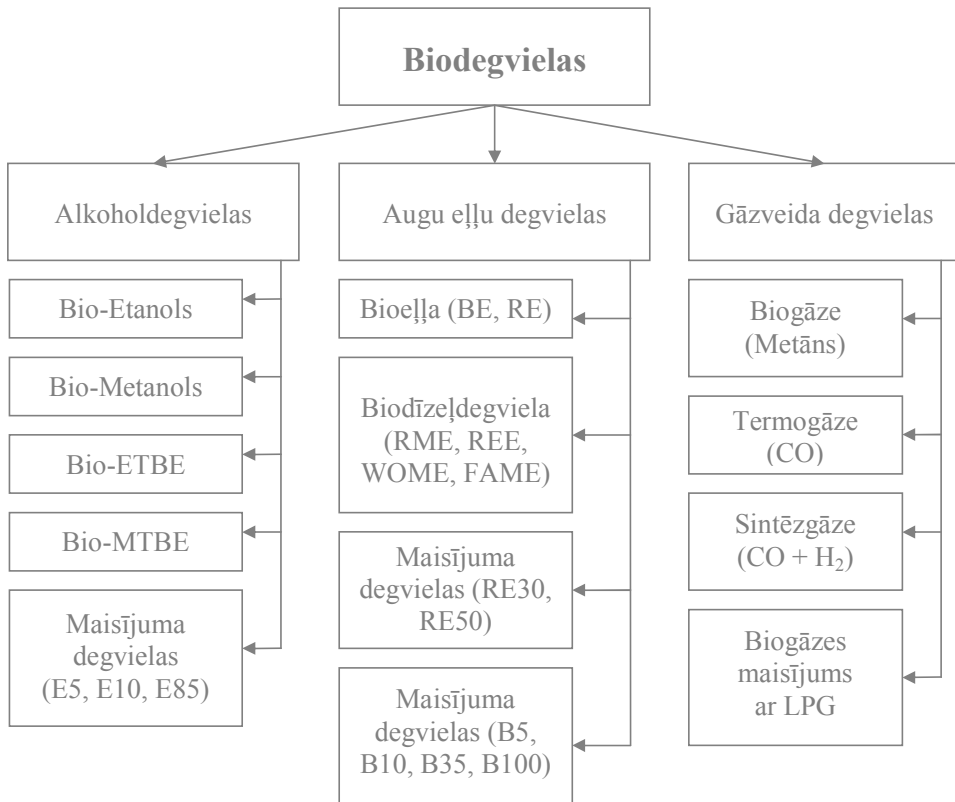




IEKŠDEDZES MOTORU BIODEGVIELAS

Vilnis Gulbis

IEKŠDEDZES MOTORU BIODEGVIELAS

Mācību grāmata

2008



Mācību grāmata sagatavota un izdota ESF projekta „Inženierzinātņu studiju satura modernizācija Latvijas Lauksaimniecības universitātē” ietvaros, projektu līdzfinansē Eiropas Savienība.

Gulbis V. Iekšdedzes motoru biodegvielas. Jelgava: LLU, 2008. – 322 lpp.

Mācību grāmata paredzēta kā pamatstudiju līdzeklis izvēles priekšmeta „Iekšdedzes motoru biodegvielas” apguvei LLU, kā arī citu augstskolu un tehnisko koledžu studentiem. Grāmatā aplūkota tādu biodegvielu kā biodīzeļdegviela, bioetanolis un biogāze ražošana un izmantošana spēkratu motoros, raksturotas to īpašības un LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā veikto pētījumu rezultāti. Apskatītas biomasas gazificēšanas un pirolīzes tehnoloģijas, kuras ir pamatā biosintēzgāzes ražošanai, no kuras savukārt ražo otrās paaudzes biodegvielas. No tām īsumā aplūkota F-T biodīzeļdegviela, dimetilēteris un bioūdeņradis.

ISBN 978-9984-784-48-9

© Vilnis Gulbis
© LLU Tehniskā fakultāte

SATURS

IEVADS	5
1. BIODEGVIELU VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS	7
1.1. Biodegvielu klasifikācija	7
1.2. Biodegvielu īsa vēsture	8
1.3. Biodegvielu attīstība Latvijā	12
1.4. Kontroljautājumi un uzdevumi	18
2. RAPŠA EĻĻA KĀ MOTORDEGVIELA	19
2.1. Rapša eļļas ieguve	19
2.2. Rapša eļļas raksturojums	23
2.3. Rapša eļļas izmantošanas nosacījumi	27
2.4. Kvalitātes prasības rapša eļļai kā motordegvielai	29
2.5. Raša eļļas priekšsildīšanas sistēmas	31
2.6. Rapša eļļas izmantošanas pieredze	35
2.7. Kontroljautājumi un uzdevumi	38
3. BIODĪZEĻDEGVIELA	40
3.1. Biodīzeļdegvielu raksturojums	40
3.2. Biodīzeļdegvielas ražošana no rapša eļļas	43
3.3. Biodīzeļdegvielas ietekme uz motora darba parametriem	62
3.4. Biodīzeļdegvielas ietekme uz motora atgāzu sastāvu	80
3.5. Biodīzeļdegvielas ietekme uz spēkrata detaļām un vidi	85
3.7. Biodīzeļdegvielas kvalitātes nodrošināšana	93
3.8. Kontroljautājumi un uzdevumi	103
4. BIOETANOLS	105
4.1. Bioetanola fizikāli ķīmisko īpašību raksturojums	105
4.2. Bioetanola ieguves tehnoloģija	107
4.3. Bioetanola pielietošanas veidi	114
4.4. Bioetanola ietekme uz oktānskaitli	121
4.5. Pieredze E85 izmantošanā	124

4.6. Kontroljautājumi un uzdevumi	128
5. BIOGĀZE	130
5.1. Biogāzes vispārējs raksturojums	130
5.2. Biogāzes ieguve decentralizētās ražotnēs	135
5.3. Biogāzes ražošana centralizētās rūpnīcās	149
5.4. Biogāzes pielietošana koģenerācijas motorstacijās	151
5.5. Biogāzes izmantošana spēkratos	161
5.6. Kontroljautājumi un uzdevumi	172
6. BIOMASAS TERMOĶĪMISKĀ KONVERSIJA UN KOKGĀZES RAKSTUROJUMS	174
6.1. Termokīmiskās konversijas veidi	174
6.2. Gazificēšanas tehnoloģiju pamatprincipi	183
6.3. Koģenerācijas principi un pielietojums	189
6.4. Eksperimentālās motorstacijas aprēķins un pētījumi	195
6.5. Gāzģeneratora galveno parametru aprēķins	213
6.6. Kokgāzes pievadsistēma un gāzmotora aprīkojums	227
6.7. Ārziemju pieredzes analīze	232
6.8. Kokgāzes izmantošanas prakse	246
6.9. Kontroljautājumi un uzdevumi	255
7. BIODEGVIELU ATTĪSTĪBAS PERSPEKTĪVAS	257
7.1. Otrās paaudzes biodegvielas	257
7.2. Sintētiskā biodīzeļdegviela (F-T degviela)	260
7.3. Ātrās pirolīzes eļļa kā biodegviela	268
7.4. Dimetilēteris kā motordegviela	271
7.5. Ūdeņradis kā motordegviela	273
7.6. Kontroljautājumi un uzdevumi	283
IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI	285
PIELIKUMI	290

IEVADS

Iekšdedzes motoru biodegvielas ir degvielas, ko iegūst no bioloģiski atjaunojamām izejvielām, pamatā no zaļajiem augiem un augu produktiem (graudi, rapša sēklām u.t.t.), kā arī no organiskajiem atkritumiem. Biodegvielu izmantošana praktiski nozīmē, ka biodegvielu veidā motoru darbināšanai tiek izmantota saules enerģija, jo atjaunojamā augu biomasa veidojas fotosintēzes procesā uzkrājot saules enerģiju.

Latvijas Republikas Saeima 2005. gada 21. aprīlī pieņēma "Biodegvielu likumu", kurā, atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvai 2003/30/EK, izvirzīts mērķis - veicināt biodegvielu apriti un nodrošināt, lai līdz 2010. gada 31. decembrim biodegviela veidotu ne mazāk kā 5.75 % no gada laikā transportā patērētās degvielas daudzuma. Līdz ar šī likuma pieņemšanu, tika pavērts ceļš un sākās biodegvielu ražošanas, kā jaunas, perspektīvas tautsaimniecības nozares attīstība Latvijā.

Biodegvielu ražošana un ieviešana aprītē ir ļoti būtisks Latvijas lauku attīstību veicinošs faktors, ļauj apgūt aizlaistās lauksaimniecībā izmantojamās zemes, uzlabo augsnes auglību, rada papildus ienākumus un jaunas darba vietas zemniekiem, veicina investīcijas lauku apvidu attīstībā un jaunu ražošanas uzņēmumu izveidē.

Biodegvielu izmantošana pozitīvi ietekmē arī visu tautsaimniecību kopumā, jo samazina valsts atkarību no importētās fosilās degvielas, kuras krājumi pasaulē izsīkst un cenas strauji aug. Biodegvielu izmantošana samazina arī vides piesārņojumu, jo darbā ar biodegvielām motoru atgāzu toksiskuma līmenis ir ievērojami zemāks.

Biodīzeļdegvielas un bioetanola straujais ražošanas un tirgošanas pieaugums daudzās Eiropas valstīs un citur pasaulē liecina, ka tās izmantošana transportlīdzekļos ir attaisnojusies un iet plašumā. Īpaši strauji biodīzeļdegvielasražošana ir attīstījusies Vācijā (85 % no visās Eiropas Savienības valstīs saražotās biodīzeļdegvielas daudzuma). Desmit gadu laikā (1998-2008) tā ir pieaugusi no 50000 t/g līdz vairāk kā 2 milj. t/g. Bioetanola ražošana strauji attīstās Francijā un Zviedrijā.

Zviedrijas valdība nākusi klajā ar paziņojumu, ka plāno tuvāko piecpadsmit gadu laikā, pilnīgi atteikties no naftas izcelsmes degvielas pielietošanas spēkratos,

pārejot uz biodegvielu izmantošanu. Zviedru autobūves uzņēmumi „Saab” un „Volvo” ar valdības atbalstu intensīvi strādā pie tādu vieglo un kravas automobiļu izstrādes, kuri pilnībā darbosies ar bioetanolu, biogāzi vai cita veida biodegvielām. Lauksaimniecībā, mežsaimniecībā un ceļu būvē spēkratiem paredz izmantot arī biodīzeļdegvielu no rapša. Izvērtējot biodegvielu ražošanas un pielietošanas pieredzi Eiropas Savienības valstīs varam secināt, ka Latvijā patreizējā periodā piemērotākie biodegvielu veidi ir biodīzeļdegviela (rapša metilēsteris), bioetanolis un biogāze. Zviedrijas pieredze rāda, ka var būt nopietnas alternatīvās enerģijas avots netikai koģenerācijas motorstacijās, bet arī transportā pilsētu autobusus un specializētajos kravas automobiļos.

Lielas perspektīvas pētnieki ES paredz tā saucamām otrās paaudzes biodegvielām jeb BTL degvielām (Biomass to liquid), kuras tiek iegūtas sašķidrinot koksni u.c. veida biomasu. Biomasas sašķidrināšanas tehnoloģijas bāzējas uz gazificēšanas un pirolīzes procesiem, tādēļ arī šo procesu analīzei veltīta īpaša uzmanība. Apskatītas arī tādas otrās paaudzes biodegvielas kā ūdeņraža no biomasas ieguves un izmantošanas iespējas.

1. BIDEGVIELU VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

1.1. Biodegvielu klasifikācija

Biodegviela ir iekšdedzes motoros izmantojama šķidrā vai gāzveida degviela, ko iegūst no biomasas.

Biomasa ir bioloģiski noārdāma frakcija lauksaimniecības, mežsaimniecības un ar tām saistīto nozaru produktos, atkritumos un atliekās (tostarp augu un dzīvnieku izcelsmes vielas), kā arī bioloģiski noārdāma frakcija rūpniecības un sadzīves atkritumos.

Līdz šim plaši ražotas un izmantotas biodegvielas ir rapša, biodīzeļdegviela, bioetānols, biogāze un termogāze. Šīs biodegvielas pieņemts saukt par pirmās paaudzes biodegvielām.

Turpmākajos 10 - 20 gados pirmās paaudzes biodegvielu izmantošana spēkratos turpinās palielināties, tādēļ šīm biodegvielām šajā mācību grāmatā veltīta galvenā vērība. Tajā pašā laikā tiek izstrādāti un attīstās jauni biodegvielu veidi, kā, piemēram, biosintētiskās jeb BTL (Biomass to liquid) degvielas, FT (Fišera - Tropša) degvielas, Bio-Dimetil-Ēteris (DME), bioūdeņradis u.c. biodegvielas, kuras dēvē par otrās paaudzes biodegvielām. Tās īsumā aplūkotas atsevišķā sadaļā.

Galveno biodegvielu veidu pamatdefinīcijas ir sekojošas:

- *bioeļļa* – eļļas augu jēleļļa, kas iegūta ar presēšanu, ekstrakciju vai citu līdzīgu procedūru, nav vai ir rafinēta, bet nav ķīmiski modificēta*;
- *biodīzeļdegviela* – metilesteris vai etilesteris, ko iegūst no augu eļļas vai dzīvnieku taukiem, kam dīzeļdegvielas īpašības un ko var izmantot iekšdedzes motoros par degvielu;

* - Eiropas Komisijas 08.02.2006. paziņojumā „ES stratēģija biodegvielu jomā SEK (2006) 142” (skat. 4. pielikuma) ir norādīts, ka eļļas augu jēleļļa var tikt pielietota kā biodegviela motoros, ja vien tiek ievērotas prasības atgāzu emisijai.

- *bioetanol*s – etanols, ko iegūst no biomasas vai bioloģiski noārdāmās atkritumu frakcijas, kas ir dehidrēts, denaturēts un paredzēts izmantošanai par motordegvielu, kā arī atvasināto un maisījuma degvielu ražošanai;
- *biogāze* – deggāze (pamatā metāns CH_4), ko iegūst no pusšķidrās biomasas fermentācijas ceļā;
- *termogāze* – deggāze (pamatā oglekļa monoksīds CO), ko iegūst cietās biomasas termokīmiskās konversijas ceļā;
- *sintēzgāze* – termogāzes paveids, ko iegūst biomasas termokīmiskās konversijas procesā, kā daļēju oksidētāju izmantojot skābekli un pārkarsētu tvaiku un iegūstot deggāzi ar paaugstinātu siltumspēju ($\text{CO} + \text{H}_2$).

Kā redzams no dotās biodegvielu klasifikācijas shēmas (1. att.), bez minētajiem galvenajiem biodegvielu veidiem, pielieto arī atvasinātās biodegvielas Bio-ETBE (etiltrešbutilēteri) un Bio-MTBE (metiltrešbutilēteri), kuras iegūst sajaucot bioetanolu (48 % pēc tilpuma) vai metanolu (36 % pēc tilpuma) ar butanolu augstā temperatūrā katalītiskā procesā. Šīs atvasinātās degvielas izmanto galvenokārt kā 15 % piedevas benzīnam maisījuma degvielu pagatavošanai ottomotoriem.

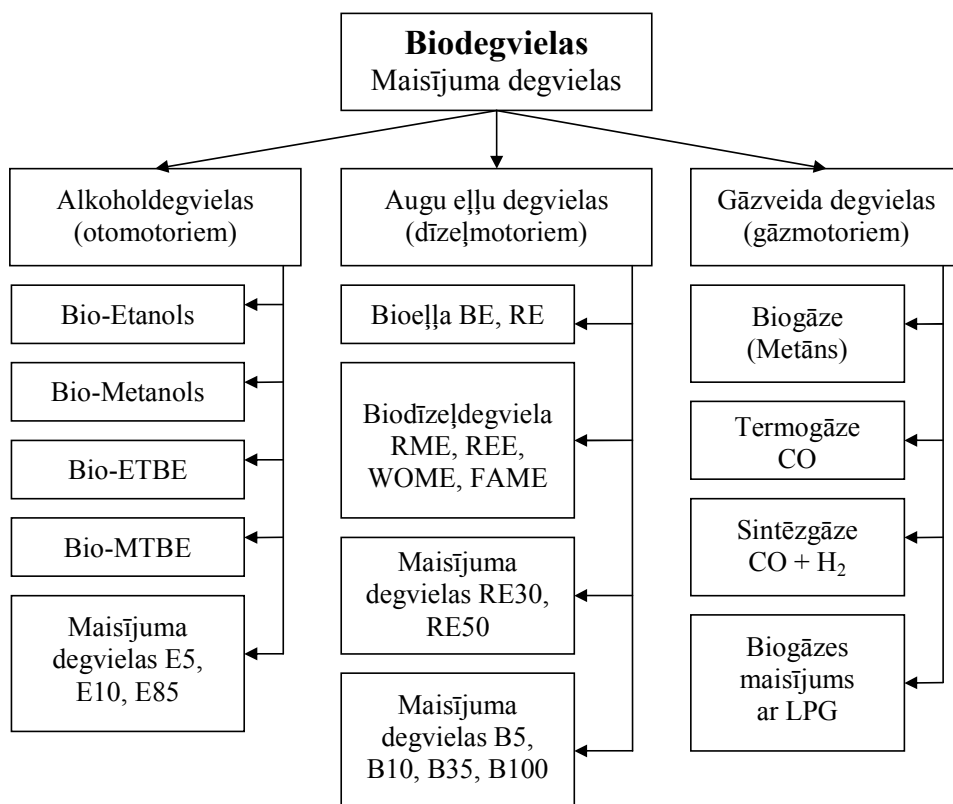
Maisījuma degvielas ottomotoriem pagatavo arī piejaucot benzīnam bioetanolu. Pazīstamākie maisījuma degvielu veidi ir E5 (5 % bioetanela piejaukums benzīnam A95), E10 (10 % piejaukums) un E85 (85 % piejaukums).

Dīzeļmotoriem izmanto tīru (100 %) biodīzeļdegvielu B100 un maisījuma degvielas B5, B10, B35, kas ir attiecīgi 5 %, 10 % un 35 % biodīzeļdegvielas maisījumi ar parasto (fosīlo) dīzeļdegvielu. Latvijā patreiz ražo un izmanto biodīzeļdegvielu, ko iegūst pāresterificējot rapša eļļu ar metilspirtu. Tā ir biodīzeļdegviela RME – rapša metilēsteris.

1.2. Biodegvielu īsa vēsture

Šodien pasaulē plaši pazīstami ir divi galvenie iekšdedzes motoros izmantojamie biodegvielu veidi: biodīzeļdegviela (augu eļļas metilēsteris) un

bioetanols (no augu biomasas iegūts etilspirts). Dīzeļmotoros, kas apgādāti ar degvielas priekšsildīšanas sistēmu, kā degvielu izmanto arī tīru augu eļļu galvenokārt rapšu sēklu eļļu (bioeļļu), kas savu fizikāli – ķīmisko īpašību dēļ ir viens no piemērotākajiem bioeļļu veidiem.



1. att. **Biodegvielu un to maisījumu ar fosilām degvielām klasifikācijas shēma.**

Augu eļļa un etilspirts kā motordegvielas pazīstamas jau vairāk kā simts gadu. Kompresijas aizdedzes motoru, ko šodien pazīstam kā dīzeļmotoru, tā izgudrotājs Rūdolfs Dīzelis pirmoreiz iedarbināja 1895. gadā, kā degvielu izmantojot zemes riekstu eļļu. Motora uzlabots variants, kas arī darbojās ar augu eļļu, 1900. gadā tika demonstrēts Vispasaules rūpniecības izstādē Parīzē.

Pirmo darbspējīgo dzirksteles aizdedzes četrtaktu motora konstrukciju 1876. gadā izgudroja un uzbūvēja vācu inženieris Nikolaus Augusts Otto. Pirmos uzbūvētos

ottomotorus darbināja ar graudu spirtu (bioetanolu). Pirmais sērijveida automobilis, ko 1908. gadā sāka ražot Henrijs Fords (Modelis *Ford T*) arī tika darbināts ar bioetanolu.

Attīstoties naftas rūpniecībai, spēkratos plaši sāka lietot naftas pārstrādes procesā iegūtās motordegvielas, kuras bija lētākas un pieejamākas. Pateicoties tām divdesmitajā gadsimtā strauji attīstījās automobiļu un citu motorizēto spēkratu būvniecība un biodegvielu ražošana uz laiku tika aizmirsta, bet nepavisam.

Pirmskara gados un otrā pasaules kara laikā daudzās valstīs sāka ražot un pielietot spēkratos termogāzi (saukta arī par kokgāzi vai gāzģeneratoru gāzi), un mazākā apjomā arī biogāzi, etilspirtu un metilspirtu.

Šajos gados liels skaits automobiļu un traktoru tika aprīkoti ar gāzģeneratoriem, kuros sausi lapu koku koksnes klucīši vai kokogles tika pārgāzēti, iegūstot termogāzi. To attīrīja, atdzesēja īpašā dzesēšanas radiatorā un izmantoja kā gāzveida degvielu motora darbināšanai.

Latvijā pirms kara bija pazīstama motordegviela „latols”, kas bija metanola (50 % vasarā, 30 % ziemā) maisījums ar benzīnu. Latvijas Republikas Saeima 1931. gadā pieņēma īpašu likumu par latola lietošanu, lai sekmētu spirta ieguvi un zemkopības attīstību, kā arī, lai aiztaupītu ārvalstu valūtu. Piejauktie daudzumi dažus gadus ir bijuši krietni lieli. Piemēram, 1936. gadā bija importēti 8,6 tūkstoši tonnu benzīna un piejaukšanai izlietots 5,9 tūkstoši tonnu absolūtā spirta. Līdzīgu degvielu ražoja arī Lietuvā, kuru sauca par litolu.

Pēc otrā pasaules kara naftas rūpniecība strauji attīstījās, no naftas iegūtās fosilās degvielas - benzīns, petroleja un dīzeļdegviela bija lētas un biodegvielu ražošana tika pilnībā pārtraukta līdz pat septiņdesmito gadu vidum. Tad pēkšņi lielie naftas monopoli OPEC valstīs izraisīja naftas krīzi, paceļot naftas cenas un samazinot ražošanu. Pēkšņi izrādījās, ka ASV Pensilvānijas naftas lauki ir tukši un arī Kaspijas naftas lauki ir tukši, nafta jāmeklē arvien tālāk un dziļāk. Izrādījās, ka naftas krājumi uz planētas zeme nav neizsmeļami un parādījās prognozes, ka naftas pietiks vairs tikai 25 – 50 gadiem.

Naftas trūkuma pazīmes bija viens no būtiskiem cēloņiem biodegvielas aizvien plašākas izmantošanas uzsākšanai pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados. Otrs cēlonis bija atmosfēras piesārņojums ar motoru izplūdes gāzēm. Milzīgais motorizēto

transportlīdzekļu skaits pasaules attīstītajās valstīs, motoriem darbojoties ar fosilām degvielām, izmet atmosfērā neiedomājamos daudzumos kaitīgus degšanas produktus un ogļskābo gāzi CO₂. Automašīna motora cilindros sadegot vienam litram benzīna, ar izplūdes gāzēm atmosfērā izmet 2,35 kg CO₂. Ogļskābā gāze, uzkrājoties atmosfēras augšējās slāņos veido tā saucamo „siltumnīcas efektu”, kas rada nenormālas klimata izmaiņas.

Jau septiņdesmito gadu otrajā pusē Brazīlija sāka īstenot pirmo un vēl līdz šim plašāko biodegvielu projektu pasaulē „Proalcool”. Pēc šī projekta tika uzsākta bioetanola ražošana plašos apjomos no cukurniedrēm paralēli cukura ražošanai. Tika uzceltas vairākas lielas jaudas bioetanola rūpnīcas un šodien jau bija 6,5 milj. automašīnu brauc ar 100 % bioetanolu un vēl apmēram tāds pats skaits automašīnu ar 22 % bioetanola un 78 % benzīna maisījuma degvielu (E22). Šo maisījuma degvielu Brazīlijā sauc par „alkols”. Kopš 2004. gada Brazīlijā strauji, pieaug arī maināmas degvielas (FFV) automašīnu skaits, kuri izmanto E85.

Biodegvielu programmas sāka ieviest arī citās valstīs. Astoņdesmito gadu sākumā ASV sāka ieviest „The Gasohol” programmu, pēc kuras sāka lielos apjomos ražot bioetanolu, kuru 10 % apjomā pēc tilpuma pievienojot benzīnam iegūst maisījuma degvielu E10, kas ASV plaši pazīstama ar nosaukumu „gasohols” un nopērkama katrā degvielas uzpildes stacijā. Nedaudz vēlāk ASV sāka darboties arī biodīzeļdegvielas programma. Biodīzeļdegvielu ASV ražo kā sojas eļļas metilesteri (SME) un pielieto kā 100 % biodīzeļdegvielu (B100) un kā 20 % SME maisījumu ar fosilo dīzeļdegvielu (B20).

Eiropā pirmos biodīzeļdegvielas projektus sāka īstenot pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu beigās Austrijā, Vācijā, Čehijā (biodīzeļdegviela no rapša RME) un Francijā (bioetanols no cukurbietēm).

Lielākās biodīzeļdegvielas ražotājas valstis Eiropā ir Vācija (715000 t/g), Francija (37500 t/g), Itālija (273000 t/g) un Čehija (70000 t/g). Lielākās bioetanola ražotājas valstis Eiropā ir Spānija (180000 t/g), Polija (131000 t/g), Francija (77200 t/g) un Zviedrija (52300 t/g). Eiropas valstīs kopā 2004. gadā saražoja 2424440 t biodegvielas, no tām 79,5 % biodīzeļdegvielas un 20,5 % bioetanola.

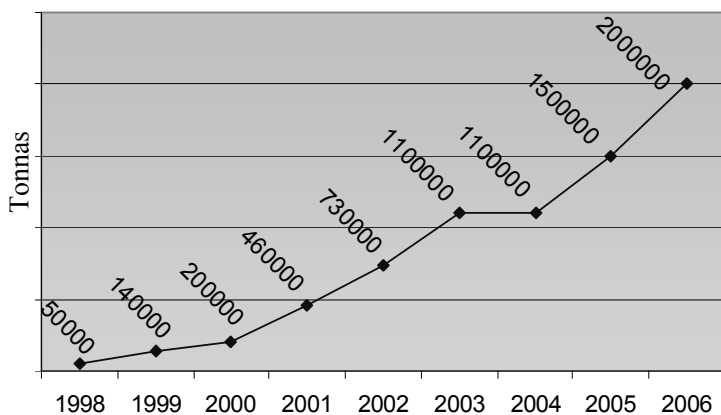
Biodīzeļdegvielas ražošanas kapacitāte sevišķi strauji ir augusi Vācijā. Deviņu gadu laikā (1998-2006) tā ir pieaugusi no 50000 t/g līdz 2000000 t/g t.i. četrdesmitkārtīgi (2. att.).

1.3. Biodegvielu attīstība Latvijā

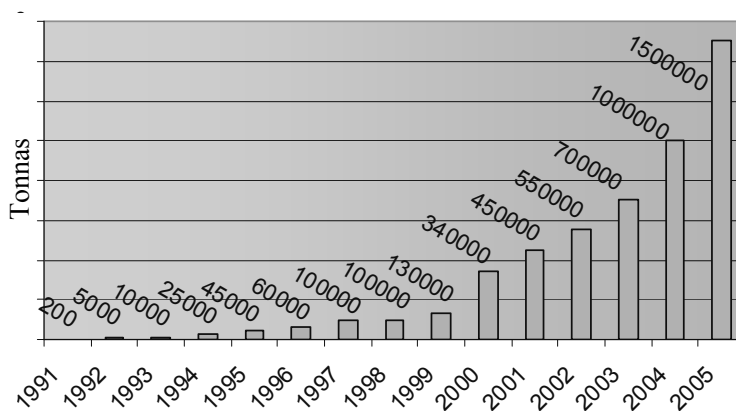
Latvijā pētījumi par biodegvielu izmantošanu iekšdedzes motoros līdz deviņdesmito gadu vidum praktiski nav veikti. Var atzīmēt vienīgi pētījumus par kūdras brikešu izmantošanu traktoru gāzģeneratoros, ko četrdesmitajos gados veica J. Āboliņš, vēlākais LLA profesors. Latvijā pirms kara bija pazīstama motordegviela „Latols”, kas bija etanola (50 % vasarā, 30 % ziema) maisījums ar benzīnu.

Kopš 1993. gada LLU Spēkratu katedrā, vēlāk institūtā veikti pētījumi par biogāzes, kokgāzes, rapša eļļas un etanola izmantošanu kā motordegvielu. Līdzekļu trūkuma dēļ pētījumi bija stipri ierobežoti, tomēr pētījumu rezultāti parādīja, ka biodegvielu izmantošana Latvijā ir perspektīva, tika uzkrāta pieredze un plašs faktu materiāls.

Analizējot pieejamo informāciju par biodegvielu ražošanu un pielietošanu spēkratos varam secināt, ka pašreiz nevienā pasaules valstī motoru biodegvielas nedod ekonomisku efektu tīrā veidā, resp., tās nevar konkurēt ar tradicionālajām no naftas iegūstamām motordegvielām bez valsts subsīdijām vai īpašas nodokļu politikas. Kāpēc tad tomēr tādā situācijā biodegvielu ieguve un izmantošana iet plašumā? Tas izskaidrojams ar attiecīgo valstu stratēģisko politiku alternatīvas enerģijas pielietošanā un ekoloģiskā līdzsvara saglabāšanā. Daudzās valstīs, pateicoties zinātnieku un dabas aizsardzības entuziastu neatlaidīgām pūlēm, politiķi ir sapratuši biodegvielu stratēģisko, tautsaimniecisko un ekoloģisko nozīmi un šajās valstīs ir pieņemti likumi, kas sekmē un atbalsta biodegvielu attīstību. Šādi likumi, kopš 2005. gada ir izstrādāti un pieņemti arī Latvijā.



2. att. Biodīzeldegvielas ražošanas jaudu pieaugums Vācijā (1998-2006, Avots: UFOP).



3. att. Biodīzeldegvielas tirdzniecības rādītāji Vācijā (1991-2005, Avots: UFOP).

Citu valstu pieredzes analīze rāda, ka nacionālo biodegvielu ražošana un pielietošana pozitīvi ietekmē valsts lauksaimniecības un visas tautsaimniecības attīstību šādā veidā:

- sniedz jaunas iespējas lauksaimniecības attīstībā, zemes efektīvā izmantošanā, tās auglības uzlabošanā un aizlaisto zemes platību rekultivācijā;

- rada papildus ienākumus zemniekiem un jaunas darba vietas tautsaimniecībā, attiecīgi samazinot bezdarbu un noņemot sociālo spriedzi sabiedrībā it īpaši lauku rajonos;
- samazina naftas produktu importu un līdz ar to uzlabo importa un eksporta bilanci, jo energoresursu imports ir saistīts ar lielām izmaksām un pašlaik Latvijā šī balance ir ļoti nelabvēlīga;
- sekmē valsts ekonomikas stabilitāti, jo samazina atkarību no importēto degvielu piegādēm;
- veido jaunu rūpniecības nozari, kas piedod dinamiskumu tautsaimniecības attīstībai;
- uzlabo ekoloģisko situāciju, ierobežojot toksisko vielu emisiju atgāzēs, ogļskābās gāzes daudzuma palielināšanos atmosfērā (siltumnīcas efekts), kā arī augsnes un gruntsūdeņu piesārņošanu ar naftas produktiem;
- veicina pilnīgāku lauksaimniecības un mežsaimniecības atkritumproduktu izmantošanu;
- biodegvielu ražošanas attīstība vienlaicīgi dod augstvērtīgus blakusproduktus ķīmiskajai rūpniecībai, parfimērijas ražošanai, lopbarībai, u.c.

Pirmās 470 tonnas biodīzeļdegvielas Latvijā tika saražotas 2001. gada beigās SIA „Delta Rīga” uzbūvētajā biodīzeļdegvielas ražotnē Valmieras rajona Naukšēnos. Ražotnē tika uzstādītas modernas Čehijā un Slovākijā ražotas iekārtas rapša eļļas izspiešanai no sēklām un biodīzeļdegvielas ražošanai no rapša eļļas.

Diemžēl biodīzeļdegvielas ražošana līdz pat 2005. gada beigām attīstījās gausi dažādu ekonomisku, birokrātisku un informatīvu šķēršļu dēļ. Valstī netika izvērtēta biodegvielu ražošanas un ieviešanas tautsaimnieciskie, politiskie, ekoloģiskie aspekti un it īpaši tās pozitīvā ietekme uz lauku sociālo attīstību, aizlaisto zemes platību apguvi un vidi.

Valsts programmas „Biodegvielu ražošana un ieviešana Latvijā (2000. - 2005. g.) pirmo variantu zinātnieku grupa akadēmiķa Mārtiņa Beķera vadībā izstrādāja un iesniedza attiecīgajām valsts institūcijām jau 1998. gadā, tā iestrēga ministriju kabinetos. Tikai pēc tam, kad 2003. gadā parādījās Eiropas Parlamenta un padomes

direktīva 2003/30/EK par biodegvielu un citu atjaunojamo veidu degvielu izmantošanas veicināšanu transportā, Latvijas Biodegvielu programmas izstrāde tika aktivizēta.

Beidzot 2003. gadā MK apstiprināja Latvijas Republikas programmu „Biodegvielu ražošana un pielietošana Latvijā (2003-2010)”. Šajā programmā izvirzītie galvenie uzdevumi biodegvielu attīstībā apkopoti l. tabulā.

Biodegvielu programmā ir paredzēts, ka biodegvielu ražošana attīstīsies lineāri pieaugot katru gadu par noteiktu lielumu procentuāli atbilstoši, fosilo degvielu - benzīna un dīzeļdegvielas - pieaugumam. Izrādās, ka jau 2005. gadā parādījās tendence, ka motordegvielu patēriņš vairs nepieaug lineāri, kā bija plānots, bet benzīna patēriņš samazinās un dīzeļdegvielas patēriņš pieaug daudz straujāk. Šī tendence vērojama praktiski visās ES valstīs un izskaidrojama ar to, ka arvien plašāk transporta mašīnās izmanto dīzeļmotorus un to jauda pieaug. Palielinās lielas kravnesības kravas automobiļu, traktoru, buldozeru u.c. mašīnu skaits, kurās pielieto jaudīgus (100-300 ZS) dīzeļmotorus, kuri patērē daudz dīzeļdegvielas, respektīvi, nepieciešams arī attiecīgi lielāks daudzums biodīzeļdegvielas.

Latvijā 2005. gadā patērētās fosilas degvielas daudzums bija:

- ✓ benzīns 320 tūkst, t jeb 34 % no kopējā daudzuma;
- ✓ dīzeļdegviela 630 tūkst, t jeb 64 % no kopējā daudzuma.

Tas nozīmē, ka dīzeļdegvielu patērē gandrīz divreiz vairāk kā benzīnu.

Atbilstoši Direktīvas 2003/30/EK prasībām biodegvielu patēriņam 2005. gadā 2 % apjomā no kopējā motordegvielu patēriņa bija jābūt, tūkstošos tonnu:

- ✓ bioetanols $320 \times 0,02 = 6.4$ tūkst, t;
- ✓ biodīzeļdegviela $630 \times 0,02 = 12.6$ tūkst. t.

Analizējot iespējamās ražošanas jaudas (skat. 2. tab.), redzams, ka 2005. gadā bija iespējams nodrošināt direktīvas izpildei nepieciešamo biodegvielu daudzumu, bet valsts atbalsta pasākumu izstrādes kavēšanās netika izpildīts.

Biodegvielu programmā izvirzīto mērķu realizēšanai kā vadošā tika apstiprināta zemkopības ministrija, tika izstrādāti programmas realizācijai nepieciešamie MK noteikumi un Biodegvielu likumu.

Biodegvielas prognoze Latvijā 2004. – 2010. gados
(pēc 2003. g. MK apstiprinātās Biodegvielu programmas)

Rādītāji	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
Biodegvielas īpatsvars degvielas tirgū, %	1,25	2%	2,75	3,5	4,2	5	5,75
Benzīns, tūkst, t	450	465	480	495	510	525	540
Bioetanol, tūkst, t	5,7	9	13	17	22	27	32
Dīzeļdegviela, tūkst, t	500	540	580	620	660	700	740
Biodīzeļdegviela, tūkst, t	6.3	11	16	22	28	35	43
Kopā biodegv., tūkst, t	12	20	29	39	50	62	75

Avots: ZM progr._031103 Programma „Biodegvielu ražošana un pielietošana Latvijā”

Biodegvielu likumā, ko Latvijas Republikas Saeima pieņēma 2005. gada 21. aprīlī, izvirzīts mērķis veicināt biodegvielu apriti un nodrošināt, lai līdz 2005. gada 31. decembrim "biodegviela veidotu ne mazāk kā 2 procentus no kopējā tautsaimniecībā esošās transportam paredzētās degvielas daudzuma, bet līdz 2010. gada 31. decembrim - ne mazāk kā 5.75 procentus". Pēc šiem kontrolskaitļiem jāplāno, kādam jābūt minimāli nepieciešamajam biodegvielas daudzumam, izejot no valstī faktiski gada laikā patērētā fosilās degvielas daudzuma (1. tab.). Pašreiz visos MK dokumentos, kas saistīti ar biodegvielu apriti, figurē skaitļi, kādi tika iekļauti Latvijas Republikas programmā "Biodegvielu ražošana un pielietošana Latvijā (2003-2010)", (1. tab.).

Lai izpildītu ES Padomes 2003. gada 8. maija Direktīvas 2003/30/EK „Par biodegvielu un citu atjaunojamo degvielu izmantošanas veicināšanu transporta” prasības, biodegvielas izmantošanai saskaņā ar 1. tabulā dotajiem datiem 2005. gadā vajadzēja saražot 11 000 tonnu biodīzeļdegvielas un 9000 tonnu bioetanola. Valstī bija iespējams šo nosacījumu izpildīt ar sekmīgu atbalsta politikas izstrādi un realizāciju. Biodīzeļdegvielās ražotāju aplēses 2005. gadam: SIA „Delta Rīga” - 5000 t; SIA „Mežrozīte” - 2500 t; SIA „Mammas D” - 2500 t. Bioetanola nepieciešamo daudzumu varēja saražot SIA „Jaunpagasts Plus”. Diemžēl minētās ražotāju aplēses 2005. gadā netika izpildītas, jo plānotie atbalsta instrumenti laikā netika iedarbināti un ražotāji saražoto biodīzeļdegvielas un bioetanola daudzumu galvenokārt eksportēja.

Kopējais Latvijā patērētais biodegvielu daudzums, pēc Centrālās statistikas pārvaldes datiem 2005. gadā sastādīja 0,33 %, bet 2006. gadā 0,42 % no kopējā gada laikā transportā izmantotā fosilās degvielas apjoma.

Arī 2007. gadā maz ticams, ka 1. tabula plānoto biodegvielu apjomu Latvijas degvielu tirgū izdosies ieviest, jo valdība nespēj vienoties ar degvielas tirgotājiem par obligātu 5 % biodegvielu piemaisījumu visam tirgū izlaistajam parastās dīzeļdegvielas un benzīna daudzumam, kā tas jau ir panākts Lietuvā un citās valstīs.

Ka redzams, 2006. gada Latvijā jau darbojas trīs biodīzeļdegvielas ražotnes: SIA „Delta Rīga”, Naukšēnos, Valmieras raj., SIA „Mežrozīte”, Jelgavas raj. un SIA „Mamas D”, Daugavpils raj. ar kopējo kapacitāti 10 tūkst. t/gadā. Biodīzeļdegvielas ražošana Latvijā pašreiz ir radījusi nepieredzētu interesi daudzos uzņēmējos. Ir jau uzsākta un tiek plānota vairāku jaunu biodīzeļdegvielas ražotņu būvniecība, tajā skaitā lieljaudas rūpnīca „Bio Venta” Ventspilī ar jaudu 100 000 t biodīzeļdegvielas gadā. No Biodegvielu asociācijas sniegtajiem datiem redzams, ka 2007./2008. gados biodīzeļdegvielas rūpnīcu jauda pieaugs vairāk kā 25-kārtīgi un sasniegs 257 tūkst. t/gadā. Bioetanolu pašreiz ražo tikai viena rūpnīca – SIA „Jaunpagasts Plus” Virbos un Iecavā (kapacitāte 9 tūkst. t/gadā), bet 2007. gada beigās bioetanola ražošanu uzsāks SIA „Lako” Kalsnavā ar projektēto jaudu 13 tūkst. t bioetanola gadā.

Pēc Latvijas Biodegvielu asociācijas sniegtās informācijas situāciju biodegvielu un rapšu eļļas ražošanā 2006. gada beigās raksturo sekojoši dati:

Ražotais produkts	Kopējās ražošanas jaudas, tūkst. t/gadā		Ražotņu skaits	
	2006. gada beigās	2007./2008. gadā	2006. gada beigās	2007./2008. gadā
Rapšu eļļa	19,6	35	6	12
Biodīzeļdegviela	10,0	257	3	7
Bioetanols	9,0		1	2
Avots: Db 12.12.2006.				

Ja šie plāni realizēsies, tad nākamo divu gadu laikā varētu tikt ievērojami samazināta mūsu valsts atkarība no importētās fosilās degvielas. Ja saražoto biodīzeļdegvielu nebūtu iespējams pilnā apjomā izmantot vietējos autotransporta

līdzekļos u.c. spēkratos, to varēs eksportēt. Biodīzeļdegvielas eksporta iespējas ir milzīgas, jo BDD pieprasījums Eiropas tirgū, it sevišķi Vācijā, ir neierobežots.

1.4. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kas ir biodegviela? Kas ir biomasa? Nosauciet līdz šim ražotās un izmantotās iekšdedzes motoru biodegvielas. No kādām izejvielām ražo biodegvielas dīzeļmotoriem? No kādām ottomotoriem? Kādus maisījuma degvielu apzīmējumus lieto ottomotoriem un kādus dīzeļmotoriem?

Raksturojiet īsumā biodegvielu vēsturi. Kādu degvielu lietoja dīzeļmotora izgudrotājs Rūdolfs Dīzelis? Kā sauc benzīna un spirta maisījumu, ko lietoja automobiļos pirmskara Latvijā? Kādā veidā biodegvielu izmantošana spēkratos ietekmē „siltumnīcas efektu”, kas rada globālo sasilšanu? Kāda degviela ASV pazīstama ar nosaukumu „gazohols”? Nosauciet valstis, kuras ir lielākās biodegvielu ražotājas Eiropā.

Raksturojiet kādu pozitīvu ietekmi valsts tautsaimniecībai kopumā dod vietējā biodegvielu ražošana un izmantošana transportā. Kad un kurā vietā Latvijā pirmoreiz tika uzsākta rūpnieciska biodīzeļdegvielas ražošana? No kādām izejvielām ražoja šo degvielu?

Kādi galvenie uzdevumi tika izvirzīti MK 2003. gadā apstiprinātajā LR programmā „Biodegvielu ražošana un pielietošana Latvijā (2003-2010)”? Kādas biodegvielas pašreiz ražo Latvijā un kāda ir to ražošanas kapacitāte? Kādas bioetanola rūpnīcas patreiz darbojas Latvijā un kāda ir to kapacitāte?

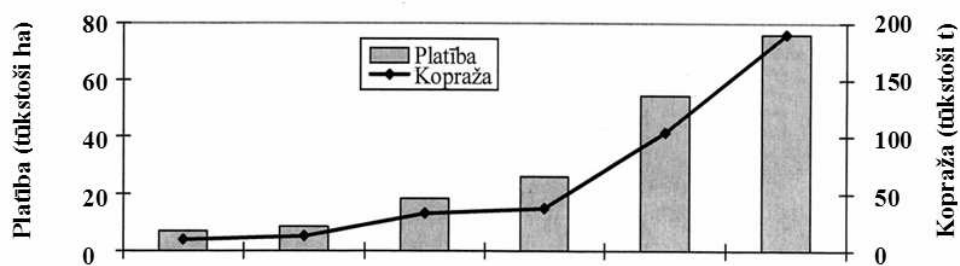
2. RAPŠA EĻĻA KĀ MOTORDEGVIELA

2.1. Rapša eļļas ieguve

Rapša eļļa ir viens no eļļas augu bioeļļu veidiem, kas iegūta ar augu sēklu presēšanu, ekstrakciju vai citu līdzīgu procedūru, nav vai ir rafinēta, bet nav ķīmiski modificēta. Bioeļļas ieguvei izmanto dažādus eļļas augus (rapša, ripša, saulespuķu sēklas, sojas pupiņas, eļļas palmas, zemesriekstus u.c.). Eiropas valstīs, arī Latvijā, bioeļļas ieguvei visplašāk izmanto rapša sēklas.

Latvijā rapša audzēšana strauji attīstās un rapša eļļa ir vienīgais bioeļļas veids, kuru iespējams Latvijā ražot lielos apjomos (līdz 50 tūkst. t/gadā un vairāk) un izmantot gan tieši kā motordegvielu, gan arī kā izejvielu biodīzeļdegvielas (rapša metilēstera – RME ražošanai).

Rapša sējumu platības gadu no gada strauji pieaug (4. att.), tomēr plānotie sējumu platību apjomi dažos gados nav sasniegti, galvenokārt klimatisko apstākļu dēļ. Tā, piemēram, 2005. gadā iemesli rapša sējumu platību samazinājumam bija nelabvēlīgi laika apstākļi, jo 2004./2005. gada ziemā liela daļa ziemas rapša sējumu izsala un pavasarī to nācās pārsēt ar vasaras rapsi.



4. att. Rapša sējumu platības un kopraža (2001.–2005. g.).

Rapša sējumu kopplatība 2005. gadā bija 71400 ha, tajā skaitā ziemas rapsis 51700 ha un vasaras rapsis 19700 ha. Pēc preses ziņām rapšu raža 2005. gadā bija

izcila, daudzās saimniecībās lielās platības bija pat 4,0 t/ha liela raža, bet vidēji visā Latvijā varam rēķināt 2,5 t/ha.

Rapša sēklu kopražs 2005. gadā bija $71400 \times 2,5 = 178500$ tonnas. No šāda sēklu daudzuma iespējams saražot: $178,5 \times 0,36 = 64,26$ tūkst. tonnas BioDD. Protams, rapša eļļa nepieciešama arī pārtikas eļļas ražošanai, bet ar visu to saražotais rapša sēklas daudzums ir pilnīgi pietiekams, lai nodrošinātu BioDD saražošanu minimālo prasību (2 %) apjomā un arī ievērojami vairāk.

Deviņdesmitajos gados rapsi Latvijā audzēja nelielās platībās (ap 4000 ha). Sāka veidoties kooperatīvās sabiedrības, kas apvienoja potenciālos rapša audzētājus un zemniekus apgādāja ar izejvielām, sniedza konsultācijas un rīkoja izglītojošus seminārus. Latvijā 2005. gada beigās jau darbojās 2 lieli kooperatīvi – „Latraps” un „Rapsis”, kas nodarbojās ar rapša sēklu uzpirkšanu, apstrādi un realizāciju. Viens no lielākajiem kooperatīviem „Latraps” apvienoja 340 rapšu audzētājus, no tiem 30 zemniekiem rapšu sējumi pārsniedz 1000 ha. Kooperatīvs ir izvietojies Latvijas dienvidos, tādēļ lielākā daļa rapšu audzētāju nāk tieši no šī reģiona. Daļu rapšu un arī graudu ražas uzņēmums eksportē uz ārzemēm, galvenokārt, Vāciju un Dāniju. Gadā no kooperatīva biedriem iepirkti 18 līdz 36 tūkstošu tonnu rapša sēklu. Ņemot vērā rapšu sējumu platību pieaugumu Latvijā, „Latraps” turpmāk plāno dubultot eksportējamā rapša daudzumu. Rapša sējumu platība kooperatīvam ir 35 – 55 tūkst. ha.

Potenciāli rapšu sējumu platības (sēklu pārstrādei pārtikas eļļā, sēklu eksportam, biodīzeļdegvielas ražošanai vietējam tirgum un eksportam) Latvijā nākotnē varētu pieaugt līdz 180 tūkst. ha. Latvijā ir 2,5 miljoni ha lauksaimniecībā izmantojamo zemju, no tām 1,8 miljoni ha aramzemes.

Pēdējos gados apmēram 0,8 miljoni ha aramzemes stāv neizmantotas, tādēļ rapša audzēšanas paplašināšanai ir lielas potenciālas iespējas.

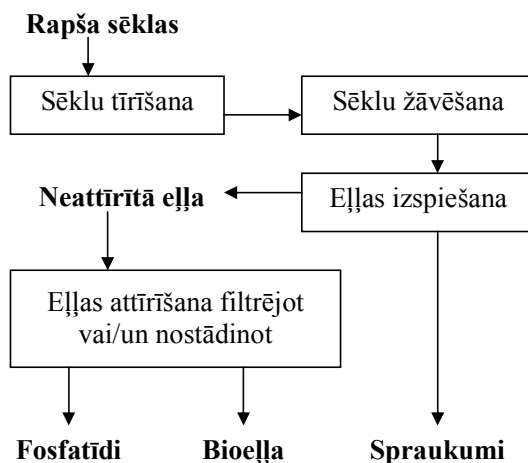
Rapša eļļas ieguve mazjaudas spiestuvēs

Rapša eļļas ieguve mazjaudas spiestuvēs jeb tā saucamā decentralizētā ražošana notiek uz vietas zemnieku saimniecībā vai kooperatīvos, izmantojot nelielas jaudas skrūves tipa eļļas spiedes. Šādas eļļas spiedes ir plaši izplatītas Vācijā, Austrijā, Čehijā u.c. ES valstīs. Zemnieki izspiesto eļļu izmanto savām vajadzībām gan pārtikā, gan kā motordegvielu, vai arī transportē uz eļļas pārstrādes rūpnīcām.

Plaši pazīstams ir firmu Monfort – Reiner (Vācija) un FARMET (Čehija) ražotās mazjaudas eļļas spiedes. Arī Latvijā zemnieku saimniecībās jau tiek izmantotas vairāk kā 20 spiedes, ko ražojuši galvenokārt FARMET.

Bioeļļas ieguves tehnoloģiskā procesa shēma, izmantojot mazjaudas eļļas spiedi, parādīta 5. att. Kvalitatīvas bioeļļas ieguvei ļoti svarīga ir rūpīgi veikta sēklu tīrīšana un žāvēšana. Pēc tīrīšanas piemaisījums rapša sēklās nedrīkst pārsniegt 2 %. Sēklām jābūt izžāvētām tā, lai to mitrums būtu ne vairāk kā 7 % pēc svara.

