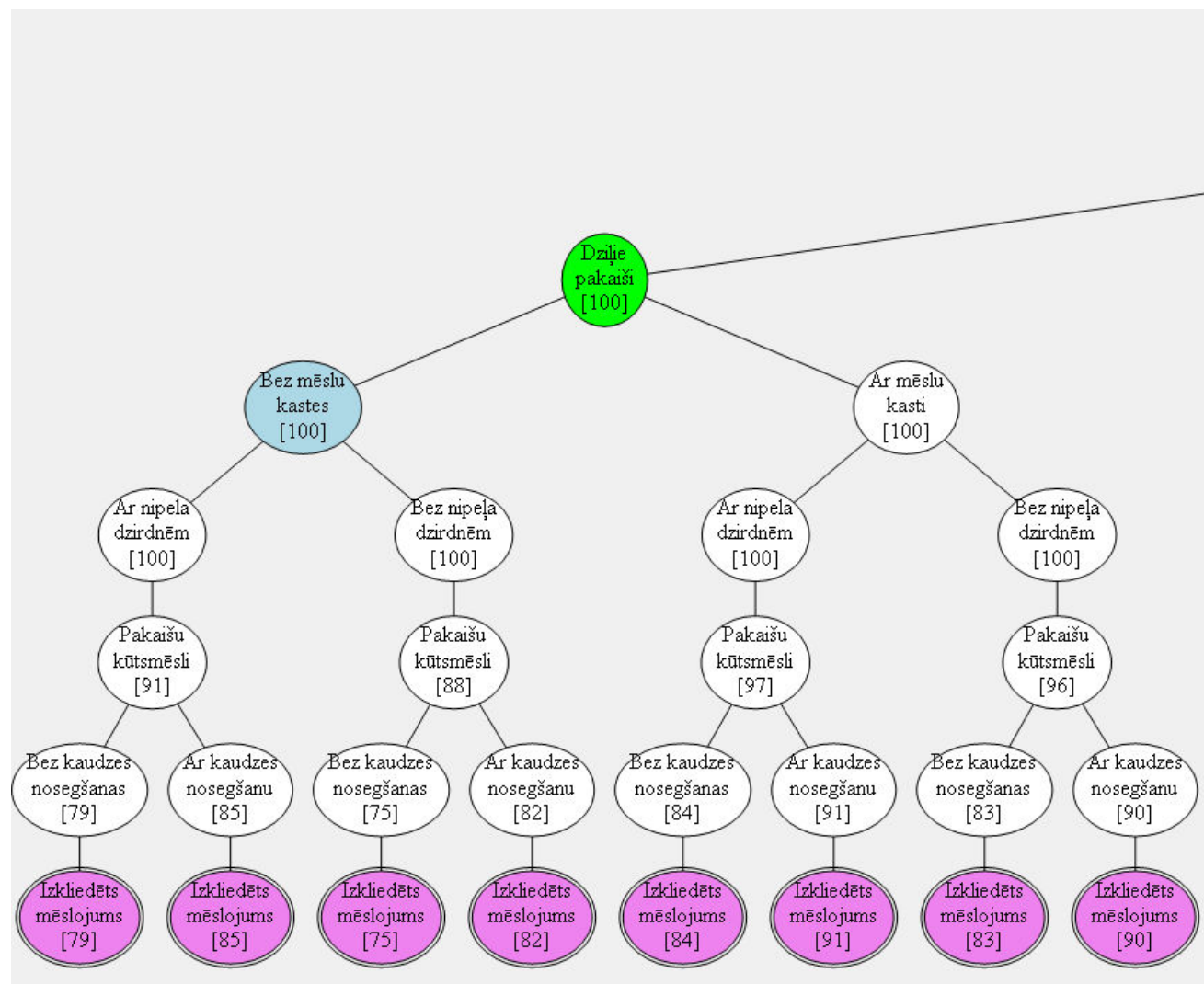


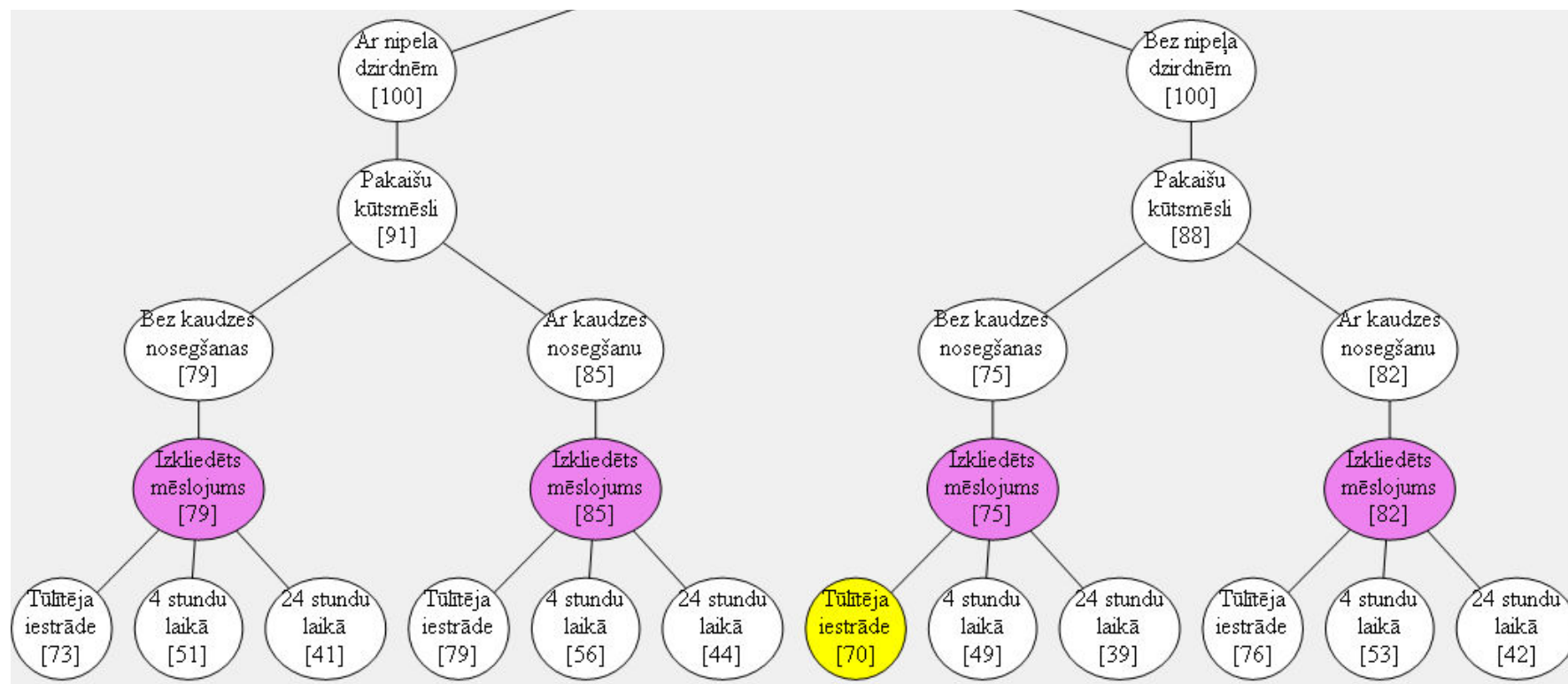