Rapša sēklas satur 45 % eļļas. Ar aukstās izspiešanas metodi, izmantojot mazjaudas skrūves tipa spiedi, no sēklām, var izspiest 33 % eļļas, bet 12 % eļļas paliek spraukumos. Tātad ar auksto izspiešanu nevar iegūt visu eļļas daudzumu, ko satur rapša sēklas, bet tai pašā laikā saglabājas augsta eļļas kvalitāte. Lielražošanā, izmantojot sēklu priekšsildī-

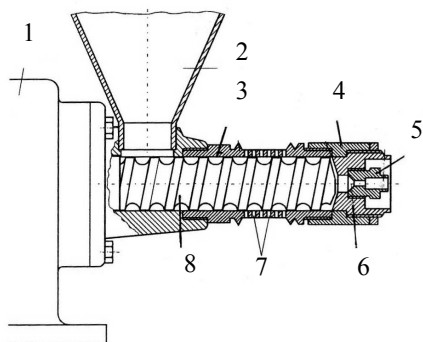


5. att. Bioeļļas iegūšanas shēma no rapša sēklām ar aukstās izspiešanas metodi mazjaudas spiestuvēs.

šanu un ekstrakcijas metodi, praktiski var iegūt visus 45 % eļļas, ko satur sēklas, bet eļļas kvalitāte ir zemāka un spraukumi nav tik derīgi lopkopībai. Turpretī ar auksto izspiešanu, kad spraukumos paliek vēl 12 % eļļas, tā ir ļoti vērtīga lopbarība, īpaši jaunlopiem. Tādēļ arī zemnieki šo metodi ir iecienījuši.

Skrūves tipa eļļas spiedes galvenā sastāvdaļa ir skrūve 8 (6. att.), kurai izveidota īpaša profila vītne. Skrūve ievietota tērauda čaulā 3, kurai vidusdaļā visapkārt ir sīki urbumiņi, cauri kuriem izspiežas un notek eļļa. Čaulas galvā ar fasonuzgriezni 4 nostiprināta iemava 6, kurā ieskrūvēta dīze 5 ar kalibrētu urbumu vidū. Spiedes komplektā parasti ir četras maināmās dīzes ar urbumu diametriem 6, 8,

10 un 12 mm, kas, atbilstoši sēklu kondīcijai, ļauj mainīt izspiešanas spiedienu, regulējot caur dīzi izspiesto spraukumu daudzumu.



6. att. Skrūves tipa rapša sēklu eļļas spiede:

- 1 – korpus ar motorreduktoru; 2 – piltuve;
3 – čaula ar urbumiem; 4 – fasonuzgrieznis;
5 – maināma dīze ar kalibrētiem urbumiem Ø6,
8, 10 un 12 mm; 6 – iemava; 7 – eļļas izplūdes
urbumiņi; 8 – skrūve.

Skrūvi piedzen elektromotors caur reduktoru, kas iemontēts korpusā 1. Reduktors parasti ir apgādāts ar variatorus, kas ļauj mainīt izspiedējskrūves griešanās ātrumu, atkarībā no eļļas satura sēklās.

Ar auksto presēšanu izspiestā neattīrītā eļļa (jēleļļa) satur 0,5–0,6 % cietos piemaisījumus, kurus nepieciešams attīrīt. Tamdēļ pēc izspiešanas seko nākošā operācija – eļļas attīrīšana. To veic filtrējot zem spiediena, nostādinot (sedimentējot) vai centrifugējot vai arī

kombinējot šīs operācijas. Visplašāk lietotais paņēmiens ir filtrēšana zem spiediena. Šim nolūkam izmanto kameru vai rāmja tipa filtrpreses vai arī vertikālās cilindra tipa filtrpreses.

Rapša eļļas ieguve lieljaudas ražotnēs

Atšķirībā no iepriekš aplūkotām decentralizētām eļļas spiestuvju tipa ražotnēm, kuru jauda parasti nepārsniedz 0,5 – 1,0 t rapša sēklu dienā, centralizēto lieljaudas ražotņu jauda ir 25 – 400 t/dienā un vairāk.

Lieljaudas ražotnēs bioeļļas ražošanas tehnoloģisko procesu (7. att.) var izdalīt divos etapos:

- rapša sēklu sagatavošana;
- eļļas ražošana un attīrīšana (daļēja rafinēšana).

Sēklu sagatavošana ietilpst tādās operācijās kā sēklu pieņemšana, sēklu tīrīšana un žāvēšana, sēklu uzglabāšana speciālās vertikālās tvertnēs (silosos), lobīšana (čaumalu atdalīšana), sēklu drupināšana (rupja samalšana) īpašās dzirnavās un termiskā apstrāde ar tam sekojošu temperatūras noregulēšanu.

Eļļas ražošana lieljaudas eļļas ražotnēs vai fabrikās notiek izmantojot divkārtu izspiešanu ar lielas jaudas masīvām eļļas spiedēm, ekstrahējot eļļu no sēklām ar eļļu šķīdinātāju palīdzību, kurus pēc tam atdestilē. Eļļu ražo arī kombinējot abus šos paņēmienus (presēšanu un ekstrakciju). Pēdējais, kombinētais, paņemiens ir parādīts tehnoloģiskā procesa shēmā (7. att.).

Pēc sēklu attīrīšanas tās nonāk primārajā eļļas spiedē, kura, salīdzinot ar sekundāro, strādā ar zemāku spiedienu, bet lielākiem skrūves apgriezieniem. Līdz ar to caur plūstošā rapša sēklu masa sakarst un tāda nonāk sekundārajā eļļas spiedē. Tā strādā ar maziem apgriezieniem, bet lielu spiedienu un eļļas procentuāli tiek izspiesta vairāk nekā ar mazjaudas spiedēm.

Izspiestā, neattīrītā eļļa no abām eļļas spiedēm nonāk spēcīgā, kombinētā eļļas filtrā, kurā zem spiediena tiek attīrīta un tālāk nonāk bioeļļas uzglabāšanas tvertnēs.

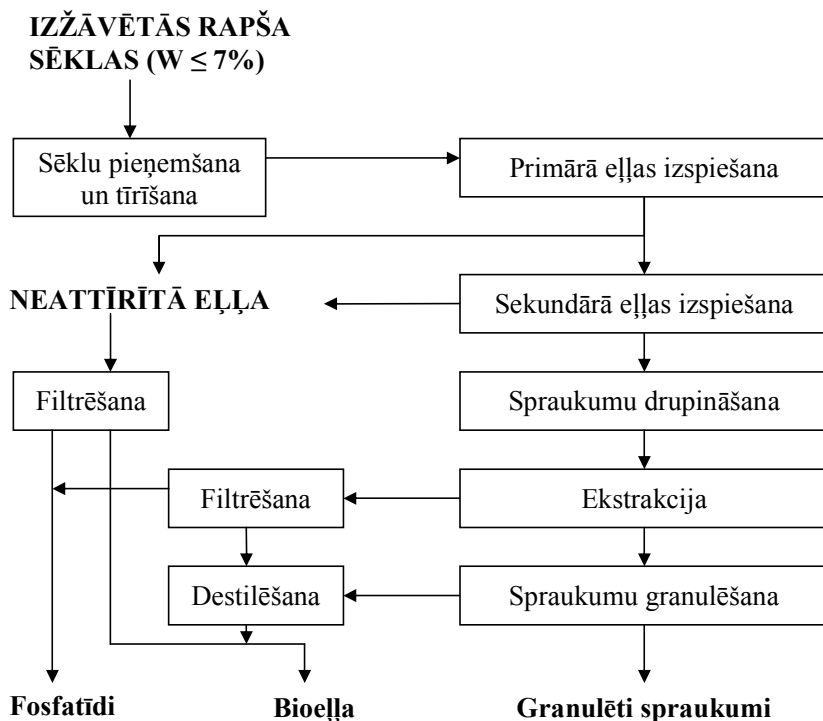
Spraukumi no sekundārās eļļas spiedes nonāk drupinātājā, kurā tos sasmalcina un padod tālāk uz ekstrakcijas kolonu, kurā spraukumos palikusī eļļa tiek izšķīdināta ar šķidru šķīdinātāju heksonu, kuru pēc tam no eļļas atdala destilējot. Iegūtā bioeļļa tiek novadīta analogi kā iepriekš.

No filtrpresēm izvadītos fosfatīdus un citus piemaisījumus izmanto galvenokārt lauku mēslošanai.

2.2. Rapša eļļas raksturojums

Kompresijas aizdedzes iekšdedzes motoros, pie zemiem nosacījumiem, fosilās dīzeļdegvielas vietā kā motordegvielu var izmantot attīrītu (filtrētu vai nostādinātu) bioeļļu.

Rapša bioeļļas siltumspēja pēc masas ir 37,4 MJ/kg, kas ir par 12,7 % zemāka kā dīzeļdegvielai (42,1 MJ/kg), (2. tab.). Bet, par cik bioeļļas blīvums ($0,916 \text{ g/cm}^3$) ir lielāks kā dīzeļdegvielai ($0,835 \text{ g/cm}^3$), tad siltumspēja pēc tilpuma abām degvielām ir gandrīz vienāda: attiecīgi 34,3 MJ/l un 38,4 MJ/l.



7. att. Rapša eļļas iegūšanas shēma no rapša sēklām ar augstās izspiešanas un ekstrakcijas metodi lieljaudas eļļas ražotnēs.

Problēma bioeļļas izmantošanā ir tās augstā viskozitāte un uzliesmošanas temperatūra.

Kā no 2. tabulas datiem redzams, pie temperatūras 20 °C, bioeļļas viskozitāte ir 77,8 mm²/s t.i. 14 reizes augstāka kā dīzeļdegvielai (5 mm²/s) un uzliesmošanas temperatūra 4 reizes augstāka, Šo iemeslu dēļ bioeļļu nevar tieši izmantot kā degvielu parastajos dīzeļmotoros. Bioeļļas augstās uzliesmošanas temperatūras un lielās viskozitātes dēļ, motoru praktiski nevar iedarbināt. filtra pretestības dēļ zemspiediena sūknis nespēj degvielu padot un hidrauliskās pretestības dēļ degvielas augstspiediena sūknis un sprauslas var iziet no ierindas.

Tas rāda, ka izmantojot bioeļļu, motora jauda samazināsies ne vairāk kā par 3 %.

**Rapša eļļas, biodīzeļdegvielas RME un parastās dīzeļdegvielas
fizikālo īpašību salīdzinājums**

Rādītāji	Rapša eļļa	Biodīzeļdegviela RME	Parastā dīzeļdegviela
Masas siltumspēja, MJ/kg	37,4	37,7	42,1
Tilpuma siltumspēja, MJ/l	34,3	33,2	38,4
Blīvums pie 20 °C, g/cm ³	0,916	0,884	0,835
Cetānskaitlis	44 - 51	49...52,5	48...51,5
Viskozitāte pie 20 °C, mm ² /s	77,0	7,5	4,2
Zemā filtrēšanas temp., °C	20	-12	-18
Uzliesmošanas temp., °C	317	150 - 170	55

Lai uzlabotu bioeļļas caurplūstamību ir jāsamazina tās viskozitāte, tuvinot to parastās dīzeļdegvielas viskozitātei. To var panākt divējādi:

- veicot rapša eļļas priekšsildīšanu dīzeļmotora barošanas sistēmā, tā lai ieplūstot degvielas augstspiediena sūknī bioeļļas temperatūra būtu 75 – 85 °C;
- izmantojamo rapša eļļu atšķaida, piejaucot mazāk viskozu degvielu, piemēram, dīzeļdegvielu, petroleju vai benzīnu, kamēr bioeļļas maisījuma viskozitāte samazinās līdz vismaz 10 mm²/s.

Pirmais paņēmieni – bioeļļas priekšsildīšana – ļauj tīru eļļu pilnībā izmantot kā dīzeļmotoru degvielu un pēdējo piecu gadu laikā arvien plašāk tiek izmantots fermeru saimniecībās, kooperatīvos un lauku uzņēmumos, kas audzē rapsi un ražo bioeļļu Austrijā, Vācijā u.c. valstīs. Arī Latvijā to izmanto SIA „Iecavnieks”, kooperatīvā sabiedrība „Bauņi” u.c. ražotāji. Pētījumi rāda, ka šim biodegvielas veidam var būt perspektīva izmantošanai galvenokārt lauksaimniecības spēkratiem (traktoriem, kombainiem, lieljaudas kravas automobiļiem u.c.).

Otrais paņēmieni – bioeļļas atšķaidīšana – ir neērtāks un mazāk ekonomisks, jo prasa divu dažādu degvielu izmantošanu. Tas arī nenodrošina pietiekošu bioeļļas viskozitātes samazināšanu motora iedarbināšanas un iesilšanas laikā (3. att.), tādēļ tas

ir maz izplatīts. Ir zināms, ka Latvijā ir pāris saimniecību, kurās šo paņēmieni izmanto jau vairākus gadus.

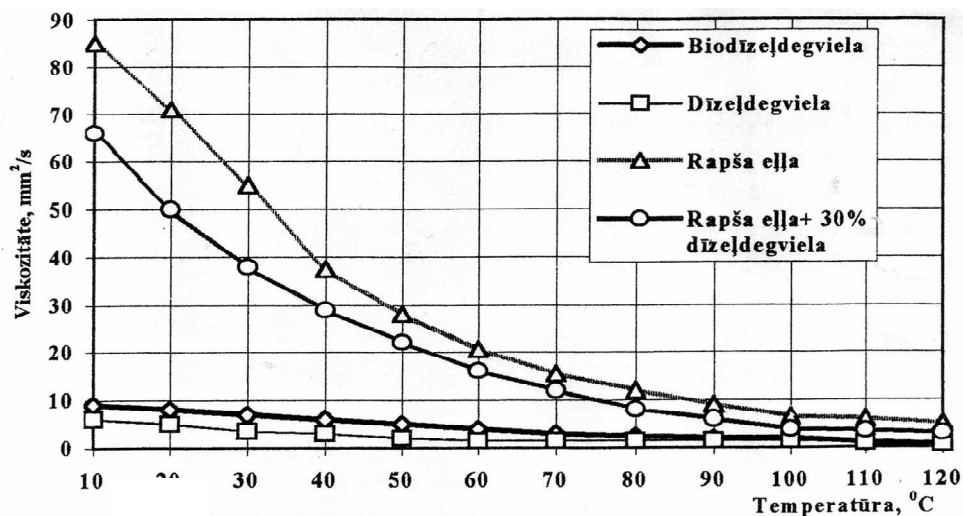
Bioeļļām kā motordegvielām ir šādas priekšrocības:

- Bioeļļas sadegot, saglabā CO_2 līdzsvaru atmosfērā;
- Bioeļļas praktiski nav sēra ($\leq 0,05 \%$), tāpēc tās sadegot mazāk piesārņo apkārtējo vidi;
- Bioeļļām nokļūstot augsnē vai ūdenī, mikroorganismi tās īsā laikā noārda (7 – 21 dienās);
- Bioeļļas ir bioloģiski atjaunojama izejmateriālu produkts un noder gan pārtikai gan degvielas ražošanai dīzeļmotoriem un kā izejviela dažādām rūpniecības nozarēm;
- Bioeļļu ieguve un izmantošana sekmē lauksaimniecības, dažādu rūpniecības nozaru un biodegvielas ražošanas attīstību. Tas savukārt sekmē lauku reģionu attīstību.

Pirmie eksperimenti rapša eļļas pielietošanā spēkratos LLU Motoru laboratorijā tika veikti deviņdesmito gadu vidū. Kinemātiskās viskozitātes mērījumi parādīja, ka pieaugot temperatūrai, eļļas viskozitāte strauji samazinās pēc paraboliskas līknes (8. att.). Pie $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ eļļas viskozitāte ir $72\text{ mm}^2/\text{s}$, bet sasilstot līdz $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, viskozitāte samazinās līdz $10,5\text{ mm}^2/\text{s}$, bet rapša eļļai piejaucot 30% dīzeļdegvielu viskozitāte nokrīt līdz $6,5\text{ mm}^2/\text{s}$.

Stenda izmēģinājumos tika izmantots traktora T-25 divcilindru četrtaktu dīzeļmotors ar nominālo jaudu 18 kW, kuram tika uzstādīta papildus rapša eļļas tvertne 1 (9. att.) siltummainis 10 bioeļļas uzsildīšanai ar karstu gaisu no motora dzesēšanas sistēmas, degvielas vadi un krāni. Motoru palaiž un līdz $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai darbina ar dīzeļdegvielu, pēc tam to pārslēdz darbam ar rapša eļļu un veicina plānoto eksperimentu sēriju. Nobeidzot izmēģinājumus, motoru 10 min atkal darbināja ar dīzeļdegvielu, lai augstspiediena sūkņi un vados nepaliktu rapša eļļa. Pretējā gadījumā sekojošā palaišana būs stipri apgrūtināta vai neiespējama. Mēģinājumi parādīja, ka divu tvertņu sistēma nodrošina stabilu dīzeļmotora darbu ar bioeļļu. Motora jauda pārejot no dīzeļdegvielas uz bioeļļu samazinājās vidēji no 17,8 kW darbā ar dīzeļdegvielu uz 16,4 kW darbā ar tīru rapša eļļu, respektīvi, par 3 %. Degvielas

īpatpatēriņš tajā pašā laikā pieaug no 320 g/kWh darbā ar dīzeļdegvielu līdz 397 g/kWh darbā ar bioeļļu, t.i. par 20 %.



8. att. Degvielu viskozitātes izmaiņa atkarībā no temperatūras.

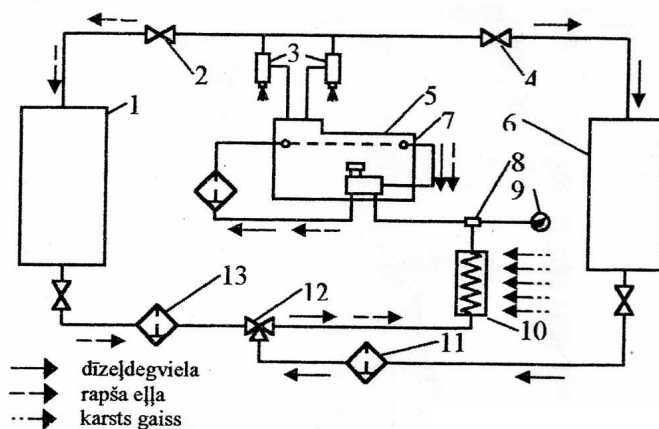
2.3. Rapša eļļas izmantošanas nosacījumi

Lai rapša eļļu varētu izmantot kā biodegvielu dīzeļmotoros, ir jāievēro daži īpaši nosacījumi.

Motora modificēšana. Dīzeļmotors jāaprīko ar bioeļļas priekšsildīšanas sistēmu, kas, pirms motora sāk strādāt ar bioeļļu, paaugstina bioeļļas temperatūru līdz 75 – 85 °C un ļauj pārslēgt motora barošanu manuāli vai automātiski no parastās dīzeļdegvielas uz bioeļļu un atpakaļ darbam ar dīzeļdegvielu pirms ilgstošākas stāvēšanas, lai motora barošanas sistēmā uz stāvēšanas laiku paliktu dīzeļdegviela, kas atvieglo nākošo iedarbināšanu un pasargā sūkni un sprauslas no bojājuma paaugstinātas pretestības dēļ (skat. sistēmas piemēru 9. att.).

Motora pārkārtošana ar bioeļļu prasa izmaiņas tikai motora barošanas sistēmā, pārējās motora sistēmas un mehānismi paliek nemainīgi, respektīvi, motors tiek modificēts piemērojot tā barošanas sistēmu bioeļļas izmantošanai. Izmantojot divu

tvertņu sistēmu, spēkratam uzstāda otru (papildus) tvertni bioeļļai un to caur trīskanālu krānu pievieno motora barošanas sistēmai.



9. att. Eksperimentālā dīzeļmotora (D-21)divu tvertņu barošanas sistēmas shēma:

1 - rapša eļļas tvertne; 2, 4 – krāni; 3 – sprauslas; 5 – degvielas augstspiediena sūknis;
6 – dīzeļdegvielas tvertne; 7 – zemspiediena sūknis; 8 – temperatūras devējs; 9 – distances termometrs; 10 – siltummainis; 11, 13 – degvielas filtri – nosēdtrauki; 12 – trīskanālu krāns.

Motoram jāstrādā pilnā slodzē. Atšķirībā no dīzeļdegvielas, bioeļļa, nonākot saskarē ar motora detaļām, neiztvaiko, bet sadegot rada piedegumus. Šī iemesla dēļ motors ar bioeļļu praktiski var strādāt tikai pilnā slodzē, bet ne brīvgrāitā. Strādājot pilnā slodzē caur sprauslas smidzinātāju plūst spēcīga degvielas strūkļa, kas dzesē smidzinātāju un neļauj rasties piedegumiem uz smidzinātāja gala. Turpretī motoram strādājot brīvgrāitā, motora apgriezieni ir minimāli, degvielas strūkļa caur sprauslas smidzinātāju ir vāja, līdz ar to smidzinātājs tiek mazāk dzesēts, tas sakarst un rapša eļļa uz smidzinātāju galiem veido piedegumus, kas arvien vairāk negatīvi ietekmē motora darbu. Otrkārt, par cik rapša eļļa neiztvaiko un pie maziem apgriezieniem sadegšana ir nepilnīga, eļļa, saskaroties ar kvēlošām virsmām sadegšanas kamerās, rada piedegumu kamerā, uz vārstiem, gredzenu rievās. Tādēļ strādājot ar bioeļļu motors pēc iespējas vairāk jādarbina pilnā slodzē. Ja iznāk ilgstošāk darbināt brīvgrāitā vai samazinātā slodzē, tad motors jāaptur vai jāpārslēdz uz dīzeļdegvielu.

Kartera eļļa jākontrolē. Motoram strādājot brīvsgaitā, pasliktinās arī degvielas izsmidzināšanas kvalitāte un degviela gar virzuļa kompresijas gredzeniem vairāk nonāk motora karterī. Dīzeļdegvielas gadījumā tas kartera eļļas līmeni praktiski neietekmē, jo dīzeļdegviela no kartera iztvaiko, bet bioeļļas gadījumā eļļas līmenis karterī pieaug, jo rapša eļļa neiztvaiko. Tādēļ eļļas līmenis karterī regulāri jākontrolē un ja tas ir virs normālā, eļļa karterī jānomaina.

Pielietojums – lieljaudas tehnika. Iepriekš minēto iemeslu dēļ bioeļļu kā motordegvielu nevar izmantot spēkratos, kuriem bieži jāapstājas un jādarbojas brīvsgaitā vai nepilnā slodzē, piemēram, pilsētu transportā.

Bioeļļu kā degvielu ļoti labi var izmantot lielas jaudas spēkratos, kuri ilgstoši darbojas pilnas slodzes režīmā, kā, piemēram, tālbraucēju kravas automobiļos, lauksaimniecības traktoros, labības kombainos un citās pašgājējmašīnās, kā arī ceļu būves mašīnas.

2.4. Kvalitātes prasības rapša eļļai kā motordegvielai

2006. gada aprīlī Saeima apstiprināja labojumus Biodegvielu likumā. Likuma jaunais variants nosaka, ka Latvijā tāpat kā citās Eiropas Savienības valstīs rapša eļļu uzskata par biodegvielu. Tomēr, lai ražotu eļļu pārdošanai ir jānogatavo Ministru kabineta noteikumi un tajos jānosaka rapša eļļas kā degvielas (RE degvielas) kvalitātes prasības.

Lai nodrošinātu rapša eļļas kvalitāti to uzglabā ne ilgāk kā 6 mēnešus. Ja uzglabā slēgtās praktiski nemainīgā temperatūrā virs 10 °C slēgtās mucās bez atmosfēras gaisa piekļuves, tad bioeļļu var uzglabāt līdz vienam gadam.

ES standarts rapša eļļas jeb RE degvielas kvalitātes noteikšanai nav izstrādāts, bet pašreiz izstrādē ir vācu standarts DIN 51605 „Rapša eļļas degviela. Prasības un testēšanas metodes”. Jau vairākus gadus Vācijā, Austrijā u.c. valstīs ražotāji izmanto kvalitātes standartu, ko izstrādājis Bavārijas Valsts Lauksaimniecības pētījumu centrs Veihenstefanā (Weihenstephan) un kurā ietverti trīspadsmit raksturlielumi (3. tab.). Tiek turpināti pētījumi, lai šinī standartā iekļautu vēl divus raksturlielumus:

cetānskaitli, kas raksturo degvielas kompresijas aizdedzes kvalitāti un dinamisko viskozitāti, ko dīzeļdegvielas vai biodīzeļdegvielas standartos raksturo ar CFPP (Cold Filter Plugging Point), respektīvi, zemāko temperatūru pie kuras zūd filtra caurlaides spēja. Metodes, kādas šo divu parametru noteikšanai lieto dīzeļdegvielai un biodīzeļdegvielai, RE degvielai neder un tās vēl tiek izstrādātas.

3. tabula

Kvalitātes standarts rapšu eļļai, kas tiek izmantota kā motordegviela

Raksturlielumi	Mērvienība	Robežvērtība		Noteikšanas metode
		min	max	
Blīvums (15 °C)	kg/m ³	900	930	DIN EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Uzliesmošanas temperatūra	°C	220		DIN EN 22719
Siltumspēja	kJ/kg	35000		DIN 51900-3
Kinemātiskā viskozitāte (40 °C)	mm ² /s		38	DIN EN ISO 3104
Oglekļa atlikums	% no masas		0,4	DIN EN ISO 10370
Jodu saturs	g/100g	100	120	DIN 53241-1
Sēra saturs	mg/kg		20	ASTM D5453-93
Mehāniskie piemaisījumi	mg/g		20	DIN EN 12662
Skābes skaitlis	mg KOH/g		2,0	DIN EN ISO 660
Oksidācijas stabilitāte (110 °C)	h	5,0		ISO 6886
Fosfora saturs	mg/kg		15	ASTM D3231-99
Pelnu saturs	% no masas		0,01	DIN EN ISO 6245
Ūdens saturs	% no masas		0,075	EN ISO 12937

Svarīgs rapša eļļas kvalitātes rādītājs ir mehānisko piemaisījumu daudzums tajā. Saskaņā ar pieejamo RE standartu, maksimāli pieļaujamais piemaisījumu daudzums rapša eļļā nedrīkst pārsniegt 25 mg/kg (3. tab.).

Mehāniskie piemaisījumi rapša eļļā rodas galvenokārt no sēklu čaumalām un cietās pulpas. To pieļaujamais daudzums, kā redzams, ir ļoti niecīgs, tādēļ rapša jēleļļas rūpīgai attīrīšanai pēc eļļas izspiešanas no rapša sēklām ir būtiska nozīme bioeļļas kvalitātei. Jēleļļas attīrīšana iespējama to filtrējot zem spiediena ar īpašām filtrpresēm, to ilgstoši sedimentējot (nostādinot) vai arī kombinējot abus šos paņēmienus. Ņemot vērā, ka eļļas attīrīšana decentralizētajās ražotnēs ir noslēdzošais

process, šī procesa precīza izpilde ir ļoti svarīga. Filtrēšanas procesa kvalitāti iespējams kontrolēt, izmantojot procesa beigās speciālus drošības, filtrus kas noteiktā laika sprīdī parāda spiediena kritumu pirms un pēc drošības filtra un tādejādi ļauj spriest par piemaisījumu daudzumu bioeļļā.

2.5. Raša eļļas priekšsildīšanas sistēmas

Vairākas firmas dažādās pasaules valstīs piedāvā detaļu un mezglu komplektus spēkratu dīzeļmotoru modificēšanai, piemērojot tos darbam ar rapša eļļu, piemēram, vācu firmas Elsbet, VWP, Siegfried Hausmann, Eoil, angļu ATG, amerikāņu firma Frybird, zviedru firma „SKEPPSTA MASKIN AB”, u.c. Vācijā jau 2003. gadā bija vairāk kā 24 firmas, kas ražoja komplektējamus mežglus un pēc pasūtījuma veica spēkratu, galvenokārt lauksaimniecības traktoru aprīkošanu ar šīm sistēmām. Latvijā pārbūvi saviem spēkiem veic SIA „Iecavnieks” Bauskas rajonā, KS „Bauņi” Valmieras rajonā, SIA „Zaļais motors” Dobeles rajonā.

Dažādos spēkratos izmanto divu tipu rapša eļļas priekšsildīšanas sistēmas:

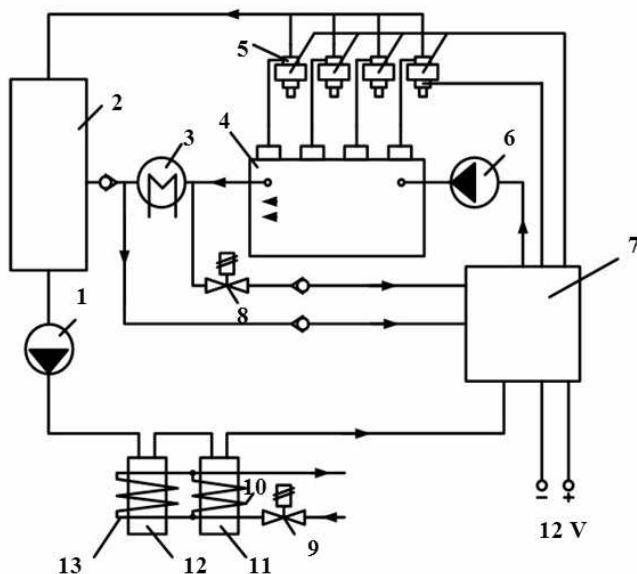
- vienas tvertnes sistēmas;
- dubulttvertņu sistēmas.

Vienas tvertnes sistēmas ir vienkāršākas pēc uzbūves, nav vajadzīga otra tvertne un dīzeļdegviela, strādā tikai ar rapša eļļu, bet ir nepieciešamas elektriski vadāmas sprauslas un elektroniskais vadības bloks. Iedarbināšana ir apgrūtināta, ja temperatūra ir zemāka par 5 °C.

Dīzeļmotora barošanas sistēmā papildus tiek uzstādīts elektrisks sūknis 1 (10. att.) eļļas padevei, siltummainis 3 degvielas atplūdes līnijā, elektriski apsildāmas sprauslas 5 un elektroniskais vadības bloks 7.

Standarta degvielas filtru 11 aprīko ar siltummaini 10, kuram pievada karstu dzesēšanas šķidrumu no motora bloka. Lai samazinātu bioeļļas padeves līnijas pretestību, var tikt uzstādīti viens vai divi papildus degvielas filtri 12, kuri tāpat tiek apsildīti. Apsildes intensitāti regulē elektromagnētiskais vārsts 8, kuru automātiski,

atkarībā no temperatūras, vada elektromagnētiskais vadības bloks 7. Siltummaiņa 3 darbību analogi regulē elektromagnētiskais vārsts 8.



10. att. **Rapša eļļas priekšsildīšanas vienas tvertnes sistēmas principiālā shēma:**

1 – elektriskais papildus sūknis; 2 – rapša eļļas degvielas tvertne; 3, 10 un 13 – siltummaiņi; 4 – degvielas augstspiediena sūknis; 5 – elektriski apsildāmas sprauslas; 6 – degvielas zemspiediena sūknis; 7 – elektroniskais vadības bloks; 8 un 9 – elektromagnētiskie vārsti; 11 un 12 – degvielas filtri.

Ieslēdzot startera slēdzi, vadības bloks 7 vispirms padod strāvu sprauslu apsildei un tikai tad, ka sprauslas ir pietiekami sakarsušas, ieslēdz elektrisko starteri. Sasilstot dzesēšanas šķidrumam motora blokā, sāk darboties siltummaiņi 10 un 13 un uzsilda cauri degvielas filtriem plūstošo bioeļļu. Kad eļļas temperatūra pie ieplūdes degvielas augstspiediena sūknī sasniedz 85°C, vadības bloks sprauslu elektrisko apsildi atslēdz un bioeļļas sildīšana notiek tikai ar karsto dzesēšanas šķidrumu no motora cilindru bloka. Ja, mainoties motora noslodzes režīmam, dzesēšanas šķidruma temperatūra samazinās, vadības bloks atkal ieslēdz sprauslu elektrisko apsildi.

Vienas tvertnes sistēmu visvairāk izmanto reģionos, kur temperatūra nav zemāka par 5°C, piemēram, Vācijas dienvidu pavalstīs, Austrijā u.c.

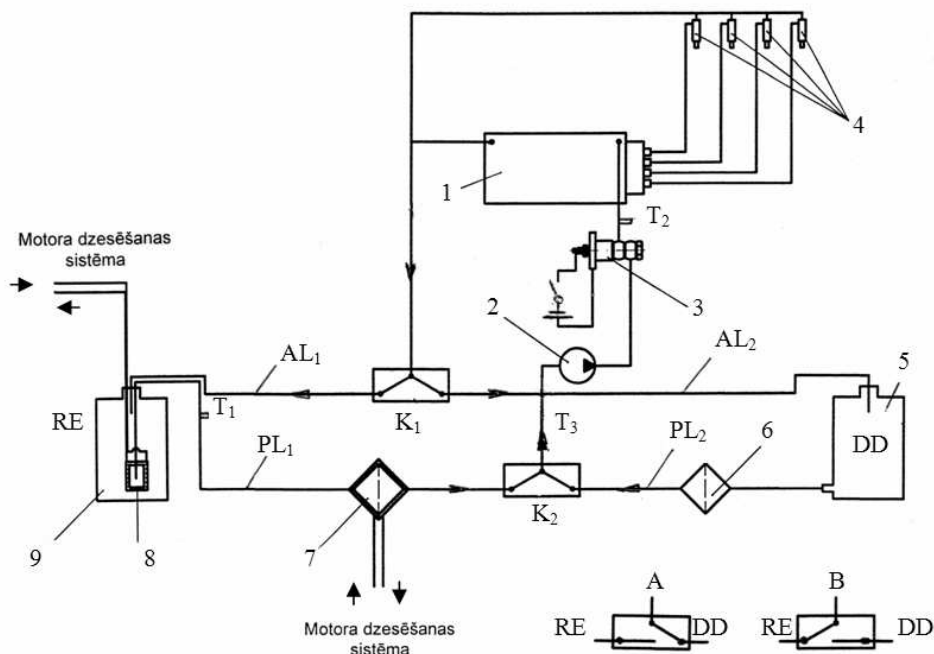
Dubulttvertņu sistēma. Kā piemēru aplūkosim LLU Biodegvielu un motoru pētniecības laboratorijā izveidoto eksperimentālo dubulttvertņu sistēmu, kas tika izmantota dīzeļmotora salīdzinošos stenda izmēģinājumos darbā ar bioeļļu (RE degvielu) un ar parasto DD.

Sistēma izveidota papildinot dīzeļmotora esošo dīzeļdegvielas barošanas sistēmu ar rapša eļļas priekšsildīšanas sistēmu. Abas sistēmas savā starpā ir saslēgtas ar pārslēdzamiem trīskanālu krāniem K_1 un K_2 (11. att.), no kuriem K_1 ir ieslēgts atplūdes līnijās AL_1 un AL_2 , bet K_2 – degvielas padeves līnijās PL_1 un PL_2 . Ar šo krānu palīdzību ir iespējams sistēmu pārslēgt darbam vai nu ar DD vai RE. Rapša eļļas uzsildīšanai līdz vismaz $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai izmanto karsto motora dzesēšanas šķidrumu, ko pievada bioeļļas priekšsildītājam 8, kas atrodas RE tvertnē 9, un RE filtram 7 ar apsildāmu korpusu, kas iebūvēts RE padeves maģistrālē. Ātrākai RE uzsildīšanai vajadzības gadījumā papildus izmanto elektrisko sildītāju 3, kas darbojas parasto kvēlsveci no 12 V akumulatoru baterijas.

Uzsākot darbu abi krāni K_1 un K_2 ir ieslēgti stāvoklī A, motors darbojas dīzeļdegvielas režīmā un dzesēšanas šķidrums dzesēšanas apvalkā sakarst. Pēc 10 – 15 min vai vairāk, kad sistēmā sasniedz apmēram $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, ko uzrāda dzesēšanas sistēmas termometrs krānus K_1 un K_2 vienlaicīgi pārslēdz stāvoklī B un motors sāk darboties ar tīru bioeļļu. Lai paātrinātu rapša eļļas uzsildīšanu līdz nepieciešamajai $75 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ darba temperatūrai, ko kontrolē temperatūras devējs T_2 , pārslēdzot krānus K_1 un K_2 , vienlaicīgi ieslēdz arī elektrisko sildītāju 3, kurā iebūvēta parastā ar kvēlsvece kura darbojas no 12V akumulatora baterijas.

Motoram darbojoties DD režīmā, sakarsušais dzesēšanas šķidrums no motora dzesēšanas sistēmas plūst cauri no vara caurulītes izveidotai spirālei, kura aplikta eļļas uztvērējam 8 un tādejādi eļļa RE tvertnē tiek uzsildīta līdz apmēram $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ko uzrāda temperatūras devējs T_1 . Līdzīgi izveidota bioeļļas filtra 7 apsildīšana. Stabilā slodzes režīmā motoram strādājot ar bioeļļu, temperatūrai aiz filtra 7, ko uzrāda devējs T_3 jāsasniedz $75 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ja tā ir sasniegta, elektrisko papildus sildītāju 3 izslēdz.

Rapša eļļas uzsildīšana eļļas tvertnē ir nepieciešama, lai samazinātu rapša eļļas padeves līnijas PL_1 kopējo pretestību un zemspiediena sūknis 2 spētu padot bioeļļu pietiekošā daudzumā.



11. att. LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā izveidotā eksperimentālā dubulttvertņu sistēma dīzeļmotora barošanai ar bioeļļu (RE):

1 – degvielas augstspiediena sūknis; 2 – zemspiediena sūknis; 3 – elektroniskais sildītājs; 4 – sprauslas; 5 – dīzeļdegvielas tvertne; 6 – filtrs; 7 – apsildāms rapša eļļas filtrs; 8 – apsildāms rapša eļļas uztvērējs; 9 – rapša eļļas tvertne.

Dažas ārzemju firmas, piemēram, zviedru firma „Skepta Maskin AB” savos piedāvātajos priekšsildīšanas sistēmu komplektos bioeļļas sildīšanu tvertnē neparedz. Tā vietā tiek piedāvāts līnijā PL₁ uzstādīt papildus elektrisko eļļas sūkni, kas ļauj pārvarēt paaugstināto plūsmas pretestību, ja tvertnē eļļu nesilda. Elektriskajā sildītājā paredz iebūvēt četras kvēlsvences.

Nobeidzot motoru darbināt ar rapša eļļu, respektīvi, pārtraucot darbu ar spēkratu, 5 – 10 min pirms motora apturēšanas, sistēmu pārslēdz atpakaļ darbam ar DD, lai sūknī un sprauslās nepaliek eļļa, kas atdziestot sabiezē un rada problēmas motoru pēc stāvēšanas no jauna iedarbinot.

LLU veiktie stenda izmēģinājumi parādīja, ka dīzeļmotors darbā ar bioeļļu, kas pirms ieplūdes augstspiediena degvielas sūknī ir uzsildīta līdz 75 °C, temperatūrai

darbojas stabili, bez problēmām. Darbā ar RE salīdzinot ar DD pie nominālajiem motora apgriezieniem 3500 min^{-1} , motora efektīvā jauda samazinās par 1,7 % (42 kW ar DD un 41,3 kW ar RE).

Degvielas stundas patēriņš attiecīgi pieauga par 3 % (16,0 l/h ar DD un 16,48 l/h ar RE).

Neliels jaudas samazinājums un degvielas patēriņa pieaugums ir izskaidrojams ar to, ka rapša eļļas siltumspēja pēc tilpuma megadžoulos uz litru zemāka (34,2 MJ/l) nekā dīzeļdegvielas siltumspēja (35,2 MJ/l).

Absorbcijas koeficients, kas raksturo nesadegušo ogļūdeņražu HC daudzumu dīzeļmotora atgāzēs, samazinājās par 10 % (no 1,47 ar DD līdz 1,32 ar RE). Tas izskaidrojams ar to, kas rapša eļļas ķīmiskajā sastāvā ietilpst arī skābeklis, kas veicina tās pilnīgāku sadegšanu motora cilindros. Tāpēc arī motora jauda samazinās pavisam nelielā mērā. Absorbcijas koeficienta samazināšanās ir būtiska bioeļļas kā motordegvielas priekšrocība.

2.6. Rapša eļļas izmantošanas pieredze

Bioeļļas priekšsildīšanas sistēmu aprīkojums, ko uzstāda spēkratam un motoram tā darbināšanai ar bioeļļu, var būt visdažādākos variantos, sākot no vienkāršiem ar roku pārslēdzamiem krāniem un beidzot ar elektromagnētiskiem vārstiem, kurus vada mikroprocesors, automātiski pārslēdzot sistēmu darbam ar vienu vai otru degvielas veidu atkarībā no attiecīgā temperatūras un darba režīma.

Jāatceras, ka ar RE degvielu, atšķirībā no DD spēkratu brīvgaitā bez slodzes praktiski nevar darbināt, pat īslaicīgi apstājoties motors jāaptur. Pirms ilgstošas apturēšanas jāpārslēdz un 5 – 10 min jādarbina ar dīzeļdegvielu, lai cauruļvados un sūkņī nepaliktu bioeļļa. Šī nosacījuma precīza izpilde nodrošina motora normālu iedarbināšanu un ilgstošu stabilu bezatteikumu darbu.

Ja sistēma ir apgādāta ar manuālu vadību, tad motora darba režīms ir atkarīgs no operatora (šofera, traktorista, kombainiera) subjektīvas rīcības. Operators var pārslēgt krānus par agru vai par vēlu, vai vispār aizmirst tos pārslēgt, kā rezultātā

motorā var rasties traucējumi, par kuriem tika runāts iepriekš vai motors var vispār iziet no ierindas. Tajā pašā laikā jāatzīmē, ka ar roku vadāmā sistēma, kādu izmanto, piemēram, SIA „Iecavnieks” ir 4 – 6 reizes lētāka, nekā ārzemju firmu piedāvātās automatizētās sistēmas.

Ārzemju un arī dažu Latvijas lauku uzņēmumu vairāku gadu pieredze rāda, ka, ja minētie nosacījumi tiek stingri ievēroti, nav problēmu rapša eļļas izmantošanā par motordegvielu spēkratos lauku darbu periodā.

Tā, piemēram, SIA „Iecavnieks”, Bauskas rajonā, kopš 2004. gada lielāko daļu savu spēkratu ir pārbūvējis darbināšanai ar tīru rapša eļļu, tajā skaitā lieljaudas kravas automobiļus DAF, MAZ, MAN, vairākus John Deer firmas traktoros un kombainus. Divi kombaini JD1170 un JD1180 2005. gada sezonā novāca labību 660 ha platībā, patērējot 8418 litrus tīru rapša eļļu, t.i. 12,75 l/ha.

Dīzeļdegvielas cena šajā laikā bija 0,60 Ls/l, bet rapša eļļu SIA „Iecavnieks” ražoja uz vietas savā ražotnē un tās cena bija 0,45 Ls/l.

Degvielu izmaksas kombainu darbināšanai sastādīja:

- ar dīzeļdegvielu $0,60 \times (8418 - 8418 \times 0,035) = 4955$ Ls;
- ar rapša eļļu $0,45 \times 8418 = 3788$ Ls.

Tātad darbinot kombainus ar rapša eļļu tika ietaupīts 1168 Ls jeb 25 % no degvielu izmaksām.

SIA „Iecavnieks” savā ražotnē var saražot ap 25 t rapša eļļas diennaktī. Traktoru, kas līdz šim strādāja ar dīzeļdegvielu, aprīkošana darbam ar rapša eļļu SIA „Iecavnieks” darbīcā izmaksā 350 Ls, bet smagajai kravas automašīnai 700 Ls. Šodien praktiski jau viss SI „Iecavnieks” mašīnu parks (17 no 20 smagās tehnikas vienībām) ir aprīkotas ar rapša eļļas motora barošanas sistēmu un diendienā strādā ar to. Ja smagā kravas automašīna, kā parasti, nobrauc 500 km/dienā, degvielas ekonomija dod 20 līdz 25 Ls dienā. Saimniecības speciālisti norāda, ka izmantot bioeļļu spēkratos atmaksājas, ja automašīnai dienā ir liels noskrējieni, bet lauka spēkratiem nostrādāts liels motostundu skaits.

Līdzīgi rezultāti ir arī Valmieras rajona lauksaimniecības kooperatīvā sabiedrībā „Bauņi”, kur ar rapša eļļas barošanas sistēmu ir aprīkoti divi moderni lieljaudas traktori – kāpurķēžu traktors „Class” un riteņtraktors „New Holland”. Abi

traktori darbojas bez problēmām kopš 2005. gada. Ir arī vairāki individuālie zemnieki, kas iegādājušies mazjaudas eļļas preses uz vietas saimniecībā izspiež rapša eļļu un ar pašu spēkiem aprīkojuši dažus traktoros „Belarus” ar dubultvertņu sistēmu rapša eļļas izmantošanai par degvielu.

Dubultvertņu sistēmas galvenā priekšrocība, salīdzinājumā ar vienas tvertnes sistēmu, ir tā, ka atvieglojas iedarbināšana ziemas periodā un bioeļļas izmantošana pilnībā sākas tikai tad, kad motors jau ir uzsilis darbojoties ar dīzeļdegvielu. Trūkums – nepieciešama papildus degvielas tvertne un divu veidu degvielas.

Vācijas valdība laikā no 2000. – 2003. gadam atbalstīja „100 traktoru demonstrēšanas projektu”, kura uzdevums bija noskaidrot rapša bioeļļas degvielas ietekmi uz traktoru ilgturību, ekspluatācijas rādītājiem un apkārtējo vidi. Projektu izpildīja Rostokas universitāte ar vairāku firmu līdzdalību. Dažādu marku traktori tika pētīti darbā ar rapša eļļu ekspluatācijas apstākļos. Traktori bija aprīkoti ar dažādu firmu ražotām eļļas priekšsildīšanas sistēmām. Izmēģināmie traktori vidēji nostrādāja 2200 ha katrs. Pētījumi parādīja, ka stingri ievērojot priekšsildīšanas sistēmu pielietošanas noteikumus, traktori darbojās bez būtiskiem bojājumiem un atteikumu skaits nebija lielāks kā parasti.

Lielākā daļa traktori tika izmantoti Bavārijā un bija aprīkoti ar vienas tvertnes sistēmu, pārējie ar dubultvertņu sistēmu. Traktoru jaudas diapazons bija 50 – 200 kW, 81 % no tiem jauda bija diapazonā no 70 – 120 kW, 20 traktoriem no tiem tika veikta padziļināta testēšana. Visiem traktoriem pētījuma sākumā un ik pēc 800 darba stundām tika fiksēts tehniskais stāvoklis, motora jauda un atgāzu emisija. Darbi tika organizēti tā, ka traktori parasti strādāja ar motora 90 % noslodzi.

Šī pētījuma rezultāti tiek vērtēti šādi*:

- Pētījumā strādāja pavisam 111 traktori, no tiem 30 traktoriem (27 %) nebija nekādu bojājumu;
- 35 traktoriem (31 %) bija nenozīmīgi bojājumi, kuru novēršana izmaksāja ne vairāk kā 1000 EUR;

* - E. Hassel a.a. Rapsöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft. Sachstandsbericht zum 100 – Traktoren – Demonstrationsvorhaben. Universität Rostock, 2005.

- 36 traktoriem (32 %) bija nopietnāki bojājumi, kuru novēršana izmaksāja vairāk kā 2000 EUR;
- 10 traktoriem (9 %) bija smagi bojājumi, kuru novēršana izmaksāja līdz 15000 EUR;
- galvenie bojājumu vai atteikumu veidi bija jaudas samazināšanās, iedarbināšanas problēmas aukstam motoram, piedegumi uz smidzinātāju galiem un vārstiem, augstspiediena sūkņu defekti;
- bioeļļas noplūde karterī un kartera eļļas līmeņa paaugstināšanās; eļļu karterī vajadzēja mainīt par 35 – 50 % biežāk kā normāli;
- konstatēts, ka tikai divu firmu traktoru aprīkojumu komplekti ir droši derīgi rapša bioeļļas izmantošanai traktoros, pārējo četru firmu aprīkojums prasa tālākus pilnveidojumus;
- pētījuma laikā bija problēmas ar rapša eļļas kvalitāti; to iespaido eļļas glabāšanas laiks un veids.

Tendence pasaulē ir tāda, ka DD cena vēl turpinās augt, tādēļ zemniekiem, īpaši rapša audzētājiem, rapša eļļas pielietošana par motordegvielu var būt interesanta alternatīva. Jāņem vērā arī vispārējā rapša audzēšanas pozitīvā ietekme uz lauksaimniecību un tautsaimniecību kopumā.

2.7. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kāds mērķis ir izvirzīts LR Saeimas 21.04.2005. pieņemtajā „Biodegvielu likuma”? Raksturojiet biodegvielu pozitīvo ietekmi uz vidi, lauksaimniecību un tautsaimniecību kopumā. Kas ir biodegviela? Biomasas pamatdefinīcija?

Īsi raksturojiet galvenās šķidrās un gāzveida biodegvielas (bioeļļa, biodīzeļdegviela, bioetānols, biogāze, termogāze, sintēzgāze)? Kādā veidā degviela ir bio-ETBE, kur to lieto? Raksturojiet pazīstamākos maisījuma degvielu veidus. Ar kādu degvielu darbojās pasaulē pirmais sērijveida automobilis Ford T (1908)? Kas ir gazohols un kas ir latols? Kāda ir biodīzeļdegvielas ražošanas kapacitāte Vācijā?

Īsumā raksturojiet biodegvielu attīstību Latvijā. Kad un kur sāka darboties pirmā biodīzeļdegvielas ražotne Latvijā? Kādam jābūt procentuālam biodegvielu daudzumam no kopējā transportā izmantotā degvielu daudzuma 2010. gadā? Cik un kādās rūpnīcās biodīzeļdegvielu ražoja Latvijā 2007. gadā?

Raksturojiet rapša eļļas ieguves procesu no rapša sēklām decentralizētās mazjaudas ražotnēs (eļļas spiestuvēs). Cik daudz rapša eļļas var iegūt no 1 tonnas rapša sēklu un no 1 ha platības? Raksturojiet skrūves tipa eļļas spiedes darbības principu. Kādas īpašības ir rapša eļļas ieguvei lieljaudas ražotnēs? Kur izmanto tādas blakusproduktus kā fosfatīdi un granulētie spraukumi? Kāda ir rapša eļļas masas siltumspēja un tilpuma siltumspēja, salīdzinot ar fosilo dīzeļdegvielu? Kādus paņēmienus izmanto lai tuvinātu rapša eļļas viskozitāti parastās dīzeļdegvielas viskozitātei? Raksturojiet galvenās rapša eļļu kā motordegvielu priekšrocības salīdzinot ar fosilo dīzeļdegvielu. Kā izmainās motora jauda un degvielas patēriņš, ja dīzeļdegvielas vietā pielieto tīru rapša eļļu?

Kādi ir galvenie rapša eļļas kā motordegvielas izmantošanas nosacījumi, kas nodrošina ilgstošu motora bezattekumu darbu? Raksturojiet dīzeļmotora divu tvertņu sistēmas uzbūves un darbības principus pēc 9. att. dotās shēmas. Kādas ir galvenās kvalitātes prasības rapša eļļai? Kādi faktori ietekmē rapša eļļas kvalitāti, ja eļļa tiek filtrēta zem spiediena ar īpašām filtrpresēm?

Raksturojiet rapša eļļas priekšsildīšanas vienas tvertnes sistēmas uzbūves un darbības principus, izmantojot 10. att. doto shēmu. Izskaidrojiet LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā izmantotās dubulttvertņu barošanas sistēmas rapša eļļas izmantošanai dīzeļmotorā (11. att.) uzbūves un darbības principus.

Kāda ir tīras rapša eļļas kā motordegvielas izmantošanas pieredze Latvijā? Kāda ir dubulttvertņu sistēmas galvenā priekšrocība salīdzinot ar rapša eļļas pielietošanas vienas tvertnes sistēmu? Kā rapša eļļas degvielas pielietošana traktoros ietekmē motora kartera eļļas nomaiņas periodiskumu pēc Vācijā veiktā „100 traktoru demonstrēšanas projekta rezultātiem”?

3. BIODĪZEĻDEGVIELA

3.1. Biodīzeļdegvielu raksturojums

Biodīzeļdegviela ir dīzeļmotoru degviela, ko iegūst bioeļļu pāresterificējot rapša eļļas kopā ar 100 % spirtu (metanolu vai etanolu) ķīmiskā reaktorā katalizatora, kālija vai nātrija hidroksīda (KOH vai NaOH) klātbūtnē. Iegūtā biodīzeļdegviela pēc savām īpašībām ir ļoti tuva fosilajai degvielai un to var lietot pēdējās vietā parastajos dīzeļmotoros, ja vien biodīzeļdegvielas kvalitāte atbilst standarta LVS EN 14214 prasībām.

Ražošanas procesā kā atlikuma produkts paliek jēlglicerīns, ko var izmantot ķīmiskajā rūpniecībā vai sadedzināt kurtuvēs kopā ar zāģskaidām, šķeldu vai citu biomasu.

Latvijā kopš 2005. gada darbojas trīs biodīzeļdegvielas rūpnīcas ar kopējo jaudu apmēram 15000 t/gadā un tiek projektētas vairākas lielas rūpnīcas (EcoDiesel, Elejā; BioVenta, Ventspilī u.c.) ar kopējo jaudu 200 – 300 tūkstoši tonnu biodīzeļdegvielas gadā.

Pēdējos gados vairākās valstīs biodīzeļdegvielas ražošanai sāk izmantot lietotas cepameļļas, kas parasti ir dažādu augu eļļu un dzīvnieku tauku maisījums, vai arī tieši izmanto dzīvnieku taukus, kurus iegūst no gaļas pārstrādes uzņēmumu atlikumiem.

Precīza un arī oficiāla biodīzeļdegvielas definīcija dota LR Saeimas pieņemtajā „Biodegvielas likumā”^{*}, kurā norādīts:

„Biodīzeļdegviela – metilesteris vai etilesteris, ko iegūst no augu eļļas vai dzīvnieku taukiem, kam ir dīzeļdegvielas īpašības un ko var izmantot iekšdedzes dzinējos par degvielu”.

Atkarībā no tā vai reakcijā ir izmantots metilspirts vai etilspirts, iegūtos esterus apzīmē attiecīgi kā ME (metilesteris) vai EE (etilesteris).

Šiem burtiem priekšā vēl pieliek burtu, kas apzīmē izmantoto augu eļļu.

^{*} - Biodegvielas likums. Pieņemts LR Saeimā 2005. gada 17. martā, publicēts „Latvijas Vēstnesī” 2005. gada 1. aprīlī.

Plašāk sastopamie biodīzeļdegvielu apzīmējumi ir sekojoši:

- RME (Rapeseed oil Methyl Ester) – rapša eļļas metilesteris;
- REE (Rapeseed oil Ethyl Ester) – rapša eļļas etilesteris;
- SME (Sunflower oil Methyl Ester) – saulespuķu eļļas metilesteris;
- PME (Palm oil Methyl Ester) – palmu eļļas metilesteris;
- WOME (Waste oil Methyl Ester) – lietotas augu eļļas metilesteris (šo apzīmējumu parasti lieto izmantojot lietotās cepamēļas, kuru sastāvs var būt dažāds);
- FAME (Fatty Acid Methyl Ester) – taukskābju metilesteris (lieto apzīmējot biodīzeļdegvielu, kas iegūta izmantojot dzīvnieku taukus vai to maisījumus ar augu eļļām).

Latvijā vispiemērotākais eļļas augs, kas vislabāk padodas vietējos apstākļos, ir rapsis, kas dod labas kvalitātes eļļu, piemērotu biodīzeļdegvielas ražošanai. Tādēļ Latvijā biodīzeļdegvielas RME ražošanai izmanto rapša eļļu un metilspirtu, jo tas pagaidām ir gandrīz divreiz lētāks kā etilspirts (bioetanolis no graudiem).

Biodegvielu RME un REE fizikāli – ķīmisko īpašību raksturojums, salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu (4. tab.), rāda, ka transesterificēšanas procesā iegūtā biodīzeļdegviela pēc savām fizikāli – ķīmiskām īpašībām praktiski neatšķiras no parastās fosilās dīzeļdegvielas un to var lietot spēkratu dīzeļmotoros bez ierobežojumiem, ja vien tās kvalitāte atbilst standartam LVS EN 14214.

Maisījumu degvielas

Biodīzeļdegvielu var pielietot motoros gan tīrā veidā (kā 100 procentīgu metilesteri), gan arī maisījumos ar fosilo dīzeļdegvielu jebkurā proporcijā pēc tilpuma. Eiropas Savienībā, ASV un Kanādā pieņemts apzīmēt biodīzeļdegvielu un tās maisījumus ar burtu B un ciparu, kas norāda biodīzeļdegvielas procentuālo daudzumu maisījumā. Izplatītākās maisījumu degvielas ir:

- B100 – 100% biodīzeļdegviela + 0% dīzeļdegvielas;
- B30 – 30% biodīzeļdegviela + 70% dīzeļdegviela,
- B20 – 20% biodīzeļdegviela + 80% dīzeļdegviela,
- B5 – 5% biodīzeļdegviela + 95% dīzeļdegviela.

Dīzeļmotoros izmantojamo degvielu raksturojums

Rādītāji	Rapšu eļļa	RME	REE	Dīzeļdegviela
Blīvums, kg/m ³	916	884	880	835
Kinemātiskā viskozitāte, mm ² /s				
pie 20 °C	77,8	7,5	7,4	5,1
pie 50 °C	25,7	3,8	3,7	2,6
Sadeģšanas siltums MJ/L	34,3	36,2	36,2	38,4
Cetāna skaitlis	44 – 51	52 – 56	52 – 56	48 – 51,5
Sasalšanas temperatūra, °C	- 6	< - 10	< - 10	- 20
Uzliesmošanas temperatūra, °C	317	150 - 170	150 - 170	5
Limitējošā filtrēšanas temperatūra, °C	20	- 12	- 15	- 18

B100 plaši pielieto slēgtās patērētāju grupās, piemēram, autobusu parkos, municipālajā un komunālajā transportā u.tml. Dēļ labvēlīgas ietekmes uz vidi, B100 pielieto mežizstrādes mašīnās un transportlīdzekļos, ko izmanto nacionālos parkos, dabas rezervātos un iekšzemes ūdeņos. B100 ir arī brīvā pārdošanā degvielas uzpildes stacijās Vācijā, Austrijā u.c. valstīs. Autobraucējs to var brīvi iegādāties un iepildīt savas mašīnas degvielas tvertnē tūrā veidā vai maisīt ar dīzeļdegvielu atkarībā no sezonas (gaisa temperatūras).

B30 maisījuma degviela tiek izmantota Čehijā. To pagatavo īpašās maisīšanas rūpnīcās, sajaucot B100 ar 70 % dīzeļdegvielas, maisījumu attīra centrifugējot un pēc tam piegādā patērētājiem. Tiek uzskatīts, ka maisījuma degviela B30 saglabā biodīzeļdegvielas pašdegradācijas (sadalīšanās) īpašības, neizraisa inžektoru koksēšanos un ekonomiski ir optimāls risinājums.

B20 maisījuma degviela atzīta par optimālu variantu un tiek ļoti plaši pielietota ASV slēgtās patērētāju grupās un tirgota publiskās degvielas uzpildes stacijās (DUS).

Plašs B20 pielietojums ASV tiek pamatots ar to, ka šī maisījuma degviela pēc savām īpašībām praktiski neatšķiras no parastās dīzeļdegvielas. B20 ir minimālais maisījuma līmenis, kādu pieļauj ASV Enerģijas likums (*Energy Policy Act* EPAAct, 1992).

B5 ir zemas koncentrācijas maisījums, ko Eiropas valstīs praktizē piejaukt visam tirgū izlaistajam fosilās dīzeļdegvielas daudzumam kā piedevu, kas uzlabo dīzeļdegvielas eļļojošās īpašības un līdz ar to palielina motora kalpošanas laiku. Dīzeļdegvielas standarts LVS EN 590 pieļauj piedevu piejaukšanu līdz 5 % apmērā, tādēļ B5 degvielai īpašs standarts nav vajadzīgs.

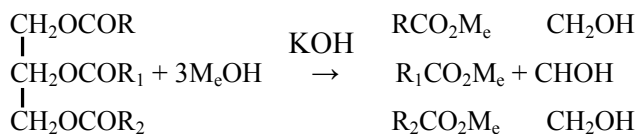
3.2. Biodīzeļdegvielas ražošana no rapša eļļas.

Pāresterificēšanas process

Biodegvielu iegūst no rapša eļļas to ķīmiskā procesā pāresterificējot ar metilspirtu (iegūst metilesteri RME) vai etilspirtu (iegūst etilesteri REE). Process notiek īpašā reaktorā katalizatora (KOH vai NaOH) klātbūtnē. Atšķirībā no parastās dīzeļdegvielas (DD), BioDD iegūst no atjaunojamām izejvielām un ekoloģiski tā ir dabai draudzīgāka par fosilo DD.

No vienas tonnas rapša sēklu var iegūt 440 litru (387 kg) biodīzeļdegvielas un papildus vēl 580 kg rapša raušu un 40 kg glicerīna.

Rapša eļļa sastāv no dažādu taukskābju un glicerīna esteriem. Izmantojot alkoholīzes metodi, pāresterificēšanas procesā eļļas esteros esošais glicerīns tiek aizstāts ar spirtu. Reakciju katalizē kālija hidroksīds. Rapša eļļas pāresterificēšanas procesa būtību attēlo sekojošais ķīmiskais vienādojums, kur R, R₁ un R₂ – spirta vai taukskābes radikāls:



Lai nodrošinātu stehiometrisku pāresterificēšanas procesa norisi, nepieciešams trīs moli metanola (vai etanola) uz vienu molu rapša eļļas, kā rezultātā iegūst trīs molus metilestera un vienu molu jēlglicerīna (glicerīna). Pāresterificēšanas efektivitāte sasniedz 98 %. Optimālai temperatūrai pāresterificēšanas reaktorā jābūt 60 °C. Šādā

temperatūrā process notiek 1 h laikā, zemākās temperatūrās reakcijas laiks ievērojami pieaug. Tā, piemēram, 32 °C temperatūrā tādu pašu pāresterificēšanas efektivitāti var sasniegt tikai 4 h laikā.

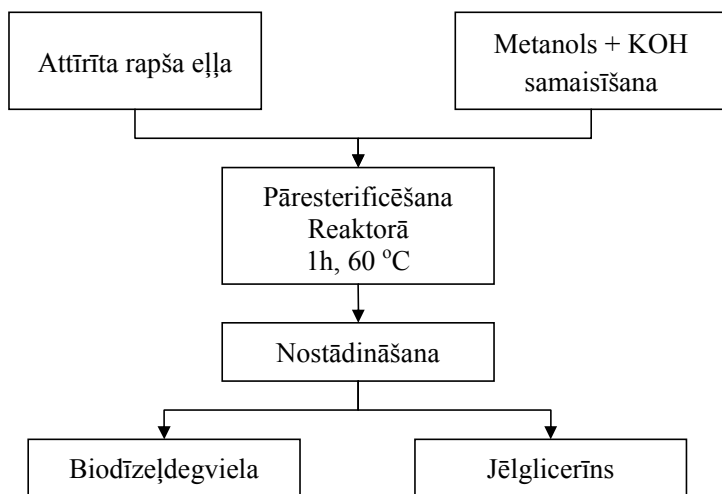
Lai iegūtu 1t RME (rapša metilestera) bez metilspirta pārpalikuma biodīzeļdegvielā, nepieciešams, kg:

Izejvielas		Iegūst	
- rapša eļļa	995,4	RME	1000
- metilspirts	108,4	jēlglicerīnu	103,8
- katalizators KOH	3,9		

Pāresterificēšanas procesā, izmantojot etilspirtu (bioetanolu), nepieciešams, kg:

Izejvielas		Iegūst	
- rapša eļļa	950,5	REE	1000
- etilspirts	149,3	jēlglicerīnu	99,8
- katalizators KOH	5,3		

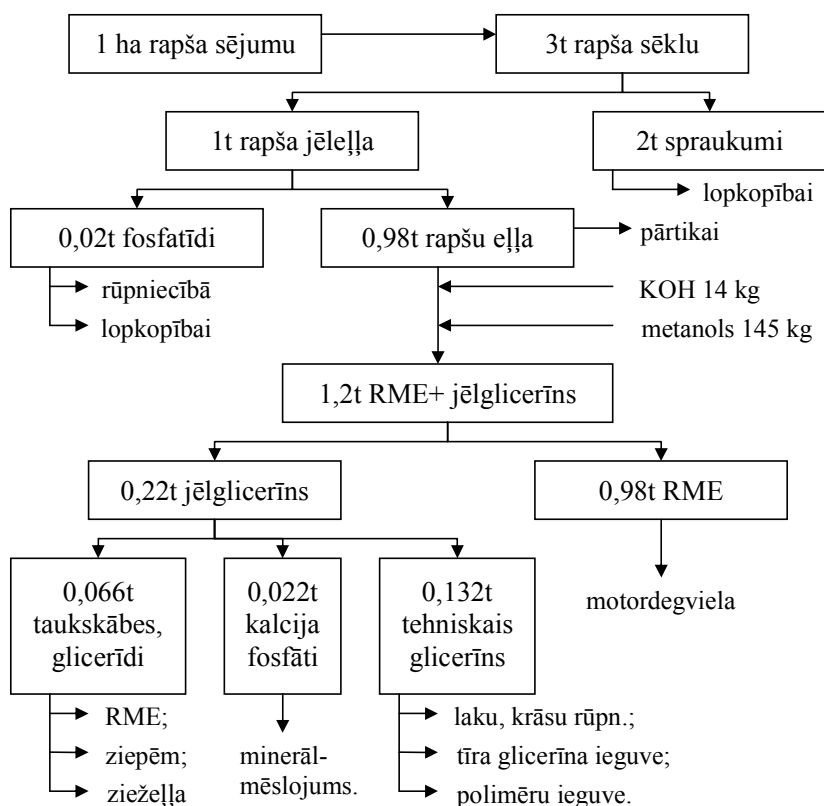
Pāresterificēšanas procesā noteiktais daudzums attīrītas rapša eļļas un metanols, kas iepriekš samaisīts ar katalizatoru KOH, tiek novadīts reaktorā(12. att.).



12. att. Vienkāršota biodīzeļdegvielas ražošanas procesa shēma.

Reaktorā izejvielas tiek nepārtraukti 1h maisītas un uzturēta 60 °C temperatūra. Ķīmisko reakciju rezultātā reaktorā izveidojas rapša metilestera (RME) un jēlglicerīna maisījums, kuru tālāk novada uz nostādināšanas tvertnēm. Tur maisījumu nostādina ne mazāk 24 stundas. Tā rezultātā maisījums noslāņojas: tvertnes augšpusē gaišāks, dzeltenzaļgans slānis – biodīzeļdegviela, apakšpusē tumšbrūns slānis – jēlglicerīns. Tādejādi jēlglicerīnu var atdalīt no biodīzeļdegvielas. Jēlglicerīns ir vērtīga izejviela ķīmiskajai rūpniecībai, no tā iegūst tīru glicerīnu, to izmanto laku, krāsu un polimēru ražošanā.

Praktiski visa biodīzeļdegvielas ražošana notiek pēc bezatkritumu tehnoloģijas (13. att.). Labas ražas gadījumā no 1 ha rapša sējumu var iegūt 3 t rapša sēklas, no kurām savukārt var izspiest 1 t rapšu jēleļļu un iegūt 2 t spraukumu, kura ir vērtīga lopbarība.



13. att. Biodīzeļdegvielas (RME) un blakusproduktu daudzums, ko var iegūt no 1 ha rapša sējumu.

Iegūto jēleļļu nostādinot (sedimentējot) vai filtrējot zem spiediena iegūst 0,98 t tīras rapša eļļas un 0,02 t fosfatīdus, kurus var izmantot kā izejvielas rūpniecībā vai kā lopbarības piedevu.

Tālāk seko RME ieguve pēc iepriekš aprakstītās shēmas. Tiek iegūtas 0,98 t biodīzeļdegvielas RME un 0,22 t jēlglicerīna. Pēdējo tālāk pārstrādājot var iegūt 0,066 t taukskābes un glicerīdus, 0,022t kalcija fosfātus.

Biodīzeļdegvielas ieguve vienas tvertnes miniprocessorā

Biodīzeļdegvielas ieguvi vienas tvertnes miniprocessorā pagājušā gadsimtā astoņdesmitajos gados iesāka amerikāņu fermeri, tikai toreiz to sauca par *Batch process*, t.i. kubla jeb vienas tvertnes procesu. Vārdu *miniprocessors*, kas šodien tiek plaši lietots, amerikāņi izdomāja daudz vēlāk. Šodien modernus biodīzeļdegvielas ieguves miniprocessorus ražo vairākas firmas, galvenokārt ASV, bet arī Anglijā, Zviedrijā u.c. valstīs. Tajos biodīzeļdegvielas ieguves process tiek sadalīts pa vairākām tvertnēm, bet vienas tvertnes sistēma, arī šodien nav aizmirsta un ir pamatā pārējām sistēmām. Internetā var atrast ziņas, ka vienas tvertnes principu šodien izmanto zviedru fermeri, veicot biodīzeļdegvielas ražošanu lauka smidzinātāja cisternā.

Miniprocessorā biodīzeļdegvielas ražošanas process ir pārtraukta darbības, atšķirībā no lieljaudas rūpnīcām, kur process norisinās nepārtrauktā režīmā.

Batch procesam ir nepieciešama viena galvenā tvertne, jeb reaktors, kurā notiek pāresterificēšanas reakcija, un viena trīsreiz mazāka tvertne metanola un katalizatora (KOH vai NaOH) sajaukšanai. Galveno tvertni vislabāk ir izgatavot no nerūsošā tērauda ar konisku apakšējo galu, kas ļauj separēšanas beigās pilnīgi iztecināt glicerīnu un pilnībā iztukšot tvertni. Var izmantot arī no parastā tērauda izgatavotu tvertni, bet nekādā gadījumā ne no cinkota skārda, jo cinks biodīzeļdegvielā šķīst. Vislabāk, protams, ir iegādāties speciāli šim nolūkam izgatavotu plastmasas tvertni ar konisku apakšējo galu kādas ražo un piedāvā dažas firmas.

Ir arī plastmasas, kas reaģē ar metilesteri, tāpēc tvertnēm izmanto augsta blīvuma polietilēnu HDPE (Hight Density Polyethylene).

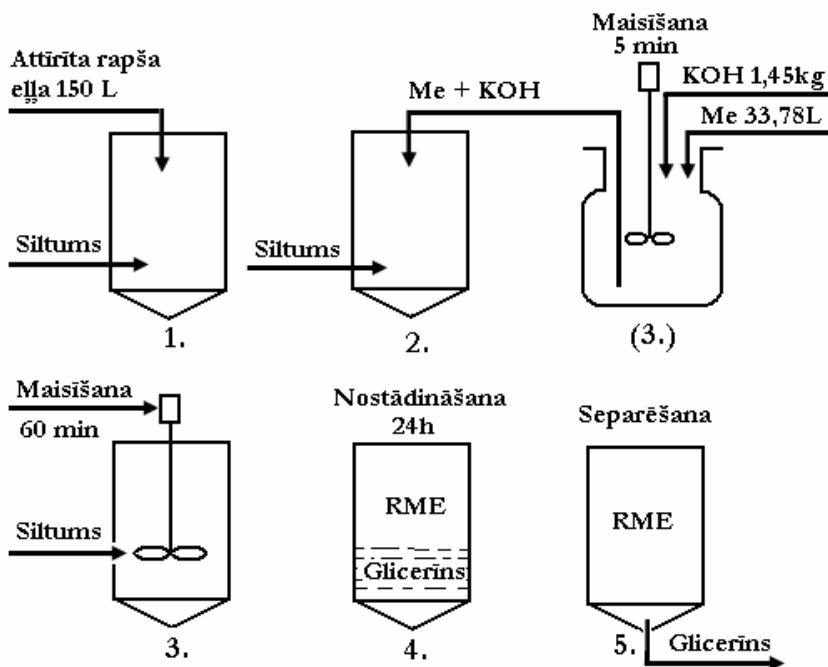
Vienas tvertnes procesa tehnoloģiskā shēma parādīta 14. att. Shēmā viena un tā paša tvertne parādīta biodīzeļdegvielas RME ieguves procesa dažādos etapos.

Procesa norises analīzei pieņemts, ka tiek pārsterificēti 150 litri tīras rapša eļļas, kas iegūta ar aukstās izspiešanas metodi pēc iepriekš aplūkotās tehnoloģijas. Tā ir kvalitatīva eļļa, kuras sastāvs glabājot līdz 3 mēnešiem praktiski nemainās. Tādēļ transesterificēšanai nepieciešamā metilspirta un katalizatora KOH daudzuma noteikšanai titrēšana (eksperimentāla noteikšana) nav nepieciešama, bet to daudzumu nosaka pēc iepriekšējos pētījumos iegūtiem datiem:

- metanols 22,5 % no rapša eļļas daudzuma;
- kālija hidroksīds 9,65 g/litru rapša eļļas.

Tad 150 litru rapša eļļas transesterificēšanai nepieciešams:

- $150 \times 0,225 = 33,75$ litri metanola un
- $150 \times 9,65 = 1447,5 \text{ g} \approx 1,45 \text{ kg KOH}$.



14. att. Biodīzeļdegvielas ieguves tehnoloģiskā procesa shēma.

Pirms procesa uzsākšanas rūpīgi jāiztīra sistēmas visas daļas pirms tās nonāk saskarē ar maisījumu. Pirms iekārtas darbināšanas visām tās sastāvdaļām (tvertnei, savienotājiem, maisītājam u.c.) jābūt iztīrītiem. Pirms rapša eļļu iepilda reaktora

tvertnē, tā jāizslauka ar tīru lupatu samērcētu acetona. Jebkāda ūdens klātbūtne sistēmā var apstādināt reakciju. Netīrumi palēnina reakciju un pasliktina estera tīrību.

Tālāk aplūkosim biodīzeļdegvielas ieguves procesa norisi pa atsevišķiem etapiem saskaņā ar doto shēmu (14. att.).

1. etaps. Tvertnē jeb reaktorā iepilda 150 litru tīras rapša eļļas. Eļļas tilpumam jābūt precīzam. Tādēļ ieteicams pirmajā mēģinājumā to precīzi izmērīt, izdarīt aizzīmi uz tvertnes sienas un turpmākos procesos to stingri ievērot. Eļļu tvertnē iepilda pašteses ceļā vai arī ar sūkni no uzglabāšanas rezervuāra vai transporta cisternas. Eļļa jāuzsilda līdz 60 °C temperatūrai un tā jāuztur visu reakcijas laiku. To panāk ar elektrisko sildītāju vai arī aprīkojot tvertnei dubultsienu apvalku, kurā ievada uzsildītu ūdeni. Pie 60 °C pāresterificēšanas reakcijas laiks ir apmēram viena stunda. Reakcija notiek arī āra temperatūrā, bet reakcijas laiks tad būs 4-6 stundas. Lai taupītu enerģiju, esterificēšanu bez sildīšanas bieži praktizē amerikāņu fermeri.

Papildus operācija (3.) - metanola un katalizatora KOH maisījuma pagatavošana. Maisījuma pagatavošanai izmanto tīru 99-100 % metanolu. Izmanto atsevišķu plastmasas trauku ar tilpumu 50 l. Traukam jābūt iepriekš kalibrētam atbilstoši aprēķinātajam metanola daudzumam (33,75 litri). Pēc tam šajā traukā ar metanolu ieber precīzi nosvērto katalizatora KOH daudzumu (1,45 kg), tvertnei tūlīt uzliek vāku un ieslēdz maisītāju. Tvertnes vākam ir speciāli jāizgatavo sprauga, kur ievietot maisītāja vārpstu. Izmanto laboratorijas tipa maisītāju, kuram ir dzirksteles drošs elektromotors, jo metanola tvaiki var uzliesmot. Darba telpai jābūt labi vēdināmai.

Uzmanību! Metanols ir ļoti indīgs! Gatavojot maisījumu obligāti jālieto aizsargbrilles un gumijas cimdi! Jāstrādā rūpīgi, lai metanols neizšļakstītos!

Maisījums jājauc tik ilgi līdz kālija hidroksīds ir pilnīgi izšķīdis. Parasti tas notiek līdz 5 min laikā. Ir svarīgi, lai KOH jau samaisīšanas tvertnē būtu pilnīgi izšķīdis metanolā. Pretējā gadījumā, nonākot reaktorā un reaģējot ar rapša eļļu veidosies nešķīstošas kālija ziepes. Tas pats notiek arī tad ja KOH nav pareizi nosvērts un pievienots par daudz.

Svarīgi ir arī nomērīt precīzi metanola tilpumu, jo, ja metanola par daudz, tas netiek viss patērēts pāresterificēšanas reakcijā un pārpalikums paliek biodīzeļdegvielā, kas nav pieļaujams, jo metanols ir indīgs. Ja maisījuma komponentes ir precīzi aprēķinātas, iegūtajā biodīzeļdegvielā RME pārpalikumu nav, tā ir nekaitīga un var tikt izmantota bez mazgāšanas. Pretējā gadījumā RME ir vēl papildus jāmazgā ar ūdeni, kā to dara, ja kā izejvielu izmanto lietotās cepamās eļļas.

2. etaps. (14. att., 2. pozīcija). Sagatavoto Me + KOH maisījumu no mazās plastmasas sajaukšanas tvertnes pilnā apjomā pārlej galvenajā – reaktora tvertnē. Atkarībā no miniprocatora konstrukcijas, pārliešanu izdara ar sistēmā iebūvētu speciālu sūkni vai arī ar paštecī. Pēdējā gadījumā Me un KOH samaisīšanas tvertnei jābūt novietotai augstāk. Pārliešanas laikā maisītājam jādarbojas visu laiku, lai samaisīšanas tvertnē nepaliktu nogulsnes.

3. etaps. Pēc pārliešanas maisītāju no mazās tvertnes pārvieto uz galveno tvertni vai arī ieslēdz darbā galvenās tvertnes (reaktora) maisītāju, ja tāds ir iebūvēts. Rapša eļļas + metanola (Me) + KOH maisīšanai reaktorā var izmantot arī speciālu cirkulācijas sūkni, ja tāds ir paredzēts miniprocatora konstrukcijā. Tas iesūc šķidro masu no reaktora apakšējās daļas un iepludina atpakaļ reaktorā tā augšējā daļā. Tas var darboties autonomi vai arī paralēli ar mehānisko maisītāju. Pēdējā gadījumā šis sūknis darbojas periodiskā režīmā.

Pāresterificēšanas reakcija sākas tūlīt pēc Me + KOH maisījuma pārliešanas un turpinās 1-6 stundas, atkarībā no šķidrās masas temperatūras reaktorā. Ja tās temperatūra ir 60 °C, process ilgst 1h, bet ja process notiek 15-20 °C temperatūrā, tas ilgst 4-6 h. Kā labāk – ilgstošāks process zemākā temperatūrā, vienota viedokļa nav. Tas atkarīgs no lietotāja iespējām. Jānoskaidro, kur vairāk tērē enerģijas – uzturot 60 °C temperatūru vienu stundu vai darbinot maisītāju sešas stundas. Firmu piedāvāto miniprocatoru konstrukcijās ir sastopami abi varianti.

4. etaps. Pēc noteikta reakcijas laika, reaktora tvertnē ir izveidojies divu šķidrumu – biodīzeļdegvielas RME un jēlglicerīna maisījums. Šos šķidrumus vienu no otra atdala ar nostādināšanas metodi. Vienas tvertnes sistēmā nostādināšana jeb sedimentēšana notiek tajā pašā reaktora tvertnē, ļaujot šķidrumam stāvēt tajā 24-48 stundas (labas kvalitātes RME), bet nemazāk kā 12 stundas (apmierinoša kvalitāte).

Nostādināšanas rezultātā komponentes savstarpēji noslāņojas – RME tvertnes augšpusē, bet jēlglicerīns apakšā. Slāņi atšķiras pēc krāsas – RME ir gaišāks, dzeltenzaļganā krāsā, bet jēlglicerīns tumši brūnā krāsā.

5. etaps. Noslāņojušos šķidrumus izlaiž no reaktora tvertnes caur tās apakšējā gala konusu, kuram pierīkota krānu un šļūteņu sistēma. Izplūstošais šķidrums vispirms plūst cauri caurspīdīga materiāla caurules gabalam, kurā šķidrumu slāņu starpību var novērot vizuāli un ar roku pārslēgt trīsceļu krānu, novirzot plūsmu attiecīgi uz jēlglicerīna uzkrāšanas mucu vai uz biodīzeļdegvielas uzkrāšanas rezervuāru.

Modernos miniprosesoros šo procesu veic speciāls sensors ar fotoelementu vai cita tipa devēju, kurš padod signālu elektroniskam vadības blokam, no kura attiecīgi tiek pārslēgti elektromagnētiskie krāni.

Pēc reaktora iztukšošanas, aplūkotā vienas tvertnes sistēma ir atkal gatava jaunas rapša eļļas porcijas pārstrādāšanai.

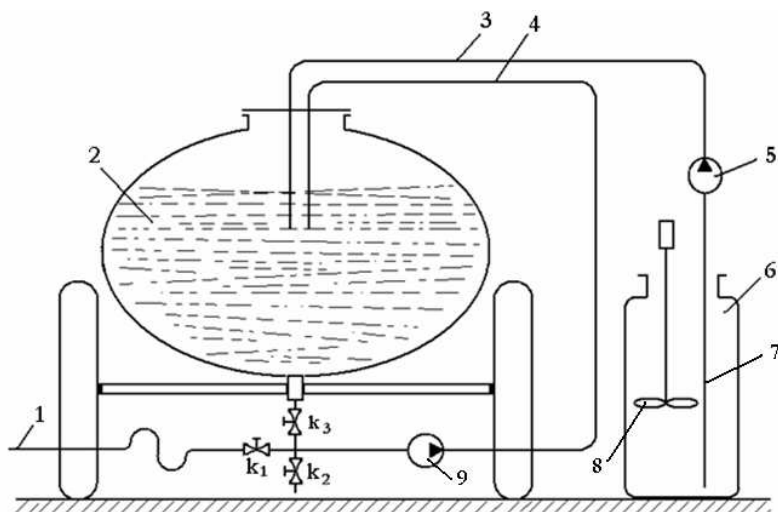
Aplūkotajā piemērā reaktorā tika iepildīti 150 litri rapša eļļas un 33,75 l metanola, kopējais izejvielu tilpums 183,75 l. Pāresterificēšanas rezultātā tika iegūts 143,7 l biodīzeļdegvielas (78,2 % no kopējā tilpuma) un 40,05 l jēlglicerīna (21,8 % no kopējā izejvielu tilpuma). Saražotās biodegvielas daudzums aptuveni atbilst izmantotajam rapša eļļas daudzumam, bet jēlglicerīna daudzums – izlietotā metanola daudzumam. Tātad aptuveni var rēķināt, ka biodīzeļdegvielu saražo tik daudz, cik ražošanai patērē rapša eļļu.

Vienas tvertnes sistēmas pielietojums

Iepriekš analizēto biodīzeļdegvielas ieguves tehnoloģijas vienas tvertnes sistēmas principu zviedru fermeri izmanto, lai ražotu RME lauka smidzinātāja cisternā. Smidzinātājam ir izturīga plastmasas cisterna, kura ir apgādāta ar cirkulācijas sūkni un šļūtenēm. Pēc lauku darbu beigām, smidzinātāju pārkārto biodīzeļdegvielas ražošanai, samontējot krānu un šļūteņu sistēmu kā parādīts shēmā (15. att.).

Pirms biodīzeļdegvielas ieguves procesa uzsākšanas, izmantojamā lauka smidzinātāja cisternu 2 (15. att.) rūpīgi izmazgā ar tīru ūdeni, izmantojot esošo izsmidzināšanas sistēmas sūkni. Pēc tam smidzinātāju uz pāris dienām atstāj saulainā un vējinā vietā, lai izžūst.

Uzsākot RME gatavošanu, smidzinātāju vēlreiz izskalo ar rapša eļļu. To dara šādi. Lokanās pievadšļūtenes 1 galu ievieto mucā ar rapša eļļu. Krāna K_3 izvadām pievieno otru šļūteni, kuras galu ievieto tukšā mucā. Darbinot smidzināšanas sistēmas sūkni 9, eļļa plūst cisternā un iztek tukšajā mucā. Pārmainot šļūteņu galus no vienas mucas otrā, šo operāciju veic 2-3 reizes. Beigās pilno mucu atstāj eļļai nostādināties uz vairākām dienām. Pēc nostādināšanās eļļu var izmantot pāresterificēšanai.



15. att. Biodīzeļdegvielas (RME) ražošana, izmantojot lauku smidzinātāja cisternu:

- 1 – rapša eļļas pievadšļūtene; 2 – lauku smidzinātāja cisterna; 3 – maisījuma šļūtene;
4 – cirkulācijas šļūtene; 5 – rokas sūknis; 6 – plastmasas mucā; 7 – tērauda caurule; 8 – maisītājs;
9 – sistēmas sūknis.

Kad šie sagatavošanās darbi pabeigti var sākt RME ražošanas procesu. Pārlicinās, ka krāni k_2 un k_3 ir ciet, k_1 vaļā, ievieto pievadšļūteni 1 rapšu eļļas rezervuārā. Ieslēdzot sistēmas sūkni, smidzinātāja cisternā iesūknē 2000 litru rapša eļļas. Eļļas daudzumu precīzi izmēra ar eļļas plūsmas mērītāju (skaitītāju), ko ieslēdz šļūtenē 4. Ja tāds nav, tad eļļu pārsūknē pa porcijām, izmantojot kalibrētu mucu, kuras tilpums zināms. Piemēram, 200 litru.

Atsevišķā plastmasas mucā 6 sagatavo metanola un katalizatora KOH maisījumu, vadoties pēc iepriekš dotajiem norādījumiem. Tāpat kā iepriekš aplūkotajā

gadījumā, arī šeit izmanto tīru rapša eļļu, tādēļ nepieciešamo metanola un KOH daudzumu var aprēķināt pēc iepriekš dotajām sakarībām:

- metanols 22,5 % no rapša tilpuma;
- katalizators KOH 9,65 g uz vienu litru rapša eļļas.

Tad 2000 litru rapšu eļļas pāresterificēšanai ir nepieciešams 450 litru metanola un 19,3 kg kālija hidroksīda. Maisījuma pagatavošanai tātad nepieciešama apmēram 500 litru samainīšanas tvertne 6, kurā ielej 450 l metanolu, ieber 16,3 kg KOH un pēc tam maisa ar rokas maisītāju 1. Tas sastāv no ar akumulatoru darbināmas rokas urbja mašīnas, kuras patronā iestiprināts attiecīga garuma tērauda stienis ar propelleru apakšējā galā. Maisīšana jāturpina tik ilgi, līdz viss kālija hidroksīds ir izšķīdis, parasti tam vajadzīgas 25 - 30 min.

Sagatavoto metanola un KOH maisījumu ar rokas sūkni 5 pa šļūteni 3 pārsūknē cisternā – reaktorā. Atgriež krānu k_2 (k_1 un k_3 jābūt ciet) un ieslēdz sistēmas sūkni 9. Sūknis iesūc reaktora cisternā iepildīto šķidro masu no apakšas un padod to cisternā no augšas, nodrošinot šķidrās masas nepārtrauktu cirkulāciju, respektīvi, sajaukšanu un līdz ar to efektīvu transesterificēšanas reakcijas norisi. Reakcija notiek apmēram 4h laikā, apmēram 20 °C temperatūrā, jo reaktors netiek sildīts.

Reakcijas beigās reaktora cisternā ir izveidojies divu šķidrumu – RME un jēlglicerīna maisījums, kuru sadala sastāvdaļās ar nostādināšanu, atstājot turpat smidzinātāja cisternā uz 24 stundām. Tagad cisternā atrodas apakšējā slānī: $(200 + 450) \times 0,2182 = 535$ litri jēlglicerīna, bet augšējā slānī $2450 - 535 = 1915$ litri biodīzeļdegvielas RME.

Lai atdalītu jēlglicerīnu krāna k_3 izvadam pievieno šļūteni un tās galu ievieto jēlglicerīna savākšanas mucā. Atgriež krānu k_2 un k_3 (k_1 - ciet), ļauj jēlglicerīnam izplūst ar paštecī mucā. Saražotā jēlglicerīna daudzuma (535 l) savākšanai vajadzīgas trīs 200 l mucas. Kad trešā muca ir jau pusē, rūpīgi vēro šļūtenes galā izplūstošo strūklu un, tiklīdz tumši brūnā krāsa beidzas un parādās gaišāka dzeltenzaļgana strūkļa, krānu k_3 aizgriež.

Lauka smidzinātāja cisternā tagad atrodas 1915 litri biodīzeļdegvielas. Piekabinot smidzinātājam traktoru, fermeri var to aiztransportēt uz savas saimniecības degvielu uzpildes punktu un tur pārsūknēt biodīzeļdegvielas rezervuārā. Pārsūknēšanai

šļūtenes 4 galu ievieto rezervuārā, atver krānu k_3 un, darbinot sistēmas sūkni 9, pārsūknē cisternā esošo RME uz rezervuāru. Ja tūlīt uzsākt jaunas RME porcijas ražošanu netiek plānots, tad fermeris var arī saražoto RME atstāt glabāties lauka smidzinātāja cisternā un no turienes tieši uzpildīt savu traktoru degvielas tvertnēs.

Rūpnieciskie miniprocessori

ASV un vairākās ES valstīs ir firmas, kas rūpnieciski ražo un izplata pārvietojamas nelielas jaudas biodīzeļdegvielas ražošanas iekārtas, tā sajaucamos miniprocessorus, ar ražību 50-300 litru RME 24 stundās. Latvijā miniprocessorus izplata *SIA Endo* un *SIA Amber Fuels*, nodrošinot servisu, tajā skaitā operatoru apmācību, ķīmikāliju piegādi un jēlglicerīna savākšanu.

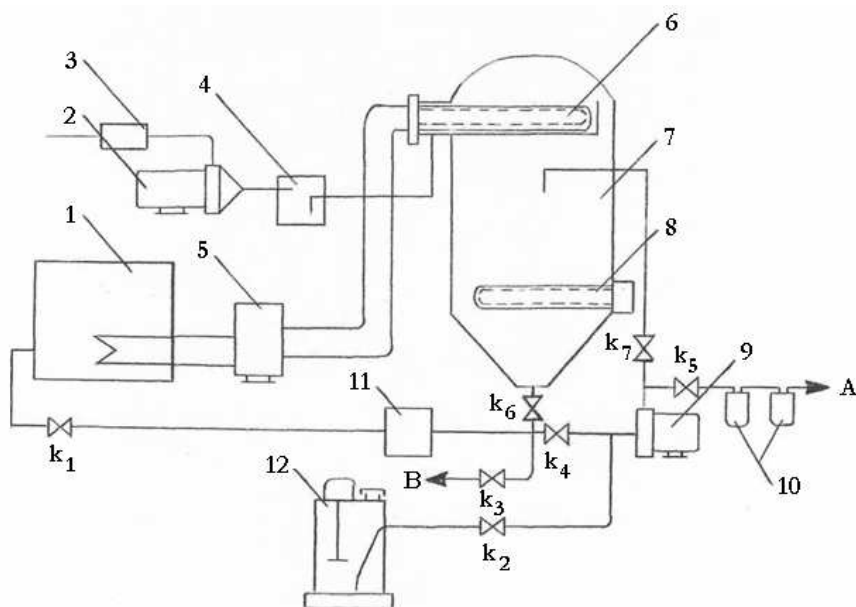
Miniprocessori darbojas pēc iepriekš aplūkotās vienas tvertnes jeb *batch* sistēmas shēmas (skat. 14. att.) un tehnoloģijas.

Biodīzeļdegvielas processors *AGERATEC P400* (Zviedrija) ir veidots no divām nerūsējošā tērauda tvertnēm. Viena no tām ir rapša eļļas priekšsildīšanas tvertne 1 (16. att.). Otra - tvertne iztur paaugstinātu spiedienu un kalpo kā reaktors. Priekšsildīšanu nodrošina cirkulācijas sūknis 5, bet temperatūra tiek uzturēta ar elektrisko sildītāju 8 un siltummaiņi 6. Katalizatoru un metanolu sajauc sajaukšanas tvertnē 12, bet visu darba šķidrumu cirkulācija tiek nodrošināta ar cirkulācijas sūkni 9.

Viss miniprocessors ir novietots uz rāmja, lai to viegli varētu pārvietot. Elektriskais vadības bloks kontrolē operāciju secību un laika intervālus, vada procesora darbu. Glicerīns tiek notecināts mucās tālākai apstrādei vai nolūkā to pārdot. Biodīzeļdegviela tiek filtrēta ar diviem filtriem 10, lai izvairītos no problēmām, kas saistītas ar spēkrata degvielas filtru aizsērēšanu. Šis miniprocessors dienā spēj saražot 400 litrus biodīzeļdegvielas.

Biodīzeļdegvielas ieguve notiek sekojoši. Rapša eļļu iepilda rapšu eļļas priekšsildīšanas tvertnē 1, kurā tā tiek uzsildīta ar siltumnesēja sūkņa 5, siltummaiņa 6 un sildītāja 8 palīdzību. Lai iepildītu eļļu reaktorā 7, atver krānus k_1 , k_4 un k_7 un ar cirkulācijas sūkni 9 caur skaitītāju 11 rapša eļļu ievada reaktorā. Katalizatoru ar metanolu sajauc sajaukšanas tvertnē 12 un sagatavoto maisījumu caur k_2 ar cirkulācijas sūkni 9 iepilda reaktorā 7 (k_7 atvērts, k_4 un k_5 ciet). Pie atvērtiem krāniem k_6 , k_4 un k_7 (k_3 un k_1 ciet) cirkulācijas sūknis 9 nodrošina rapšu eļļas un katalizatora

maisījuma ar metilspirtu maisīšanu reaktorā. Maisīšana notiek nepārtraukti visu reakcijas laiku (1 stundu). Reakcijas laikā no reaktora tiek izvadīts kondensāts. Tas tiek veikts ar vakumsūkni 2, kas aprīkots ar klusinātāju 3. Atsūktais kondensāts nonāk kondensāta tvertnē 4. Pēc vienas stundas, kad pāresterificēšanas reakcija ir beigusies, cirkulācijas sūkni aptur un reaktorā izveidojušos RME un jēlglicerīna maisījumu iztur vismaz 24 stundas, kā rezultātā RME noslāņojas virs jēlglicerīna. Pēc nostādināšanas procesa, lai izlaistu nogulsņējušos glicerīnu, atver krānu k_6 un k_3 . Kad krāni k_6 , k_4 un k_5 atvērti ar cirkulācijas sūkņa 9 palīdzību tiek izvadīta biodīzeļdegviela caur filtriem 10 uz glabāšanas rezervuāru.



16. att. Zviedru firmas AGERATEC miniprocatora P400 principālā shēma.

Apzīmējumi: **Plūsmas:** A - biodīzeļdegviela, B - glicerīns. **Iekārtas:** 1 - rapšu eļļas prieksildīšanas tvertne, 2 - vakumsūknis, 3 - vakumsūkņa klusinātājs, 4 - kondensāta tvertne, 5 - cirkulācijas sūknis, 6 - siltummainis, 7 - reaktors, 8 - sildītājs, 9 - cirkulācijas sūknis, 10 - filtri, 11 - skaitītājs, 12 - katalizatora sajaukšanas tvertne. **Krāni:** K_1 - rapšu eļļas padeves krāns, K_2 - sārna un metanola maisījuma padeves krāns, K_3 - glicerīna izvades krāns, K_4 , K_5 , K_6 - vadības krāni.

Biodīzeļdegvielas ieguve no lietotas cepamās eļļas

Cepamās eļļas atūdeņošana. Biodīzeļdegvielas ieguve no lietotas cepamās eļļas ir sarežģītāks process, nekā tās ieguve no tīras rapša eļļas. Ņemot vērā, ka lietotās cepamās eļļas tiek savāktas sabiedriskās ēdināšanas punktos (restorānos, ēdnīcās,

kafejnīcās u.t.l.), nevīžīgas uzglabāšanas un izmantošanas dēļ, tajās bieži gadās ūdens piemaisījums. Tādēļ vispirms jāpārbauda ūdens saturs eļļā. Lietota eļļa bieži satur ūdeni, bet ūdens reaģē ar sārmu – KOH vai NaOH it īpaši, ja sārna ir pārāk daudz un tad var izveidoties želejveida kālija vai nātrija ziepes. Ūdens saturu pārbauda, uzkaršējot eļļu un kontrolējot tās temperatūru. Ja eļļā ir ūdens, tad tā sāks sprakšķēt pie 50 °C vai pat zemākas temperatūras. Ja vēl nekas nesprakšķ pie 60 °C, tad nav vajadzības eļļu atūdeņot.

Ir vēl viena metode kā konstatēt ūdeni lietotajā cepamēļļā, tai vajadzīga mazāka enerģija un nav jāriskē pārkaršējot eļļā veidot brīvās taukskābes. Uzkaršē eļļas paraugu līdz 60 °C, uztur šo temperatūru 15 minūtes un tad ielej eļļu nogulsnēšanās kolbā. Ļauj tai nogulsnēties vismaz 24 stundas. Ja kolbas dibenā ūdens slānis neparādās, eļļa ir derīga pāresterificēšanai.

Ja pārbaudot ar vienu vai otru metodi ir konstatēts ūdens piejaukums eļļai, tā pirms izmantošanas ir jāatūdeņo. To panāk atstājot eļļas mucu vismaz uz 48 h, lai eļļa nostādinātos. Pēc tam nosūknē 90 % no eļļas tilpuma mucā, bet pārējo salej stikla traukā un vēlreiz nostādina, līdz stikla trauka dibenā paliek labi redzams ūdens slānis. Atūdeņoto eļļas slāni izlej atpakaļ mucā.

Pāresterificēšanas tehnoloģija lietotām cepamām eļļām ir sarežģītāka nekā iepriekš aplūkotā biodīzeļdegvielas ieguve no tīras un svaigas rapša eļļas. Salīdzinot tīras rapša eļļas pāresterificēšanas procesa shēmu (skat. 14. att.) ar lietotas cepamēļļas pāresterificēšanas procesa shēmu (17. att.) varam konstatēt, ka otrajā gadījumā jāveic vismaz vēl trīs papildus operācijas:

- lietotās cepamēļļas tīrīšana, lai noteiktu nepieciešamo katalizatora (KOH vai NaOH) daudzumu dotā apjoma lietotās cepamēļļas transesterificēšanai;
- iegūtā biodīzeļdegviela jāmazgā ar tīru ūdeni, lai izšķīdinātu un atdalītu želejveida ziepes u.c. piemaisījumus;
- jāveic papildus nostādināšana un separēšana, lai atdalītu no biodīzeļdegvielas mazgājamā ūdens paliekas.

Tieši lietotas cepamēļļas ir visplašāk izmantotais izejvielu veids RME ieguvei miniprocursos, jo tās bieži vien ir dabūjamas praktiski par velti, sevišķi Amerikā. To

izmantošanas tehnoloģija sarežģītāka ir tādēļ, ka lietotās eļļas ir salaistītas no visādām augu eļļām, zivju eļļas un dzīvnieku taukiem. Pie lietotām eļļām pieskaita arī novecojušas rapša eļļas, kuras nav izlietotas 6 mēnešu laikā.

Dažāda tipa eļļām ir dažāds taukskābju saturs, turklāt cepšanas procesā veidojas brīvās taukskābes. Lai neitralizētu brīvās taukskābes, lietotai eļļai vajag pievienot vairāk katalizatora KOH t.i. sārma. Tādēļ katrai savāktās lietotās cepamēļļas porcijai pirms pāresterificēšanas ir eksperimentāli jānosaka nepieciešamais KOH daudzums atbilstošam eļļas daudzumam. To veic ar eļļas titrēšanu. To nevar aprēķināt kā konstantu lielumu, g/l kā tas bija iepriekš tīras rapša eļļas gadījumā.

Lietoto eļļu titrēšana praktiski nozīmē skābju – sārma līmeņa pH eksperimentālu noteikšanu. Līmenis ir neitrāls, ja $\text{pH} = 7$, ja pH līmenis ir zemāks par šo skaitli, pieaug eļļas skābums, bet, ja tas ir augstāks par 7, tad eļļas sastāvs ir sārmainš. Normālam lietotās eļļas sastāvam, kādā pāresterificēšanas reakcija norit vislabāk, jābūt nedaudz sārmainam, t.i., $\text{pH} = 8 - 9$.

Titrēšanas rezultātā tiek noteikts cik daudz KOH ir jāpievieno, gatavojot metilspirta un sārma maisījumu, lai visam konkrētajā gadījumā pāresterificēšanai izmantojamajam eļļas daudzumam būtu $\text{pH} = 8 - 9$

Titrēšanu veic biodīzeļdegvielas ieguves procesa (17. att.) pirmajā etapā sekojošā secībā.