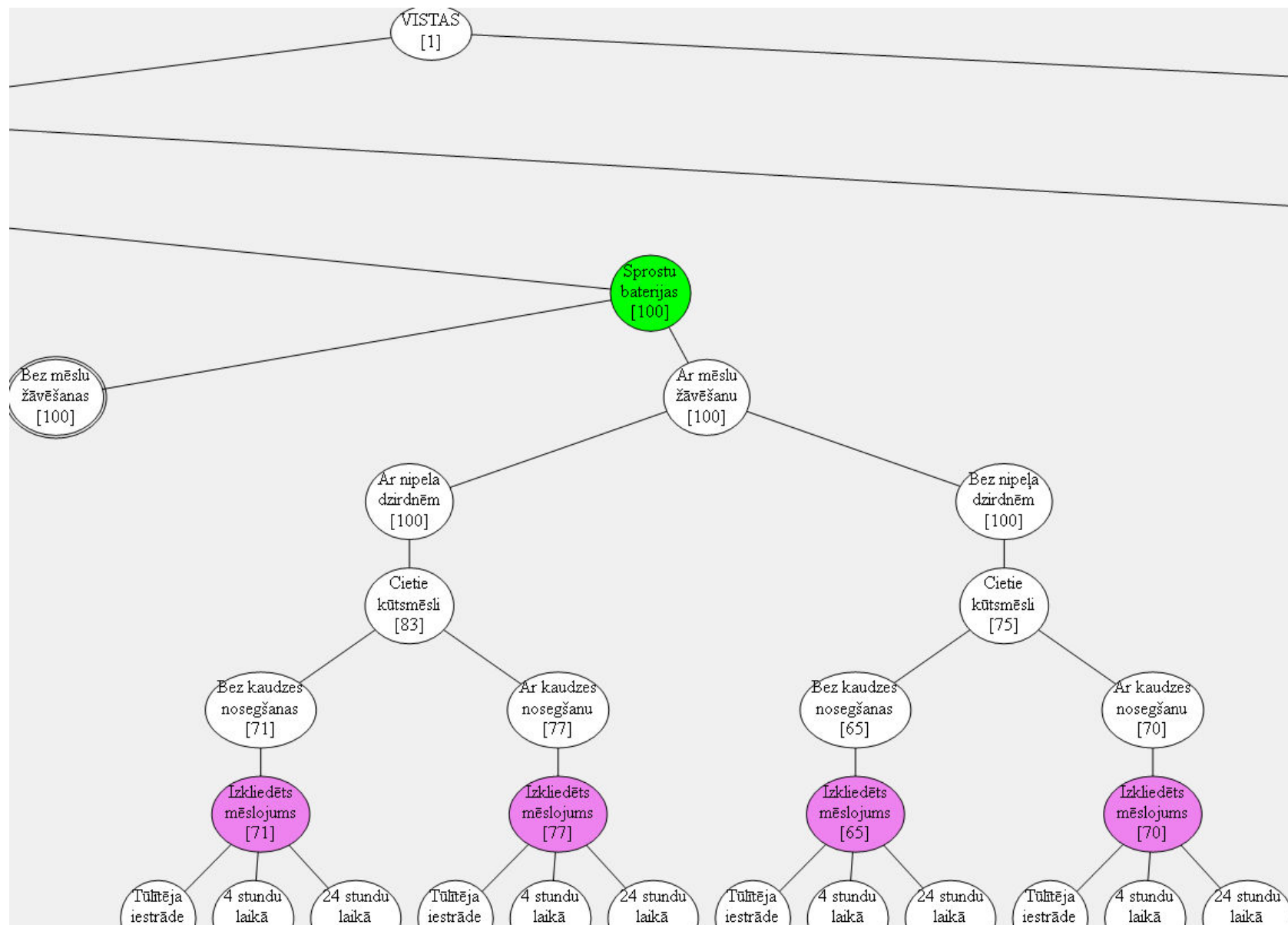