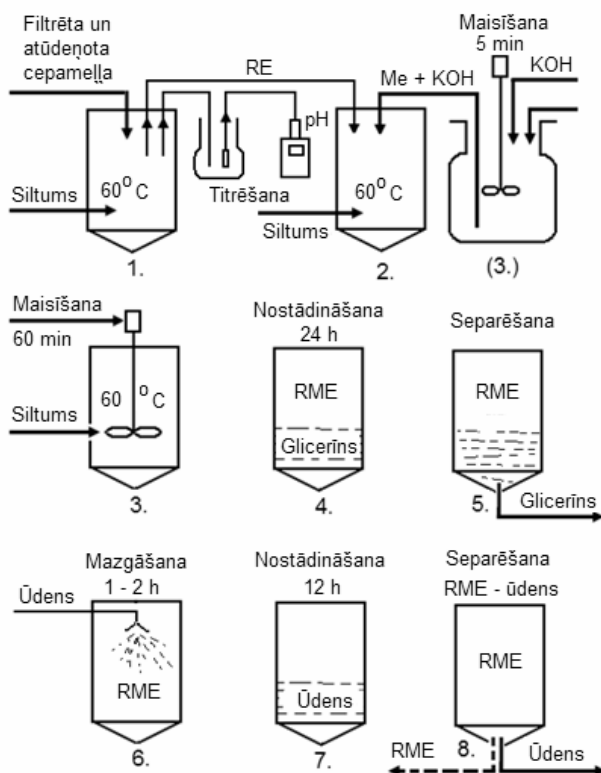
1. etaps. Miniprocatora reaktora tvertnē paredzētajā daudzumā ielej lietoto cepamo eļļu, uzsilda to līdz 60°C temperatūrai un rūpīgi to samaisa. Vienu litru no šīs eļļas ielej laboratorijas tipa stikla kolbā. Eļļas tilpumam jābūt precīzi nomērītam ar kalibrētu mērkolbu vai menzūru.

Kolbā brīvi iekarina elektroniskā pH mērītāja devēju un nolasa pH rādījumu. Ja mērītājs uzrāda rādījumu $\text{pH} < 8$, jāveic taukskābju neitralizācija, pievienojot KOH.

Izmantotajam KOH pulverim jābūt sausam, tas vienmēr jāglabā noslēgtā stikla traukā.

Uzmanību! Kālija un nātrija sārmu (KOH vai NaOH) ir indīgi!
Strādājot ar tiem lietojiet aizsargbrilles, respiratoru un gumijas cimdus!

Atkarībā no iztrūkstošo pH vienību skaita, aptuveni aprēķina nepieciešamo KOH daudzumu, ņemot vērā, ka 2g KOH paaugstina 1 litra eļļas sārmainību par apmēram 1 vienību pH. Piemēram, ja izmērītais pH = 5, tad no nepieciešamā pH = 8 – 9 trūkst 3 vienības pH. Tātad jāpievieno $2\text{g} \times 3 = 6\text{ g}$ KOH. Uz elektroniskajiem svariem, kuru svēršanas precizitāte ir 0,1 g, nosveram atbilstošu KOH porciju un fiksējam precīzu svaru rādījumu, piemēram, 6,4 g. Nosvērto porciju ieber kolbā ar eļļu un ar irbuli rūpīgi samaisa līdz viss KOH ir pilnīgi izšķīdis.



17. att. Biodīzeļdegvielas ieguves tehnoloģiskā procesa shēma, izmantojot lietotu cepamo eļļu.

Ar elektronisko pH mērītāju pārbauda pH līmeni eļļai kolbā. Ja ir iegūts pH 8 līdz pH 9 robežās, vajadzīgā sārmainība ir sasniegta. Ja pH 8 vēl nav sasniegta, tad nosver un piejauc vēl nedaudz, piemēram, 1,25 g KOH un izmēra pH līmeni. Ja tagad tas ir norādītajās robežās (pH 8 – 9), tad titrēšana ir pabeigta.

Rezultātam vēl pieskaita 3,5 g/litru, kas ir standarta lielums tīrai eļļai. Iegūstam:
 $6,4 + 1,25 + 3,5 = 11,15 \text{ g/litru}$.

Ja, piemēram, reaktorā pāresterificēšanai ir sagatavoti 150 litri lietotas eļļas, tad nepieciešamais katalizatora KOH daudzums ir: $11,15 \text{ g} \cdot 150 \text{ l} = 1672,5 \text{ g} \approx 1,67 \text{ kg}$

Papildus operācija (3.), (skat. 17. att.) izpilda tāpat, kā tīras rapša eļļas gadījumā, tikai izmantojot lietotās eļļas, nepieciešams lielāks katalizatora KOH daudzums (1,45 kg vietā ir 1,67 kg).

Pāresterificēšanas procesa etapus 2 līdz 5. izpilda analogiski kā esterificējot tīru rapša eļļu (skat. 2.2. sadaļu). No lietotām eļļām iegūtais biodīzeļdegvielas daudzums ir par apmēram 10-15 % mazāks, nekā daudzums, ko iegūst no tīras rapša eļļas. Tas izskaidrojams ar to, ka cepšanas procesā eļļā izveidojas vairāk brīvās taukskābes, kuras, reaģējot ar sārmu, veido šķidrās ziepes daudz lielākā apjomā, nekā tas ir par izejvielu izmantojot tīru rapša eļļu. Tādēļ iegūtā biodīzeļdegviela ir jāmazgā ar ūdeni, lai aizvadītu želejveida kālija ziepes un katalizatora paliekas, kas nav aizplūdušas kopā ar jēlglicerīnu, u.c. piemaisījumus.

6. etaps. Biodīzeļdegvielas mazgāšana notiek ar normālas temperatūras mīkstu ūdeni, kuru uzlej reaktora tvertnē esošajai biodīzeļdegvielai un lēni maisa kopā ar to, ūdeni uzlej tik daudz, lai līmenis tvertnē paceltos par 20-25 cm. Mazgāšanu ar ūdeni var veikt vienu vai vairākas reizes. Kad biodīzeļdegvielu mazgā pirmo reizi, ieteicams pievienot nedaudz etiķskābes. Etiķskābe tuvina pH līmeni šķīdumā neitrālam, jo tā neitralizē visu biodīzeļdegvielā atlikušo sārmu. Pēc lēnas 2-3 stundu ilgas maisīšanas, visi piemaisījumi praktiski ir izšķīduši ūdenī. Šo procesu var atkārtot divas trīs reizes, lai izvadītu gandrīz 100 % visas ziepes.

8. etaps. Separēšana notiek līdzīgā veidā kā iepriekš apskatītā jēlglicerīna separēšana, tikai jēlglicerīna vietā no tvertnes apakšējā konusa ir jāiztecina ūdens kopā ar piemaisījumiem. Izmazgātā biodīzeļdegviela ir dzidrā, gaišdzeltenā krāsā, bet ūdens atgādina netīru mazgājamo ziepjūdeni, tādēļ abus slāņus viegli atšķirt caurspīdīgajā izplūdes caurulē. Kad tajā parādās biodīzeļdegviela, izplūdes krānu pārslēdz uz biodīzeļdegvielas rezervuāru.

Biodīzeļdegvielas ieguve eksperimentālā iekārtā

Biodīzeļdegvielas ražošanai, kā redzējām, galvenokārt izmanto metanolu, jo tas ir lētāks un procesu vieglāk realizēt. Ņemot vērā, ka Latvijā metanolu neražo un tas ir jāimportē, kā arī ir iespējams ražot lētāk bioetanolu no nestandarta un pārpalikuma lauksaimniecības produkcijas, kā arī perspektīvā no celulozi saturošām izejvielām, LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā pētījumu veikšanai tika izveidotas divu veidu biodegvielu ieguves iekārtas:

- iekārta REE ieguvei no rapšu eļļas;
- iekārta bioetanola ieguvei dehidrējot jēlspirtu.

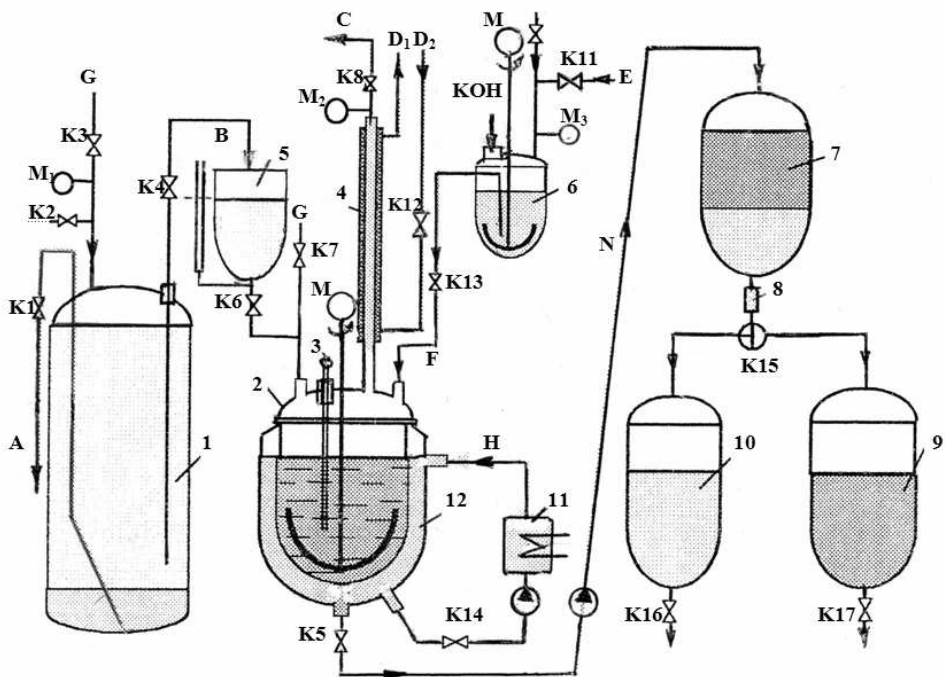
Bioetanola iekārta tiks aplūkota turpmāk attiecīgajā sadaļā, bet šeit tuvāk aplūkosim biodīzeļdegvielas ieguves iekārtu.

Rapša eļļas etilestera iegūšanai paredzētā eksperimentālā iekārta sastāv no eļļas nostādināšanas tvertnes 1 (18. att.), eļļas dozatora 5 reaktora 2 ar maisītāju un dzesētāju 4 spirta tvaiku kondensācijai, ja reakciju veic paaugstinātā temperatūrā, bioetanola un katalizatora maisītāja 6, kurā sagatavo katalizatora šķīdumu spirtā; nostādināšanas tvertnes 7 glicerīna atdalīšanai un uzglabāšanas tvertnēm glicerīnam 10 un REE 9.

Darba temperatūru 60 °C reaktorā nodrošina sildīšanas apvalks 12 un siltummainis 11 ar cirkulācijas sūkni.

Eksperimentālā iekārta biodīzeļdegvielas REE ieguvei LLU laboratorijā tiek izmantota tikai periodiski, tādēļ tajā var būt kondensējies mitrums. Tādēļ pirms katra REE ieguves eksperimenta reaktors ir jāizmazgā un jāizžāvē. To veic sekojoši.

Izskrūvē termometru 8 un caur tā ievietošanas urbumu ielej reaktorā 20 l tīras biodīzeļdegvielas REE. Ieslēdz maisītāju un ļauj tam darboties 5-10 min. Skalošanas laikā atver ventilācijas caurules krānu K8 un ieslēdz nelielas jaudas sūcējventilatoru, kas ir novietots telpas ārpusē un caur ventilācijas līniju C rada nelielu retinājumu reaktorā, izvadot tvaiku. Aptur maisītāju un izlaiž mazgājamo šķidrumu (RME). Izmantoto RME pēc tam nostādina un izlieto kā paredzēts. Kad degviela pilnīgi iztecējusi, reaktoru izpūš ar saspiestu gaisu, ievadot to caur termometra 3 urbumu. Reaktors ir sagatavots darbam. Tajā iepilda nostādināto rapša eļļu divreiz pa 25 litriem, ko nomēra eļļas dozatorā 5.



18. att. LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā izveidotā eksperimentālā iekārta biodegvielas REE ieguvei no rapša eļļas:

1 – bioeļļas nostādināšanas un uzglabāšanas tvertne; 2 – reaktors; 3 – termometrs; 4 – dzesētājs; 5 – eļļas dozators; 6 – B100 nostādināšanas tvertne; 8 – stikla caurules posms vizuālai novērošanai; 9 – jēlglicerīna tvertne; 10 – biodīzeļdegvielas tvertne; 11 – ūdens sildītājs; 12 – sildīšanas apvalks; A – fosfatīdi; B – rapša eļļa; C – reaktora ventilācija; D₁ – dzesējošā ūdens izvads; D₂ – dzesējošā ūdens ievads; N – reakcijas produkts; G – saspiegtais gaiss; E – absolūtais spirts; KOH – katalizators; F – spirta un katalizatora maisījums.

Pāresterificēšanas procesā nepieciešamā bioetanola un kālija hidroksīda (KOH) daudzuma aprēķināšanai izmantojam LLU Ķīmijas katedras profesora A. Morozova veikto analīžu rezultātus (5. tab.).

Nemot vērā, ka rapša eļļas blīvums ir 0,916 kg/l, bet bioetanola blīvums 0,79 kg/l un ievērojot doto tabulu datus, varam aprēķināt nepieciešamo bioetanola un kālija hidroksīda daudzumu 50 litru rapša eļļas pāresterificēšanai un iegūstamā RME un jēlglicerīna daudzumu:

- rapša eļļas daudzums, litri 50,0;
- bioetanola daudzums, litri 9,1;

- katalizatora KOH daudzums, g 225;
- biodīzeļdegvielas RME daudzums, litri 54,6;
- jēlglicerīna daudzums, litri 4,5.

5. tabula

Biodīzeļdegvielas REE ieguves nosacījumi

Rādītājs	Tilpums, l	Masa, kg	Moli	Molu daļa	Masas daļa
Rapša eļļa	16,6	15,00	0,017	16,04%	78,40%
Absolūtais bioetanol	4,9	3,91	0,085	80,18%	20,43%
Kālija hidroksīds		0,23	0,004	3,79%	1,18%
Kopā		19,13	0,106	100%	100%

Precīzi izmērīto bioetanol daudzumu (9,1 l) ielej samaisīšanas tvertnē 14 (18. att.) pēc tam tur ieber izmērīto KOH daudzumu (225 g) un ieslēdz maisītāju 11. Maisīšanu turpina, kamēr viss KOH ir izšķīdis. Pēc tam atver krānu k₆ un sagatavo bioetanol un sārma maisījumu notecina reaktorā.

Atverot krānu k₅ ieslēdz darbā dzesētāju 7 caur kuru plūst aukstais ūdens, kas tiek padots pa līniju 10. Maisīšanu reaktorā turpina 1 stundu, kamēr notiek pāresterificēšanas reakcija, kontrolējot temperatūru reaktorā ar termometru 5. Tai jābūt 60 °C. Vajadzības gadījumā temperatūru regulē ar elektrisko sildelementu 19.

REE ieguvei paredzētie vielu daudzumi reaktora piepildīšanai doti 5. tabulā.

REE ieguve notiek sekojoši. Rapša eļļas nostādināšanas tvertnei 1 noslēdz gaisa izvada krānu K2, atver krānu K4 rapša eļļas padeves caurulē un pārbauda vai noslēgts fosfatīdu izvada krāns K1. Atver saspīstā gaisa padeves vada krānu K2 un paaugstina gaisa spiedienu eļļas tvertnē 1. Atverot eļļas padeves vada krānu K4, iepilda eļļu dozatorā līdz atzīmei uz līmeņrāža.

Lai spirta koncentrācija nemazinātos, reaktors jāizžāvē. Reaktora 2 žāvēšanai atver krānu K14 un padod reaktora sildīšanas apvalkā karstu siltumnesēju no siltummaiņa 11 ar cirkulācijas sūkni 21. Reaktorā padod saspīestu gaisu ko izvada caur

dzēsina tīru 4 bez dzesējošā ūdens cirkulācijas, (aizvērts krāns K12 un atvērts krāns K8). Pēc reaktora izžāvēšanas siltumnesēja padevi pārtrauc.

Pārslēgšanas momentu nosaka vizuāli pēc slāņu sadalīšanās līnijas parādīšanās kontroles caurulē 18 nostādināšanas tvertnes apakšā.

Pirms biodīzeļdegvielas tvertnes iztukšošanas pārliecinās vai tās dibenā nav nogulsņējies glicerīns, izlaižot nelielu porciju no tvertnes sastāva stikla cilindrā, un ļaujot tam nostāties. Ja nav noslāņošanās, tad biodīzeļdegviela ir tīra. Ja, iztukšojot glicerīna tvertni, tās slānī konstatē biodīzeļdegvielas klātbūtni, tad to novada atpakaļ nostādināšanas tvertnē.

BioDD ražošanas process ir ekoloģiski tīrs. BioDD iznākums ir apmēram 94 % no reakcijā iesaistītā rapšu eļļas daudzuma, pārējais izdalās jēlglicerīna veidā, kas ir blakus produkts. To attīra un izmanto ķīmiskajā rūpniecībā.

Pētījumi par RME un REE izmantošanu motoros parādīja, ka abu veidu degvielas praktiski neatšķiras un REE pat ir nedaudz pārāks: motora jauda nedaudz palielinās, degvielas patēriņš zemāks, samazinās CO un kvēpu daudzums atgāzēs.

3.3. Biodīzeļdegvielas ietekme uz motora darba parametriem

Pētījumu vispārējs raksturojums

Pētījumus par biodīzeļdegvielas un tās maisījumu ar fosilo dīzeļdegvielu ietekmi uz dīzeļmotoru darba parametriem kopš 1995. gada veic LLU Spēkratu institūta Biodegvielu un motoru zinātniskā laboratorija sadarbībā ar RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes laboratoriju. Periodā no 1995. līdz 2001. gadam pētījumi tika veikti ar biodīzeļdegvielu REE, jo RME Latvijā vēl neražoja.

Šajā laika periodā tika veikti galvenokārt īslaicīgi traktoru dīzeļmotoru D-21 un D-240 stenda izmēģinājumi darbā ar REE un tā maisījumiem ar DD. Eksperimentos izmantotā REE kvalitāte tika noteikta minētajā RTU laboratorijā (6. tab.).

Pētījumā izmantotās biodīzeļdegvielas REE kvalitātes rādītāji, salīdzinājumā ar RME biodīzeļdegvielu rādītājiem

Kvalitātes rādītāji	Mērvienība	REE (RTU)	RME (Naukšēni)	RME LVS EN14214.
Blīvums, 15 °C	g/cm ³	0,866-0,885	0,880	0,860-0,900
Viskozitāte kinemāt., 40 °C	mm ² /s	4,5-5,5	4,9	3,5-5,0
Uzliesmošanas temp. slēgtā tīģelī	°C	198	150	>101
Sēra saturs	masas %	0,027	0,026	mg/kg <0,001
Cetānskaitlis		56	60	>51
Ūdens saturs	mg/kg	238	310	<500
Skābes skaitlis	mg KOH/g	0,5	0,4	<0,5
Jodskaitlis	g I ₂ /100g	116,2	115,8	<120
Peroksiskaitlis	% I ₂	0,10	0,07	
Siltumspēja	MJ/l	33,3	33,9	
Rapšu eļļas taukskābju esteru saturs	masas %	89,4	98,8	>96,5
Esteru skaitlis	mg KOH/g	181,6	187,0	
Sārnu metālu saturs	mg/kg	0	0	<5
Duļķošanās sākuma temperatūra	°C	-10	-4	+5
Sacietēšanas sākuma temperatūra	°C	-23	-22	-20

Traktoru un automobiļu dīzeļmotoru izmēģinājumi tika veikti ar mērķi noskaidrot biodīzeļdegvielu un to maisījumu ietekmi uz motoru jaudu, griezes momentu, degvielas masas patēriņu, degvielas īpatpatēriņu u.c. darba parametriem.

Latvijā pirmā biodīzeļdegvielas RME rūpnīca, ko uzbūvēja SIA „Delta Rīga” Valmieras raj. „Naukšēnos” ar jaudu 2500 t/gadā, uzsāka RME ražošanu 2001. gada nogalē. Līdz ar to tika uzsākti plašāki biodīzeļdegvielas pētījumi ne tikai stenda izmēģinājumos, bet arī ekspluatācijas apstākļos. Pirmo šādu pētījumu 2002. gada vasaras – rudens periodā 5. mēnešu garumā ar Rīgas Domes transporta departamenta atbalstu LLU laboratorija veica izmēģinot pasažieru autobusu „Ikarus 280” darbā ar 100 % RME (B100) Rīgas autobusu parkā „Imanta”.

Pētījumus veica autobusa parka speciālisti, piedaloties LLU un RTU pētniekiem (V. Gulbis, R. Šmigins, V. Šneps).

Pētījums par biodegvielas pielietošanu autobusus

Rīgas pilsētā, sevišķi pilsētas centrā pēdējos gados ļoti pieaugusi autotransporta intensitāte un līdz ar to gaisa piesārņojums – sastrēgumu dēļ autotransporta motori darbojas mainīgā slodzes režīmā – brīvgaita, ieskrējiens, daļēja un pilna slodze, kas ievērojami palielina kaitīgo ogļūdeņražu savienojumu un oglekļa monoksīda daudzumu atgāzēs.

Biodīzeļdegvielu, kā vienu no paņēmieniem gaisa piesārņojuma samazināšanai izmanto daudzās pilsētās pasaulē arvien plašāk. Šis fakts ieinteresēja Rīgas Domes transporta departamentu un 2002. gada pavasarī Rīgas Dome izveidoja iniciatīvas grupu biodīzeļdegvielas ieviešanai galvaspilsētā divos eksperimentālos autobusu maršrutos. Lai izmantotu Čehijas pieredzi biodīzeļa jeb rapša metilestera ražošanā un pielietošanā, šī grupa bija darba vizītē Čehijā, kur iepazinās ar čehu pieredzi biodīzeļdegvielas izmantošanā pilsētu pasažieru autobusus.

Brauciena laikā grupas dalībnieki iepazinās ar augu eļļas izspiešanas prešu un eļļas pāresterificēšanas iekārtu ražošanu uzņēmumā a.s. “Farmet” Česka Skalicē, ar biodīzeļdegvielas – rapšu eļļas metilestera (RME) ražošanu firmā *AGP Biodiesel JIHLAVA*, Jihlavas pilsētas tuvumā, ar biodīzeļdegvielas pielietošanu pasažieru autobusus transporta uzņēmumā *JIHLAVA*, Jihlavas pilsētā, un ar maisīšanas rūpnīcu „*ADW NATUR DIESEL*”, Sedlecā, netālu no Brno, kurā pagatavo metilestera RME (31 %) maisījumu ar fosilo dīzeļdegvielu (68,5 %) plus speciālās piedevas (0,5 %) un iegūto biodīzeļdegvielas maisījumu attīra centrifugējot.

Braucienā grupu pavadīja čehu rapša metilestera ražotāju asociācijas prezidents Dr.sc.ing. Pēteris Jevičs (Peter Jevič) un sniedza izsmelšu informāciju par objektiem un plašu pārskatu par rapša biodīzeļdegvielas attīstību kopš 1991. gada, kad tika pieņemta “Oleoprogramma”.

AS “Farmet” ražo vairāku modeļu preses eļļas aukstai izspiešanai no rapša sēklām ar ražību sākot no 18 - 25 kg/h (Farmet Duo) līdz ražībai 800 – 1000 kg/h (Farmet S1000P), bet karstai izspiešanai no 1600 – 2000 kg/h (S2000TP).

Ar aukstās izspiešanas paņēmieni no sēklām izspiež 32 % eļļas, bet 12 % paliek spraukumos, kas ir ļoti laba, proteīniem bagāta lopbarības piedeva.

Metilestera (RME) ražotne AGP Biodiesel *JIHlava* uzsāka ražot RME 1994. gadā, saražojot 3000 t/g, bet pēc modernizācijas 2001. gadā, saražoja RME 30000 t/g, pārstrādājot 100000 t rapša sēklu (12 t/h). Labs noiets ir RME ražošanas blakusproduktam glicerolam, 80 % no tā eksportē. Rūpnīcā ir uzstādīta vācu firmas “Reinartz” prese ar sēklu pārstrādes ražību 2,5 t/h. Ir RME glabāšanas cisternas ar 150 t ietilpību.

Transporta uzņēmums „*JIHlava*” lieto biodīzeļdegvielu *Ikarus* markas autobusus jau no 1994. gada un speciālisti apgalvo, ka, ja biodīzeļdegviela ir kvalitatīva, resp., atbilst pieņemtajam degvielas standartam, nekādu tehnisku problēmu biodīzeļdegvielas pielietošanai nav.

Maisīšanas firmā „*ADW NATUR DIESEL*”, ir uzstādītas sešas cisternas, kurām katrai ir ietilpība 430000 l (400 t) gatavā biodīzeļdegvielas maisījuma glabāšanai.

Samaisīšanas tvertnē vispirms no dzelzceļa cisternas iesūknē attiecīgā daudzuma (31 % tilpuma) metilesteri RME, tad iesūknē dīzeļdegvielu (69 % tilpuma) un speciālās piedevas, kuru sastāvs ir atkarīgs no analīzēs iepriekš noteiktā RME skābes skaitļa. Kad samaisīšanas tvertne ir piepildīta, tās apakšējā daļā ar 6 bāru spiedienu pusstundu padod saspiestu gaisu un tādējādi notiek komponentu pneimatiska samaisīšana. Pēc tam gatavo biodīzeļdegvielu sūknē cauri speciālai lieljaudas centrifūgai, kurā to attīra no piemaisījumiem un tālāk padod uz glabāšanas tvertnēm.

2001. gadā jau saražoja 100000 t RME un lielākā daļa no tā tika eksportēta, lai būtu lielāki ieņēmumi un segtu izdevumus fermeriem par rapša audzēšanu.

Ir izveidots degvielas uzpildes staciju tīkls, kur biodīzeli pārdod plašai publikai. Degvielas uzpildes stacijās biodīzeli maksā 18 ČK/l, bet dīzeļdegviela 21 ČK/l.

Fermeri rapša audzētāji Čehijā nekādas subsīdijas nesaņem, bet valsts atbalsta RME ražotājus, lai varētu realizēt produkciju un iepirkt rapsi. Rapša biodīzeļdegvielas ražotāji periodā no 1992. līdz 1995. gadam saņēma bezprocentu aizdevumu tehnoloģiju ieviešanai.

RME un tā maisījumi ar DD, kas satur 30 % un vairāk RME, kuri bioloģiski degradējas 90 % apmērā 21 dienas laikā, netiek aplikti ar akcīzes nodokli, bet PVN ir

samazināts līdz 5 %. Maisījuma ražotāji, iepērkot dīzeļdegvielu maksā akcīzes nodokli, bet pēc maisījuma pagatavošanas viņiem to atmaksā.

Kopš 2001. gada Čehijā darbojas jauns subsīdiu nolikums, kurš nodrošina, lai biodīzeļdegvielas cena būtu par 5 % zemāka, nekā parastās dīzeļdegvielas cena. Mainoties dīzeļdegvielas cenai, attiecīgi mainās arī biodīzeļa cena.

Patreiz ir izstrādāts un darbojas biodīzeļdegvielas (maisījums ar metilestera saturu 30 – 36 %) standarts ČSN 65 6508. Laboratorijas protokols, ar kuru mūs iepazīstināja maisīšanas firmā *ADW NATUR DIESEL*, rāda, ka iegūtā biodīzeļdegviela pilnībā atbilst standartam.

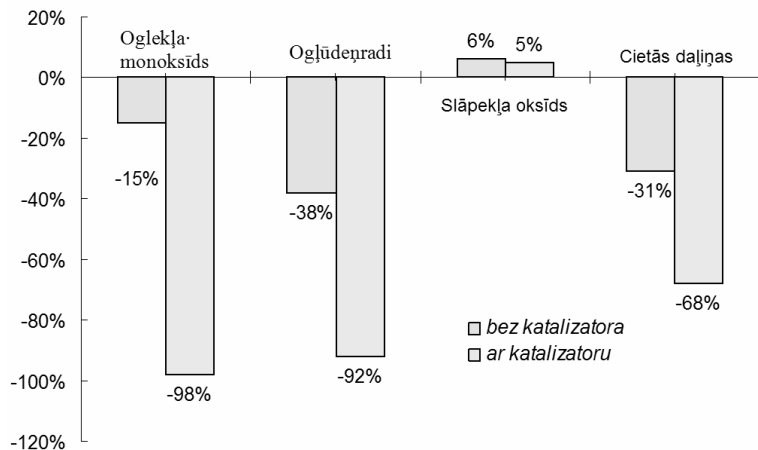
Maisījuma degvielas siltumspēja ir 40,5 MJ/kg, parastās dīzeļdegvielas – 42,7 MJ/kg, t.i. biodīzeļdegvielas siltumspēja ir par 4 % zemāka. Par tikpat procentiem samazinās motora jauda un pieaug degvielas patēriņš.

Līdz šim laikam galvenā problēma čehiem ir un paliek degvielas kvalitāte, kuras nodrošināšanai, velta lielu uzmanību. Maisīšanas rūpnīcā, pēc metilestera un dīzeļdegvielas pneimatiskas samaisīšanas, iegūto dīzeļdegvielu attīra lielas jaudas centrifūgā un iegūst tīru un kvalitatīvu degvielu.

Pēc brauciena uz Čehiju notika Rīgas Domes transporta departamenta sēde ar LLU un RTU speciālistu piedalīšanos jautājumā par biodīzeļdegvielas eksperimentālu pielietojumu kādā autobusu līnijā Rīgā. Tika apspriesti divi ierosinājumi: 1) pēc čehu parauga izmantot 30-35 % RME maisījumu ar fosilo dīzeļdegvielu (B30) vai 2) pēc vācu parauga izmantot 100 % RME (B100). Pēdējais ierosinājums tika pamatots uz vācu kompānijas Kreiswerke Heisberg GmbH, Geilenkirchenā, pieredzi, kura jau vairākus gadus visu autobusu parku – 130 autobusus darbina ar tīru biodīzeļdegvielu 100 % RME bez problēmām, ievērojami samazinot gaisa piesārņojumu pilsētā (19. att.).

Simtprocentīgas biodīzeļdegvielas (B100) izmantošanas būtiska priekšrocība ir arī tā, ka atgāzu neitralizēšanai šajā gadījumā ir iespējams izmantot katalizatorus, ko nevar lietot DD vai B30 izmantošanas gadījumā, jo fosila dīzeļdegviela un tās maisījumi ar BioDD atgāzu katalizatoru ātri sabojā. Visu šo apsvērumu rezultātā transporta departamenta sēdē tika nolemts ieteikt domei atbalstīt 100 % RME pielietojumu eksperimentālajā autobusā. Šis lēmums, kā vēlāk izrādījās, bija kļūda, jo

autobuss netika pienācīgi sagatavots 100 % RME izmantošanai un eksperimenta rezultāti kompromitēja BioDD ieviešanas ideju. Sākt vajadzēja ar B30 pielietošanu.



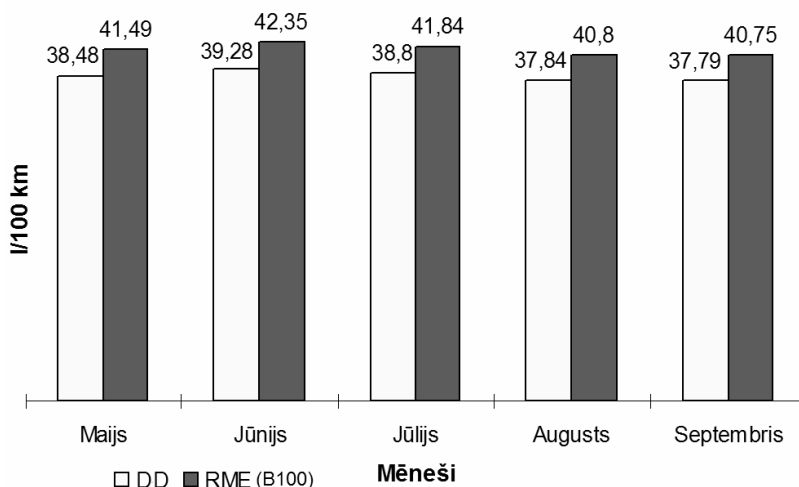
19. att. Biodīzeļdegvielas (100% RME) ietekme uz atgāzu toksiskumu salīdzinājumā ar fosilo DD (0% līnija).

Avots: Vācu biodīzeļdegvielas ražotāju asociācija UFOP.

Pēc iniciatīvas grupas ieteikuma Rīgas Dome nolēma finansiāli atbalstīt eksperimentu rapša metilestera (RME) izmantošanai Rīgas autobusu parka Imanta vienā pasažieru autobusa līnijā. Eksperimentam tika iedalīts vecs autobuss „IKARUS – 280”, kura noskrējienš, uzsākot eksperimentu jau bija 1 129 000 km t.i., vairāk kā viens miljons km. Tas darbojās pasažieru autobusu līnijā “Imanta – Katedrāle”. Eksperimentālais autobuss sešu mēnešu laikā darbojās ar 100 % RME. Nekāda autobusa motora iepriekšēja sagatavošana eksperimentam netika veikta, lai būtu iespēja pilnībā kontrolēt biodīzeļdegvielas B100 ietekmi uz īpaši nesagatavotu automobili.

Eksperiments notika 2002. gada vasaras - rudens periodā. Tā laikā izmēģināmais autobuss patērēja 11 tonnas jeb 12 600 litru Naukšēnos ražotā RME. Tā kopējais nobraukums eksperimenta laikā bija 30 700 km, vidēji patērējot 41 litru RME uz 100 km nobraukuma.

Biodīzeļdegvielas RME patēriņš, l/100km, salīdzinājumā ar parasto dīzeļdegvielu pa mēnešiem (20. att.) rāda, ka darbā ar RME degvielas patēriņš uz 100 km nobraukuma pieaug par 7.8 % jeb 3.0 l/100 km.



20. att. Eksperimentālā autobusa „Ikarus” dīzeļdegvielas (DD) un biodīzeļdegvielas B100 (RME) patēriņš, l/100 km, piecos mēnešos.

Jau trešajā dienā pēc autobusa darbības uzsākšanas ar B100, parādījās jūtams motora jaudas samazinājums degvielas filtru pakāpeniskas aizsērēšanas dēļ, kā rezultātā samazinājās degvielas caurplūde filtriem un degvielas padeves spiediens. Šāda strauja filtru aizsērēšana izskaidrojama ar to, ka biodīzeļdegviela B100 kā ļoti labs šķīdinātājs izšķīdina iepriekšējās ekspluatācijas laikā degvielas tvertnē, cauruļvados, zemspiediena sūkņī un filtru korpusos uzkrājušos fosilās dīzeļdegvielas nosēdumus, kuri bloķē filtrus.

Pēc filtrējošo elementu nomaiņas un filtru skalošanas autobuss turpināja strādāt vienu mēnesi, kad, pēc 6140 km nobraukuma, otrreiz parādījās jaudas samazināšanās pazīmes un filtri otrreiz tika nomainīti. Šajā laikā tika nomainītas degvielas vadu šļūtenes, jo tās biodīzeļdegvielas iespaidā bija pastiprināti uzbriedušas. Trešo reizi nepieciešamība nomainīt degvielas filtrus radās pēc 18000 km nobraukuma. Parasti motoram strādājot ar fosilo dīzeļdegvielu degvielas filtru kalpošanas laiks ir noteikts 25000 km autobusa nobraukums, tas nozīmē, ka pārejot uz biodīzeļdegvielu filtru nomaiņa bija nepieciešama divreiz biežāka nekā tas ir paredzēts ar fosilo dīzeļdegvielu.

Šajā gadījumā filtru pirmā nomaiņa netika skaitīta, jo tā bija nepieciešama, lai barošanas sistēmu attīrītu no nosēdumiem, kas uzkrājušies ilgstošā iepriekšējā ekspluatācijā.

Eksperimenta laikā regulāri, apmēram reizi mēnesī, tika pārbaudīta autobusa motora dūmainība izmērot atgāzu absorbcijas koeficientu. Mērījumi parādīja, ka, salīdzinot ar fosilo dīzeļdegvielu, motoram strādājot ar BioDD, absorbcijas koeficients ievērojami samazinājās. Mērot ik pēc mēneša, tika iegūtas sekojošas absorbcijas koeficienta vērtības, m^{-1} : 2,09; 2,34; 1,51 un 1,82.

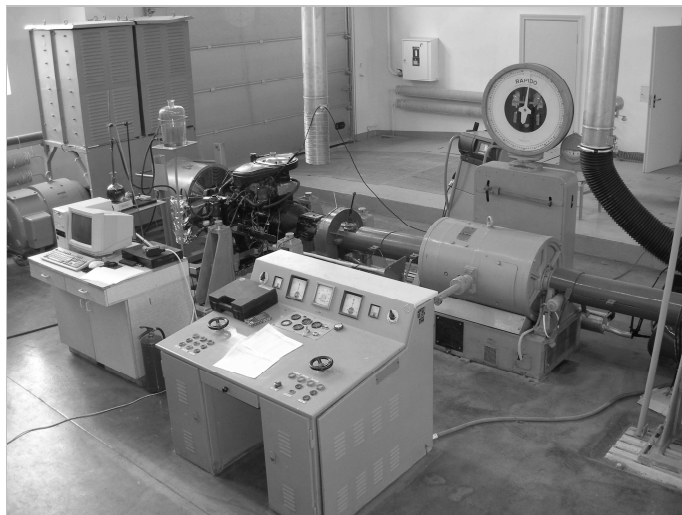
Vairāk kā piecu mēnešu garumā ar 30700 km nobraukumu veiktais autobusa *IKARUSS -280* biodīzeļdegvielas eksperiments kopumā parādīja, ka B100 var bez problēmām izmantot, pilsētu pasažieru autobusus, ja autobusu iepriekš sagatavo, nomainot gumijas degvielas vadus u.c. elastomerus motora barošanas sistēmā. Eksperiments tika pārtraukts finansiālu apsvērumu dēļ, jo DD tad vēl bija ievērojami lētāka par BioDD un valsts vēl nebija gatava subsidēt gaisa piesārņojuma samazināšanu pilsētā, pielietojot biodegvielas transportā.

Motoru darba parametru pētījumiem LLU laboratorijā

Pētījumiem ar dažāda veida degvielām LLU TF Spēkratu institūta Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā tiek izmantots firmas *Elbtalwerk Heidenau* motoru testēšanas stends VEM-100 ar stenda dinamometru Rapido-100 (21. att.). Stendam ir līdzstrāvas elektriskās balansmašīnas tipa slogošanas iekārta, kas ļauj noslogot izmēģināmo iekšdedzes motoru ar jaudu līdz 100 kW. Stends ir modernizēts, to papildus aprīkojot ar uzlabotu motora atgāzu nosūkšanas un analīzes sistēmu, datorizētu datu reģistrēšanas un apstrādes sistēmu, elektroniskiem svāriem degvielas patēriņa mērīšanai, modernu motora indicēšanas aparātūru, kas dod iespēju sīkāk pētīt sadedzes procesa norisi motora cilindros.

Uz motoru testēšanas stenda ir iespējams eksperimentāli noteikt tādu motora parametrus, kā slogošanas jeb bremzēšanas spēku, ko rāda stenda dinamometrs, stenda balansmašīnas vārpstas griešanās frekvenci, motora kloķvārpstas griešanās frekvenci, degvielas masas patēriņu un patēriņa laiku. No šiem rādītājiem aprēķina motora jaudu, griezes momentu un īpatnējo degvielas patēriņu. Izmantojot papildus iekārtas varam

izmērīt indicētā spiediena izmaiņu cilindrā cikla laikā, darba temperatūras, atgāzu absorbcijas koeficientu un atgāzu komponentu daudzumu.



21. att. Līdzstrāvas elektriskās balansmašīnas tipa motoru testēšanas stends LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā.

Automobiļu darba parametru pētījumiem laboratorijā 2006. gadā tika uzstādīts ASV ražots automobiļu testēšanas ruļļu tipa stends MD–1750DE (22. att.), ražots ASV firmā „Mustang Dynamometer”, kura komplektā ir komplekss daudzparametru gāzu analizators.

Ruļļu stends ir apgādāts ar virpuļstrāvas gaisa dzesēšanas iekārtu, kas ļauj absorbēt jaudu uz ruļļiem līdz 295 kW. Tas dod iespēju vienlaicīgi reģistrēt uz datora monitora automobiļa ieskrējiena laikā motora jaudu N_e , kW, griezes momentu, M_e , kN·m un visu motora atgāzu sastāvā ietilpstošo komponentu izmaiņu atkarībā no automobiļa kustības ātruma vai arī atkarībā no motora apgrīzieniem.

Ruļļu stends dod iespēju noteikt dažādu spēkratu ekspluatācijas, degvielas ekonomiskuma un atgāzu toksiskuma rādītājus, (motora jaudu, griezes momentu, ātrumu, paātrinājumu, ieskrīšanās laiku u.c.), un veikt spēkratu izmēģināšanu, imitējot reālus ceļa apstākļus. Iekārtā ir integrēti temperatūras, spiediena devēji, gaisa/degvielas attiecības mērītājs. Ir iespēja stendam pieslēgt arī papildus

mēraparatūru citu parametru noteikšanai, piemēram, degvielas patēriņa mērītāju degvielas patēriņa noteikšanai spēkrata kustības dažādos režīmos.



22. att. **Spēkratu izmēģināšanas ruļļu stends MD-1750-DE, LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā.**

Bez minētajiem testēšanas stendiem un to papildus aprīkojuma, LLU Biodegvielu un motoru zinātniskā laboratorija ir apgādāta arī ar portatīvām pārnēsājamām mērierīcēm automobiļu ceļa izmēģinājumiem un traktoru lauka izmēģinājumiem. Tādas ierīces ir, piemēram, „piektais ritenis” ceļa un ātruma mērīšanai, degvielas patēriņa mērītājs, traktora vilces dinamometrs, jūgvārpstas jaudas dinamometrs, riteņu buksēšanas mērītājs.

Biodīzeļdegvielas ietekme uz dīzeļmotora jaudu un degvielas patēriņu

Kā rāda biodīzeļdegvielas pielietošanas pieredze un veikto pētījumu analīze darbā ar BDD motora jauda nedaudz samazinās un līdz ar to pasliktinās spēkrata dinamiskās īpašības, lai gan samazinājums ir tik mazs, ka praksē bieži vien nav pamanāms.

Motora jaudas samazināšanās ir nenovēršams biodīzeļdegvielas trūkums, kura cēlonis ir BDD zemāka siltumspēja jeb sadegšanas siltums, ko mēra megadžoulos uz

degvielas masas kilogramu (MJ/kg), vai uz tilpuma vienību litros (MJ/l), (skat. 7. tab.). Līdz ar to arī degvielas patēriņš pieaug.

RME siltumspēja ir par 4,4 MJ/kg (10,5 %) zemāka, nekā fosilās DD siltumspēja (7. tab.). Teorētiski motora jaudai arī vajadzētu samazināties tāpat kā siltumspējai, t.i., par 10,5 %, bet, kā rāda pētījumi, jaudas samazinājums ir krietni mazāks. Parasti jauda samazinās par 3 – 5 %, bet ir arī ne mazums pētījumu, kuros secināts, ka jauda praktiski nemainās vai dažos gadījumos pat pieaug.

7. tabula

Rapša eļļas, biodīzeļdegvielas RME un fosilās dīzeļdegvielas fizikālo īpašību salīdzinājums

Rādītāji	Rapša eļļa	Biodīzeļdegviela RME (B100)	Fosilā dīzeļdegviela
Masas siltumspēja, MJ/kg	37,4	37,7	42,1
Tilpuma siltumspēja, MJ/l	34,3	33,2	33,4
Blīvums pie 20 °C, g/cm ³	0,916	0,884	0,835
Cetānskaitlis	31,8	49...52,5	48...51,5
Viskozitāte pie 20 °C, mm ² /s	7,7	7,5	4,2
Zemākā filtrēšanas temp., °C	-15	+20	-18

Tas izskaidrojams ar to, ka jaudas samazināšanos ietekmē ne tikai RME zemāka siltumspēja, bet arī vairāki citi faktori, daži no tiem taisni otrādi – jaudu palielina. Piemēram, skābekļa saturs biodīzeļdegvielā ($\approx 10\%$), veicina straujāku un pilnīgāku degvielas sadegšanu, samazina sadedzes aizkavēšanās periodu, attīra degkameras no piedegumiem. Šie procesi apskatīti iepriekš (skat. 2. nod.). Jaudu ietekmē arī tas, cik ilgi motors ir strādājis ar B100, sākumperiodā jaudas zudumi ir lielāki, vēlāk jaudas zudumi vairs nav tik lieli, jo motora degkameras ir attīrījušās no piedegumiem.

Jaudas samazināšanās ir atkarīga arī no degvielas kvalitātes. Piemēram, izmantojot biodīzeļdegvielu ar zemu oksidēšanās stabilitāti, jauda pazeminās un otrādi, ja izmanto degvielu ar augstu oksidēšanās stabilitāti – palielinās (skat. 2.3. sadaļu). Jaudas pazemināšanās var notikt arī degvielas filtra pastiprinātas aizsērēšanas dēļ.

Automobiļa pētījumi uz ruļļu stenda tika veikti LLU Spēkratu institūtā ar mērķi noskaidrot biodīzeļdegvielas un tās maisījumu ar DD ietekmi uz automobiļu jaudu. Pētījumiem izmantoja vieglo automobiļu Renault 11 un ruļļu tipa jaudas standu BOSCH FLA 203.

Automobilim ir netiešas iesmidzināšanas priekškameras dīzeļmotors F8M ar darba tilpumu 1595 cm^3 , nominālo jaudu $40,7\text{ kW}$ pie 4800 min^{-1} un kompresijas pakāpi 22,5.

Ekspperimentālajos pētījumos izmantotās maisījumu degvielas tika iegūtas mehāniski sajaucot Statoil ziemas dīzeļdegvielu (Diesel Fortis) ar biodīzeļdegvielu REE (rapša etilesteri).

Ekspperimentos noteiktā jauda ar DD bija $41,9\text{ kW}$, bet ar tīru REE (B100) $42,1$, t.i. motoram strādājot ar biodīzeļdegvielu jauda pieauga par $0,47\%$. Izmantojot maisījuma degvielu B35 (35% REE), jaudas pieaugums bija $0,24\%$. Šāds neliels jaudas pieaugums, kā jau iepriekš skaidrots, notiek BioDD sastāvā ietilpstošā skābekļa ietekmē.

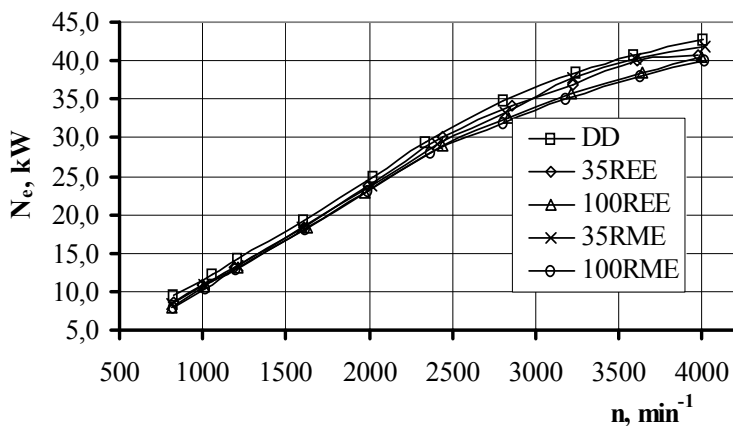
Dīzeļmotora pētījumi uz motoru testēšanas stenda tika veikti LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā ar mērķi noskaidrot biodīzeļdegvielu un to maisījumu ietekmi uz motoru jaudu, griezes momentu, degvielas masas patēriņu, degvielas īpatpatēriņu u.c. darba parametriem.

Stenda izmēģinājumos tika izmantots vieglā pasažieru automobiļa *Ford Sierra* 2,3 l četrtaktu, tiešās iesmidzināšanas, atmosfēriskais (bez turbopūtes) 4 cilindru dīzeļmotors ar maksimālo jaudu 49 kW pie 4200 min^{-1} un maksimālo griezes momentu 139 Nm pie 2000 min^{-1} .

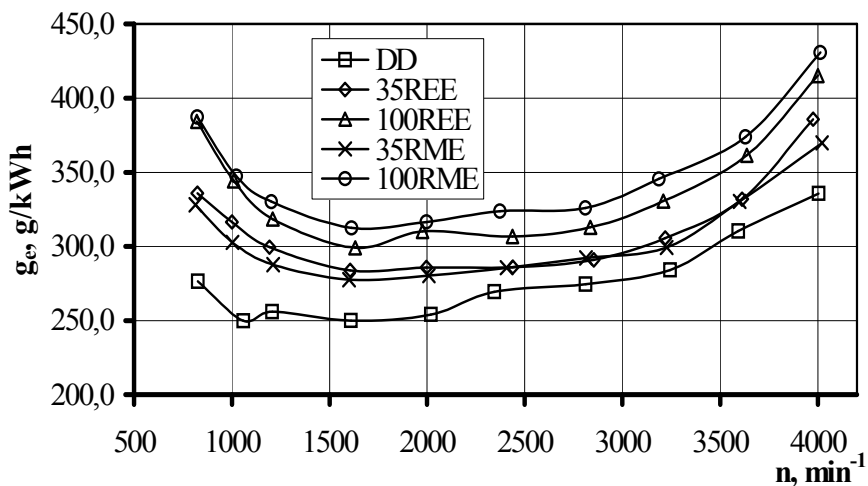
Dīzeļmotors tika izmēģināts dažādos tā darbības režīmos ar dažādām biodīzeļdegvielām un to maisījumiem: parasto dīzeļdegvielu DD, 100% biodīzeļdegvielu REE (B100) un 35% REE (B35). Dažādā motora noslodzē tika iegūti sekojoši parametri: motora efektīvā jauda, degvielas masas patēriņš, īpatpatēriņš, izplūdes gāzu komponentes – CO un NO_x un absorbcijas koeficients.

Motora efektīvās jaudas un degvielas patēriņa raksturlīknes tika uzņemtas saskaņā ar vispārpieņemto standarta metodiku (GOST 14846-81, ST SEV 765-77).

Pētījumu rezultātā tika konstruētas efektīvās jaudas (23. att.) un degvielas īpatpatēriņa (24. att.) eksperimentālās raksturlīknes pieciem dažādiem degvielu veidiem.



23. att. Dīzeļmotora *Ford Sierra 2.3L* efektīvās jaudas eksperimentālās raksturlīknes darbā ar piecām dažādām degvielām.



24. att. Dīzeļmotora *Ford Sierra 2.3L* īpatnējā degvielas patēriņa eksperimentālās raksturlīknes darbā ar piecām dažādām degvielām.

Salīdzinājumā ar dīzeļdegvielu, darbā ar biodīzeļdegvielām visos gadījumos tika konstatēta neliela jaudas samazināšanās, atkarībā no biodīzeļdegvielas īpatsvara degvielas maisījumā.

Darbā ar RME efektīvā jauda vidēji samazinājās nedaudz straujāk nekā ar REE (par 1,4 %), bet darbā ar 35RME tā praktiski nemainījās. Savukārt, salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu abu biodegvielu efektīvā jauda atsevišķos gadījumos samazinājās līdz pat 16 %. Tas ir izskaidrojams ar biodīzeļdegvielas zemāku siltumspēju. Līdzīga tendence vērojama arī attiecībā uz motora griezes momentu. Biodegvielu radītā griezes momenta izmaiņas ir sekojošas: darbā ar 35REE griezes moments samazinājās par 2,0...8,8 %, ar 35RME – par 1,1...9,5 %, ar 100REE – par 5,6...15,4 %, bet ar 100RME – par 6,3...15,9 %.

Eksperimentu gaitā tika konstatēts neliels degvielas masas patēriņa un īpatpatēriņa pieaugums biodegvielām salīdzinājumā ar dīzeļdegvielu (24. att.). Salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu, darbā ar 100RME vidējais degvielas masas patēriņš pieauga par 14.5 %, bet ar 100REE – tikai par 12.1 %, iezīmējot būtisku etilestera priekšrocību. Līdzīga tendence vērojama arī attiecībā uz degvielas īpatpatēriņa izmaiņām. Tā, piemēram, darbā ar 100RME vidējais degvielas īpatpatēriņš pieauga nedaudz straujāk nekā ar 100REE (attiecīgi par 3.2 %), bet darbā ar 35RME tas samazinājās par 2.2 % salīdzinājumā ar 35REE (8. tab.).

Analizētie patreizējo pētījumu rezultāti principā saskan ar citiem mūsu un ārzemju autoru pētījumiem un pierāda, ka Latvijā ražotā biodīzeļdegviela var tikt pietiekoši efektīvi izmantota esošajos spēkratu dīzeļmotoros.

Pētījumi parādīja, ka izmantojot biodegvielas, motora efektīvā jauda samazinājās: 100RME (-7,9 %), 100REE (-6,6 %), 35RME (-3,6 %), 35REE (-3,4 %). Līdzīga tendence vērojama arī attiecībā uz motora griezes momentu: 100RME (-8,5 %), 100REE (-7,7 %), 35RME (-4,6 %), 35REE (-4,4 %). Motora degvielas īpatnējais patēriņš pieauga - 100RME (+26,5 %), 100REE (+22,5 %), 35RME (+10,6 %), 35REE (+13,1 %) – proporcionāli biodīzeļdegvielas īpatsvaram kopējā degvielas maisījumā. Motora jauda un griezes moments darbā ar 100RME un 35RME samazinājās nedaudz straujāk nekā ar 100REE un 35REE. Motora degvielas

īpatpatēriņš un masas patēriņš darbā ar 100RME pieauga nedaudz straujāk nekā ar 100REE.

8. tabula

Dīzeļmotora *Ford Sierra 2.3L* tehnisko parametru izmaiņas darbā ar dažādām degvielām pie motora nomināliem apgriezieniem

	Dīzeļdegviela	35RME		35REE		100RME		100REE	
			% +/-		% +/-		% +/-		% +/-
Efektīvā jauda, kW	42,7	41,7	-2,3	40,8	-4,5	39,9	-6,6	40,4	-5,4
Griezes moments, Nm	101,7	99,1	-2,6	98,0	-3,6	95,0	-6,6	96,5	-5,1
Degv. masas patēriņš, kg/h	14,3	15,4	+7,7	15,7	+9,8	17,2	+20,3	16,8	+17,5
Degv. īpatpatēriņš, g/kWh	335,7	369,7	+10,1	385,7	+14,9	430,6	+28,3	415,2	+23,7

Salīdzinot mūsu pētījumus ar citu autoru pētījumiem, varam atzīmēt, ka dažādu zinātnieku iegūtie rezultāti ir diezgan atšķirīgi, un arī pretrunīgi.

Vairumā eksperimentu ir konstatēta jaudas samazināšanās robežās no 1 līdz 7 % salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu. Pielietojot biodīzeļdegvielas un dīzeļdegvielas maisījumus, motora jauda samazinās un degvielas patēriņš pieaug atbilstoši BDD procentuālajam daudzumam maisījuma degvielā.

Automobiļa stenda un ceļa izmēģinājumi darbā ar biodīzeļdegvielu

Lai izpētītu biodīzeļdegvielas ietekmi uz vieglā dīzeļautomobiļa parametriem normālos ekspluatācijas apstākļos ziemas – vasaras periodā, LLU TF Spēkratu institūta Biodegvielu zinātniskās laboratorijas zinātnieki veica eksperimentālos pētījumus ar vienu no izplatītākajiem vieglajiem automobiļiem Latvijā VW Golf II ekspluatējot to ar biodīzeļdegvielu.

Pirms eksperimentiem tika fiksēts automobiļa tehniskais stāvoklis, noņemts augstspiediena sūknis un sprauslas, veikta to demontāža, tīrīšana, mazgāšana, pārbaude un regulēšana uz degvielas aparatūras stenda, kā arī nomainīti visi izdilušie

gumijas blīvējumi un veikta sūkņa un sprauslu pamatdaļu fotografēšana. Sprauslām tika ieregulēts rūpnīcā rekomendētais atvēršanās spiediens 135 bāri.

Barošanas sistēmas mezgli bija labā tehniskā kārtībā. Degvielas noplūde no sūkņa un sprauslām netika novērota.

Uzsākot eksperimentus 2007. gada februārī, automobilī izmantoja Statoil DUS ziemas dīzeļdegvielu un braucot ar tīru dīzeļdegvielu veica pirmo jaudas un degvielas patēriņa mērījumu sēriju. Pēc tam automobili turpināja ekspluatēt ar 50 % biodīzeļdegvielas un 50 % Statoil DUS ziemas dīzeļdegvielas (-25 °C) maisījumu. Maisījumam izmantoja RME (100 % RME), kuru atbilstoši standartam LVS EN 14214 var izmantot līdz -12 °C zemas temperatūrai. Ar maisījuma degvielu B50 automobili ekspluatēja 3000 km un pēc tam veica jaudas un griezes momenta mērījumus, testējot automobili uz laboratorijā esošā ruļļu stenda MD-1750 (25. att.).



25. att. **Automobiļa testēšana uz ruļļu stenda MD-1750 LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā.**

Gaisa temperatūra eksperimenta laikā svārstījās robežās no -25 °C līdz +14 °C. Automobili glabāja atklātā stāvlaukumā, lai noteiktu iedarbināšanas spējas. Pie

temperatūras $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ automobiļa motoru nevarēja iedarbināt, bet pie temperatūras $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ rodas traucējumi motora darbībai degvielas sabiezēšanas un filtru bloķēšanās sabiezēšanas un filtru bloķēšanās dēļ. Temperatūrās, kas augstākas par $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, automobiļa iedarbināšanas un ekspluatācijas traucējumi netika novēroti.

Veiktie automobiļa stenda izmēģinājumi pēc 300 km nobraukuma ar maisījuma degvielu B50 parādīja, ka maksimālā jauda pie $n = 4000\text{ min}^{-1}$ praktiski neatšķīrās no motora maksimālās jaudas ar DD, bet griezes momenta maksimālā vērtība pie $n = 1800\text{ min}^{-1}$ darbā ar B50 pieauga par 5.3 % salīdzinājumā ar DD.

Pēc pirmo 3000 km nobraukuma, eksperimentālie pētījumi tika turpināti ar 100 % biodīzeļdegvielu (B100) un līdz eksperimenta beigām ar to nobrauca 7000 km, t.i., līdz kopējam nobraukumam 10000 km.

Šajā laikā gaisa temperatūra nebija zemāka par $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

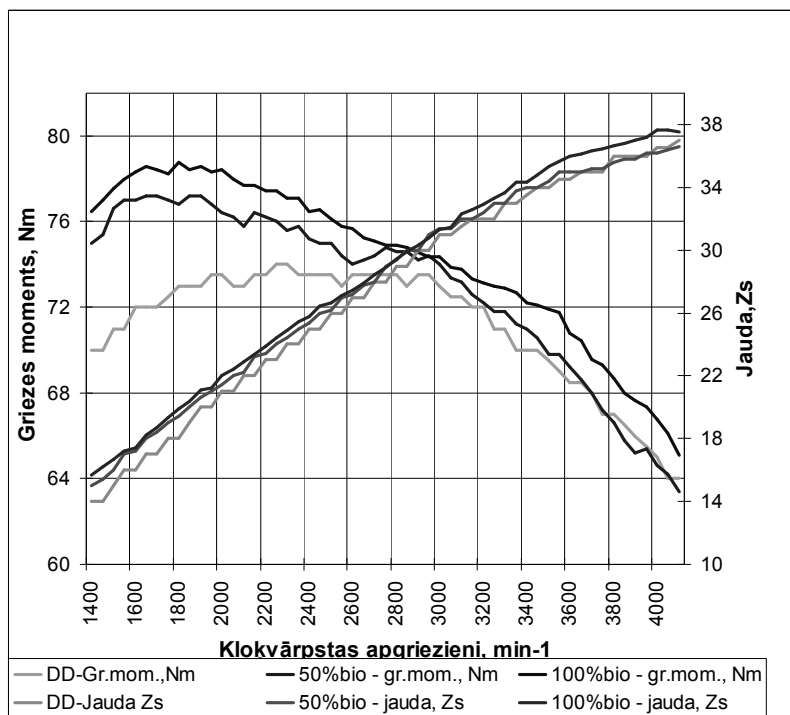
Ik pēc 2000 km nobraukuma tika atkārtoti veikti automobiļa jaudas un griezes momenta mērījumi uz ruļļu stenda MD-1750. Eksperimenta laikā, nekādi remonta vai apkopes darbi motora barošanas sistēmai netika veikti un arī nebija nepieciešamība to darīt.

Pēc eksperimenta barošanas sistēma automobilim tika vēlreiz demontēta un veikta galveno detaļu fotografēšana. Visu sprauslu atvēršanās spiediens tika fiksēts 130 bar, kas atbilst normālam sprauslu piestrādes spiediena kritumam. Barošanas sistēmas detaļas bija gaiši dzeltenā krāsā. Nebija novērojamas jaunas detaļu diluma pazīmes vai nosēdumi, uz tām.

Tika apkopotas automobiļa jaudas un griezes momenta līknes no visiem stenda izmēģinājumu atkārtojumiem un izveidoti rezultējošās līknes, kas redzamas 26. attēlā.

Pēc eksperimenta datiem vērojams griezes momenta pieaugums, salīdzinot mērījumus ar tīru dīzeļdegvielu un biodīzeļdegvielu. Viskrasāk atšķirības vērojamas tieši zemo apgriezienu diapazonā. Šāds griezes momenta pieaugums darbā ar B50 un B100 varētu būt izskaidrojams ar biodīzeļdegvielas lēnāku degšanas ātrumu, salīdzinājumā ar fosilo DD. Griezes momenta pieauguma maksimums tiek sasniegts pie motora rotācijas frekvences 1800 min^{-1} , kad griezes moments ar B100 palielinās par 8.2 %, salīdzinot darbā ar parasto dīzeļdegvielu.

Jaudas palielinājums ar B100 pie nominālajiem motora apgriezieniem 4000 min^{-1} sasniedz 2.7 %.



26. att. Eksperimentālā automobiļa VW Golf II jaudas un griezes momenta izmaiņu grafiks atkarībā no apgriezieniem un izmantotās degvielas.

Vērojama arī interesanta maksimālā griezes momenta pārbīde no $2300 - 2500 \text{ min}^{-1}$ uz zemāku apgriezienu diapazonu – $1700 - 1900 \text{ min}^{-1}$.

Jaudas palielinājums ar B100 pie nominālajiem motora apgriezieniem 4000 min^{-1} sasniedz 2.7 %.

Vērojama arī interesanta maksimālā griezes momenta pārbīde no $2300 - 2500 \text{ min}^{-1}$ uz zemāku apgriezienu diapazonu – $1700 - 1900 \text{ min}^{-1}$.

Tātad lielākas jaudas sasniegšanai pēc mūsu eksperimenta rezultātiem var izmantot biodīzeļdegvielu, iegūstot arī lielāku griezes momentu pie zemākiem motora apgriezieniem.

Motoram, darbojoties ar biodīzeļdegvielu, degvielas patēriņš, salīdzinot ar parasto dīzeļdegvielu, palielinājās par 3.5 – 4.5 %.

3.4. Biodīzeļdegvielas ietekme uz motora atgāzu sastāvu

Degvielas sastāvs

Jebkura degviela sastāv no dažādiem ogļūdeņražiem, kuru sastāvā ietilpst pamatelementu – oglekļa C un ūdeņraža H molekulas, kuras ir savstarpēji saistītas dažādās kombinācijās.

Bez C un H gan DD, gan B100 sastāvā ietilpst skābeklis O_2 . Dīzeļdegvielā skābekļa daudzums pēc masas ir ne vairāk kā 0,6 %, turpretī biodīzeļdegvielā skābekļa saturs sasniedz 10 līdz 11 %. Palielināts skābekļa saturs B100 sastāvā veicina pilnīgāku degvielas sadegšanu motora cilindros, un līdz ar to palielina jaudu un samazina oglekļa monoksīda CO daudzumu atgāzēs.

Šī ir viena no būtiskām biodīzeļdegvielas priekšrocībām, salīdzinājumā ar fosilo DD.

Pamatelementu saturs dīzeļdegvielā un biodīzeļdegvielā ir aptuveni šāds:

	DD		B100	
	g/kg	%	g/kg	%
– ogleklis	865	86,5	760	76,0
– ūdeņradis	124	12,4	136	13,6
– skābeklis	6	0,6	110	11,0
– sērs	5	0,5	0	0

Nepieciešamība samazināt sēra saturu dīzeļdegvielā naftas pārstrādes rūpnīcām rada nopietnas problēmas sēra attīrīšanai DD ražošanas procesā un sadārdzina DD. Prasība samazināt sēra saturu ir izvirzīta dēļ sēra kaitīgās ietekmes uz vidi. Degšanas procesā sērs savienojas ar skābekli un veido sēra dioksīdu SO_2 , kas izplūstot atmosfērā reaģē ar ūdens tvaikiem un veido sērskābi H_2SO_4 . Tā veidojas skābie lieti, kas ir ļoti kaitīgi visai dzīvajai dabai.

Biodīzeļdegviela nemaz nesatur sēru, tātad iepriekš minētā sēra kaitīgā iedarbība tiek pilnībā novērsta. Tā ir otra būtiska biodīzeļdegvielas priekšrocība salīdzinot ar fosilo DD.

Komponentu daudzums atgāzēs

Komponentu daudzums atgāzēs mainās diezgan plašās robežās, jo tas atkarīgs ne tikai no izmantotās degvielas ķīmiskā sastāva, bet arī no termokīmiskajām reakcijām, kas notiek motora cilindros sadedzes procesa laikā. Tās, savukārt, atkarīgas no vairākiem motora konstruktīviem parametriem, kā, piemēram, kompresijas pakāpes, ieplūdes un izplūdes vārstu skaita un izvietojuma, iesmidzināšanas spiediena, degmaisiņuma sagatavošanas homogenuma, iesmidzināšanas apstieidzes leņķa, indicētā spiediena cilindros u.c. faktoriem.

9. tabula

Dīzeļmotora atgāzu sastāvs, izmantojot dīzeļdegvielu un biodīzeļdegvielu

Atgāzu sastāvā ietilpstošās komponentes	Mērvienība	Komponentu daudzums atgāzēs	
		Darbā ar DD	Darbā ar B100
Netoksiskās komponentes:			
Slāpekļis, N	% (v/v)	76 – 78	76 – 78
Skābekļis, O ₂	% (v/v)	2 – 5,0	1,5 – 2,0
Ūdens tvaiks, H ₂ O	% (v/v)	0,5 – 4,0	2,5 – 4,5
Oglekļa dioksīds, CO ₂	% (v/v)	1,0 – 10,0	6,0 – 14
Toksiskās komponentes:			
Oglekļa monoksīds, CO	% (v/v)	0,01 – 0,50	0,008 – 0,42
Kvēpi (cietās daļiņas), C	g/m ³	0,01 – 1,10	0,007 – 0,76
Slāpekļa savienojumi, NO _x	% (v/v)	0,0002 – 0,5	0,00021 – 0,51
Ogļūdeņraži, C _n H _m	% (v/v)	0,009 – 0,5	0,0056 – 0,31
Aldehīdi, RCHO	% (v/v)	0,001 – 0,009	0,000 – 0,001

Atgāzes satur kā dabai un organismam nekaitīgas vielas (N, O₂, H₂O un CO₂), tā arī kvēpus (cietās daļiņas) un citas toksiskās komponentes (CO, NO_x, C_nH_m u.c.). Dīzeļmotora atgāzēs vislielākais toksiskais īpatsvars ir slāpekļa kombinētajiem savienojumiem NO_x, pēc tam seko kvēpi (pamatā tīrs ogleklis C), aldehīdi, oglekļa monoksīds CO, un pārpalikušie nesadegušie ogļūdeņraži C_nH_m. Aptuvenus atgāzu sastāva raksturojums dots 9. tabulā.

Atgāzu sastāvā ietilpstošo komponentu analīze (9. tab.) rāda, ka atgāzu sastāvā ietilpstošo toksisko komponentu daudzums ir neliels, tas nepārsniedz 2,0 – 2,6 % no kopējā atgāzu tilpuma. Tomēr, kaut arī procentuāli toksisko komponentu daudzums atgāzēs nav liels, tās nopietni piesārņo atmosfēru un kaitē cilvēku veselībai un dabai.

Izvērtējot toksisko komponentu maksimālo vērtību (9. tab.) summu, redzams, ka darbā ar biodīzeļdegvielu (B100) toksisko komponentu daudzums motora atgāzēs ir par 15 – 38 % mazāks nekā darbā ar DD.

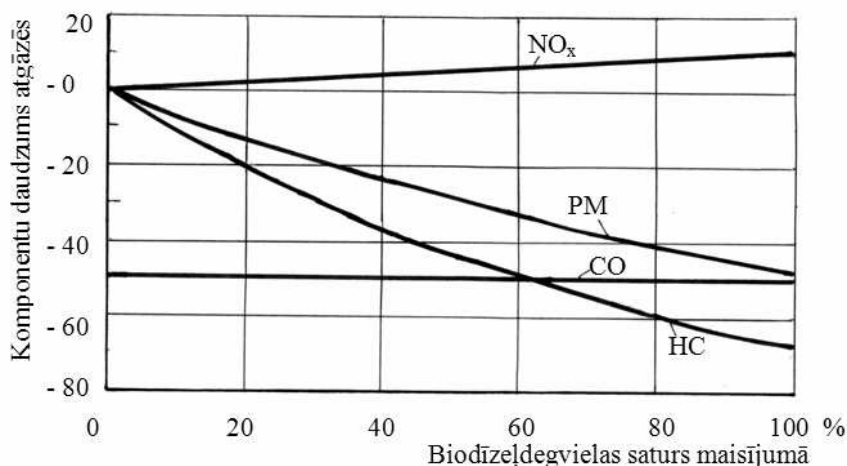
Apkopjot vairāku amerikāņu, vācu un čehu autoru pētījumu rezultātus par B100 ietekmi uz toksisko komponentu daudzumu dīzeļmotoru atgāzēs, varam secināt, ka dažādiem motoriem vidējais atgāzu komponentu PM (kvēpu), CO un HC samazinājums un NO_x pieaugums darbā ar biodīzeļdegvielu (ja attiecīgo komponentu daudzumu darbā ar dīzeļdegvielu pieņem kā 100 %) ir sekojošs, %:

Pētījumu vieta	NO _x	PM	CO	HC
ASV	13,2	-55,3	-42,7	-63,2
Vācija	5,0	-27,0	-11.1	-33
Čehija	6,0	-31,0	-15	-38
Vidēji	8	-38	-23	-45

Toksisko komponentu daudzums atgāzu sastāvā mainās, mainoties biodīzeļdegvielas (B100) procentuālajam daudzumam maisījuma degvielās. Komponentu NO_x, PM (kvēpi), CO un HC izmaiņa mainoties biodīzeļdegvielas procentuālam sastāvam no nulles (dīzeļdegviela) līdz 100 procentiem (B100), parādīta 27. attēlā dotajās grafikās. Tās ir konstruētas ASV Vides aizsardzības aģentūrā EPA* uz daudzu (pavisam 39) pētījumu rezultātu analīžu pamata un tās var tikt izmantotas orientējošai toksisko komponentu daudzuma noteikšanai biodīzeļdegvielai un tās maisījumiem ar fosilo dīzeļdegvielu jebkurā proporcijā.

Pētījumi rāda, ka toksisko komponentu PM, HC, CO samazinājums un slāpekļa oksīdu NO_x pieaugums ir aptuveni tieši proporcionāls biodīzeļdegvielas koncentrācijai maisījumu degvielās. B20 attiecībā pret B100 koncentrācija ir samazināta pieckārtīgi un apmēram tādās pašās robežās ir toksisko komponentu procentuālo daudzumu izmaiņa.

Izmantojot biodīzeļdegvielu ir iespēja dīzeļmotoriem pielietot atgāzu katalizatorus toksisko komponentu vēl lielākai samazināšanai. Motoram strādājot ar B100, kā redzams, izmantojot B100, katalizators ļoti efektīvi ietekmē toksisko komponentu samazināšanos atgāzēs, kas ir būtiska biodīzeļdegvielas priekšrocība, jo darbā ar fosilo dīzeļdegvielu motora izplūdes sistēmā katalizatorus iebūvēt nevar. Tie ātri iziet no ierindas dīzeļdegvielas sastāvā esošā sēra un aromātisko ogļūdeņražu iespaidā.



27. att. Kaitīgo komponentu izmaiņas motora atgāzēs darbā ar biodīzeļdegvielas maisījumiem. Avots: EPA*

Biodīzeļdegvielas lietošana samazina dīzeļmotora dūmainību un absorbcijas koeficientu. Biodīzeļdegvielas ietekmē motora degkamas pakāpeniski attīrās no piedegumiem un notiek pilnīgāka sadegšana degvielas sastāvā esošā skābekļa dēļ. Pieaugot biodīzeļdegvielas lietošanas ilgumam konkrētā motorā, pakāpeniski samazinās arī motora dūmainība.

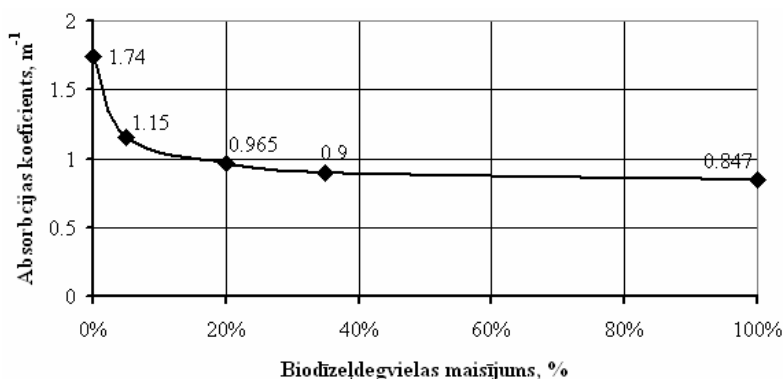
Ilgstošs eksperimentāls pētījums par autobusa *Ikarus280* darbu ar biodīzeļdegvielu parādīja, ka absorbcijas koeficients samazinājās par 55 % - no $2,4 \text{ m}^{-1}$

* - Environmental Protection Agency. October 2002 Draft technical Report „A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust emissions, (EPA 420-p-02-001) (www.epa.gov/OMS/models/biodsl.htm).

fosilās dīzeļdegvielas lietošanas laikā pirms eksperimenta līdz pat $1,08 \text{ m}^{-1}$ pēc 6 mēnešu ilgas regulāras biodīzeļdegvielas 100 % lietošanas.

LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā uz testēšanas stenda tika izmēģināts automobiļa *Ford Sierra 2,3L* četrtaktu, četrcilindru, netiešās iesmidzināšanas 49 kW dīzeļmotors ar mērķi noskaidrot absorbcijas koeficienta izmaiņas atkarībā no RME koncentrācijas degvielu maisījumā pilnas padeves režīmā. Kvēpu saturs atgāzēs tika mērīts ar gāzu analizatoru BOSH BEA-350 komplektā ar opacimetru (kvēpmēru) RTM 430.

Motora stenda izmēģinājumos brīvā paātrinājuma režīmā (procedūra, ko izmanto CSDD pārbaudot dīzeļmotoru atgāzu toksiskumu) tika konstatēts, ka absorbcijas koeficienta izmaiņa pilnībā ir atkarīga no biodīzeļdegvielas koncentrācijas maisījumā. Eksperimentu rezultātā iegūtā līkne (28. att.) parāda, ka jau pie 20 % maisījuma (B20) dīzeļmotora dūmošana samazinās gandrīz divkārt (par 44,3 %), salīdzinot ar fosilo DD (absorbcijas koeficients nokrīt no 1,74 uz 0,965). Maisījuma koncentrācijai tālāk pieaugot, absorbcijas koeficients, resp., dūmošana samazinās tikai nedaudz, t.i., biodīzeļdegvielas ietekme uz motora dūmošanu vairs nepieaug. Vislielākais absorbcijas koeficienta samazinājums (51,2 %) tika konstatēts strādājot ar 100 % RME.



28. att. Absorbcijas koeficienta izmaiņas atkarībā no biodīzeļdegvielas (RME) koncentrācijas maisījumā motora brīvā paātrinājuma režīmā.

Biodīzeļdegviela šīs vielas nesatur un katalizatorus var efektīvi lietot bez problēmām. Ar katalizatoru toksisko komponentu daudzums atgāzēs samazinās: CO par 98 %, HC par 92 %, kvēpi par 68 %. Vienīgi NO_x palielinās, bet ne vairāk kā par 6 %. Šajā gadījumā katalizatoru izmantošanas rezultāts ir vēl efektīvāks.

Biodīzeļdegvielas ietekme uz motora dūmošanu

Dīzeļmotora dūmošanas intensitāti raksturo absorbcijas koeficients, kas ir viens no būtiskākajiem kritērijiem dīzeļmotoru automobiļu tehniskā stāvokļa novērtēšanai. Tā maksimāli pieļaujamā vērtība ir 2,5 m⁻¹.

3.5. Biodīzeļdegvielas ietekme uz spēkrata detaļām un vidi

Biodīzeļdegvielas pozitīvās un negatīvās īpašības

Salīdzinājumā ar fosilo degvielu, biodīzeļdegvielai ir vesela rinda pozitīvu īpašību, kas nosaka arvien plašāku tās pielietojumu, bet ir arī negatīvās īpašības, kas izvirza īpašas prasības biodīzeļdegvielas pielietošanā.

Dotais biodegvielas pozitīvo un negatīvo īpašību salīdzinājums (10. tab.) rāda, ka biodīzeļdegviela pie dažiem nosacījumiem var būt konkurētspējīga ar fosilo dīzeļdegvielu. Biodīzeļdegviela ir ideāla fosilās dīzeļdegvielas aizvietotāja tajā ziņā, ka to var lietot gan maisījumos ar fosilo dīzeļdegvielu jebkurā proporcijā vai arī tīrā veidā un tā neprasa nekādus būtiskus pārkārtojumus ne motora, ne degvielas uzpildes staciju aprīkojumā, ja nu vienīgi dažu gumijas šļūteņu nomaiņu.

Tabulā minētas tikai tās biodīzeļdegvielas pozitīvās īpašības, kas attiecas uz spēkratu ekspluatāciju. Jāatceras, ka biodegvielām ir vēl rinda citu pozitīvu īpašību, kas attiecas uz tautsaimniecību kopumā. Biodegvielu ietekmē attīstās lauksaimniecība, samazinās valsts atkarība no importētās degvielas, pieaug eksporta iespējas, uzlabojas ekoloģiskā un sociālā vide laukos.

Šo iemeslu dēļ valsts iegulda līdzekļus, lai atbalstītu izejvielu un biodegvielu ražotājus un sekmētu biodegvielu attīstību. To prasa arī ES direktīva 2003/30/EK, un citas sekojošās direktīvas, kurās izvirzīti konkrēti mērķi biodegvielu ieviešanai autotransportā. Valsts atbalstam jābūt tādā, lai kompensētu biodegvielu negatīvo

īpašību ietekmi uz izmaksām un biodīzeļdegvielas pārdošanas cena DUS būtu vismaz par 5-7 santīmiem zemāka, nekā fosilās dīzeļdegvielas cena.

10. tabula

Biodīzeļdegvielas īpašību salīdzinājums

Biodīzeļdegvielas pozitīvās īpašības	Biodīzeļdegvielas negatīvās īpašības
– nesatur sēru, pilnīgi nav CO₂ atgāzēs, – nav kaitīga organismiem un videi, – nodrošina CO₂ apriti dabā, samazinot „siltumnīcas efektu”, – nesatur aromātiskos ogļūdeņražus CH, – izplūdes gāzēs ievērojami mazāk CO un CH, – augsts cetānskaitlis, – ļoti labi uzliesmo un deg, – labākas eļļojošās īpašības kā DD, – nodrošina mīkstāku un vienmērīgāku motora darbību, – mazāk ugunsbīstama kā DD, – nonākot augsnē bioloģiski ātri sadalās, – labs šķīdinātājs, attīra piedegumus un nosēdumus motorā un degvielas sistēmā, – iespējams pielietot oksidējošo katalizatoru CO, CH un NO_x tālākai samazināšanai motora atgāzēs.	– iedarbība uz elastomeriem, daļai automobiļu nepieciešams nomainīt detaļas no elastomeriem pret izturīgākām (gumijas vietā vitons), – motora jaudas samazināšanās, – degvielas patēriņa pieaugums, – sadegšanas procesā rodas par 3–5 % vairāk slāpekļa oksīdu NO_x, – šķīdina nosēdumus, var aizsērēt degvielas filtri pārejas periodā, – apgrūtināta motora iedarbināšana pazeminātā temperatūrā, – kartera eļļas sašķidrināšanās, – dārgāka pašizmaksa pie pašreizējām naftas cenām.

Iedarbība uz elastomeriem

Ar vārdu „elastomers” pieņemts apzīmēt visdažādākās nemetāliskas izcelsmes detaļas, kuras ļoti plaši izmanto automobiļu un traktoru rūpniecībā un kuras raksturojas ar vienu kopēju īpašību – elastīgumu. Par elastomeriem apzīmē detaļas izgatavotas no mīkstajām plastmasām, dabiskām vai sintētiskām gumijām u.tml. Te pieskaitāmas

dažādas blīves, starplikas, lokanie cauruļvadi, šļūtenes, izolācijas materiāli, līmvielas u.c.

Biodīzeļdegvielas izmantošanas sākuma periodā automobiļu, traktoru un tamlīdzīgu spēkratu dīzeļmotoru barošanas sistēmās vēl plaši izmantoja lokanos cauruļvadus, dažādas blīves u.c. detaļas no dabiskās gumijas. Uz šādām detaļām B100 (simtprocentīga biodīzeļdegviela), kā ļoti labs šķīdinātājs, iedarbojas pastiprināti. Šīs detaļas biodīzeļdegvielas iespaidā ar laiku paliek mīkstas, degviela sāk sūkties cauri šļūteņu locījumu vietās, beigās rodas plaisas un pat plīsumi. Ar B100 tas notiek dažu mēnešu laikā, izmantojot B20, B30 un citas maisījumu degvielas, šis process notiek daudz lēnāk un gumijotās detaļas kalpo daudz ilgāk. Ar B5 degvielu nekādas atšķirības no parastās DD attiecībā uz elastomeriem nav novērotas un degvielu B5 var lietot bez problēmām ražošanā. Arvien pieaug to ražotājfirmu skaits un saražoto spēkratu apjoms, kuros ir pielietoti moderni, pret biodīzeļdegvielu izturīgi elastomeri.

Daudzu rūpnīcu instrukcijās ir norādījumi par iespējamu biodīzeļdegvielas pielietošanu konkrētajā spēkratā. Katrā konkrētajā gadījumā par biodīzeļdegvielas pielietošanu konkrētā spēkratā jākonsultējas ar ražotājfirmas oficiālo dīleri.

Ja motora detaļas nav piemērotas darbam ar B100, tās ir jānomaina ar detaļām, kas var darboties ar B100. Tādi materiāli ir teflons, vitons, floru saturošas plastmasas un neilons.

Visnoturīgākie ir vitons un neilons. Vitonu visplašāk lieto dīzeļmotoru barošanas sistēmās degvielas cauruļvadu, blīvgredzenu, sūkņu vārstu un citu detaļu, kas var nonākt saskarē ar biodīzeļdegvielu, izgatavošanā. Tādējādi tiek nodrošināta motora aizsardzība pret B100 iedarbību uz barošanas sistēmas detaļām. Pētījumi tiek turpināti un ir arī jauni elastomeru materiāli, kaut gan pagaidām tie ir firmu komercnoslēpums.

Filtru aizsērēšana

Filtru aizsērēšana visbiežāk notiek pārejas periodā, kad pēc spēkrata ilgākas darbības ar fosilo dīzeļdegvielu, spēkrats turpmāk tiek izmantots darbā ar biodīzeļdegvielu. Biodīzeļdegviela ir ļoti labs šķīdinātājs un izšķīdina nosēdumus un pieķepumus, kādi iepriekšējā spēkrata ekspluatācijas periodā ir radušies automobiļa degvielas tvertnē, degvielas cauruļvados, filtru korpusos u.c.

Šīs vielas pastiprināti piesārņo filtrējošo elementu, tādēļ sākuma periodā, kamēr barošanas sistēma izskalojas, degvielas filtrs jāmaina biežāk. Par filtra aizsērēšanos liecina spiediena kritums degvielas vadā aiz filtra, kā sekas ir nepietiekoša degvielas padeve augstspiediena sūknim un motora jaudas jūtami strauja samazināšanās. Lai šādā gadījumā lieki nezaudētu laiku ir ieteicams šajā periodā rezerves filtru vadāt līdz automobiļa bagāžniekā, jo ne vienmēr tuvākajā servisā atradīsies konkrētajam automobiļa modelim nepieciešamais filtrs.

Pieredzējuši autovadītāji rīkojas tā, ka sākot lietot B100 vispirms dažas dienas brauc ar automobili atstājot veco filtru. Šajā laikā lielākais netīrumu daudzums no sistēmas izskalojas. Pēc tam nomaina degvielas filtru un turpina ekspluatēt automobili ar B20 vai B35.

Pēc amerikāņu ieteikuma, biodīzeļdegvielas izmantošanas sākuma periodā vēlams lietot zemākas koncentrācijas maisījumu B20, nevis uzreiz sākt braukt ar B100. Tas ļauj noskaidrot automobiļa piemērotību dotajai degvielai, atklāt iespējamu barošanas sistēmas nesaderību ar šo degvielu u.tml.

Filtru aizsērēšana iespējama ne tikai sākuma periodā, bet arī turpmākajā biodīzeļdegvielas izmantošanas laikā biežāk nekā ar fosilo DD, jo biodegvielā var būt piemaisījumi, kas radušies ražošanas procesā, tā var būt daļēji polimerizējusies glabāšanas laikā.

Tamdēļ turpmākā spēkrata ekspluatācijas laikā filtru maiņas periods ir par 50% mazāks nekā darbā ar fosilo dīzeļdegvielu, t.i., filtri jāmaina divreiz biežāk. Tas, protams, sadārdzina ekspluatāciju, tādēļ arī ir paredzēts valsts atbalsts. Biodīzeļdegvielai jābūt nedaudz lētākai par DD, lai pircējs būtu ieinteresēts.

Apgrūtināta motora iedarbināšana pazeminātā temperatūrā

Apgrūtināta motora iedarbināšana dotajā sarakstā minēta kā viena no biodīzeļdegvielas negatīvajām īpašībām, salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu. Ne vienmēr DD iedarbināšanas īpašības ir labākas par BDD.

Automobiļa motora iedarbināšanas spējas ir atkarīgas ne tikai no degvielas īpašībām, bet arī no motora nolietojuma, respektīvi, kompresijas pakāpes, kloķvārpstas apgriezieniem, kādus spēj attīstīt starteris, akumulatoru baterijas tehniskā stāvokļa,

kvēlsveču darbības, izsmidzināšanas kvalitātes, gaisa filtra piesērēšanas pakāpes un citiem faktoriem.

Protams, biodīzeļdegvielas uzliesmošanas temperatūra ir vairāk kā divreiz augstāka par dīzeļdegvielas uzliesmošanas temperatūru (attiecīgi 120–130 °C un 55–65 °C) tādēļ motora iedarbināšanai ar biodīzeļdegvielu, kloķvārpstas apgriezieniem jābūt nedaudz augstākiem kā iedarbinot ar DD.

Ja labā tehniskā stāvoklī esošs dīzeļmotors, darbināts ar DD kā saka „pielec” 3 – 5 sekunžu laikā, tad tas pats vai cits tādā pašā tehniskā stāvoklī esošs motors, tādā pašā temperatūrā ar BDD iedarbosies 6 – 9 sekunžu laikā. Kā zināms, lai atvieglotu dīzeļmotora iedarbināšanu pazeminātās apkārtējās vides temperatūrās, dīzeļdegvielai piejauc dažādas piedevas. Tādējādi tiek iegūtas vairākas dīzeļdegvielas klases izmantošanai dažādās zemās temperatūrās. Arī biodīzeļdegvielai tādas piedevas tirgū jau tiek piedāvātas un pētījumi to izstrādē turpinās.

Biodīzeļdegvielas, tāpat kā fosilās dīzeļdegvielas, spēju darboties zemās temperatūrās raksturo saduļķošanās punkts un auksta filtra nosprostošanās punkts (CFPP – Cold Filter Plugging Point), agrāk saukts arī par zemāko filtrējamības temperatūru.

Saduļķošanās punktu (cloud point) nosaka temperatūra, pie kuras degvielā sāk veidoties cietie kristāli, tai atdziestot. Šo paņēmieni agrāk izmantoja dīzeļdegvielas plūstamības noteikšanai pazeminātās temperatūrās, bet jaunajā Eiropas standartā LVS EN 14214 tas nav ieviests un degvielas plūstamību reglamentē tikai auksta filtra nosprostošanās punkts (CFPP), t.i., temperatūra, pie kuras degviela nosprosto degvielas filtru atsevišķu degvielas komponentu kristalizēšanās vai saželēšanās rezultātā.

Biodīzeļdegvielas un dīzeļdegvielas maisījumu degvielu plūstamību pazeminātās temperatūrās nosaka, pirmkārt, maisījumu pagatavošanai izmantotās bāzes dīzeļdegvielas raksturojums attiecībā uz izmantošanu pazeminātās temperatūrās (saduļķošanās punkts un CFPP), biodīzeļdegvielas maisījumu sastāvs galvenokārt atkarīgs no dīzeļdegvielas piemērotības darbībai pazeminātās temperatūrās. Zemu temperatūru izturību paaugstinošās piedevas jāpievieno biodīzeļdegvielai,

dīzeļdegvielai, to maisījumam, kamēr vēl nav sasniegts saduļķošanās punkts. Pēc piedevu pievienošanas degvielu maisījums rūpīgi jāsaļauc.

Pirms lietošanas ieteicams pārbaudīt vai komerciāli pieejamās degvielas piedevas, kas tiek piedāvātas biodīzeļdegvielai un tās maisījumiem ir paredzētas tieši attiecīgā veida biodīzeļdegvielai, piemēram, RME.

Biodīzeļdegvielai, tāpat kā dīzeļdegvielai, iespējams uzlabot izturību pret zemām temperatūrām pievienojot petroleju. Šo paņēmieni dažkārt izmanto traktoriem.

ASV bargas ziemas apstākļos praktizē izmantot degvielas tvertņu, degvielas filtru un degvielas cauruļvadu sildītājus, kuros izmanto motora dzesēšanas šķidruma vai kartera eļļas siltumu vai arī akumulatora enerģiju.

Pētījumi rāda, ka simtprocentīga biodīzeļdegviela B100 ātrāk, t.i., pie augstākas temperatūras sāk kristalizēties un veidot želeju, nekā B20, respektīvi, BDD koncentrācijai maisījumā palielinoties, izturība pret pazeminātām temperatūrām pazeminās.

Amerikāņu pieredze rāda, ka B20 maisījumu plaši pielieto arī ziemas apstākļos līdz apkārtējās vides temperatūrai -16 °C bez jebkādām problēmām.

Latvijā nekāda pieredze un pētījumi par biodīzeļdegvielas pielietošanu ziemas apstākļos līdz šim nav. Daži zināmie biodīzeļdegvielas lietotāji apgalvo, ka pie +5 °C viņi pārtrauc biodīzeļdegvielas izmantošanu un pāriet uz šim klimatam piemērotas ziemas dīzeļdegvielas lietošanu savā automobilī.

Kartera eļļas sašķidrināšanās

Biodīzeļdegviela praktiski neiztvaiko, jo tai ir daudz augstāka iztvaikošanas temperatūra (≈ 250 °C) nekā DD. Iedarbinot aukstu motoru, motoram darbojoties brīvsgaitā ar maziem apgriezieniem, kā arī daļēju slodžu režīmos neliels daudzums BDD gar virzuļa gredzeniem nonāk motoreļļā. Tā rezultātā eļļa sašķidrinās un tās līmenis motora karterī aug.

Ja motors darbojas ar DD, degviela tāpat nonāk karterī, bet šajā gadījumā degviela no sakarsušās motoreļļas iztvaiko un eļļas līmenis karterī nepaaugstinās. Turpretī biodīzeļdegviela no kartera neiztvaiko, tās daudzums karterī arvien palielinās un motoreļļas viskozitāte samazinās, tā kļūst šķidrāka. Pārlicka eļļas viskozitātes

samazināšanās (sašķidrināšanās) nav pieļaujama, jo tādā gadījumā var tikt sagrauta berzes virsmas eļļojošā eļļas plēvē.

Eļļa ir jānomaina, ja eļļas līmenis darbā ar biodīzeļdegvielu uz mērtasta pārsniedz zīmi „Max”. Nedrīkst eļļas līmeni pazemināt eļļu atsūcot no kartera, jo tad atlikušās eļļas viskozitāte strauji samazināsies un eļļa ātri kļūs šķidra.

Motoreļļas sašķidrināšanās karterī praktiski nenotiek, ja automobilis daudz tiek izmantots tālos braucienos, t.i., pēc iespējas vairāk pilnas slodzes režīmā. Turpretī, ja automobili daudz nākas izmantot „stop – go” režīmā sastrēgumos uz tiltiem, ielu krustojumos, bieži apstāties un iedarbināt, tad biodīzeļdegvielu labāk nelietot. Tas pats attiecas arī uz piedegumu rašanos smidzinātāju galos, uz vārstiem, virzuļiem un sadegšanas kameras iekšējās virsmas. Braucot ilgstoši pilnā slodzē piedegumi nerodas.

Vairākās valstīs pastāv prakse izmantot degvielas maisījumus, kuros parastai dīzeļdegvielai ir piejaukti 30% biodīzeļdegvielas, taču šādus maisījumus izmanto tā saucamajos „slēgtajos autoparkos”, parasti pilsētu autobusus vai komunālajā transportā, kuros ir iespējams nodrošināt labāku pārraudzību un atsevišķu uzpildīšanos ar degvielu.

Ja maisījuma degvielu gatavo tieši automobiļa tvertnē, tad jāievēro secība, jo biodīzeļdegvielas tilpumsvars ir $0,884 \text{ g/cm}^3$, bet dīzeļdegvielas $0,835 \text{ g/cm}^3$, tātad krietni mazāks. Tādēļ automobiļa degvielas tvertnē vispirms jāiepilda dīzeļdegviela, lai vieglākā komponente būtu apakšā, un pēc tam BDD, lai smagākā komponente būtu tvertnes augšpusē. Tad braucot veidosies homogēns maisījums. Ja rīkojas otrādi, BDD paliks tvertnes apakšējā daļā un kvalitatīvs maisījums neveidosies.

Biodīzeļdegvielas ietekme uz vidi

Degvielas ietekme uz apkārtējo vidi, kā arī cilvēka veselību ir būtisks kritērijs, kas nosaka tās piemērotību komerciālai lietošanai. Degvielas toksiskumu raksturo ne tikai sadegušās degvielas radīto izplūdes gāzu ietekme uz apkārtējo vidi, bet arī tās ietekme uz cilvēku. Pētījumi rāda, ka BioDD ietekme tiešā kontaktā ar cilvēku atstāj mazāk kaitīgu iespaidu kā fosilā dīzeļdegviela, un apkārtējā vidē tā sadalās jeb degradējas 28 dienu laikā – 95 %.

Būtiska biodīzeļdegvielas priekšrocība ir tā, ka tā praktiski nesatur sēru, tādējādi tās sadegšanas rezultātā automobiļu izplūdes gāzēs neparādās sēra dioksīdi.

Tas novērš „skābo” lietu rašanos, kuri negatīvi ietekmē gan dabu, gan arī celtniecībā izmantojamus materiālus. Mūsdienās šī biodegvielas īpašība ir būtisks faktors, ņemot vērā to, ka daudzās valstīs mēģina samazināt sēra oksīdu daudzumu fosilās dīzeļdegvielas sastāvā.

BioDD sadegšanas laikā atmosfēra tiek daudz mazāk piesārņota ar oglekļa dioksīdu, jo zaļie augi veģetācijas procesā patērē CO₂ no atmosfēras.

Ogļskābo gāzi CO₂ atmosfērā izmet gan dīzeļmotori, kas darbojas ar fosilo DD, gan arī dīzeļmotori, kas darbojas ar biodīzeļdegvielu (B100). Starpība ir tā, ka nafta kā DD izejviela dabā vairs neatjaunojas un DD sadegšanas rezultātā izdalītais CO₂ daudzums uzkrājas atmosfēras augšējos slāņos un veido apkārt zemeslodei tādu kā atstarojošu ekrānu. Tas savukārt rada tā saucamo „globālo siltumnīcas efektu” kā rezultātā notiek zemei tuvākā atmosfēras slāņa un ūdeņu sasilšana, mainās klimats ar visām no tā izrietošajām negatīvajām sekām.

Dīzeļmotoram darbojoties ar biodīzeļdegvielu tāpat izdalās CO₂, bet, par cik B100 ražošanai izmanto bioloģiski atjaunojamās augu valsts izejvielas, izdalītais ogļskābās gāzes daudzums neuzkrājas atmosfērā, bet zaļie augi to fotosintēzes rezultātā uzņem atpakaļ no atmosfēras un patērē augu attīstības procesā. Tādējādi biodīzeļdegvielas gadījumā notiek neitrāla ogļskābās gāzes aprīte dabā un siltumnīcas efekts būtiski samazinās. Šis iemesls ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kura dēļ sākās un turpinās arvien plašāka biodegvielu ieviešana.

Kopumā var droši teikt, ka biodīzeļdegviela ir draudzīgāka apkārtējai videi par dīzeļdegvielu, jo pilnīgāk sadeg motoros un tādēļ izmešos rodas mazāk kaitīgo komponentu: oglekļa monoksīdu, ogļūdeņražu, cieto daļiņu u.t.t. Stikāk par biodīzeļdegvielas ietekmi uz kaitīgo komponentu samazinājumu motora atgāzēs skat. iepriekš 3.4. sadaļā.

3.7. Biodīzeļdegvielas kvalitātes nodrošināšana

Biodegvielas un fosilās dīzeļdegvielas standarts

Degvielu kvalitātes raksturošanai un kontrolei kalpo attiecīgi standarti, kuros apkopoti degvielu kvalitāti raksturojošie rādītāji un dotas to pieļaujamās robežas.

Standartu lietošana ir brīvprātīga. Ministru kabinets var noteikt obligāti piemērojamus standartus vai arī tikai atsevišķos standartos ietvertus vai neietvertus rādītājus, kas obligāti jāievēro.

Latvijas standartizācijas tehniskā komiteja ir apstiprinājusi Latvijas dīzeļdegvielas standartu **LVS EN590:2004 „Autodegvielas. Dīzeļdegvielas. Prasības un testēšanas metodes”**, kurš ir identisks attiecīgam Eiropas standartam EN 590:2004. un Latvijas biodīzeļdegvielas standartu **LVS EN 14214:2003 „Automobiļu degviela. Tauskābju metilesteri (FAME) dīzeļdzinējiem. Prasības un testēšanas metodes”**. Šis standarts ir identisks Eiropas standartam EN 14214:2003.

Abos standartos kopējie degvielu kvalitāti raksturojošie rādītāji ir apkopoti 11. tabulā, bet biodīzeļdegvielas specifiskie rādītāji 12. tabulā.

Redzams, ka pēc degvielu galvenajām īpašībām – minimāli un maksimāli pieļaujamā blīvuma pie 15 °C un viskozitātes pie 40 °C – abas degvielas ir praktiski līdzvērtīgas (atšķirības nepārsniedz 4,9 – 11,0 %). Tas ir viens no faktoriem, kas apliecina abu degvielu savstarpēju aizvietojamību, respektīvi, iespēju biodīzeļdegvielu izmantot DD vietā motoros, kas principā ir konstruēti darbināšanai ar fosilo dīzeļdegvielu.

Dīzeļdegvielas standartā LVS EN 590:2004 ir ietverts arī tāds rādītājs kā tauškābju metilestera (FAME) saturs dīzeļdegvielā, kāds iepriekšējos standartos nebija. Tas nozīmē, ka līdz 5 % apjomam pēc tilpuma biodīzeļdegvielu var pievienot DD iegūstot B5 degvielu un B5 īpašības reglamentē šis dīzeļdegvielas standarts.

Lēmums par B5 iekļaušanu DD standartā ES tika pieņemts pēc vairāku gadu diskusijām un pētījumiem Vācijā, Francijā, Austrijā u.c. valstīs, kas pierādīja, ka B5 izmantošana praktiski neietekmē motora jaudas un degvielas ekonomiskuma parametrus, tajā pašā laikā uzlabo degvielas eļļošanas spēju, palielinot motora darbmužu un mehāniskos zudumus motorā, it sevišķi barošanas sistēmas mehānismos.

ES stratēģija biodegvielu jomā paredz tuvākajos gados palielināt pieļaujamo B100 piemaisījuma apjomu DD līdz 10 %, veidojot B5 vietā B10.

11. tabula

Standartos LVS EN 590 un LVS EN 14214 ietverts dīzeļdegvielas un biodīzeļdegvielas īpašību salīdzinājums un izvērtējums

Nr. p.k.	Īpašības	Mērvienība	Robežlielumi	
			Dīzeļ- degvielai	Biodīzeļ- degvielai
1.	Blīvums, 15 °C	kg/m ³	min 820 max 845	min 860 max 900
2.	Viskozitāte, 40 °C	mm ² /s	min 2,0 max 4,5	min 3,5 max 5,0
3.	Uzliesmošanas temperatūra	°C	min 55	min 120
4.	Cetānskaitlis	-	min 51	min 51
5.	Cetānindekss	-	min 46	-
6.	Sēra saturs	mg/kg	max 50	max 10
7.	Koksēšanas atlikums (pie 10 % destilācijas atlikuma)	% (m/m)	max 0,30	max 0,30
8.	Pelnu saturs	% (m/m)	max 0,01	max 0,02
9.	Vara plāksnītes korozija, 3 h, 50 °C	kategorija	1. klase	1. klase
10.	Ūdens saturs	mg/kg	max 200	max 500
11.	Kopējais piesārņojums	mg/kg	max 24	max 24
12.	Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži	% (m/m)	max 11	-
13.	Oksidēšanās stabilitāte 1) dīzeļdegvielai 2) biodīzeļdegvielai pie 110 °C	g/m ³ h	max 25 -	- min 6,0
14.	Elļošanas spēja koriģēta pēc nodiluma skrambas diametra (wsd 1.4), 60 °C	µm	max 460	-
15.	Destilāts: līdz 250 °C līdz 350 °C 95 % (v/v) destilāta	% (v/v) % (v/v) °C	max 65 min 85 max 360	- - -
16.	Taukskābju metilestera (FAME) saturs	% (v/v)	max 5	-
17.	CFPP*, klase D	°C	min -10	min -10

* - CFPP – auksta filtra nosprostošanās punkts (Cold Filter Plugging Point). Šis rādītājs degvielām DD un B100 ir vienāds.