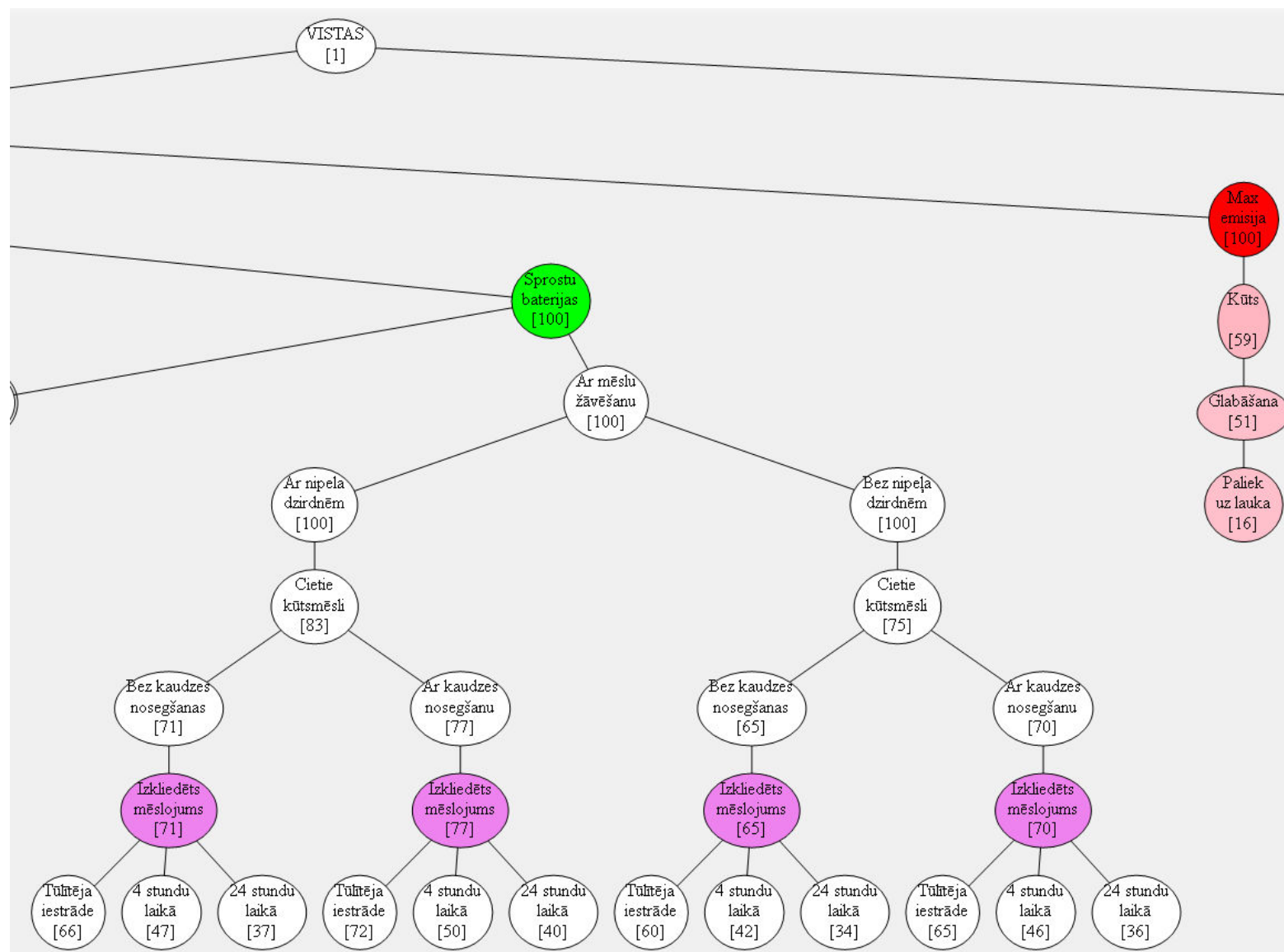
Mājputni - Dējējvistas











Broileri