Jebkura veida motordegvielas, gan fosilās dīzeļdegvielas, gan biodīzeļdegvielas pamatā sastāv no dažādiem ogļūdeņražiem.

Dīzeļmotoros, kā zināms, degmaisījuma aizdedzināšana notiek gaisam sakarstot kompresijas rezultātā. Tādēļ būtiska īpašība ir uzliesmošanas temperatūra, no kuras ir atkarīga degmaisījuma pašaiždegšanās spēja.

CFPP punktā temperatūra, °C, nedrīkst būt augstāka par:

- a) mērenajā klimatā noteiktām sešām klimatiskām gradācijām (apzīmē ar burtiem A, B, C, D, E un F) A = +5, B = 0, C = -5, D = -10, E = -15, F = -20;
- b) arktiskā klimatā vai bargas ziemas apstākļos noteiktām piecām klimatiskajām klasēm (apzīmē ar cipariem 0, 1, 2, 3, 4 un 5) 0. klasei – 20, 1. klasei – 26, 2. klasei – 32, 3. klasei – 38 un 4. klasei – 44.

Degvielā esošo ogļūdeņražu sastāvs nosaka tās pašaiždegšanās spēju, kas ir viens no galvenajiem degvielas kvalitātes rādītājiem. Jo vairāk tā satur alkanus un mazāk aromātiskos ogļūdeņražus, jo labāka ir degvielas pašaiždegšanās spēja. Kompresijas aizdedzes motorā jeb dīzeļmotorā no degvielas pašaiždegšanās spējas ir atkarīgs sadedzes procesa pirmais periods – pašaiždegšanās aizkavēšanās periods. Šī perioda sākuma punktu nosaka iesmidzināšanas moments, t.i., moments, kurā sākas degvielas izsmidzināšana no sprauslas smidzinātāja gala cilindra degkamerā. Aizkavēšanās perioda laikā degvielu izsmidzina sīkos pilieniņos. Tie uzkarst, iztvaiko un sajaucas ar cilindrā saspiesto karsto gaisu. Šī procesa beigās vienā vai vairākās vietās notiek degmaisījuma uzliesmošana un sākas sadedzes procesa otrais periods – ātrā degšana. No pirmā perioda ilguma ir atkarīgs motora darbības vienmērīgums. Kloķvārpstas griešanās ātruma palielināšana samazina pirmā perioda norises laiku un, tāpat kā ottomatora gadījumā, uzlabo dīzeļmotora darbību. Citi faktori – kompresija, detaļu virsmas temperatūra u.c. ottomatora un dīzeļmotora darbību ietekmē pretēji. Piemēram, temperatūras paaugstināšana izraisa detonāciju ottomotorā, bet padara vienmērīgāku dīzeļmotora darbību. Diametrāli pretēja ietekme ir arī degvielas sastāvam. Normālie ogļūdeņraži jeb alkāni, kuri raksturojas ar vāju detonācijas izturību un nav vēlami ottomotoram, samazina sadedzes pirmā perioda ilgumu dīzeļmotoros un padara to darbību vienmērīgāku.

Dīzeļmotoru degvielu pašaizdegšanās īpašība ir ekspluatācijā pati svarīgākā degvielas īpašība. To raksturo degvielas cetānskaitlis.

B100 salīdzinājumā ar DD ir ievērojami augstāka uzliesmošanas temperatūra (attiecīgi 120 un 55 °C), kas pozitīvi ietekmē motora darbu, notiek kvalitatīvāka degmaisiņuma sagatavošana motora cilindros, pilnīgāka sadegšana, motors darbojas vienmērīgāk, samazinās dūmošana.

Biodīzeļdegvielas standartā LVS EN 14214 iekļauto specifisko īpašību maksimāli pieļaujamās robežvērtības dotas 12. tabulā. Specifisko īpašību raksturojums ir sekojošs.

Skābes skaitlis ir primārais indikators, kas parāda, ka B100 satur brīvās taukskābes. Tās ir dabīgs tauku un eļļu degradēšanās produkts. Skābes skaitli nosaka pēc standartizētas (EN 14104) metodes un tā max pieļaujamā vērtība ir 0,5 mgKOH/kg. Ja tas ir lielāks par norādīto, iespējama nogulšņu veidošanās motora barošanas sistēmā, paātrināta filtru aizsērēšana, samazinās degvielas sūkņa kalpošanas laiks.

Jodskaitlis norāda uz nepiesātināto taukskābju daudzumu biodīzeļdegvielā un ir atkarīgs no B100 ražošanā izmantotās augu eļļas veida. Rapša eļļas metilesterim RME jodskaitlis JS = 112,6, kas atbilst Latvijas un Eiropas standartā LVS EN 14214:2003 noteiktajam JS max = 120, metilesteriem SME un SOME JS pārsniedz limitēto vērtību, tādēļ tīrā veidā saulespuķu eļļa un sojas eļļa metilesteru ražošanai Eiropā nevar tikt izmantotas.

Glicerīna saturs Biodīzeļdegvielas (B100) sastāvā esošā brīvā un kopējā glicerīna daudzums atkarīgs no rapša eļļas transesterificēšanas procesā neesterificējušos vai tikai daļēji esterificējušos taukskābju daudzuma, kā arī jēlglicerīna paliekām gala produktā. Saskaņā ar standartu, brīvā glicerīna saturs B100 nedrīkst pārsniegt 0,02 % un kopējā glicerīna saturs 0,25 % pēc masas.

Liels glicerīna un pārējo komponentu (mono-, di- un triglicerīdu) saturs B100 degvielā, bija viens no galvenajiem neveiksmju cēloņiem biodīzeļdegvielas ieviešanas sākuma gados. Palielināts glicerīna daudzums degvielā radīja motoru filtru aizsērēšanos, inžektoru aizkoksēšanos un piedegumu rašanos. Glicerīna saturs degvielā

sevišķi pieaug, ja netiek rūpīgi atdalīts jēlglicerīns (ražošanas blakusprodukts) no saražotā RME.

12. tabula

Biodīzeļdegvielas standartā LVS EN 14214 (B100) iekļauto specifisko īpašību max robežvērtības

Skābes skaītis, mg KOH/kg	0,50
Jodskaitlis	120
Polinepiesātinātie metilesteri (≥ 4 dubultās saites), % (m/m)	1,0
Metanola saturs, % (m/m)	0,2
Linolēnskābes metilestera saturs, % (m/m)	12,0
Monoglicerīdu saturs, % (m/m)	0,8
Diglicerīdu saturs, % (m/m)	0,2
Triglicerīdu saturs, % (m/m)	0,2
Brīvā glicerīna saturs, % (m/m)	0,02
Kopējais glicerīna saturs, % (m/m)	0,25
I grupas metālu (Na+K) saturs, mg/kg	5,0
II grupas metālu (Ca+Mg) saturs, mg/kg	5,0
Fosfora saturs, mg/kg	10,0

Uzliesmošanas temperatūra B100 degvielai ir vairāk kā divreiz augstāka kā DD (attiecīgi 120 °C un 55 °C), līdz ar to B100 ugunsbīstamība ir ievērojami zemāka kā parastai dīzeļdegvielai. Zinot B100 uzliesmošanas temperatūru var spriest vai B100 ražotājs, nobeidzot ražošanu, ir pilnībā attīrījis ražošanas procesā izmantotā metanola pārpalikumu. Ja metanols nav pilnībā attīrīts, B100 uzliesmošanas temperatūra pazeminās. Tas ir arī ugunsdrošības jautājums. Pat ļoti neliels metanola pārpalikums degvielā samazina tās uzliesmošanas temperatūru. Pārpalikums padara saražoto B100 degvielu arī bīstamu veselībai, jo metanols ir indīgs. Pārpalikuma metanols B100 degvielā ietekmē arī tās kvalitāti, jo pasliktina sūkņa plunžeru un smidzinātāja adatu eļļošanu ar caurplūstošo degvielu, kas savukārt var ietekmēt sadedzes procesu.

Minēto apsvērumu dēļ, B100 ražošanas procesa beigās jāpanāk rūpīga neizlietotā metanola attīrīšana no degvielas. Tas nodrošinās augstu B100 kvalitāti. Tīra RME, bez metanola piejaukuma, uzliesmošanas temperatūra ir apmēram 170 °C.

Metanola piejaukums pazemina šo temperatūru. Šī sakarība ir lineāra un to var izmantot netiešai metanola daudzuma noteikšanai RME sastāvā. Precīzai metanola daudzuma noteikšanai izmanto šķidrums hromatogrāfijas metodes.

Ūdens saturs biodīzeļdegvielai pēc standarta LVS EN 14214 prasībām ir pieļaujams maksimāli 500 mg/kg, kas ir divarpus reižu lielāks kā DD (max 200 mg/kg). Lielāks ūdens saturs iespējams tad, ja B100 ražošanas procesā nav precīzi izpildīta žāvēšanas tehnoloģija vai arī ūdens ir iekļuvis degvielā transportēšanas, glabāšanas un uzpildīšanas laikā.

Palielināts ūdens daudzums RME sastāvā var radīt motora barošanas sistēmas elementu koroziju un rada vidi mikroorganismu attīstībai, kas savukārt var izsaukt degvielas duļķošanos, pastiprinātu oksidēšanos un piemaisījumu izgulsnēšanos degvielas tvertnē un filtru korpusos. Šī iemesla dēļ ūdens satura pārbaude jāveic vienlaikus ar skābes skaitļa un viskozitātes testu.

Kopējais piesārņojums rodas degvielu pavirši transportējot un pārsūknējot. Degvielā var iekļūt mehāniski piemaisījumi, kuri var radīt degvielas aparātūras un motora bojājumus. Biodīzeļdegvielas piesārņojumu var radīt arī tās ražošanā izmantoto katalizatoru (KOH vai NaOH) pārpalikumi degvielas sastāvā, mikroorganismi, kas attīstās degvielas glabāšanas laikā un degvielas oksidēšanās, kas savukārt izsauc tās duļķošanos un sedimentēšanos. Kopējā piesārņojuma daudzumu nosaka, degvielu filtrējot un nosverot uz filtrpapīra palikušos piesārņojumus. Standarti LVS EN 590 dīzeļdegvielai un LVS EN 14214 biodīzeļdegvielai nosaka, ka piesārņojumu daudzums degvielā nedrīkst pārsniegt 24 mg/kg.

Biodīzeļdegvielas kvalitāti ietekmējošie faktori

Modernie automobiļi, traktori un citi spēkrati ir apgādāti ar augstas kvalitātes dīzeļmotoriem, kas principā ir konstruēti darbam ar fosilo dīzeļdegvielu. Lai motoros DD vietā lietotu B100, tās kvalitātei arī jābūt augstai.

Kvalitāte ir vajadzīga gan spēkrata motoram, gan arī patērētājam, kurš degvielas uzpildes stacijā pilda B100 sava automobiļa degvielas tvertnē.

Biodīzeļdegvielas standarta LVS EN 14214 prasību precīza ievērošana un izpilde ir pirmais nosacījums biodīzeļdegvielas augstas kvalitātes nodrošināšanai.

Standarta prasību izpilde un līdz ar to B100 kvalitātes nodrošināšana ir atkarīga no vairākiem faktoriem:

- izejvielu kvalitātes;
- ražošanas tehnoloģijas;
- transporta un glabāšanas;
- uzpildes sistēmas;
- kontrolējošās institūcijas;
- patērētāja rīcības.

Ja ražošanai izmanto izejvielas ar augstu piesātināto taukskābju saturu (piemēram, palmu eļļu vai dzīvnieku taukus), tad iegūtā B100 degviela nav piemērota pazeminātām temperatūrām, to var lietot tikai vasaras – rudens periodā, kad temperatūra nenokrīt zemāk par +5 °C. Ja, turpretim, B100 ražota no izejvielām, kuras satur daudzas nepiesātinātās taukskābes (piemēram, saulespuķu un sojas eļļām), tad iegūtā biodīzeļdegviela raksturojas ar zemu oksidēšanās stabilitāti glabājot jau dažu mēnešu laikā var sākt duļķoties un polimerizēties.

Rapša eļļa ir ideāla izejviela biodīzeļdegvielas ražošanai. Biodīzeļdegviela no rapša (RME) spēj nodrošināt automobiļa ekspluatāciju bez filtru nosprostošanās (CFPP) pie temperatūras – 10 °C līdz -12 °C un oksidācijas stabilitāti līdz 9 h pat bez speciālo piedevu izmantošanas.

Šeit jāpiezīmē arī, ka lielākā daļa rekomendēto biodegvielu piedevu līdz šim ir pārbaudītas un rekomendētas izmantošanai tikai ar RME.

Rapsim savukārt ir vairākas šķirnes, kuras ir vairāk vai mazāk piemērotas RME ražošanai. Pašreiz lauksaimniecības zinātnieki strādā pie atbilstošu šķirņu izvēles enerģētiskām vajadzībām, produktīvāku šķirņu apzināšanas un arī pie izmaksu samazināšanas audzēšanā un pirmapstrādē.

Kvalitātes kontroles sistēma

Degviela B5. Dīzeļdegvielas, kurai pievienota biodīzeļdegviela 5 tilpumprocentu apjomā (degvielu maisījums B5), kvalitātes prasības pamatā nosaka

esošais DD standarts LVS EN 590 (skat. 1. tab.), izņemot dažas papildus prasības, kuras šai degvielai ir reglamentētas MK 2005. gada 18. oktobra noteikumos Nr. 772*).

Kontrolējošām institūcijām ir svarīgi pārbaudīt vai tirgū esošajai jauktajai dīzeļdegvielai B5, rapša eļļas metilestera (RME) saturs tiešām atbilst 5-iem tilpumprocentiem. Pašreiz to var izdarīt tikai specializēto laboratoriju apstākļos, kas prasa laiku paraugu transportēšanai.

Kvalitātes prasības jauktajai dīzeļdegvielai, kuras ir atšķirīgas no DD standartā LVS EN 590 dotajām, saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 772 ir dotas 13. tabulā.

13. tabula

**Kvalitātes prasības dīzeļdegvielai, kurai pievienota biodīzeļdegviela
(5 tilpumprocenti no kopējā naftas produktu daudzuma), B5**

Nr. p.k.	Īpašības	Mērvienība	Robežlielums	
			minimālais	maksimālais
1.	Esteru saturs	% (V/V)	5,0	
2.	Blīvums, 15 °C	kg/m ³	820	845
3.	Viskozitāte, 40 °C	mm ² /s	2,0	4,5
4.	Destilācijas rādītājs 95 % (v/v) destilāta	°C		360
5.	Sēra saturs	mg/kg		50,0
				10,0

Maisījuma degviela B30. Maisījuma dīzeļdegvielu B30, kura sastāv no 30 % biodīzeļdegvielas un 70 % fosilās dīzeļdegvielas maisījuma, līdz šim centralizēti ražo tika Čehijā un Austrijā speciālās maisīšanas rūpnīcās. No turienes B30 piegādā slēgtām patērētāju grupām un arī publiskajiem degvielas tirdzniecības punktiem (DUS). Tiek praktizēta arī B30 pagatavošana decentralizēti atsevišķos transportuzņēmumos, būvniecības tehnikas bāzēs, mežizstrādes uzņēmumos u.tml. Šajā gadījumā uzņēmumam jāievēro visi īpašie noteikumi, kas saistās ar akcizēto preču ražošanu.

* – Ministru kabineta noteikumi Nr. 772 „Noteikumi par biodegvielas kvalitātes prasībām, atbilstības novērtēšanu, tirgus uzraudzību un patērētāju informēšanas kārtību” Latvijas Vēstnesis, Nr. 168(3326), 21.10.2005.

Katrs individuāls patērētājs var pats pagatavot B30 vai jebkuru citu maisījumu, iepildot sava automobiļa degvielas tvertnē vispirms 70 % no paredzamā tilpuma dīzeļdegvielu un pēc tam 30 % no atlikušo tvertnes tilpumu piepildot ar biodīzeļdegvielu RME.

MK noteikumi Nr. 772 jauktās degvielas B30 kvalitātes pārbaudei reglamentē astoņas degvielas īpašības, kuras ir specifiskas konkrēti šim degvielas veidam (14. tabula).

14. tabula

**Kvalitātes prasības dīzeļdegvielai, kurai pievienota biodīzeļdegviela
(30 tilpumprocentu no kopējā naftas produktu daudzuma), B30**

Nr. p.k.	Īpašības	Mērvienība	Robežlielums	
			minimālais	maksimālais
1.	Esteru saturs	% (V/V)	30,0	
2.	Blīvums, 15 °C	mm ² /s	820	890
3.	Viskozitāte, 40 °C	°C	3,0	5,0
4.	Sēra saturs	mg/kg	-	50,0
				10,0
5.	Uzliesmošanas temperatūra	g I ₂ /100 g	70	
6.	Ūdens saturs	mg/kg	–	290
7.	Jodskaitlis	g I ₂ /100 g	42	120
8.	Skābes skaitlis	mg KOH/g	-	0,50

Degviela B100. Tā ir simtprocentīga biodīzeļdegviela, kura Latvijas apstākļos līdz šim tiek ražota pārēsterificējot rapša eļļu un iegūstot rapša eļļas metilesteri RME. Kvalitātes prasības degvielai B100 ir noteiktas standartā LVS EN 14214.

Lai nodrošinātu biodīzeļdegvielas B100 kvalitāti stingri jāievēro šajā standartā un kā minimums MK noteikumos Nr. 772 doto degvielas īpašību pieļaujamās robežvērtības. Dotās īpašības jau tika sīkāk analizētas iepriekšējās sadaļās.

MK noteikumos pašreiz ir limitētas astoņas B100 raksturojošās īpašības (15. tabula).

Biodegvielas testēšana

Iepriekš dotajās tabulās (13.,14. un 15. tab.), atbilstoši MK noteikumiem Nr. 772, nosaukti visi rādītāji, kādiem jāatbilst Latvijā tirgotajai biodīzeļdegvielai, lai tās kvalitāte būtu droša izmantošanai automobiļos un citos spēkratos.

15. tabula

Kvalitātes prasības biodīzeļdegvielai B100

Nr. p.k.	Īpašības	Mērvienība	Robežlielums	
			minimālais	maksimālais
1.	Esteru saturs	% (m/m)	96,5	-
2.	Blīvums, 15 °C	kg/m ³	860	900
3.	Viskozitāte, 40 °C	mm ² /s	3,5	5,0
4.	Cetānskaitlis	-	51,0	-
5.	Sēra saturs	mg/kg	-	10,0
6.	Uzliesmošanas temperatūra	°C	120	-
7.	Ūdens saturs	mg/kg	-	500
8.	Skābes skaitlis	mg KOH/g	-	0,50
9.	Jodskaitlis	g I ₂ /100 g	-	120
10.	Metanola saturs	% (m/m)	-	0,20
11.	Monoglicerīdu saturs	% (m/m)	-	0,80
12.	Diglicerīdu saturs	% (m/m)	-	0,20
13.	Triglicerīdu saturs	% (m/m)	-	0,20
14.	Brīvais glicerīns	% (m/m)	-	0,02
15.	Kopējais glicerīna saturs	% (m/m)	-	0,25
16.	Fosfora saturs	mg/kg	-	10,0

Līdz pat 2005. gada beigām Latvijā nebija akreditētas laboratorijas, kurās būtu iespējams pārbaudīt visus MK noteikumos minēto degvielu B100, B30 un B5 īpašības. Līdz tam bija tikai tādas laboratorijas, kurās varēja pārbaudīt nedaudzas no

kontrolējamām biodīzeļdegvielas īpašībām, bet ne visas (tādas bija, piemēram, laboratorijas uzņēmumos, „Ventpils nafta”, „Jelgavas naftas bāze” u.c.).

2005. gada beigās sāka darboties Valsts SIA „Latvijas sertifikācijas centrs” (LATCERT) izveidota ar modernu un dārgu aparātūru aprīkota testēšanas laboratorija, kura ir akreditēta pilnīgi visu standartos un MK noteikumos ietverto īpašību pārbaudei visu veidu biodegvielām. Akreditācija nozīmē laboratorijas kompetenci pielietot konkrētas MK noteikumos norādītās pārbaudes metodes atbilstoši attiecīgu standartu prasībām.

Biodegvielu ražo, sajauc ar fosilo degvielu un pārstrādā, vai arī ievie Latvijā tirgū no Eiropas Savienības valstīm saskaņā ar likumu „Par akcīzes nodokli” un normatīvajiem aktiem par akcīzes preču aprites kārtību.

Lai saņemtu apliecinājuma dokumentu, akcīzes preču noliktavas turētājs no tvertnes, kurā uzglabā biodīzeļdegvielu, ņem paraugam vismaz vienu litru produkta atbilstoši standartam LVS EN ISO 3170:2004 „Naftas šķidrie produkti – Ar roku vadāma parauga ņemšana”, noplombē parauga iepakojumu un iesniedz LATCERT laboratorijā.

3.8. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kas ir biodīzeļdegviela? No kādām izejvielām iegūst biodīzeļdegvielu? Kādus biodīzeļdegvielas veidus izmanto dīzeļmotoros un kādi ir to pieņemtie apzīmējumi? Raksturojiet nosacījumus tīras rapša eļļas pielietošanai par dīzeļmotoru degvielu. Kā notiek rapša eļļas pāresterificēšanas process? Cik daudz biodīzeļdegvielas var iegūt no 1 ha rapša, ja sēklu ražība ir 3 t/ha? Raksturojiet galvenos biodīzeļdegvielas kvalitātes rādītājus. Kā dīzeļdegviela ietekmē motora jaudu un degvielas patēriņu? Kādas prasības jāievēro pārejot no dīzeļdegvielas izmantošanas spēkratā uz biodīzeļdegvielas izmantošanu? Kā šajā gadījumā mainās degvielas īpatpatēriņš? Kas ir „siltumnīcas efekts” un kā to ietekmē biodīzeļdegvielas izmantošana? Kāds ir pamatelementu saturs dīzeļdegvielā un biodīzeļdegvielā? Raksturojiet toksisko komponentu saturu atgāzēs, motoram strādājot ar fosilo un ar biodegvielu. Kā biodīzeļdegviela ietekmē motora

dūmošanu? Par cik samazinās absorbcijas koeficients pārejot uz biodīzeļdegvielu? Kādas ir biodīzeļdegvielas galvenās pozitīvās īpašības un kādas negatīvās? Raksturojiet biodīzeļdegvielas iedarbību uz elastomeriem. Kādi faktori ietekmē degvielas filtru aizsērēšanu un kā to samazināt? Pie kādas temperatūras sākas filtru nosprostošanās? Kādus paņēmienus lieto, lai atvieglotu motora iedarbināšanu pazeminātās temperatūrās? Kā biodīzeļdegviela ietekmē motora eļļu? Kāpēc eļļas līmenis pieaug? Kā maisījuma degvielu sagatavo tieši automobiļa tvertnē? Kā mainās biodīzeļdegvielas viskozitāte pieaugot temperatūrai? Pie kādas temperatūras fosilās un biodegvielas viskozitāte kļūst apmēram vienāda? Kā biodīzeļdegvielas augstāka uzliesmošanas temperatūra ietekmē motora darbu? Ko raksturo biodīzeļdegvielas skābes skaitlis un ko jodskaitlis? Kā palielinās glicerīna saturs biodīzeļdegvielā ietekmē motora darbību?

4. BIOETANOLS

4.1. Bioetanola fizikāli ķīmisko īpašību raksturojums

Pēc oficiālas, biodegvielu likumā dotas definīcijas, bioetanols ir etanols, ko iegūst no biomasas vai bioloģiski noārdāmas atkritumu frakcijas, lai izmantotu degvielas ražošanā.

Bioetanols atšķiras no parastā etanola (graudu spirta) ar to, ka tas netiek pilnībā attīrīts no papildvielām – esteriem, metilspirta, aldehīdiem un augstākiem spirtiem (sīveļļām jeb fūzeļiem), bet tiek dehidrēts tā, lai ūdens saturs bioetanolā būtu tikai 0,2 – 0,4 %. Tātad pēc spirta satura bioetanols ir tuvs absolūtam (100 %) spirtam. Parastajā etanolā, ko var iegūt ar vienkāršu destilēšanu, spirta saturs ir 96 % un tas satur 4 % ūdens. Lai šos 4 % ūdens atdalītu, nepieciešama spirta dehidrācija, izmantojot īpašas metodes un iekārtas.

Lai alkohola cienītāji nekristu kārdināšanās, bioetanolu denaturalizē, tam piejaucot vielas ar nepatīkamu smaršu un garšu. Tā, piemēram, ASV, kur bioetanolu izmanto milzīgos daudzumos (ap 22 miljardi litru gadā), tam piejauc zemāku kvalitātes benzīnu 5 % apjomā pēc tilpuma.

Francijā pēdējos gados arvien plašāk kā 15 % piedevu benzīnam izmanto bioetanola transformācijas produktu ETBE, ko iegūst etanola un butilēna katalītiskā krekinga reakcijā un kurš ir noturīgāks par etanolu. Šī piedeva ir piemērotāka motoriem nekā bioetanols, bet ETBE iegūšanas izmaksas ierobežo tās plašāku pielietojumu. Samaisot benzīnu ar bioetanolu vai ETBE, iegūst skābekļotu benzīnu, t.i. benzīns šajā gadījumā satur sevī skābekli, kas veicina pilnīgāku degmaisījuma sadegšanu motora cilindros.

Būtisks ierobežojums bioetanola izmantošanai ottomotoros ir nepieciešamība to dehidrēt (mitrumam jābūt 0,2 - 0,4 % robežās) maisījuma degvielu E5, E10 u.c. ieguvei.

Tikai zemēs ar karstu klimatu maisījuma līdz E20 veidošanai var izmantot standarta spirtu – rektifikātu ar 96 % etanola saturu.

Ilgstoši ceļa izmēģinājumi, kas veikti ASV u.c. valstīs, pierāda, ka etanola–benzīna maisījuma izmantošana, nekādi neietekmē motora cilindru, vārstu, vārstu ligzdu u.c. detaļu nodilumu, bet samazina oglekļa nosēdumu veidošanos. Novērota labāka automobiļa ieskriešanās spēja un jaudas pieaugums.

16. tabula

Alkoholdegvielu un benzīnu fizikālo īpašību raksturojums

Rādītāji	Bioetanols E100	Latols E85	Gazohols E10	Bio-ETBE 100	Benzīns
Viskozitāte, mm ² /s	1,19	1,07-1,08	0,45-0,53	-	0,37-0,44
Blīvums 15 °C, g/cm ³	0,79	0,78	0,73-0,76	0,75	0,72-0,78
Vārīšanās temperatūra, °C	78	49-80	25-210	70	35-195
Zemākā siltumspēja, MJ/kg	26,8	28,7	41,9	36,3	44,0
Iztvaikošanas siltums, KJ/kg	930	836	465	-	286-306
Piesātinātu tvaiku spiediens, kPa	16	38-83	44-110	30	65-92
Oktānskaitlis (pētnieciskais)	106-111	107-109	94-96	116-120	80-98
Gaisa-degvielas maisījuma stehiometriskā attiecība	9,0	9,9	14,0	13,0	15,1

Alkoholdegviela un benzīna raksturojums (16. tab.) rāda, ka bioetanola siltumspēja (26,8 MJ/kg) ir par 39 % zemāka nekā benzīnam (44,0 MJ/kg), bet pateicoties tam, ka bioetanolis uzlabo sadegšanas procesu un palielina motora termisko lietderības koeficientu, degvielas patēriņš, attiecināts uz jaudas vienību vai nobrauktā ceļa garuma vienību, praktiski nepalielinās vai dažkārt pat nedaudz samazinās (2 – 3 %).

Tīrs bioetanolis (E100) ir dzidrs šķidrums ar raksturīgu, bet ne stipru smaržu. Tā viskozitāte ir gandrīz trīsreiz lielāka nekā benzīnam (skat. 16. tab.). Bioetanolis vārās pie 78 °C temperatūras, kas iekļaujas benzīna vārīšanās temperatūru diapazonā, kurš benzīnam ir ļoti plašs. Šī īpašība, kopā ar zemo piesātinātu tvaiku spiedienu (16 kPa), pasliktina degvielas iztvaikošanu un uzliesmošanu motorā pazeminātā gaisa temperatūrā. Izmantojot E100 parastā ar benzīnu darbināmā ottomotorā, motoru nevarēs palaist jau pie gaisa temperatūras 7 °C, jo degviela cilindros neuzliesmo. Tas ir iemesls, kāpēc parastos dzirksteles aizdedzes motoros bioetanolu var pielietot tikai

valstīs ar karstu klimatu (Brazīlijas piemērs). Šī iemesla dēļ Ziemeļamerikā un Eiropā izmanto maisījuma degvielu E85, nevis E100. Degvielai E85 ir 15 % benzīna piemaisījums bioetanolam, kas nodrošina stabilu motora iedarbināšanu pazeminātās temperatūrās.

Pretēji benzīnam un dīzeļdegvielai, kuri ūdenī nešķīst, bioetanols ļoti labi un pilnīgi šķīst ūdenī. Tas rada zināmas problēmas degvielas uzglabāšanas un sadales sistēmām, jo parastās sistēmas, ko izmanto benzīna un dīzeļdegvielas iepildei, nav pilnībā pasargātas no ūdens ieķīves.

Iztvaikošanas siltums bioetanolam ir vairāk kā trīsreiz lielāks kā benzīnam (attiecīgi 930 un 286 – 306 KJ/kg). Tas nozīmē, ka ieplūdes procesā E100, patērējot siltumu iztvaikošanai, trīsreiz vairāk atdzesē ieplūstošo degmaisījumu nekā benzīns. Tas, savukārt, uzlabo cilindru pildījumu ar degmaisījumu pēc masas un līdz ar to palielina motora jaudu. Šis faktors, līdz ar skābekļa klātbūtni biodegvielā un E100 augsto oktānskaitli, izskaidro faktu, ka dzirksteles aizdedzes motora jauda strādājot ar E100 vai E85 var būt pat nedaudz lielāka nekā ar benzīnu, kaut arī benzīna siltumspēja ir lielāka.

4.2. Bioetanola ieguves tehnoloģija

Izejvielu un tehnoloģiju raksturojums

Bioetanola ražošanas apjomi pasaulē strauji aug un pašreiz sasniedz 32 miljrd. litru gadā, tiem 63 % jeb 20 miljrd. l/g ražo Eiropas valstīs. Paredzams, ka 2010. gadā bioetanola ražošana sasniegs ar 40 miljard. t/g.

Bioetanola rūpnieciskai ražošanai galvenokārt lieto triju veidu izejvielas un tām atbilstošas tehnoloģijas. Bioetanolu var ražot:

- no cieti saturošām izejvielām (graudiem, kartupeļiem);
- no cukuru saturošām izejvielām (cukurniedrēm, cukurbietēm, sorgo);
- no lignocelulozi saturošām izejvielām (salmi, koksne).

Cieti saturošās izejvielas ir pasaulē visplašāk bioetanola ražošanai lietotās izejvielas. Eiropas valstīs, Ķīnā un Indijā šim nolūkam izmanto pamatā kviešu graudus, ASV un Kanādā kukurūzu.

Pirms otrā pasaules kara bioetanolu ražoja pamatā no kartupeļiem. Izkļaidus Latvijas teritorijā bija apmēram 60 spirta brūži, kuros trīsdesmitajos gados ražoja bioetanolu ne tikai pārtikai, bet arī latola ražošanai. Latols bija maisījuma degviela E50 vasarā un E30 ziemā, ja lieto pašreiz pieņemtos apzīmējumus.

Latvijā SIA „Jaunpagasta Plus” divās savās rūpnīcās Jaunpagastā un Iecavā bioetanolu ražo no nepārtikas kondīcijas graudiem (kvieši, tritikāle, rudzi, mieži). Par graudu iepirkšanu rūpnīcas slēdz līgumus ar apkārtējo rajonu zemniekiem.

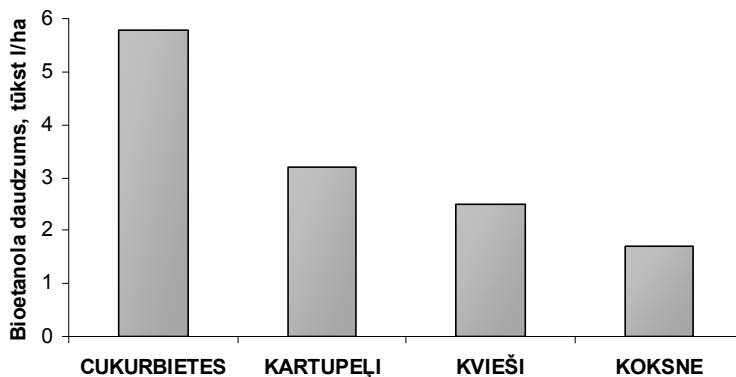
Cukuru saturošās izejvielas bioetanola ražošanai visplašāk pielieto Brazīlijā (cukurniedres) un Francijā (cukurbietes).

Bioetanola ražošana no cukuru saturošām izejvielām ir tehnoloģiski vienkāršāka nekā no cietes, jo neprasa cietes masas pārcukurošanu, izmantojot fermentatīvo hidrolīzi.

Brazīlija īsā laikā radīja bioetanola lielražošanu. Tehnoloģiskais process šajā gadījumā ļoti vienkāršs – no cukurniedrēm izspiež sulu, un to saraudzē bioreaktoros. Pēc tam atdestilē etanolu, to rektificē un iegūto spirtu ar 4 % ūdens piemaisījumu var lietot nelielā daudzumā modificētās automašīnās, kā degvielu E96.

Eiropas apstākļos cukurbietes dod vislielāko bioetanola daudzumu no 1 ha izejvielu audzēšanai aizņemtās platības (29. att.), bet ražošanas izdevumi no cukurbietēm ir lielāki kā no graudiem.

Kā redzams no dotās diagrammas (29. att.) skatoties no aramzemes racionālās izmantošanas viedokļa, katrs cukurbiešu hektārs dod gandrīz divas reizes vairāk etanola nekā kvieši, un tomēr cukurbiešu transportēšanas, uzglabāšanas un pārstrādes problēmas padara kviešus nelielā daudzumā izdevīgākus, ja ņem vērā ražošanas izmaksas. Tomēr cukurbietes kā izejviela joprojām piesaista uzmanību, jo cukurbiešu sulu var pārstrādāt bioetanolā, nelietojot fermentus. Bez tam sulā ir maz nešķīstošu daļiņu, tāpēc iespējams pielietot nepārtrauktas fermentācijas metodes.



29. att. **Bioetanola daudzums kādu iegūst no 1 ha no dažādām izejvielām Eiropas apstākļos.**

Lignocelulozi saturošās izejvielas (koksni, salmus) līdz šim bioetanola ražošanai plaši neizmanto, jo process ir sarežģītāks un dārgāks, nekā divi iepriekšējie.

Bioetanola ražošana no zāģu skaidām, šķeldas, salmiem u.c. lignocelulozi saturošām izejvielām tuvāko gadu laikā var kļūt par galveno bioetanola ieguves veidu, jo Amerikā, Kanādā, Zviedrijā u.c. valstīs zinātnieki intensīvi strādā pie šīs tehnoloģijas, lai to pilnveidotu un ražošanas procesu padarītu lētāku.

Bioetanolu no koksnes biomasas ražo ar ķīmiskās hidrolīzes metodi, izmantojot sērskābi. Ar šo metodi Krievijā hidrolīzes spirtu (kokspirtu) ražo jau kopš kara laikiem, jo Krievija, naturālā kaučuka trūkuma dēļ, bija spiesta ražot kokspirtu lielos daudzumos, lai iegūtu sintētisko kaučuku. Koksnes ķīmiskās hidrolīzes tehnoloģiju ar koncentrētu sērskābi daudzu gadu garumā (1946 - 1975) pētīja un pilnveidoja Rīgā, koksnes ķīmijas institūta zinātnieki. Šī institūta zinātnieks profesors N. Vederņikovs ir izstrādājis ļoti interesantu un perspektīvu tehnoloģiju koksnes un salmu pārstrādei, lai vienlaicīgi ražotu bioetanolu, furfuroļu un etiķskābi.

Daudzās laboratorijās pasaulē tiek pētītas jaunas, efektīvākas metodes bioetanola ieguvei no lignocelulozes, papildinot ķīmisko hidrolīzi ar fermentatīvo hidrolīzi. Latvijā šādus pētījumus veic LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūtā akadēmiķa M.Beķera vadībā. Tiek pētīti mikroorganismi, kas veic lignocelulozes pārstrādi etanolā ar pieckārt lielāku produktivitāti nekā raugs. Nākotnē biomasa no

koksnes atlikumiem un salmiem būs galvenā izejviela bioetanola ražošanai un tas kļūs lētāks.

Bioetanola ražošana no graudiem

Līdz 90-to gadu beigām graudu pārstrāde etanolā Latvijā notika pēc novecojušas tehnoloģijas, kas ietver sevī tādu energoietilpīgu procesu, kā 80 – 90 min ilgu graudu vārīšanu 0,35 – 0,45 MPa spiedienā.

Sākot ar 2000. gadu spirta ražotāji Iecavā un Jaunpagastā sāka ieviest graudu iejaves pārcukurošanu ar moderniem firmas „Novo Nordisk” (Dānija) efektīgiem fermentu preparātiem, kas palielina etanola iznākumu pilnīgākas cietes pārcukurošanas dēļ.

Fermentu izmantošana substrāta sašķidrināšanai ļāva atteikties no dārgā vārīšanas procesa. Pārcukuroto masu pārraudzē ar rauga kultūrām pie 29 -35 °C divu vai triju diennakšu laikā, pievienojot substrātam ieraugu 0,45 kg uz 100 litriem barotnes, kurā ir 16 – 24 % cukura. Rūgšanas procesā rodas 8 – 12 % etanola. teorētiski no 1 kg glikozes var iegūt 0,538 kg etanola, bet praktiski spirta iznākums ir par kādiem 10 % zemāks. No saraudzētās masas pārtvaices un rektifikācijas kolonnās iegūst dažādas koncentrācijas jēlspirtu, rektifikātu vai absolūto alkoholu.

Bioetanola ražošanas no graudiem tehnoloģiskais process attēlots 30. attēlā dotajā shēmā. Pēc dotās shēmas process noris šādi:

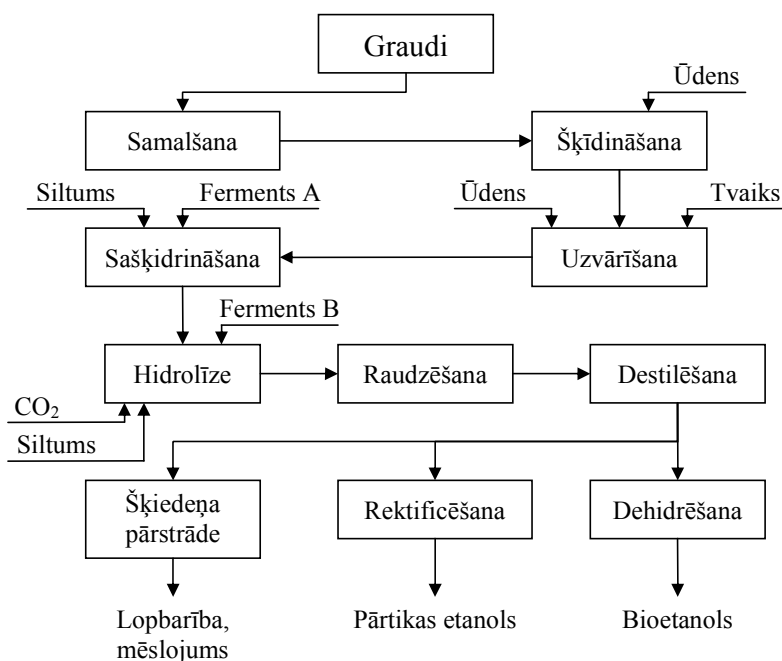
graudu samalšana → miltu šķīdināšana jeb iejaves pagatavošana, sajaucot ar ūdeni → iegūtās iejaves uzvārīšana ar karstu tvaiku → sašķidrināšana, pievienojot endoamilāzes fermentu (ferments A) →hidrolīze jeb pārcukurošana, pievienojot eksoamilāzes fermentu (ferments B) → raudzēšana → destilēšana un → dehidrēšana ar molekulārajiem sietiem = bioetanols.

Daļu no iegūtā destilāta (jēlspirta) novada uz rektificēšanas kolonnu, kur to attīra no metilspirta un sīveļļām, iegūstot pārtikas etilspirtu.

Kā blakusproduktu iegūst šķiedeni, ko tālāk centrifugējot, žāvējot un granulējot ražo vērtīgu lopbarību, kurai ir liels pieprasījums Eiropas tirgū.

Pēc vecās tehnoloģijas visas šīs operācijas veica atsevišķos aparātos, tagad daudzas izdevies apvienot. Būtisks jaunums ir tehnoloģisks process, kas ļāva veikt cietes sašķidrināšanu pie 70 – 98 °C, apvienojot šo operāciju ar iejaves termisko

apstrādi un samazinot starpproduktu inficēšanos ar nevēlamo mikrofloru. Arī cietes pārcukurošanas, rauga savairošanas un etanola rūgšanas procesi ir apvienoti vienā aparātā. Šis ir bioķīmiski ļoti sabalansēts process, kas nodrošina racionālu substrāta patēriņu un novērš glikozes radīto reakciju kavēšanu. Izmantojot doto tehnoloģiju no 1t graudu var iegūt 0,295 t jeb 375 litru bioetanola.



30. att. Bioetanola ražošanas no graudiem tehnoloģiskā procesa shēma.

Šeit aplūkotās bioetanola ražošanas tehnoloģijas pamatā ir graudu pārstrāde, ar tā saucamo „sausā maluma” tehnoloģiju, kas piemērota nelieliem uzņēmumiem un nevar pretendēt uz progresīvajiem nepārtrauktajiem procesiem, jo traucē neizšķīdušās sēnalu daļiņas.

Jēlspierta dehidrēšana

Dehidrēšana ir pēdējā operācija bioetanola ražošanas procesā (skat. shēmu 30. att.), jo pat ar atkārtotu pārdestilēšanu atmosfēras spiedienā ir iespējams sasniegt aptuveni 96 % spirta koncentrāciju, respektīvi, spirtā vēl paliek 4 % ūdens. Tāds spirts

ir derīgs pārtikas rūpniecībā alkoholisko dzērienu ražošanā, bet nav derīgs bioetanolam kā spirta degvielai.

Lai bioetanolu varētu izmantot kā motordegvielu maisījumos ar benzīnu vai biodīzeļdegvielas REE ražošanai, ūdens saturs bioetanolā nedrīkst pārsniegt 0,02 – 0,04 % t.i. spirta koncentrācijai jābūt 99,96 – 99,98 %, respektīvi, tuvu absolūtajam (100 %) spirtam. Ja izmanto bioetanolu ar zemāku spirta koncentrāciju, iespējama degvielas noslāņošanās, kas rada traucējumus motora darbībā, un ir apgrūtināta rapša eļļas pāresterificēšana.

Nedehidrēts bioetanol ir arī mazāk stabils to uzglabājot, jo tas saskarē ar mitru gaisu uzsūc mitrumu. Tāpēc biodegvielām lietojamais spirts ir jādehidrē (jāatūdeņo) līdz spirta koncentrācijai vismaz 99,95 %. Nedehidrētu (96 %) spirtu var lietot tikai valstīs ar siltu klimatu īpaši modificētos motoros kā E96 degvielu (Brazīlijas piemērs).

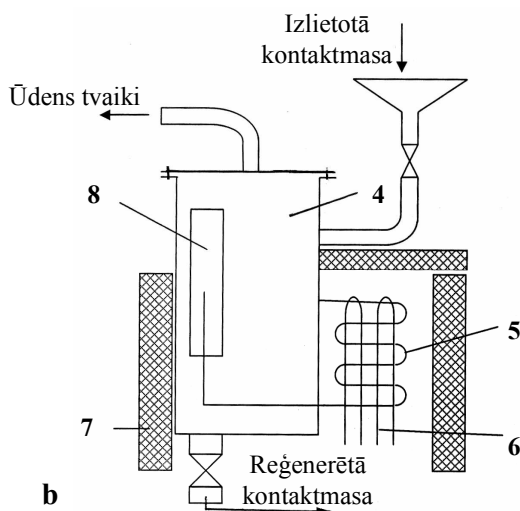
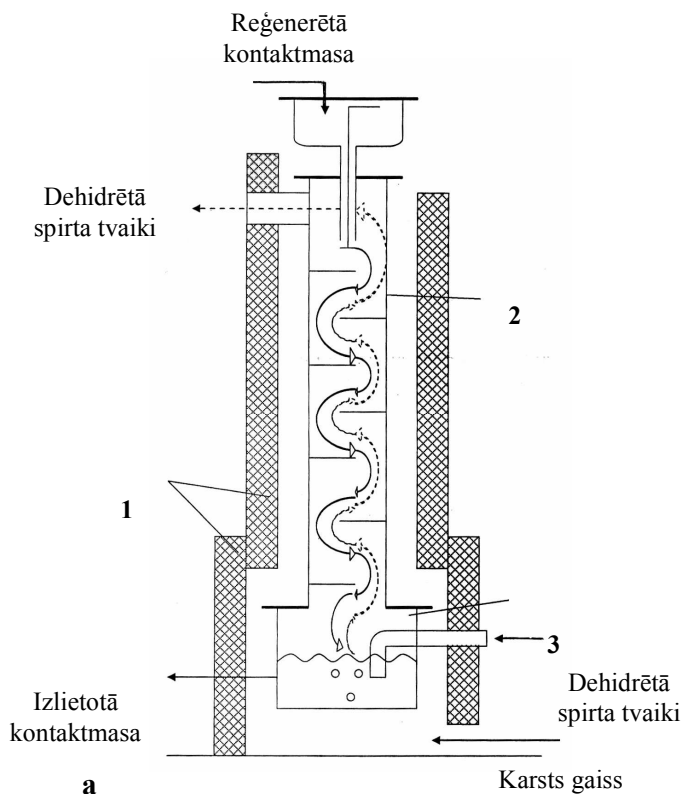
Bioetanola ražošanā izmanto divas jēlspirta dehidrēšanas metodes:

- molekulāro sietu metodi;
- sāļu destilācijas metodi.

Bioetanola ražošanas rūpnīcās SIA „Jaunpagasts Plus” izmanto molekulāro sietu metodi, kura ir samērā dārga un energoietilpīga. Pēc šīs metodes jēlspirts plūst cauri kasetēm, kas pildītas ar īpašu vielu, kura molekulārā līmenī laiž cauri ūdens molekulas. Tādejādi iegūst bezūdens jeb dehidrētu spirtu – bioetanolu.

Sāļu destilācijas metode ir spirta pārdestilēšana, kad tam pievienots hidroskopisks, respektīvi, ūdeni uzsūcošs sāls, piemēram, kalcija hlorīds. Sāļu destilācija notiek tāpat kā parastā destilācija, tikai destilācijas atlikums nav vis ūdens, bet sāls šķīdums ūdenī. Šo šķīdumu termiski apstrādājot, destilācijā izlietoto sāli reģenerē (atgūst atpakaļ) un to var lietot atkārtoti. Reģenerācijas nepieciešamība atšķir parastās destilācijas iekārtu no sāļu destilācijas iekārtas.

LLU Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā vadošā pētnieka Dr.sc.ing. G. Brēmera veikto ilgāku pētījumu rezultātā ir izstrādāta inovatīva jēlspirta bezflegmas sāļu dehidrēšanas metode, par ko saņemti divi LR patenti. Laboratorijā ir izgatavota eksperimentāla jēlspirta dehidrēšanas iekārta (31. att.), kura sastāv no diviem moduļiem – sāļu destilācijas moduļa (31. att. a) un izlietotās sāls reģenerācijas moduļa (31. att. b).



31. att. Eksperimentālā jēlspirta dehidrēšanas iekārtas shēma:

a – sāļu destilācijas modulis; b – izlietotās sāls reģenerācijas modulis; 1 un 7 – termoizolācijas apvalks; 2 – kolonna ar šķīvjiem; 3 – kolonnas kubveida pamatne; 4 – cilindrs ar noņemamu vāku; 5 – siltummainis; 6 – elektriskie sildēlementi; 8 – līmeņa regulētājs.

Sāļu destilācijas metode, salīdzinot ar molekulāro sietu spirta dehidratēšanas metodi, dod iespēju ietaupīt 50 % enerģijas.

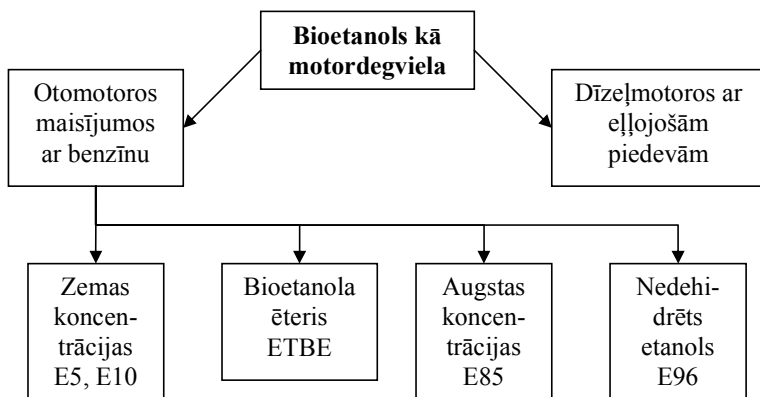
Dehidrēšanas process sastāv no diviem posmiem: 1) spirta dehidratēšana, kad spirta-ūdens tvaikam kontaktējoties ar sāls šķīdumu (kontaktmasu), spirta koncentrācija tvaikā paaugstinās līdz absolūtā spirta kondīcijai (31. att. a) un 2) sāls reģenerācija, kurā notiek ūdens atdalīšana termiski to iztvaicējot (31. att. b). Reģenerēto sāls kontaktmasu atkārtoti aizvada spirta dehidrēšanai.

Ekspperimentālā iekārtā abi moduļi apvienoti vienā agregātā un moduļus savieno ar sūkņiem, kuri rada nepārtrauktu kontaktmasas recirkulāciju. Kontakt masas stabilu plūsmu panāk izmantojot sāls nošķīrējvidi, ko veido viskozs šķidrums (speciāli augstu temperatūru izturoša eļļa). Ekspperimentālās iekārtas darba temperatūra ir 70 – 80 °C. To nodrošina elektrosildītāji un karstā gaisa cirkulācija ar ventilatoru termoizolētās kameras iekšpusē. Lai iekārta stabili darbotos siltummaiņu sildvirsmu temperatūra nedrīkst pārsniegt sāls kušanas temperatūru, kas neļauj sālim pieķerties cauruļvadu iekšējām virsmām. Pretējā gadījumā būs apgrūtināta siltummaiņa darbība un var rasties cauruļvadu nosprostojumi.

4.3. Bioetanola pielietošanas veidi

Bioetanolu kā ottomotoru degvielu pielieto četros dažādos veidos (32. att.):

- kā zemas koncentrācijas (5 – 10 %) maisījumu ar benzīnu (maisījuma degvielas E5 un E10);
- kā bioetanola ētera ETBE 15 % maisījumu ar benzīnu (ETBE15);
- kā augstas koncentrācijas maisījumu ar benzīnu (E85) speciāli modificētos motoros;
- kā tīru nedehidrētu bioetanolu (E96) nedaudz adoptētos sērijveida ottomotoros (Brazīlijas variants). Izmantojot īpašas eļļojošas piedevas, bioetanolu var izmantot arī dīzeļmotoros (Zviedrijas piemērs).



32. att. Bioetanola kā motordegvielas pielietošanas veidi.

Zemas koncentrācijas maisījumi E5 un E10 ir mūsdienās visplašāk izmantotais bioetanola kā otomotoru degvielas pielietošanas veids. Maisījumu degvielas E5 un E10 pagatavo piejaucot attiecīgi 5 % vai 10 % bioetanola visam tirgū izlaižamajam benzīna daudzumam. Tā iegūst tā saucamo skābekļoto benzīnu, jo bioetanola (C_2H_5OH) sastāvā ir skābeklis. Benzīns ir tikai dažādu oglekļaūdeņražu maisījums, tādēļ bioetanola piemaisījums veicina degvielas tīrāku sadegšanu. Bioetanols sadeg tīri. Ja bioetanolu tīģelī aizdedzina saules gaismā, tad liesma nav redzama. Turpretī benzīns sadegot tādos pašos apstākļos kūp.

Pašreiz spēkā esošā LR likumdošana atļauj pievienot bioetanolu benzīnam 5 % apjomā, bet tā nav obligāta prasība, kā tas ir citās valstīs. Benzīna standarts LVS EN228 un ES Direktīva 98/70/EC ļauj benzīnam pievienot maksimāli 5 tilp. % bioetanola tiešajos maisījumos, iegūstot E5 un 15 tilp. % ETBE veidā (aptuveni 7 % bioetanola). Šāda norma ir iestrādāta arī MK noteikumos Nr. 332 „Noteikumi par benzīna un dīzeļdegvielas atbilstības novērtēšanu”. Eiroparlamentā patreiz tiek izstrādāta jauna Es Direktīva, kurā paredzēts pielietot 10 % bioetanola maisījumu ar benzīnu (E10), līdzīgi kā ASV jau kopš astoņdesmito gadu beigām ražo un pielieto gazoholu, kas arī ir 10 % etilspirta un 90 % benzīna maisījums (E10).

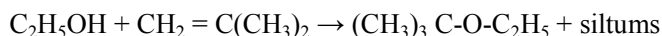
Bioetanola piejaukšana benzīnam 5 % apjomā ļauj šādu maisījumu degvielu izmantot esošajos standarta benzīna motoros bez jebkādas to pārbūves, nekāda detaļu un elastomeru nomaiņa, kā to rāda Eiropas pieredze, nav nepieciešama.

Ja tiks pieņemts lēmums par maisījuma degvielas E10 masveida ražošanu un pielietošanu, tad, ņemot vērā pirmskara tradīciju, šo degvielu vajadzētu saukt par latolu E10.

Latola E10 fizikālo īpašību raksturojums (skat. 16. tab.) dots pēc analogas ASV izmantotas degvielas – gazohola datiem, jo Eiropas Savienībā E10 vēl praktiski neizmanto, bet plāno tuvākajā laikā izmantot. Dotais raksturojums rāda, ka praktiski E10 pēc visām uzrādītajām fizikālajām īpašībām ļoti maz atšķiras no benzīna. Tajā pašā laikā E10, pateicoties iepriekš minētajām bioetanola pozitīvajām īpašībām, jūkami uzlabo sadegšanas procesu motorā un samazina CO, HC u.c. kaitīgo vielu daudzumu motora atgāzēs.

Bioetanola ēteri ETBE (etiltrešbutilēteris) kopš astoņdesmito gadu beigām ražo galvenokārt Francijā un plaši izmanto kā benzīna apskābekļotāju jeb oksigenātu un kā oktānskaitļa paaugstinātāju. Atšķirībā no bioetanola, kuru parastajos ottomotoros izmantojamam benzīnam atļauts piejaukt 5 % (Eiropā vai 10 % (Amerikā) apjomā, šo oksigenātu drīkst piejaukt 15 % apjomā, oksigenātu, jo tas nav tik hidroskopisks un neiedarbojas uz elastomeriem tādā mērā kā bioetanol.

ETBE (etiltrešbutilēteris) vienmēr tiek izmantots kā antidetonācijas piedeva benzīnam, tas netiek izmantots kā degviela tīrā veidā. ETBE tiek iegūts no 50 % etanola un 50 % izobutilēna katalītiskā reakcijā:



etanols	izobutilēns	ETBE
46,07	56,11	102,18

Izobutilēnu iegūst no jēlnaftas vai ražo no dabas gāzes. Izobutilēnu parasti uzglabā lielās koncentrācijās (bet ne tīrā veidā) naftas pārstrādes rūpnīcās. Tā kā izobutilēns ir pieejams naftas rūpnīcās, tad ETBE parasti tiek ražots tur pat uz vietas. Tas ir stabils, dzidrs šķidrums, istabas temperatūrā gaistošs un ātri uzliesmojošs. ETBE raksturojas ar viduvēju šķīdību ūdenī.

Bio-ETBE ražošanai tiek lietotas divas sastāvdaļas bioetanols un izobutilēns. Tā kā izobutilēns nāk no fosilas izcelsmes izejvielas, Eiropas direktīva 2003/30/EC nosaka, ka 47 tilp. % bio-ETBE, var tikt skaitīti kā biodegviela.

Kopumā, degvielas maisījumu, kuri satur ēterus, uzglabāšana un izdale nerada īpašas problēmas salīdzinājumā ar ogļūdeņražu degvielām.

Eiropā šī ētera pieļaujamais maksimālais daudzums benzīnā ir 15 tilp. %. Benzīnam piejaucot ETBE šādā apjomā benzīna īpašības būtiski netiek izmainītas un maisījuma degvielas īpašības atbilst Eiropas un Latvijas benzīna standartam LVS EN 228, līdz ar to benzīns ar šādu ETBE piejaukumu ir izmantojams esošajos motoros, kuri paredzēti darbināšanai ar benzīnu.

Jāatzīmē, ka pirms ETBE ražošanas uzsākšanas Francijā, ASV jau kopš septiņdesmitajiem gadiem kā automobiļu benzīna piedevu tā īpašību uzlabošanai kā oksigenātu plaši izmantoja MTBE (metiltrešbutilēteri), ko iegūst līdzīgā katalītiskā reakcijā, etilspirta vietā izmantojot metilspirtu (CH_3OH). Par cik metanols ir gandrīz divreiz lētāks par bioetanolu, MTBE tāpat ir lētāks par ETBE, tādēļ arī Eiropā lielās degvielu ražotājas un izplatītājas kompānijas līdz pat šim laikam kā galveno benzīna oksigenātu lieto MTBE.

Tieši MTBE līdz šim ir bijis īpaši nozīmīgs tāpēc, ka tas veicina degvielas labāku sadegšanu motorā, un dramatiski samazina izpūtes gāzu toksiskumu. Tomēr šai benzīna piedevai pēdējā laikā ir atrasti būtiski trūkumi tā toksiskuma un ekoloģiskā kaitīguma dēļ, kādēļ to ASV pakāpeniski izņem no apgrozības un pāriet uz ETBE.

Pārējā pasaule parasti seko ASV piemēram, un šī tendence attīstās arī Eiropas Savienībā. Situācija attiecībā uz MTBE ir nopietna tāpēc, ka to, piem., 1999. gadā pasaulē ražoja vismaz 260 milj. barelu* dienā, jeb 11 milj.t/g un šo oksigenātu ASV patērē 65 % no pasaules tirgus piedāvājuma.

Minēto apsvērumu dēļ ASV un arī ES MTBE vietā sāk izmantot ETBE, bet galvenokārt tīru bioetanolu (E100).

Prakse rāda, ka ETBE ir tehnoloģiski ērts un nekaitīgs ķīmiskais produkts. Maisījumā ar benzīnu tam ir zemāka gaistamība salīdzinājumā ar etanola benzīna

* - 1 barels = 159 litri.

maisījumiem. ETBE ir augstāks oktānskaitlis (skat. 16. tab.) nekā bioetanols, un tā arī ir kā antidetonanta priekšrocība. Tas ir arī cilvēkiem daudz mazāk toksisks savienojums par MTBE, un ir biodegradabls savienojums, kas noārdās augsnes baktēriju iedarbībā. Galvenā priekšrocība – ETBE ražošanai nepieciešams bioetanol, tātad šī ētera ražošana veicina lauksaimniecības attīstību.

Augstas koncentrācijas maisījuma degviela E85 ir 85 % bioetnola un 15 % benzīna maisījums. Šādas augstas koncentrācijas maisījuma degvielas izmantošana spēkratos kļuva iespējama pateicoties strauji augošam elektronisko ierīču pielietojumam automobiļu būvniecībā. Ražošanā parādījās tā saucamie FFV (Flexible fuel vehicle) jeb maināmas degvielas spēkrati (MDS), kuros bez problēmām var lietot ne tikai E85, bet arī M85 (85 % metanola) degvielu, kā arī vienas vai otras šīs degvielas maisījumus ar benzīnu jebkurā proporcijā no 0 – 85 %. Tas nozīmē, ja, braucot ar MDS automobili, rodas vajadzība papildināt degvielu un tuvākajā DUS degviela E85 nav dabūjama, ir iespējams iepildīt parasto benzīnu jebkurā daudzumā, nerēķinoties ar to cik degvielas ir palicis tvertnē. Šajā gadījumā degvielas sastāva sensors, kas ir iebūvēts līnijā no degvielas tvertnes uz motoru ar intensitāti 50 milisekundes fiksē degvielas sastāvu un signalizē par to borta kompjūteram. Tas, savukārt, automātiski regulē degmaisījuma sastāvu (gaisa-degvielas attiecību), aizdedzes apstieidzes leņķi un degvielas inžektoru pulsāciju amplitūdu atbilstoši bioetnola attiecībai pret benzīnu no tvertnes plūstošajā degvielu maisījumā. Tāpēc arī šādu automobiļu sauc par maināmas degvielas spēkratiem (MDS) vai Flexible fuel vehicles (FFV).

Pirmo FFV automobili pasaulē uzbūvēja firma Ford 1996. gadā, pārbūvējot automobiļa *Ford Taurus* parasto benzīna versiju par modeli *Ford TaurusFFV*, kurš bija optimizēts darbam ar E85 vai M85. Motora kompresijas pakāpe pārejot uz FFV tika paaugstināta no 8,9 uz 11,0, respektīvi, par 26 %. Līdz ar to palielinājās motora jauda un uzlabojās arī degvielas ekonomiskums. Būtiski samazinājās toksisko komponentu daudzums atgāzēs: CO₂ – par 24 %, NO_x (ar papildus atgāzu katalizatoru) – par 55 % un HC – par 38 %.

Pašreiz MDS jeb FFV automobiļu jau ražo ievērojamos daudzumos. Pirmoreiz Rīgā, Biķernieku trasē 2006. gada 25. septembrī tika prezentēts zviedru ražojuma

vieglais pasažieru automobilis *Saab 9-5 BioPower*. Šis automobilis, braucot ar E85 parastā benzīna vietā uzrāda max. jaudas pieaugumu no 150 līdz 180 ZS un griezes momenta pieaugumu no 240 līdz 280 N·m. Ieskrējiena laiks ātrumu diapazonā no 60 līdz 100 km/h samazinās no 9,86 s braucot ar benzīnu uz 7,9 s, braucot ar E85 (reklāmas prospekta dati).

Kā redzams, strādājot ar bioetanolu motora jauda ievērojami pieaug bez jūtama degvielas patēriņa palielinājuma, neskatoties uz to, ka etanola sadegšanas siltums sastāda tikai 65,2 % no benzīna sadegšanas siltuma. Tas izskaidrojams ar motora termiskā lietderības koeficienta palielināšanos, pateicoties labākiem degmaisījuma sadegšanas apstākļiem, ko rada palielināts skābekļa saturs degmaisījumā un palielināts masas pildījums.

2007. gada augustā laikrakstos parādījās informācija, ka firma *Statoil* jau šī gada beigās vai vēlākais nākošā gada sākumā savās DUS arī Latvijā sāks tirgot degvielu E85.

Nemot vērā elektroniskās sistēmas iespējas, rodas jautājums kāpēc gan MDS automobiļos nelieto E100, bet tikai E85? Tīrs bioetanol E100 slikti iztvaiko, jo tam piesātināto tvaiku spiediens ir tikai 16 kPa, bet liels iztvaikošanas siltums – 930 KJ/kg (skat. 16. tab.). Līdz ar to auksta motora iedarbināšana ir apgrūtināta un tās atvieglošanai bioetanolam piejauc 15 % benzīnu. Benzīna piemaisījums uzlabo arī E85 siltumspēju un vienlaicīgi kalpo kā bioetanola denaturats.

Nedehidrētu bioetanolu E96, kas ir 96 % spirta un 4 % ūdens maisījums ļoti plaši pielieto tikai vienā valstī – Brazīlijā, kur to ražo no cukurniedrēm.

To izmanto jau kopš septiņdesmito gadu vidus, kad Brazīlija sāka īstenot projektu „Proalcool”. Deviņdesmito gadu vidū Brazīlijā ar E96 jau brauca vairāk kā 2 milj. automobiļu. Tomēr E96 pielietošana citās valstīs neizplatījās, jo nedehidrēta bioetanola pielietošana sliktās iztvaikošanas dēļ, lai motoru varētu normāli iedarbināt, iespējama tikai karstā klimatā. Pateicoties modernu maināmās degvielas automobiļu straujai izplatībai, nedehidrēta bioetanola pielietošana arvien vairāk samazinās, arī Brazīlijā.

Benzīna motorus modificē darbam ar etanolu, nomainot elastomērus un dažu metālu detaļas, lai novērstu etanola nesavienojamību ar dažiem materiāliem. Automobiļus ar šādiem motoriem sērijveidā ražo un piegādā firma „Volkswagen”.

Nedehidrēta bioetanola (E96) lietošanas priekšrocība ir tā, ka nav nepieciešams atdalīt ūdeni no spirta. Tas ļauj ietaupīt dehidrēšanas procesā patērējamo enerģiju un līdz ar to E96 degviela ir relatīvi lētāka nekā maisījumu degvielas, kurām nepieciešams absolūtais spirts.

Benzīns, sajaucot ar dehidrētu bioetanolu, veido viendabīgu šķīdumu jebkurās proporcijās plašā temperatūru diapazonā. Ūdens klātbūtne pat nelielos daudzumos var izraisīt šī degvielu maisījuma noslāņošanos: augšējais slānis pārsvarā saturēs benzīnu un spirtu, bet apakšējais – spirtu un ūdeni. Ūdeni saturoša spirta spēja veidot viendabīgus maisījumus paaugstinās, pieaugot temperatūrai un palielinoties spirta koncentrācijai maisījumā.

Etanola pielietošana dīzeļmotoros ir sarežģītāka nekā benzīna motoros, jo etanola un dīzeļdegvielas īpašības ir atšķirīgas. Problēma ir kā kontrolēt etanola un dīzeļdegvielas proporcijas maisījumā un iesmidzināšanas leņķi, lai novērstu detonācijas. Viena no metodēm dīzeļmotora darbināšanai ar etanolu ir dīzeļdegvielas un etanola mehāniska jaukšana vai emulgēšana, nodrošinot sajauktās degvielas nepārtrauktu padevi motorā. Maisījumu sagatavo tādejādi, ka tas paliek stabils līdz iesmidzināšanai cilindrā. Etanola fumigācijas gadījumā etanols kā degvielas daļa tiek padots motorā caur gaisa ieplūdes traktu. Dīzeļdegviela motora cilindros tiek padota tradicionālā veidā. Emulgēšana un fumigācija ir relatīvi vienkāršas metodes, kas ļauj pielietot zemākas kvalitātes (ar lielāku ūdens saturu) etanolu, bez ievērojamas motora pārveidošanas.

Dīzeļmotoru aprīkojot ar dubultsprauslu iesmidzināšanas sistēmu, nodrošina gan etanola, gan dīzeļdegvielas tiešu iesmidzināšanu sadegšanas kamerā.

Zviedru pētījumi rāda, ka, autobusu dīzeļmotorus pārkārtojot darbam ar etanolu (95 % etanola un 5 % benzīna maisījums), CO saturs atgāzēs samazinās par 65 %, HC – par 45 %, NO_x – par 40 % un kvēpu saturs par 80 % salīdzinājumā ar tīru dīzeļdegvielu.

Jau kopš deviņdesmito gadu beigām 15 Zviedrijas pilsētās firma „Scania” izmantoja degvielu, kuras sastāvā ir 95 % bioetanola un 5 % aizdedzi uzlabojošas piedevas. Bioetanolu pielieto arī firmas Volvo kravas automobiļos, kurus izmanto pilsētu atkritumu savākšanai.

Bioetanola pielietošana biodīzeļdegvielas REE ražošanā ir vēl viens tā izmantošanas veids, kas tuvāk apskatīts sadaļā „Biodīzeļdegviela”. Rapša eļļas transesterificēšana ar bioetanolu pašlaik ir gandrīz divreiz dārgāka nekā ar metanolu, tādēļ izmanto pēdējo. Bioetanola priekšrocība ir tā, ka tas ir vietējs, bioloģiski atjaunojams produkts. Tuvākā nākotnē bioetanolu sāks ražot no celulozi saturošām izejvielām, tas kļūs lētāks un tiks izmantots arvien vairāk arī REE ražošanai.

4.4. Bioetanola ietekme uz oktānskaitli

Bioetanola piejaukšana ievērojami uzlabo iegūtās maisījuma degvielas īpašības – paaugstina degvielas oktānskaitli, degviela pilnīgāk sadeg, jo etanolā ietilpst skābeklis, līdz ar to nav nepieciešams benzīnu etilēt ar tetraetilsvinu.

Bioetanola oktānskaitlis, nosakot pēc pētnieciskās metodes ir 105 – 109. LLU Spēkratu institūtā veiktie pētījumi (G. Birzietis, 1997) parādīja, ka bioetanola 10 % piemaisījums benzīnam palielina maisījuma oktānskaitli par 3 – 4 vienībām.

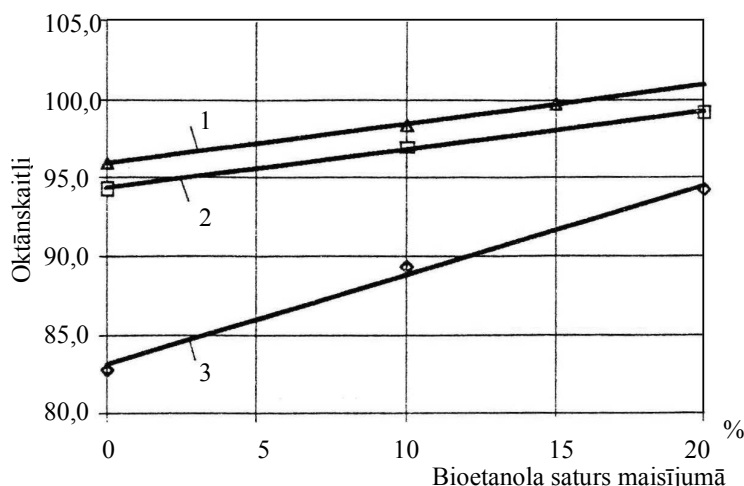
Eksperimentos izmantotajam tīram benzīnam Ai-93 oktānskaitlis bija 92,4, bet maisījuma degvielām attiecīgi: E5 – 94,3; E10 – 96,3; E20 – 100,3; E30 – 103,6 un E100 – 106,5 (skaitlis pie burta E nozīmē bioetanola procentuālo daudzumu maisījumā ar benzīnu).

Maisījumu sagatavošanā kā komponente tika izmantots benzīns Ai-93, un bioetanols ar etilspirta saturu 99,9 tilp. %.

Bioetanolu pagatavoja laboratorijā uz vietas pēc Dr.sc.ing. G. Brēmera izstrādātās tehnoloģijas, kā izejvielu izmantojot SIA „Jaunpagasts” no graudiem izgatavoto jēlspirtu ar spirta saturu 89,9 tilp. %.

Pēc pētnieciskās metodes noteiktie oktānskaitļi (33. att.) parāda, ka benzīnam ar zemāku oktānskaitli (A-76) bioetanola piedevas radītais oktānskaitļa pieaugums ir

ievērojami straujāks un sastāda 6 vienības uz katriem 10 procentiem pievienotā bioetanola. Augstāka oktānskaitļa benzīnam (Ai-93, Ai-95E) oktānskaitļa pieaugums ir aptuveni 2 reizes mazāks un sastāda aptuveni 3 vienības uz katriem 10 procentiem pievienotā bioetanola.



33. att. Oktānskaitļa (pētniecības metode) izmaiņa atkarībā no pievienotā bioetanola daudzuma procentos dažādu marku benzīniem: 1 – A-76, 2 – Ai-93, 3 – Ai-95E.

Pievienojot A-76 markas benzīnam 20 procentus bioetanola iegūtās maisījuma degvielas E20 noturība pret detonāciju praktiski atbilst Ai-93 markas benzīna prasībām. Tādējādi šāda sastāva maisījumus būtu iespējams pielietot motoros, kuri paredzēti darbam ar Ai-93 markas benzīnu.

Ietekme uz jaudu un degvielas patēriņu

Ilgstoši ceļa izmēģinājumi, kas veikti ASV u.c. valstīs, pierāda, ka bioetanola un benzīna maisījuma degvielas E10 izmantošana, nekādi neietekmē motora cilindru, vārstu, vārstu ligzdu u.c. daļu nodilumu, bet samazina oglekļa nosēdumu veidošanos motorā. Pētījumos Nebraskas gazohola programmas ietvaros netika novērots neviens priekšlaicīgs motora mezgla, detaļas vai barošanas sistēmas atteikums. Ar E10 novērota labāka automobiļa spēja uzņemt ātrumu un lielāka jauda.

Etanola augstais oktānskaitlis salīdzinājumā ar benzīnu (skat. 16. tab.) nodrošina labākas motora antidetonācijas īpašības nekā strādājot ar benzīnu un dod iespēju palielināt motora kompresijas pakāpi, kā rezultātā palielinās motora jauda.

Etanolā esošais skābeklis uzlabo degvielas izmantošanas efektivitāti, nodrošinot tīrāku sadegšanas procesu arī pie relatīvi zemām temperatūrām.

Bioetanola ir zemāka stehiometriskā gaisa/degvielas attiecība nekā benzīnam, tas nozīmē, ka etanola sadegšanai ir nepieciešams mazāk skābekļa. Tādēļ, lai par degvielu varētu izmantot tīru vai arī augstas koncentrācijas maisījuma degvielu E85 (latolu), atbilstoši ir jāpaaugstina motora kompresijas pakāpe, t.i., jāsamazina sadegšanas kamera, sadales fāzes, aizdedzes moments un degvielas padeves sistēma.

Nozīmīga problēma ir tā, ka bioetanol nav savietojams ar dažiem motoros izmantotajiem materiāliem. Ja etanols augstā koncentrācijā tiek sajaukts ar benzīnu vai izmantots tīrā veidā, tas graujoši iedarbojas uz noteikta veida plastmasas detaļām, elastomeriem un metāliem, kā, piemēram, tēraudu, alumīniju vai magniju, tādēļ to nevar lietot vecāka izlaiduma motoros, bez minēto materiālu nomaiņas, koncentrācijā vairāk par 10 %.

Bioetanola blīvums ir nedaudz augstāks nekā benzīnam. Tomēr tas nekompensē etanola mazāku siltumspēju, kas ir aptuveni divas trešdaļas no benzīna zemākās siltumspējas jeb par 39 % zemāka kā benzīnam. Etanola mazāka siltumspēja praktiski nozīmē to, ka ir nepieciešama lielāka degvielas plūsma (lielāks degvielas patēriņš) salīdzinājumā ar benzīnu, lai nodrošinātu tādu pašu motora jaudu kā strādājot ar benzīnu. Šī iemesla dēļ sagaidāms, ka braucot ar etanola-benzīna maisījumu degvielām degvielas patēriņš palielināsies salīdzinājumā ar benzīnu. Maisījuma E5 (5 % etanola-benzīna maisījumam) degvielas patēriņa pieaugums nav novērots. Tas izskaidrojams ar to, ka jauda tiek kompensēta ar degvielas pilnīgāku sadegšanu.

Maisījumu degvielām ar etanola saturu lielāku par 10 %, degvielas patēriņš pieaug un ir aptuveni lineārs attiecībā pret degvielas zemāko siltumspēju starpību. Jo lielāks bioetanola saturs maisījuma degvielā, jo lielāks būs degvielas patēriņš. Motoram strādājot ar benzīna un bioetanola maisījumiem, kuri satur mazāk par 10 % bioetanola, degvielas patēriņš praktiski neatšķiras no patēriņa strādājot ar tīru benzīnu. Tas nozīmē, ka gazohols jeb latols E10 motora degvielas patēriņa daudzumu

neietekmē. Tajā pašā laikā, pateicoties O_2 saturam degvielā motora jauda nedaudz (par 1,5 – 2,0 %) pieaug un jūkami samazinās toksisko komponentu CO, NO_x un kvēpu daudzums atgāzēs.

LLU Spēkratu institūtā veiktajos pētījumos (G. Birzietis) tika noskaidrots, ka, motoru darbinot ar maisījumu degvielām E10 un E20, kuru sastāvā ietilpst līdz 10 – 20 % bioetanola, jauda palielinājās par 2 līdz 3 %. Līdzīgi izmainās arī griezes moments. Savukārt, īpatnējais degvielas patēriņš motoram darbojoties ar maisījuma degvielām bija par 2 – 6 % mazāks. Motoru darbinot ar maisījuma degvielām būtiski samazinās CO saturs motora atgāzēs. E10 izraisa CO daudzuma samazinājumu par aptuveni 15 %, bet E20 – par aptuveni 30 %. Mazu apgriezienu diapazonā darbā ar maisījumu degvielām, samazinās arī HC daudzums motora atgāzēs.

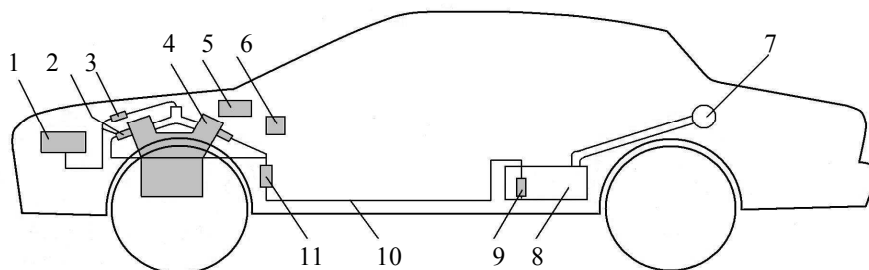
4.5. Pieredze E85 izmantošanā

ASV pieredze

Maināmas degvielas automobiļus (FFV), kuri darbojās ar 85 % bioetanola un 15 % benzīna maisījumu E85 pirmoreiz pasaulē sērijveidā sāka ražot firma „General Motors”, izlaižot modeli *Chervolet Lumina E85 FFV*, 1992 – 1993 tika saražoti 386 šī modeļa automobiļi. Ar daudz plašāku vērienīgu FFV E85 automobiļu ražošanu 1996. gadā uzsāka firma „Ford”, kura jau tajā gadā saražoja 3000 FFV automobiļus *Ford Taurus*. *Ford Taurus FFV*, salīdzinot ar parasto benzīna motora *Ford Taurus* automobili, tika konstatēts, ka E85 izmantošana benzīna vietā palielina motora jaudu par 5 % pateicoties ietilpstošā degmaisījuma dzesēšanai, jo bioetanolš augstāka iztvaikošanas sistēmu dēļ, atņem vairāk siltuma degmaisījumam un tā temperatūra pazeminās. Līdz ar to cilindru pildījums pēc degmaisījuma masas pieaug, kas paaugstina motora indicēto lietderības koeficientu, respektīvi, jaudu.

Turklāt E85 oktānskaitlis ir 107 (benzīnam 95 - 100), tādēļ palielinās, kas arī sekmē motora jaudas pieaugumu. Tādējādi degmaisījums ar E85 motora cilindros efektīvāk sadeg, kas, no elektroniskās degvielas aparātūras kontroles un vadības sistēmas, palielina motora jaudu vai samazina degvielas patēriņu vai arī vienlaikus

veic abas šīs operācijas, optimizējot motora darbību gan pēc attīstītās jaudas gan degvielas patēriņa.



34. att. **Maināmas degvielas automobiļa (FFV) barošanas sistēmas specifisko mezglu izvietošanas shēma:**

- 1 – gaisa filtrs; 2 – palielinātas caurplūdes inžektori; 3 – elektroniski vadāms gaisa vārsts;
 4 – motors ar paaugstinātu kompresiju un cilindru bloka pirmsstarta uzsildi pazeminātā temperatūrā;
 5 – borta kompjuārs barošanas sistēmas automātiskai kalibrēšanai; 6 – sistēmas darbības indikators mēraparatūras panelī; 7 – degvielas ielietne; 8 – palielināta tilpuma degvielas tvertne ar papildus pārklājumu; 9 – degvielas sastāva sensors – maisītājs; 10 – degvielas vads ar teflona pārklājumu;
 11 – degvielas sastāva sensors ar maisītāju.

Pateicoties tam, ka bioetanola zemākā siltumspēja (26,8 MJ/kg) ir mazāka nekā benzīna siltumspēja (44,0 MJ/kg) maināmas degvielas automobilim uzstāda lielāka tilpuma degvielas tvertni 8 (34. att.), lai ar vienu tvertnes pildījumu automobiļa nobraukums būtu tāds pats, kā lietojot benzīnu. Degvielas tvertne izgatavota no nerūsējošā tērauda un tajā iemontēts elektronisks degvielas padevējsūkņis, kas pa līniju 10 cauri degvielas sastāva sensoram – maisītājam 11 pievada degvielu inžektoriem². Sensors 2 ar intensitāti 50 milisekundes fiksē degvielas sastāvu un signalizē par to borta kompjuāram 5, kas automātiski regulē gaisa un degvielas stehiometrisko attiecību atbilstoši bioetanola – benzīna maisījuma proporcionālajam sastāvam, nodrošinot optimālu motora darbību.

Tehnisko apkopju prasības E85 automobiļiem ir ļoti līdzīgas prasības parastajiem benzīna automobiļiem un to izpildes darbietilpība praktiski neatšķiras. E85 automobiļu motoros izmantojamā kartera eļļa ir nedaudz dārgāka par parasto, bet, ražošanas apjomiem tālāk pieaugot, cenu starpība izlīdzinās. E85 izmantošanas

pieredze ASV jau vairāk kā desmit gadu garumā rāda, ka motora kalpošanas ilgums, strādājot ar E85 ir tāds pats kā ar parasto benzīnu.

Bioetanola ražošana ASV attīstās ļoti strauji un to ražo milzīgos apjomos: 2005. gadā saražoja 16 miljard. litru, 2006. gadā – 20 miljardus litru, bet 2007. gadā jau plāno saražot 25 miljardus litru. ASV jau 2003. gadā 5 % no visiem no jauna iegādātajiem automobiļiem bija FFV automobiļi, paredzēti braukšanai ar E85.

ASV 2005. gada sākumā FFV automobiļus E85 degvielai piedāvāja trīs lielākās firmas: **DaimlerChrysler** – 7 modeļus, **Ford Motor Company** – 5 modeļus, **General Motors Corporation** – 4 modeļus, pavisam 16 modeļus.

Savienotajās Valstīs strauji aug arī degvielas uzpildes staciju (DUS) skaits, kuras ir aprīkotas ar nepieciešamajām iekārtām E85 degvielas sadalei. Ja 2003. gadā bija tikai 100 šādas DUS, tad 2004 – jau 100, 2005 – 285 un 2006. gada beigās jau 1000 DUS, kurās bija nopērkama E85 degviela. Degvielas uzpildes staciju straujā attīstība ASV notiek pateicoties valsts finansiālam atbalstam vairumtirgotājiem, mazumtirgotājiem un patērētājiem.

Automobiļu skaits, kuros var izmantot maisījuma degvielu E85 2006. gada beigās ASV sasniedz jau 6 miljonus, kas ir 3 % no kopējā automobiļu skaita, bet tiek prognozēts, ka jau 2012. gadā jau 50 % no visiem automobiļiem būs FFV automobiļi, kas lielos R85.

Zviedrijas prakse E85 izmantošanā

Zviedrijā pirmais maināmas degvielas automobilis *Ford Focus FFV* tirgū parādījās sākot ar 2002. gadu. Šos automobiļus ražo kādā no Ford rūpnīcām Vācijā vai Spānijā. Vēlāk parādījās vēl *Ford Focus C-MAX* un pašu zviedru firmu ražotie FFV tipa automobiļi: *Saab 9-5 Bio Power*, *Volvo V50* un *Volvo S40*. FFV tipa automobiļu skaits Zviedrijā strauji pieaug un 2006. gada sākumā jau sasniedza apmēram 20000 automobiļu, no tiem 15000 bija *Ford* ražotie.

Zviedrijā bioetanolu izmanto arī sabiedriskā transporta dīzeļmotoru autobusus pilsētu maršrutos, lai samazinātu kaitīgo atgāzu emisiju. Zviedrijas pilsētās jau vairāk kā 6000 autobusu izmanto degvielu ar 95 % bioetanola un 5 % aizdedzi uzlabojošām piedevām. Pētījumi rāda, ka autobusu dīzeļmotorus pārkārtojot darbam ar bioetanolu

(E95), izplūdes gāzēs nav oglekļa dioksīda un sēra dioksīda, būtiski samazinās slāpekļa oksīda NO_x un kvēpu daudzums salīdzinājumā ar parasto dīzeļdegvielu.

Zviedrija ir pirmā ES valsts, kurā ir uzsākta rūpnieciska bioetanola ražošana no celulozi saturošām izejvielām (koksnes atlikumiem).

Firmai Etanoltechnik AB ir rūpnīca Ornskoldsvikā, kur notiek industriāls process bioetanola ieguvei no koksnes atkritumiem.

2006. gada beigās E85 degvielas uzpildes staciju skaits Zviedrijā jau sasniedz 580, ik mēnesi atverot ap 30 jaunas E85 DUS un kopējā degvielas patēriņā biodegviela veidoja 2,5 %. Zviedrijas valdība sola, ka līdz 2008. gadam šāda degviela būs pieejama 25 % degvielas uzpildes staciju un 2009. gadā – jau visās. Zviedrijā E85 degvielas cena ir par 25 % zemāka nekā fosilā benzīna cena. Pilsētā E85 patēriņš ir par 25 %, bet uz autostrādēm par 15 % lielāks nekā benzīnam.

2006. gada beigās bija ap 44000 bioetanola vieglās automašīnas (E85) un vairāki simti ar bioetanolu darbināmi autobusu (95 % bioetanola un 5 % aizdedzi uzlabojošās piedevas).

Patreiz Eiropā lielākā bioetanola ražošanas rūpnīca (Südzucker Bioethanol GmbH) atrodas Zeitsā, Vācijā. Rūpnīca darbu uzsāka 2005. gadā un gadā pārstrādā ar 700000 tonnas graudu, saražojot 260000 m³ bioetanola, 260000 tonnas olbaltuma barības līdzekli DDGS ar preču marku „ProtiGrain” un elektrību ievadīšanai kopējā tīklā.

Šī rūpnīca piedāvā E85 degvielu ar preču marku „CropPower85” uzlabotas kvalitātes bioetanola degviela maināmas degvielas (FFV) automobiļiem.

Degvielas pārdevējfirma „E85.biz” degvielas E85 sastāvu raksturo sekojoši:

Dehidrēts bioetanols (spirta koncentrācija 99,5 %) – pēc svara 86,0 %,

Superbenzīns EN 228 – pēc svara 11,6 %,

MTBE – pēc svara 2,0 %,

Isobutanols – pēc svara 0,4 %.

Vācijā bioetanols kā degviela netiek aplikts ar akcīzes nodokli līdz 2009. gadam. Latvijā saskaņā ar Eiropas Komisijas 2006. gada 8. maija lēmumu „Valsts atbalsts Nr. N 540/2005 – Latvija. Atbalsts biodegvielas ražošanai” tiešais atbalsts

piešķirts līdz 2010. gadam 31. decembrim un nodokļu samazinājums līdz 2011. gada 8. maijam.

Latvijā latols E85 pirmoreiz parādījās pārdošanā līdz šim degvielas tirgū firmas „Statoil” DUS Rīgā 2007. gada beigās. Latola E85 standarts pagaidām nav izstrādāts un, tā izmantošanai attīstoties, šāds standarts būs jāizstrādā, lai nodrošinātu šīs degvielas kvalitātes prasību izpildi.

Latvijas apstākļiem lietderīgi izmantot E85 degvielas specifikācijas un standartus, ko pašreiz pielieto ASV un kuri sniegti ASV Enerģētikas ministrijas Rokasgrāmatā E85 ražošanai, uzglabāšanai un pielietošanai.

Ņemot vērā bioetanola negatīvo iedarbību uz dažu veidu elastomeriem un metāliem, kā arī fizikālo un ķīmisko īpašību atšķirībām no parastā benzīna, parastajos standarta automobiļos var lietot tikai 5 % līdz 10 % bioetanola un benzīna maisījumus E5 un E10. Maisījums ar bioetanola saturu 20 – 85 % (E20 – E85) var lietot tikai speciāli piemērotos degvielas automobiļos (FFV).

4.6. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kas ir bioetanol? Ar ko tas atšķiras no parastā etanola (graudu spirta)? Kāpēc nepieciešama spirta dehidrācija? Kādas fizikālās īpašības bioetanolam labākas kā benzīnam un kādas sliktākas? Raksturojiet tās. Kā bioetanola pielietošana ietekmē motora jaudu? Kā degvielas patēriņu?

No kādām izejvielām iegūst bioetanolu? Kura izejviela dod visvairāk bioetanola no 1 ha platības? Raksturojiet bioetanola ražošanas tehnoloģisko procesu no graudiem? Kādas metodes izmanto jēlspirta dehidrēšanai?

Perspektīvā Latvijā bioetanola ražošanai vajadzētu izmantot ASV plaši lietoto graudu mitrās pārstrādes tehnoloģiju, kad tiem tiek iegūts ne tikai etanols, bet ļoti daudz produktu – ciete, augu eļļas, lopbarība.

Kāpēc bioetanola ražošanas procesā nepieciešama jēlspirta dehidrēšana? Kāds ir pieļaujamais ūdens saturs bioetanolā? Raksturojiet molekulāro sietu metodi un sāļu

destilācijas metodi bioetanola ražošanā. Nosauciet četrus dažādus veidus kādos bioetanolu izmanto kā motordegvielu?

Raksturojiet maisījuma degvielu E85 un E10 pielietošanu motoros. Kas ir ETBE un kā to izmanto? Kā ETBE pielietošana ietekmē sadegšanas procesu motorā? Kas ir maināmas degvielas automobiļi (FFV)? Raksturojiet šo automobiļu barošanas sistēmu īpatnības?

Kā bioetanola pielietošana ietekmē motora jaudu un degvielas patēriņu? Kur un kādos apstākļos lieto nedehidrētu bioetanolu E96? Kādas metodes izmanto, lai bioetanolu varētu pielietot dīzeļmotorā? Kur un kādos apstākļos bioetanolu izmanto kā dīzeļmotoru degvielu? Kādā veidā iespējams bioetanolu izmantot biodīzeļdegvielas REE ražošanā? Kā bioetanola piemaisījums benzīnam ietekmē motora oktānskaitli? Kāda ir gaisa un degvielas maisījuma stehiometriskā attiecība bioetanolam un kāda benzīnam? Kā bioetanola pielietošana ietekmē toksisko komponentu daudzumu motora atgāzēs?

Raksturojiet īsumā ASV pieredzi latola E85 izmantošanā automobiļos? Raksturojiet FFV automobiļa barošanas sistēmas galvenās konstruktīvās izmaiņas un darbības principus. Kā E85 izmantošana ietekmē FFV automobiļa motora kalpošanas ilgumu?

Raksturojiet īsumā Zviedrijas praksi E85 degvielas pielietošanā automobiļos. Kādi ir galvenie faktori, kas sekmē strauju FFV automobiļu attīstību Zviedrijā? Kur atrodas pašreiz Eiropā lielākā bioetanola rūpnīca un cik daudz bioetanola gadā tā saražo?

5. BIOGĀZE

5.1. Biogāzes vispārējs raksturojums

LR Saeimas pieņemtajā „Biodegvielas likumā” biogāze kā motordegviela ir definēta kā gāze, ko iegūst no biomasas vai bioloģiski noārdāmas atkritumu frakcijas un ko var attīrīt līdz tādai kvalitātei, lai izmantotu kā degvielu.

Pēc ķīmiskā sastāva biogāze pamatā ir metāns (CH_4) – 60–70 % un oglekļa dioksīda (CO_2) – 30–40 % maisījums. Biogāzes ražošanas pamatā ir organisko vielu raudzēšana anaerobos (bez skābekļa) apstākļos ar dabīgu mikrobu asociāciju, kuras sastāvā ietilpst metānbaktērijas. Anaerobās raudzēšanas procesa pirmajā fāzē organisko vielu polimēri – olbaltumvielas, polisaharīdi, tauku nukleīnskābes hidrolizējas, respektīvi, noārdās līdz monomēriem, un tālāk caur taukskābēm pārveidojas līdz acetātam. Tālāk seko procesa otrā fāze, kurā iegūtais acetāts tiek izmantots par substrātu metānveidotājam baktērijām. Metānrūgšanā 95% no organiskās vielas oglekļa pārvēršas biogāzē, pārējais baktēriju biomasā un siltumā. Anaerobās raudzēšanas procesa pirmajā fāzē vide paskābinās, bet otrajā fāzē metānveidotājam baktērijām nepieciešama neitrāla vides reakcija.

Metānrūgšanas procesā notiek ne tikai organisko vielu pārgāzēšana, bet vienlaicīgi arī vides detoksikācija, patogēnās mikrofloras, helmintu oļiņu un nezāļu sēklu inaktivācija. Tāpēc metānrūgšana uzskatāma par vides atvērēšanas procesu.

Biogāzes ražošanā galvenokārt ir izplatītas divu veidu tehnoloģijas, kas atšķiras pēc temperatūras režīma: mezofilā (20–40 °C) un termofilā (50–60 °C). Visplašāk pasaulē izplatīta ir termofilā tehnoloģija, kurā pārstrādājamais šķidrās substrāts ir ar nelielu sausnas saturu (3–8 %), piemēram, pārtikas rūpniecības notekūdeņi un notekūdeņu attīrīšanā iegūtās dūņas, un vidēju (8–15 %) sausnas saturu, kā, piemēram, organiskie atkritumi no lopkopības un pārtikas rūpniecības. Kaut arī anaerobās raudzēšanas procesā no izmantotās biomasas izdalās siltums, tomēr mērenā klimatā apstākļos, arī Latvijā, termofilā procesa (50–60 °C) nodrošināšanai biogāzes reaktorā bieži vien jāpievada papildus siltums. Dažu autoru pētījumi rāda, ka Latvijas apstākļos vislielāko biogāzes daudzumu varētu dot mājdzīvnieku ekskrementu pārstrāde – reāli

ap 100 milj. m³ gadā, pārtikas rūpniecības notekūdeņi ap 13,6 milj. m³ gadā un komunālie atkritumi 57,5 milj. m³ gadā.

Otra, arī plaši izplatīta biogāzes ieguves tehnoloģija ir mezofilā tehnoloģija, kurā process notiek 20-40 °C temperatūrā. Šinī procesā izmanto substrātu ar lielu (virs 15 %) sausnas saturu, ko veido cietie organiskie atkritumi, kas nonāk un uzkrājas pilsētu atkritumu izgāztuvēs un gadu gaitā mezofilo baktēriju iedarbībā sadaloties atkritumu organiskai daļai veidojas biogāze. Izgāztuvēs iegūtā biogāze atšķiras ar zemāku metāna saturu (apmēram 55 % metāna un 45 % oglekļa dioksīda) un to dažkārt sauc par izgāztuvju gāzi (landfil gas). Kā biogāzes ražošanas mezofilās tehnoloģijas piemērus Latvijā var minēt Rīgas cieto atkritumu poligonu „Getliņi” un Liepājas pilsētas atkritumu izgāztuvi Grobiņā.

Īpaši svarīga ir biogāzes ražošana un izmantošana lauksaimniecībā, jo tā palīdz risināt ne tikai enerģijas problēmas, bet arī iegūt biomasas raudzēšanas atlikumus. Pārstrādātie kūstmēsli un biomasas ir daudz augstvērtīgāks mēslošanas līdzeklis nekā vaļējās krātuvēs uzkrātie kūstmēsli un substrāts, ko iegūst kompostējot atkritumus tradicionālā veidā. Raudzēšanas atkritumiem nav specifiskās nepatīkamās smakas un tos var tūlīt izmantot mēslošanai uz lauka vai siltumnīcās.

Lauksaimniecībā izmantojamās biogāzes ražošanas iekārtās var utilizēt ne tikai dažādus lauksaimniecības atkritumus, mājlopu un putnu mēslus, augkopības atkritumus, bet, lai palielinātu biogāzes iznākumu, arī augu zaļo masu, ko pievieno kūstmēsliem. Pēdējos gados Vācijā, Polijā u.c. valstīs attīstās speciālu augu ar lielu zaļo masu, piemēram, kukurūzas audzēšana, kas paredzēta tieši biogāzes ražošanai. Šāda tehnoloģija ir paredzēta arī jaunuzceltajā biogāzes ražotnē LLU mācību un pētījumu saimniecībā „Vecauce” (skat. 5.4. sadaļu).

Biogāzes ražošanai un izmantošanai ir arī svarīga ekoloģiska nozīme, jo līdz ar to tiek novērsta brīva metāna (CH₄) noplūde un uzkrāšanās atmosfēras augšējos slāņos. Metāns, tāpat kā CO₂ rada siltumnīcas efektu, bet siltumnīcas efekts, ko izraisa metāns ir 21 reizi lielāks kā oglekļa dioksīda radītais. Metāna radītās negatīvās ietekmes (siltumnīcas efekta) samazināšanai jāizveido biogāzes savākšanas un ražošanas sistēmas un biogāze ir jāizmanto siltuma un elektroenerģijas ražošanai.

Biogāzi praksē izmanto trīs veidos:

- tikai siltuma ieguvei, sadedzinot sadzīves un rūpnieciskās krāsīs dabasgāzes vietā;
- tiešā veidā kā gāzmotoru vai gāzturbīnu degvielu koģenerācijas stacijās kombinētai siltuma un elektrības ražošanai;
- bagātinātā veidā (attīrītu no CO₂ balasta) un saspiestu augstspiediena balonos līdz 20 MPa kā gāzmotoru degvielu spēkratos.

Izmantojot biogāzi kā gāzmotoru degvielu gan tiešā gan bagātinātā veidā, tā pirms saspiešanas balonos jāattīra no biogāzes sastāvā esošā līdz 1 % pēc tilpuma sērūdeņraža (H₂S).

Pēdējais sadegšanas procesā veido sēra dioksīdu SO₂, kas rada cauruļvadu un motoru detaļu koroziju. Tādēļ izmantošanai iekšdedzes motoros H₂S no biogāzes ir jāattīra. To dara, laižot biogāzi cauri tilpnei ar dzelzs skaidām, vai arī izmantojot bioloģiskas metodes.

Biogāzi kā degvielu gāzes pavardos un individuālo māju apkurei plaši izmanto zemēs ar siltāku klimatu (Ķīnā, Indijā u.c.), izmantojot nelielus, rūpnieciski ražotus biogāzes procesorus, kas darbojas ar mājsaimniecības organiskiem atkritumiem. Zviedrijā, Norčepingā, Stoholmā u.c. jau ievērojams skaits pilsētas autobusu darbojas ar biogāzi, ko ražo no municipāliem atkritumiem un notekūdeņiem. Anglijā, Dānijā u.c. fermeri biogāzi izmanto dīzeļģeneratoru darbināšanai koģenerācijas režīmā, pārbūvējot to par gāzdīzeli.

Biogāzes siltumspēja ir 20-26 MJ/m³, un normālos darba apstākļos, arī pie nepilnas slodzes, kad izplūdes gāzu temperatūra ir 550 °C vai nedaudz mazāk, dīzeļmotora jauda darbā ar biogāzi ir 85-90 % no jaudas, ko motors attīsta, ja darbojas tikai ar dīzeļdegvielu.

Biogāzi var saspiegt gāzes balonos līdz spiedienam 20,0 MPa un izmantot spēkratos vai sadzīvē. Bet tas prasa īpaši iekārtotu kompresoru staciju. Tāpēc līdz deviņdesmitajiem gadiem biogāzi visbiežāk sadedzināja ražošanas vietās katlu kurtuvēs siltuma un siltā ūdens ieguvei. Daļu siltā ūdens izmanto biogāzes ražošanā, lai uzturētu nepieciešamo darba temperatūru reaktorā. To var dedzināt arī sadzīves un rūpnieciskās krāsīs dabas gāzes vietā. Vasaras periodā siltums parasti nav vajadzīgs.

Kopš deviņdesmitajiem gadiem biogāzi arvien plašāk izmanto elektrības un siltuma kombinētai ražošanai koģenerācijas motorstacijās.

Rietumvalstīs biogāzes ražošana tika uzsākta deviņdesmito gadu sākumā, bet tā attīstījās lēni, jo salīdzinot ar augsti mehanizētām tradicionālām siltumiekārtām, biogāzes ražotais siltums izmaksā dārgāk.

Tomēr pēdējos gados, ņemot vērā jaunās ES direktīvas un lēmumus par atmosfērā izplūstošo gāzu radītā siltumnīcu efekta samazināšanu, kā arī fosilo degvielu ierobežotos resursus un cenu augšanu, daudzās valstīs, pirmkārt Dānijā, Beļģijā, Francijā un Vācijā, biogāzes ražošana attīstās arvien straujāk. Šajā jomā tiek veikti plaši pētījumi, ir izveidotas dažādu tipu un konstrukciju biogāzes ražošanas iekārtas.

Iegūta jau zināma pieredze biogāzes iekārtu konstruēšanā un ekspluatācijā, kas ļauj izvairīties no agrāk pieļautām kļūdām. Pieredze rāda, ka biogāzes iekārtu izveidošanā vislielākie izdevumi veidojas no iekārtu kapitālieguldījumiem. Arī citiem alternatīviem enerģijas veidiem ir nepieciešami lieli kapitālieguldījumi. Jo mazāka iekārta, jo lielāki iznāk kapitālieguldījumi uz vienu jaudas vienību. Tādēļ no enerģētiskā viedokļa izdevīgākas ir lielas biogāzes ražotnes.

Perspektīva izejviela biogāzes iegūšanai var būt arī augkopības atkritumi, kas satur organiskās vielas. No augiem cilvēku un dzīvnieku vajadzībām bieži vien izmantota tikai neliela daļa. Biešu lapas, sakņu atgriezumus u.c. kļūst par atkritumiem. Bieži pēc ražas novākšanas tos iearaugsnē. Tomēr tas izjauc C un N attiecību par labu C un prasa papildus piestrādāt, lai optimālu attiecību atjaunotu. Augkopības atkritumu (salmu, lapu, lakstu u.c.) pievienošana biogāzes iekārtās lopkopības atkritumiem ir vēlama, jo palīdz uzlabot C un N attiecību. Biogāzes iekārtās ir vēlams pārstrādāt arī visu bojāto augkopības produkciju, kas pārtikai nav izmantojama, piemēram, kartupeļus, skābarību, bietes, salmus u.c. Biogāzes iznākums no augkopības atkritumiem ir no 0,25-0,75 m³ no viena kg sausās organiskās vielas.

Kopīgais Latvijā iegūstamais biogāzes daudzums vērtējams ap 170 milj. m³, kas līdzvērtīgs 130 milj. m³ dabas gāzes (17. tabula).

Biogāzes ražošana no enerģijas ieguves un šķidro organisko atkritumu utilizācijas viedokļa ir viens no efektīvākiem biomasas enerģijas izmantošanas veidiem. Iegūtās biogāzes enerģijā pāriet aptuveni 95 % no organiskās masas

enerģijas, bet pārējā tiek izmantota mikroorganismu augšanai un izdalās siltuma veidā. Mūsdienīga organisko atkritumu pārstrādes sistēma ietver atkritumu savākšanas, šķirošanas, pieņemšanas, transportēšanas, uzglabāšanas, biogāzes ieguves un iegūtās biogāzes attīrīšanas un izmantošanas tehnoloģiskās iekārtas. Šādas sistēmas enerģijas patēriņš ir ievērojami liels. Dažāda apjoma atkritumu utilizācijas ciklos enerģijas patēriņš procesa uzturēšanai mūsu klimatiskajos apstākļos sasniedz pusi no ar biogāzi iegūtās enerģijas daudzumu. Tādēļ Latvijā nav izdevīgi būvēt un izmantot mazas jaudas biogāzes ieguves iekārtas, kā tas ir zemēs ar siltāku klimatu (Ķīnā, Indijā u.c.).

17. tabula

Latvijā izmantojamo biogāzes ieguves resursu kopsavilkums [1]

Nr. p.k.	Iegūšanas avots	Biogāzes daudzums, milj. m ³ /gadā
1.	Lauksaimniecības atkritumi	135,4
2.	Komunālās saimniecības notekūdeņi un atkritumi	20,8
3.	Pārtikas rūpniecības notekūdeņi	169,8
	Kopā:	326,0

Perspektīva šodien ir atsevišķa reģiona visa veida organisko atkritumu masas savākšana un pārstrāde integrētā sistēmā, kurā šķidros organiskos atkritumus utilizē savākšanas un pārstrādes centralizētās lieljaudas biogāzes ražotnēs, bet cietās degšanas frakcijas izmanto siltuma ieguvei sadedzinot termocentrāles boileru kurtuvēs. Šādā integrētā sistēmā iespējams efektīvi izmantot iegūto siltuma enerģiju, kas nepieciešama gan anaerobā procesa uzturēšanai biogāzes reaktoros, gan siltā ūdens piegādei lokālajiem siltumtīkliem.

A. Šķēles, A. Upīša u.c. veiktie pētījumi par biogāzes ražošanas iespējām Rīgas rajona Stopiņu pagasta SIA „Ulbroka” cūku fermā „Acone” [2], parādīja, ka no fermā esošajām dažādu kategoriju 21780 cūkām diennaktī iegūst 84 t kūtmēsļu, no kuriem iespējams saražot 4332 m³ biogāzes diennaktī jeb 1,5 milj. m³ gadā.

Aprēķini rāda, ka izmantojot saražoto biogāzi gāzmotoru darbināšanai koģenerācijas motorstacijā, gada laikā var iegūt 3,47 milj. kWh elektroenerģijas un 6,25 milj. kWh siltumenerģijas. Paredzēts, ka elektroenerģijas pārdošana „Latvenergo”

tīklā dos ienākumus 135000 Ls/gadā, bet apmēram 50 % no saražotās siltumenerģijas izlietos biogāzes ražošanas procesam un atlikušo daļu siltuma režīma nodrošināšanai kūtiņās un sīvēnu guļas vietu apsildei. Aprēķini rāda, ka šāda objekta celtniecība Stopiņu pagasta teritorijā izmaksātu 1,3-1,5 milj.Ls, bet šķidrmēsļu apstrādes procesā izdalījušos biogāzi izmantojot elektroenerģijas un siltuma ieguvei, objekta celtniecībā ieguldītie līdzekļi atmaksātos 10-15 gadu laikā.

Jāatzīmē, ka vairākās Eiropas valstīs un ASV biogāzes ražošana jau kļuvusi par nopietnu atjaunojamās enerģijas ieguves nozari un tās ražošana neaprobežojas vairs tikai ar kūtsmēsliem, notekūdeņiem un municipālo atkritumu pārstrādi, bet biogāzes ražošanai aizvien vairāk sāk izmantot speciāli šim nolūkam audzētas augu kultūras, kas dod lielu biomasas daudzumu no hektāra. Kopumā izvērtējot biogāzes pozitīvo ietekmi varam atzīmēt sekojošas biogāzes priekšrocības:

- tiek iegūta bioloģiski atjaunojama, pamatā metānu saturoša, deggāze, ko var izmantot kā iekšdedzes motoru degvielu un siltumenerģijas ieguvei;
- ražošanas procesā dzīvnieku mēsli un organiskie atkritumi tiek degradēti līdz biohumusa līmenim, mēslojuma kvalitāte uzlabojas, slāpekļa saturs palielinās vismaz par 20 %, mēsli zaudē specifisko smaku, ir ērti un efektīvi izmantojami;
- ražošanas termofilajā procesā tiek iznīcinātas mēsli sastāvā esošās kaitīgās baktērijas un nezāļu sēklas, kas ļoti pozitīvi ietekmē vidi;
- elektrības ražošana no biogāzes koģenerācijas stacijās dod peļņu vietējiem uzņēmējiem un samazina valsts atkarību no importētās elektroenerģijas;
- ja biogāze tiek kvalitatīvi attīrīta to var piejaukt dabasgāzei un perspektīvā nākotnē izmantot gāzes apkures tīklos kopā ar dabasgāzi.

5.2. Biogāzes ieguve decentralizētās ražotnēs

Decentralizētu jeb fermeru mēroga, biogāzes ražotņu galvenā priekšrocība salīdzinot ar lielām, centralizētām ražotnēm, ir ievērojami samazināti ražošanas

izdevumi izejvielu un iegūto pārstrādāto mēsļu (biomasas) transportēšanai. Šī iemesla dēļ fermeru mēroga biogāzes ražotnes turpina attīstīties pat tādā valstī kā Dānija, kura ir slavena ar daudzām lielas jaudas centralizētām biogāzes ražotnēm. Darbojas specializētas firmas, kas ražo, piegādā un uzstāda biogāzes iekārtas fermeru saimniecībām.

Dāņu enerģijas aģentūra (Danish Energy Agency), kopš 1994. gada veica pētījumus par fermeru mēroga biogāzes ražotņu ekonomisko efektivitāti un palīdzēja fermeriem Dānijā attīstīt zināmu skaitu nelielu biogāzes ražotņu.

Pētījumu rezultāti parādīja, ka, pie zināmiem nosacījumiem fermeru biogāzes ražotnes var būt ekonomiski izdevīgas. Tām ir zems kapitālieguldījumu līmenis, zemas apkalpojošā personāla un transporta izmaksas. Plus vel jāievērtē ekonomiskais izdevīgums no mēslojuma kvalitātes uzlabošanās, vides piesārņojuma samazināšanās un apkārtnes sakārtotības. Pēc dāņu parauga nelielas biogāzes ražotnes ir uzbūvējuši un izmanto arī citu valstu fermeri.

Decentralizētas biogāzes ražotnes ļoti strauji ir attīstījušās dienvidaustrumu Āzijas valstīs, kurās klimatiskie apstākļi ļauj ērti nodrošināt termofīlo procesu. Šeit uzbūvētās biogāzes ražotnes raksturojas ar vienkāršu un lētu konstrukciju, tajās parasti netiek izmantoti sūkņi, elektromotori un moderna aparatūra, bet procesu nodrošina pati iegūtā biogāze ar savu spiedienu un gravitācijas spēks.

Šeit ļoti īsi iepazīstināsim ar šī tipa bioreaktoru pamatprincipiem, jo Somijas fermeru pieredze rāda, ka, iebūvējot biogāzes reaktoru slēgtās telpās, iespējams nodrošināt biogāzes ražošanu pat Ziemeļeiropas apstākļos.

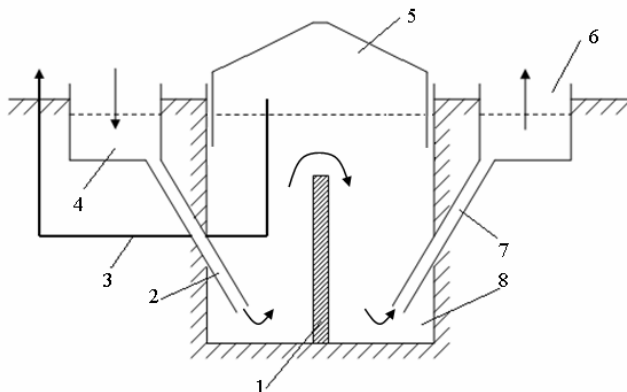
Minētajās valstīs populāri ir divu veidu biogāzes reaktori:

- peldošā kausa reaktors (35. att.);
- fiksētās velvies reaktors (36. att.).

Peldošā kausa reaktors

Peldošā kausa reaktorus plaši lieto Indijā un tie pazīstami arī kā indiešu reaktori. Reaktors sastāv no zemē izbetonēta cilindriskā karkasa 8, kurā brīvi ieiet cilindrisks kauss 5 (35. att.) ar vaļējo galu uz leju un dibenu uz augšu. Kauss ir izveidots no tērauda loksnēm un var brīvi pārvietoties uz augšu vai leju, atkarībā no kausā uzkrājušās biogāzes spiediena. Kauss ir daļēji iegremdēts reaktora karkasā 8

iepildītajos šķidrmēslos (vircā) un it kā „peld” tajā, no tā arī nosaukums – peldošā kausa reaktors.



35. att. Peldošā kausa tipa biogāzes reaktors:

- 1 – šķērssienu; 2 – vircas ieplūdes caurule; 3 – biogāzes izvadcaurule;
4 – padeves tvertne; 5 – peldošais kauss; 6 – pārstrādātās biomasas savācējvertne;
7 – pārstrādātās biomasas izplūdes caurule; 8 – betonēts karkass.

Pārgāzējamo biomasu pagatavo padeves tvertnē 4, sajaucot tajā dzīvnieku šķidrmēslus ar organiskiem atkritumiem. Iegūto maisījumu varētu nosacīti saukt par vircu. Atverot aizbīdņi virca no padeves tvertnes 4 pa slīpo cauruli 2 noplūst reaktora karkasa telpā 8. Pēc savienoto trauku principa vircas līmenis reaktora telpā un padeves tilpnē kļūst vienāds (raustītā līnija).

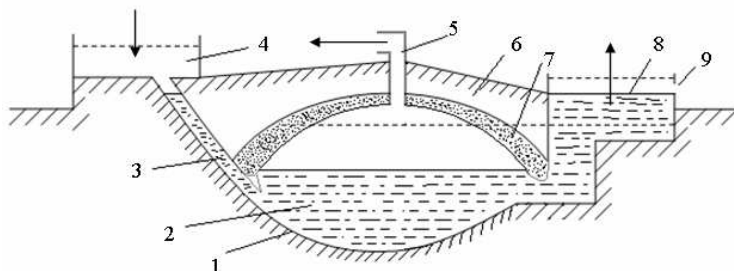
Reaktora telpa ar vertikālu šķērssienu 1 ir sadalīta divās daļās, kas novērš nepārstrādātās biomasas aizplūšanu uz savācējvertni 6. Sākuma periodā, kamēr biogāze intensīvi vēl neizdalās, kauss 5 ir noslīdējis zemākajā stāvoklī. Sākoties metanoģenēzes procesam, biogāzes daudzums pakāpeniski pieaug, tā pakāpeniski piepilda kausu un tās spiediens ceļ kausu uz augšu. Biogāze uzkrājas kausā un atrodas zem pastāvīga kausa svara radītā gāzes spiediena, kas sasniedz 1,20-1,25 bāri. Zem šāda spiediena gāze pa izplūdes cauruli 3 izplūst no biogāzes reaktora un tālāk tiek novadīta izmantošanai koģeneratora motora un vai irigācijas sistēmas ūdenssūkņa motora darbināšanai. Gāze plūst kausa spiediena rezultātā un šajā sistēmā nekāds gāzes pūtējs nav vajadzīgs. Ja peldošā kausa smaguma svārs ir par mazu vajadzīgā

gāzes spiediena uzturēšanai, to noslogo uzliekot uz tā smilšu maisu vai citu veida atsvarus. Kausa apakšējā daļā ir iegremdēta vircā. Šis šķidrums piepilda koncentrisko spraugu starp kausu un karkasu un tādejādi kalpo kā šķidruma blīvslēgs, novēršot gāzes noplūdi pa šo spraugu.

Biogāzes ieguves procesā apstrādātā biomasa izplūst no reaktora pa izplūdes cauruli 7 un uzkrājas savācējvertnē 6, no kuras periodiski tiek izvākta.

Fiksētās velves reaktors

Fiksētās velves reaktorus ļoti plaši pielieto Ķīnā, tādēļ tie ir pazīstami arī kā ķīniešu reaktori. Reaktors sastāv no zemē izraktas ovālas bedres 1 (36. att.), kura pārklāta ar betona vai no ķieģeļiem mūrētu velvi 7. Virs tās uzbērts zemes slānis 6, kura uzdevums ir līdzsvarot gāzes spiedienu no iekšpuses un nofiksēt velves vāka stāvokli. Slīpa caurule 3 savieno bedri ar šķidrās biomasas padeves tvertni 4, bet paplašināts atvērums bedres sānos – ar atstrādātās biomasas savācējvertni 8.



36. att. Fiksētās velves tipa biogāzes reaktors:

- 1 – bedre; 2 – šķidrā biomasa; 3 – šķidrās biomasas ieplūdes caurule;
- 4 – padeves tvertne; 5 – biogāzes izvadcaurule; 6 – zemes uzbērumš;
- 7 – betona velve; 8 – pārstrādātās biomasas savācējvertne; 9 – kontroles caurums.

Velves centrā iemontēta biogāzes izvadcaurule 5.

Fiksētās velves reaktors darbojas šādi. Uzsākot darbību padeves tvertnē iepilda sašķidrinātu biomasu, līdz velve un savācējvertne piepildās apmēram līdz līmenim, ko norāda zemākā raustītā līnija, (36. att.). Attīstoties motanogēnēzes procesam, saražotā biogāze uzkrājas betonētajā velvē un, biogāzes spiedienam pieaugot, šķidrmēsli līmenis ovālajā bedrē pazeminās, bet savācējvertnē paaugstinās. Biogāze izplūst pa

izvadcauruli 5 un tālāk pa gāzes vadu tiek piegādāta patērētājiem. Ja biogāzes daudzums ovālajā telpā virs šķidrās biomasas slāņa samazinās, biomasa no savācējvertnes sava smaguma dēļ plūst atpakaļ ovālajā bedrē un šķidrmēsli līmenis paceļas. Šāds šķidrās masas pašpārvietošanās princips sekmē tās homogenitāti un veicina baktēriju darbību.

Gāzes spiediens ovālajā telpā zem velves sasniedz 1200 mm H₂O. Šāds spiediens, darbojoties uz velves virsmas laukumu, attīsta vairākas tonnas lielu celtpēju, tādēļ uzbērtajam zemes slānim jābūt vismaz metru biezam.

Biogāzes ražošanai tālāk attīstoties, uz fiksētās velves tipa reaktoru bāzes ir izveidoti un pielietoti elastīga maisa jeb telts tipa reaktori. Šajā gadījumā biogāzes reaktora ovālā bedrē tiek pārklāta nevis ar masīvu betona vāku, bet gan ar elastīgu un izturīgu polivinilhlorīda (PVC) plastikāta plēvi, kas kalpo kā biogāzes rezervuārs piepūšama gāzes maisa veidā.

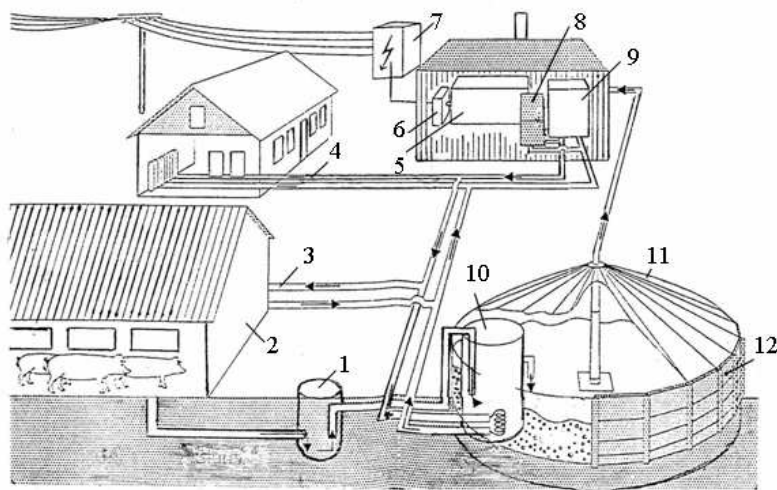
Maisa tipa biogāzes rezervuārus izmanto arī fermeri Vācijā, tos novietojot virs reaktora izbūvētas ēkas bēniņos.

Biogāzes ražošana šķidrmēsli krātuvēs

Astoņdesmito gadu beigās un deviņdesmitajos gados Dānijā, Vācijā u.c. valstīs pie mājlopu fermām lielos daudzumos tika būvētas liela apjoma cilindriskas, betonētas šķidrmēsli krātuves. Ar šādām vaļējām krātuvēm gan tika pasargāta grunts un ūdenskrātuvju piesārņošana, bet netika novērsta siltumnīcas efekta radošo gāzu CO₂ un CH₄ nokļūšana atmosfērā un arī specifiskā mēsli smaka. Bez tam lietūs ūdens nokļuva krātuvēs un mēsli kvalitāte samazinājās.

Dānijā deviņdesmito gadu vidū kompānija „Lundsby Industry” izstrādāja telts tipa jumta konstrukciju esošajām šķidrmēsli krātuvēm un biogāzes ražošanas un izmantošanas sistēmu uz esošo cilindrisko šķidrmēsli krātuvēm un biogāzes ražošanas un izmantošanas sistēmu uz esošo cilindrisko šķidrmēsli krātuvju bāzes. Šāda biogāzes ieguves sistēma pamatā sastāv no biogāzes reaktora 10 (37. att.), kurš iebūvēts cilindriskās šķidrmēsli krātuves vienā malā. Krātuves vidū uzstādīts no nerūsējošā tērauda izgatavots teleskopisks masts, kurš balsta krātuvei pārklājamo teltsveida jumtu 11. Jumta segums izgatavots no armētas, izturīgas PVC poliestera plēves. Jumta apakšējā mala hermētiski piestiprināta mēsli krātuves 12 augšējam

gredzenam. Krātuves iekšpusē ir iebūvēts dzelzsbetona konstrukcijas, ar 75 mm biezu polistirēna slāni izoderēts cilindrisks biogāzes reaktors 10, kuram caur bufertvertni 1 pievada šķīdirmēslus no cūku kūts. Bufertvertne nodrošina vienmērīgu, nepārtrauktu mēslu padevi un novērš gaisa ieplūdi reaktorā.



37. att. **Fermera mēroga biogāzes sistēma ar mēslu krātuvē iebūvētu reaktoru (Avots: Lundsby Industry, Dānija):**

1 – bufertvertne; 2 – kūts; 3 un 4 – apsildes caurules; 5 – koģenerācijas gāzmotors; 6 – elektroģenerators; 7 – transformators; 8 – atgāzu siltummainis; 9 – boilers; 10 – biogāzes reaktors; 11 – plēves jumts; 12 – mēslu tvertne.

Lai samazinātu enerģijas patēriņu biogāzes ražošanai, viss mēslu krātuves apjoms netiek sildīts, bet sildīts tiek tikai reaktorā ieplūdušais šķīdirmēslu daudzums. Tam nolūkam reaktora apakšējā daļā iebūvētas apsildes caurules, caur kurām plūst siltais ūdens no koģeneratora vai apkures boilerā. Šāda apsilde nodrošina 30 °C temperatūru, kurā notiek biogāzes ieguves mezofīlais process. Pēc 20 dienām reaktorā ietilpstošais mēslu daudzums ir pārstrādāts un pārplūdis no reaktora mēslu krātuvē. Biogāzes reaktora darbību kontrolē un vada automātiska sistēma PCL. Jauna porcija šķīdirmēslu 3-4 m³ apjomā tiek automātiski iesūkņēta reaktorā 2 reizes dienā caur diviem bufertankiem. Mēslu slāņa samaisīšana reaktorā notiek automātiski ar cirkulācijas sūkni, ar kuru stundu 5 minūtes mēslus izsūc un dzen atpakaļ tvertnē.

Reaktora grīda ir koniska ar izvadcauruli vidū. Pievienojot izvadcaurulei transportējamo vakuumcisternu, caur to periodiski atsūc reaktora dibenā sakrājušās smiltis.

Saražotā biogāze uzkrājas zem teltsveida jumta un no turienes to pa cauruļvadu ar gāzes pūtēju pievada koģeneratoram vai boileru kurtuvei. Koģeneratora saražoto elektrību novada kopējā elektrotīklā, bet siltumu izmanto reaktora, cūkkūts un pārējo ēku apsildei. Ja koģeneratorā iegūtā siltuma daudzuma nepietiek, tad papildus siltumu iegūst sadedzinot biogāzi boileru kurtuvē. Lai iegūtu lielāku peļņu, koģenerators ražo elektrību ievadīšanai tīklā tikai dienas laikā, kad ir augstāks tarifs. Pārējo laiku izmanto gāzes uzkrāšanai. Koģeneratora motors tiek iedarbināts un apturēts automātiski no taimera vai arī gāzes spiediena sensora. Ja gāzes spiediens krātuvē pārsniedz pieļaujamo, spiediena sensors iedarbina motoru, kaut arī pēc taimera vēl nav laiks.

Aplūkotā fermēra mēroga biogāzes ražotne gada laikā pārstrādā 5000 m³ cūku mēslus un saražo 75000 m³ biogāzes, respektīvi, no 1 m³ mēslu caurmērā iegūst 15 m³ biogāzes. Jāatzīmē, ka modernās, centralizētās lieljaudas biogāzes rūpnīcās iegūst no 1 m³ šķidrās biomasas iegūst 30 m³ biogāzes, t.i. divreiz vairāk.

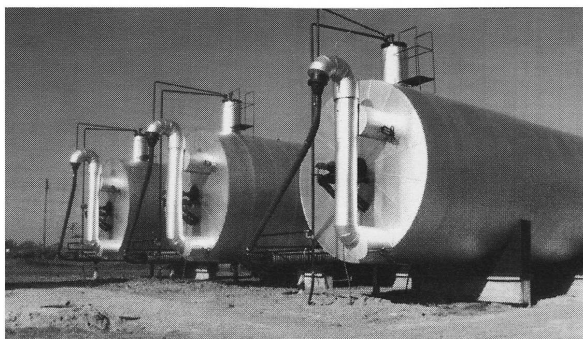
Biogāzes ražošana horizontālos reaktoros

Kā modernas, decentralizētas jeb fermēra mēroga biogāzes ražotnes piemēru aplūkosim ražotni „Rokai” cūku fermā Lietuvā, netālu no Kauņas [5]. Ražotne tika uzcelta kā biogāzes ieguves demonstrēšanas paraugražotne pēc Dānijas atjaunojamās enerģijas centra projekta un ar Dānijas valdības atbalstu.

Ražotne ir projektēta ar tādu aprēķinu, lai varētu pārstrādāt 60 m³ cūku mēslu dienā, ko iegūst no 11000 cūkām. Kopējais iegūtais biogāzes daudzums no cūku mēsliem ir 1200 m³/dienā, tātad šajā biogāzes ražotnē no 1 m³ mēslu iegūst 20 m³ biogāzes. Izmantotā tehnoloģija atļauj papildus 60 m³ cūku mēsliem vēl pārstrādāt 3 t/dienā dažādus organiskos atkritumus, tādā gadījumā saražotais gāzes daudzums pieaug.

Biogāzes ražotne pamatā sastāv no trim horizontāli novietotiem, cilindriskiem tērauda reaktoriem (38. att.), kuru tilpums ir 300 m³ katram un kuri katrs darbojas kopējā gāzes vadā.

Viens bioreaktors pārstrādā 20 m³/dienā sašķīdinātās biomasas, kas sastāv no kūstmēsliem ar organisko atkritumu piejaukumu. To sajaukšana notiek atsevišķās, zemē ieraktās, vertikālās cilindriskās tvertnēs, kuras novietotas katra reaktora vienā galā. Pretējā galā ir atstrādātās biomasas un biogāzes izvadcaurules (redzamas 38. att.). Sajaukšanas tvertņu tilpums ir 30 m³ un 20 m³ no šī daudzuma tiek pārsūknēti reaktorā 24 stundu laikā periodiski ar 2 stundu intervāliem. Tajā pašā laikā, tāds pats atstrādātās biomasas daudzums no reaktora tiek izvadīts.



38. att. **Biogāzes ražošanas reaktori „Rokai” cūku fermā, Lietuvā.**

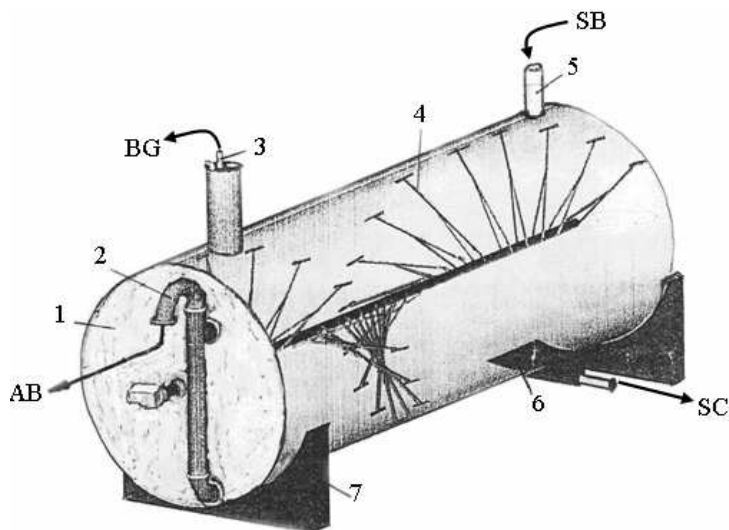
Metānoģenēzes procesa nodrošināšanai reaktorā tiek uzturēta 35-50 °C temperatūra, ko panāk ar silta ūdens cirkulāciju pa apsildes caurulēm, kas iemontētas reaktora siltumizolācijas apvalkā. Silto ūdeni ņem no koģeneratora dzesēšanas sistēmas siltummaiņa vai arī no apkures boilerā, kas arī darbojas ar biogāzi.

Lai panāktu reaktorā iepildītās biomasas homogenitāti un novērstu peldošu biežumu blīvēšanos, reaktorā visā cilindriskā korpusa garumā ir iebūvēts maisītājs, kas sastāv no centrālās vārpstas ar tai piemontētiem skrāpjiem 4 (39. att.).

Skrāpju izvietoējums ir tāds, lai, vārpstai rotējot, tie ne tikai maisītu biomasu reaktorā, bet arī virzītu reaktora telpas dibenā sakrājušās smiltis u.c. nosēdumus uz smilšu lūku 6 caur kuru tās periodiski var izsūkt. Smiltis izsūc, caurulei SC pievienojot transportējamās vakuumbisternas sūkšanas šļūteni.

Biogāze no reaktora izplūst pa izplūdes cauruli 3 zem neliela spiediena, kāds nepieciešams, lai pārvarētu spiediena zudumus cauruļvados un gāzholdera peldošā

kausa pretestību. Biogāzes spiedienam normāli jābūt 25-45 milibāru robežās. Ja tas sasniedz 45 milibāru, sifona tipa drošības vārsts to samazina, izlaižot daļu gāzes no reaktora uz gāzes lāpu un automātiski to aizdedzinot.



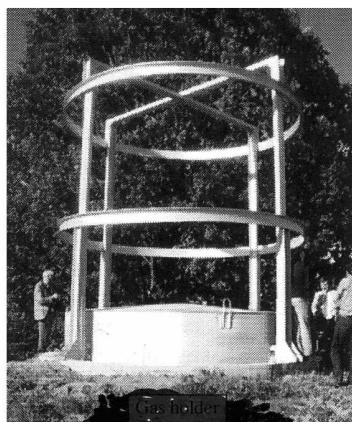
39. att. „Rokai” cūku fermas biogāzes reaktora principālā shēma:

- 1 – nerūsējošā tērauda cisterna; 2 – pārstrādātās biomasas izvadcaurule; 3 – biogāzes izvads; 4 – skrāpji; 5 – sašķidrinātās biomasas ievadcaurule; 6 – smilšu lūka; 7 – balsti; AB – pārstrādātā biomasa; BG – biogāze; SB – sašķidrinātā biomasa; SC – smilšu caurule.

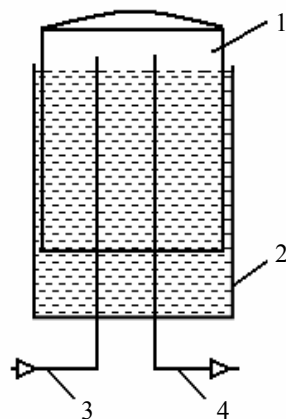
„Rokai” fermā izmantotais gāzholderis pamatā sastāv no divām daļām: zemē ierakta dzelzsbetona konstrukcijas cilindriska korpusa 2 (40. att. b) un tērauda konstrukcijas peldošā kausa 1. Kausa apakšējā daļa iegremdēta šķidrumā, kas kalpo kā blīvslēgs un neļauj gāzei noplūst. Biogāze zem reduktorus attīstītā spiediena pa cauruļvadu 3 ieplūst gāzholderī un ar savu spiedienu ceļ kausu 1 uz augšu, to piepildot.

Kauss ar savu svaru uztur nemainīgu gāzes spiedienu ar kādu gāzi pa cauruļvadu 4 pievada gāzmotoriem. Lai kauss pārvietojoties augšup – lejup nesašķiebtos un neberzētos gar betona korpusu, virs gāzholdera ir izveidota vadītka, kas sastāv no četrām vertikālām sliedēm, ko satur divi gredzeni (40. att. a).

Pāris desmit metru attālumā no gāzholdera atrodas koģenerācijas motorstacija, kurā izvietoti divi koģeneratori ar elektrisko jaudu attiecīgi 75 kW un 100 kW, kas saražo elektroenerģiju 2400 kWh dienā jeb 700000 kWh gadā.



a



b

40. att. Peldošā kausa tipa gāzholders:

a – virszemes daļas kopskats „Rokai” cūku fermā; b – gāzholdera principālā shēma;
1 – peldošais kauss; 2 – korpuss.

Siltumenerģiju iegūst no gāzmotoru dzesēšanas sistēmas un izplūdes gāzu siltummaiņiem un papildus no boileru ar gāzes kurtuvi. Kopējā siltuma jauda ir 4200 kWh/dienā jeb 1,6 milj. kWh/gadā.

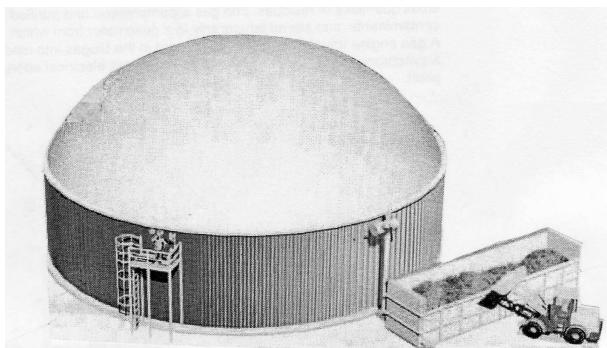
Lai biogāzi izmantotu koģenerācijas stacijas gāzmotoru darbināšanai, tā jāattīra no sērūdeņraža H_2S . Kaut arī biogāze satur tikai apmēram 1 % H_2S , tas rada pastiprinātu metālu rūšēšanu un strādājot ar neattīrītu biogāzi cauruļvadi un motori ātri iziet no ierindas. Tādēļ katram biogāzes reaktoram ir pierīkota H_2S attīrīšanas sistēma, kurā izmanto aerobu bioloģisku procesu. Par to tuvāk sadaļā „Biogāze kā motordegviela”.

Biogāzes ražošana modernos bioreaktoros

Iepriekš aplūkotās mazas jaudas biogāzes ražošanas iekārtas, neprasa lielus kapitālieguldījumus, bet to ekonomiskā efektivitāte ir zema – tikai apmēram $0,5 \text{ m}^3$ biogāzes no bioreaktora tilpuma katra kubikmetra. Turpretī biogāzes ražotnes, kādas

pēdējos gados Dānijā, Vācijā u.c. Eiropas valstīs tiek būvētas pie modernām lopu fermām, spēj ražot biogāzi vairāk – apmēram, $1,0 \text{ m}^3$ biogāzes no 1 m^3 bioreaktora tilpuma [8]. Modernajās ražotnēs biogāzes ražošanas un izmantošanas procesa vadība un kontrole ir pilnībā automatizēta, vienkāršota darba tehnoloģija un iekārtu apkope.

Biogāzes modernās ražotnes galvenā sastāvdaļa ir bioreaktors (41. att.). Tā apakšējo daļu veido cilindrisks formas tērauda vai betona korpuss, bet augšējo daļu pussfērisks formas armēta, elastīga polistirola membrāna, kura kalpo kā gāzholders. Reaktorā radusies biogāze ar savu spiedienu ceļ membrānu uz augšu līdz izveidojas pusapaļš kupols kā reaktora jumts un kā gāzholders.



41. att. Moderns bioreaktors biogāzes ražošanai no šķīdirmēsliem un augu biomasas.

Bioreaktora cilindriskajā korpusā no lopu kūts pa cauruļvadu iesūknē šķīdirmēslus, kuriem papildus pievieno augu biomasu. Dotajā attēlā blakus bioreaktoram redzama biomasas padeves tvertne – dozators, kurā biomasu, piemēram, sasmalcinātu kukurūzu no biomasas krātuves pieved ar frontālo iekrāvēju. No dozatora biomasas ar gliemežtransportiera palīdzību tiek ievadīta bioreaktorā.

Lai nodrošinātu metanoģenēzes procesu, respektīvi, metānu izdalošo baktēriju optimālu darbību, bioreaktorā ievadītie šķīdirmēsli un kukurūzas biomasas jāmaisā, lai iegūtu pēc iespējas homogēnu maisījumu visā bioreaktora tilpumā. Atšķirībā no iepriekš aplūkotā, nepārtraukti lēni rotējošā skrāpju tipa maisītāja (skat. 39. att.), šā tipa reaktorā izmanto vairākus pa apli izvietotus, ātri rotējošus, propellera tipa

maisītājus, kuri darbojas periodiski pēc noteiktas programmas. Katrs maisītājs kopā ar elektromotoru veido kompakto bloku un ir nostiprināts uz vertikāla slīdņa pa kuru var tikt pacelts augstāk vai nolaists zemāk, lai nodrošinātu biomasas samaisīšanu dažādos līmeņos. Regulāra maisīšana arī nodrošina fermentācijas procesam nepieciešamo šķīdirmēslu temperatūru visā bioreaktora tilpumā, t.i., 20-40 °C mezofilajām un 50-60 °C termofilajām baktērijām.

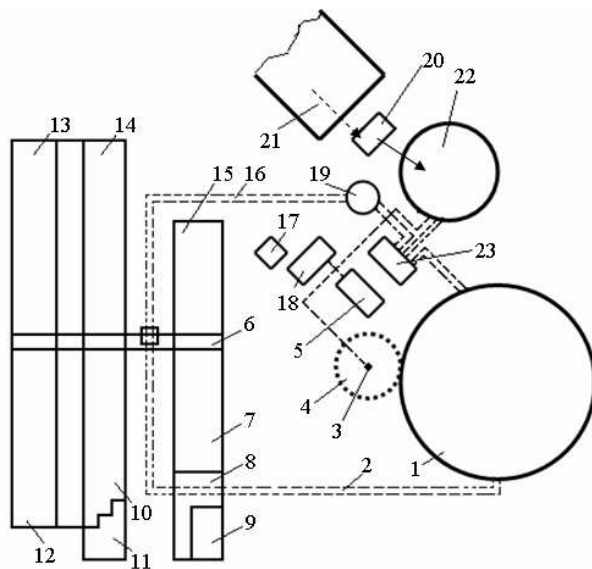
Fermentācijas procesa ilgums bioreaktorā, respektīvi, laiks noteikta ievadīto šķīdirmēslu un biomasas daudzuma pārstrādāšanai ir 20-30 dienas, bet process praktiski notiek nepārtraukti, jo katru dienu zināmu daudzumu šķīdirmēslu un biomasas ievada reaktorā un tādu pašu daudzumu pārstrādātās masas no bioreaktora pārsūknē uz pārstrādāto mēslu krātuvi.

Pārstrādāto mēslu krātuve ir uzbūvēta konstruktīvi līdzīgi bioreaktoram, bet tās tilpums ir vairākkārt lielāks ar tādu aprēķinu, lai pārstrādātie mēsli varētu tikt uzglabāti tajā 6-9 mēnešus. Šajā krātuvē turpinās bioreaktorā pārstrādāto mēslu tā saucamā pēcreaktora fermentācija, kurā no pārstrādātajiem mēsliem vēl papildus izdalās biogāze, pēc apjoma apmēram 30 % no kopējā pārstrādātās biomasas izdalītā biogāzes daudzuma. Šī biogāze tiek savākta analogas konstrukcijas elastīgas plēves kupolā, kas pārklāj krātuvi. Papildus iegūto biogāzi izmanto kopā ar bioreaktorā saražoto biogāzi.

Iepildītās biomasas pārstrādes laiks bioreaktorā vidēji ir 28 dienas, bet tas var mainīties plašās robežās atkarībā no šķīdirmēsliem pievienotās enerģētiskās biomasas daudzuma. Ir fiksēti gadījumi, kad pēcreaktora fermentācija pārstrādāto mēslu krātuvē turpinās līdz 90 dienām. Lai palielinātu saražotās biogāzes daudzumu, Eiropas valstīs arvien plašāk pārgāzēšanai bioreaktorā sāk izmantot speciāli šim nolūkam audzētas enerģētiskās kultūras, kuras sasmalcinātā veidā piejauc šķīdirmēsliem un pārgāzē bioreaktorā kopā ar tiem. Notiek arī mēģinājumi iegūt biogāzi tiešā veidā no enerģētisko augu kompostētās biomasas.

Biogāzes ražošanai ir derīgas augu kultūras, kas dod lielu zaļo masu, kuras satur daudz viegli biodegradējamus ogļhidrātus, tādus kā cukurs un proteīns, bet maz hemicelulozes un lignīna, kuri ir grūti biodegradējami. Šīm enerģētiskajām kultūrām jābūt viegli uzglabājamām, lai tās varētu izmantot ražošanā cauru gadu. Svarīgas ir arī attiecīgās kultūras kultivēšanas iespējas konkrētajā fermā.

LLU mācību un pētījumu saimniecībā „Vecauce” slaucamo govju fermā „Līgotnes” tiek būvēta moderna biogāzes ražotne, kurā tiks izmantots iepriekš aprakstītā tipa bioreaktors. Bioreaktora izvietojums kopējā biogāzes ražošanas sistēmā parādīts 42. attēlā. Paredzēts, ka biogāzes ražotne sāks darboties ar pilnu jaudu 2008. gada pavasarī. SIA „Vecauce” biogāzes ražotne atrodas pie jaunuzceltās slaucamo govju kūts. Tā sastāv no četrām sekcijām 10, 12, 13 un 14 (42. att.), kurās kopā izvietotas 510 govīs. Pa pāreju 6 govīs nonāk slaukšanas zālē 7. Šķidrmēsli no visām kūts sekcijām nonāk nelielā priekšuzkrāšanas tvertnē no kurienes pa cauruļvadu 16 tos pārsūknē apsildāmā pirmapstrādes tvertnē 19, kuras tilpums ir 144 m³. Šajā tvertnē notiek šķidrmēsli homogenizācija un daļēja hidrolīze.



1 – pārstrādāto mēslu krātuve; 2 – papildus cauruļvads mēslu transportēšanai; 3 – lāpa;
4 – lāpas drošības zona; 5 – apsildes konteiners; 6 – pāreja; 7 – slaukšanas zāle un uzgaidāmais
laukums; 8 – sadzīves telpas; 9 – iekārtu telpas; 10, 12, 13 un 14 – kūts sekcijas; 11 – slaukšanas
roboti; 15 – zoovetapkopes zona; 16 – mēslu padeves vads; 17 – dīzeļdegvielas tvertne;
18 – koģeneratora konteiners; 19 – šķidrmēslu pirmsapstrādes tvertne; 20 – biomasas tvertne dozators;
21 – biomasas krātuve; 22 – bioreaktors; 23 – sūkņu konteiners.

Šķidrmēslu transportēšanu nodrošina konteinerā 23 iebūvētie hidrosūkņi. No pirmsapstrādes tvertnes 19 šķidrmēslus tālāk pārsūknē bioreaktorā 22, kura uzbūve ir analoga iepriekš aplūkotajai. Bioreaktorā tiek padota arī sasmalcināta kukurūzas biomasas, kuru uzglabā krātuvē 21. No krātuves biomasu ar frontālo iekrāvēju transportē uz tvertni – dozatoru 20, no kurienes ar gliemežtransportieri to padod bioreaktorā. Ievadīto biomasu bioreaktorā homogenizē un periodiski apmaisa ar propellera tipa maisītājiem.

Bioreaktora cilindriskā korpusa diametrs ir 20 m un darba tilpums 2006 m³. Cilindriskais korpuss ir izgatavots saskrūvējot kopā speciālas konstrukcijas nerūsējošā tērauda paneļus, kuru starptelpa piepildīta ar termoizolācijas materiālu. Pēc samontēšanas tērauda karkasam hermētiski piemontē elastīgu jumtu un vienlaicīgi gāzholderi.

Saražotā biogāze kupola smaguma radītā gāzes spiediena rezultātā, pa gāzes vadu (raustītā līnija 42. att.) plūst uz koģeneratoru 18 un apsildes konteineru 5, kurā gāzes boilerī ražo nepieciešamo karsto ūdeni, gadījumos, ja koģeneratorā saražotā karstā ūdens daudzums nepietiekoši ir nepieciešamās temperatūras uzturēšanai. Apkures boileri izmanto arī gadījumos, ja koģenerators nedarbojas (tehniskās apkopes, bojājumi u.tml.). Jāņem vērā, ka biogāzes reaktoru uzreiz apturēt nevar. Tādēļ, ja koģenerators nedarbojas un gāzes ir par daudz, gāze tiek padota uz lāpu 3 un sadedzināta tajā, lai metāns nenokļūtu atmosfērā.

Pārstrādātā biomasas no bioreaktora pa cauruļvadiem tiek pārsūknēta uz pārstrādātās biomasas uzglabāšanas tvertni jeb mēslu krātuvi 1, kura pēc savas uzbūves ir līdzīga bioreaktoram, bet tās tilpums ir apmēram divreiz lielāks – 4100 m³ un diametrs 35 m. Mēslu krātuvei 1 ir arī papildus cauruļvads 2 mēslu transportēšanai tieši no kūts, ko izmanto gadījumos, kad biogāzes ražošanas sistēmā ir kādi traucējumi vai tehniskās apkopes darbi. Šķidrmēslu transportēšanai pa cauruļvadiem sūkņu konteinerā 23 ir uzstādīti moderni, lielas ražības skrūves tipa sūkņi, kas automātiski ieslēdzas darbā pēc uzdotās programmas.

5.3. Biogāzes ražošana centralizētās rūpnīcās

Biogāzes ražošanu centralizētās rūpnīcās no Eiropas valstīm pirmā uzsāka Dānija, kur jau deviņdesmito gadu sākumā darbojās desmit šādas rūpnīcas. Tiek uzskatīts, ka lielu rūpnīcu attīstība arī turpmāk ir perspektīva. Centralizētajās rūpnīcās iespējams iegūt vairāk biogāzes no vienas biomasas vienības. Ja iepriekš aplūkotajās fermeru biogāzes ražotnēs no 1 m³ biomasas var iegūt 15-20 m³ biogāzes, tad lielajās centralizētajās biogāzes rūpnīcās iegūst 30-35 m³ biomasas, kas ir būtiska priekšrocība. Šāda produktivitāte tiek sasniegta piejaucot šķidrmēsliem pārtikas rūpniecības u.c. organiskos atkritumus 10-20 % apjomā.

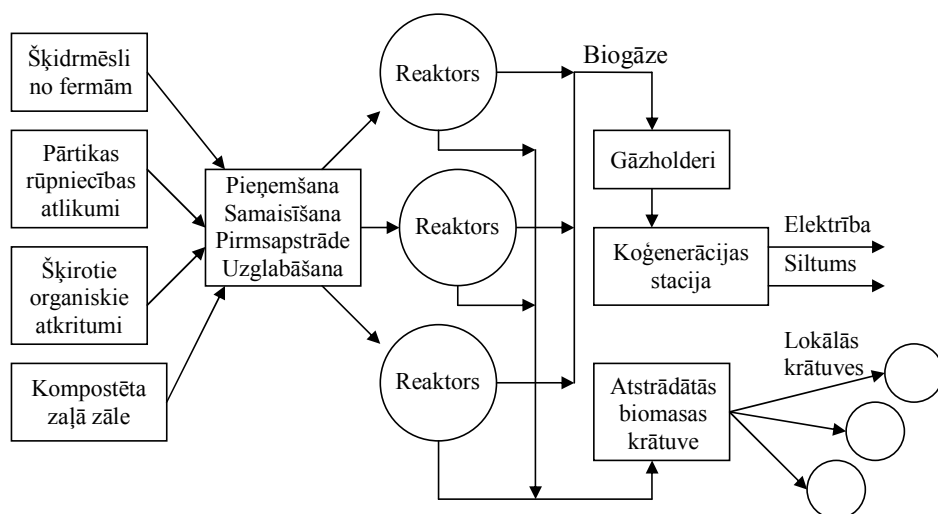
Centralizētā biogāzes rūpnīca uz līgumu pamata iepērk šķidrmēslus no visiem fermeriem noteiktā reģionā, kā arī industriālos atkritumus no pārtikas rūpnīcām un lopkautuvēm, arī šķirotus municipālos un komunālos organiskos atkritumus (skat. doto shēmu, 43. att.). Pēdējos gados arvien vairāk kā izejvielu biogāzes ražošanai izmanto arī svaigu vai daļēji kompostētu zaļo zāli. Ir fermeri, kas speciāli nodarbojas ar zālāju kultūru audzēšanu un piegādi biogāzes rūpnīcām. Izejvielu transports var tikt nodrošināts gan ar rūpnīcas, gan arī no fermeru u.c. piegādātāju puses. Rūpnīcas klientu apkalpošanai parasti nodrošina lielas kravnesības autocisternas, kas aprīkotas ar vakuuma vai speciālu sūkņu iekārtām šķidrmēslu iesūkšanai cisternā un to izliešanai pieņemšanas tvertnē.

Kā redzams dotajā shēmā (43. att.) piegādātās izejvielas vispirms nonāk pirmsapstrādes sektorā, kur notiek dažādo veidu izejvielu pieņemšana, sajaukšana un pirmsapstrādes uzglabāšana. No turienes noteiktajā proporcijā sajauktā biomasa nonāk trijos liela tilpuma reaktoros, kuros 12-25 dienu laikā ievadītā biomasa tiek pārstrādāta biogāzē un pārpalikuma masā, kas ir kvalitatīvs slāpekļa mēslojums.

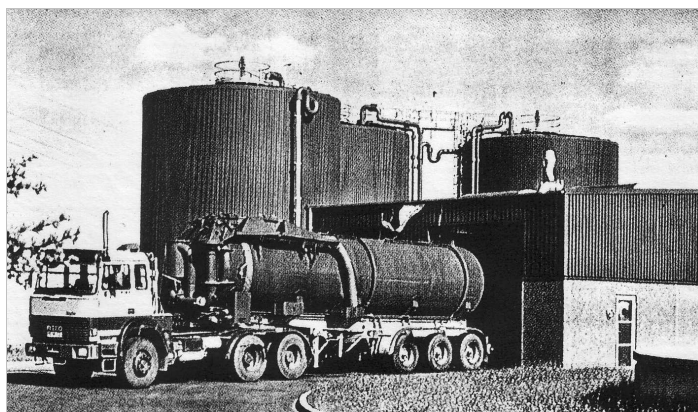
Centralizētajās rūpnīcās galvenokārt izmanto vertikālos cilindriskos reaktorus (44. att.). Biomasu reaktoros periodiski apmaisa ar mehāniskiem lēni rotējošiem maisītājiem, kas sastāv no vertikālās vārpstas ar skrāpjiem. Maisītājus piedzen elektromotors ar gliemežreduktoru, kas novietoti reaktoru augšgalā.

Saražotā biogāze no reaktoriem nonāk vienā vai vairākos gāzholderos, kur tiek uzkrāta zem kausveida vāka spiediena un tālāk izmantota koģenerācijā. Sakarā ar

tendenci biogāzi vairāk uzkrāt, lai izmantotu efektīvai koģenerācijai dienas stundās, kad ir augstāks elektroenerģijas tarifs, arvien plašāk pielieto jauna – dubulto membrānu tipa gāzholderus. Atstrādātā biomasa no reaktoriem nonāk attiecīgā mēslu krātuvē. No turienes to regulāri transportē uz lokālajām mēslu krātuvēm fermeru saimniecībās un tālāk izmanto lauku mēslošanai.



43. att. Centralizētās biogāzes ražošanas sistēmas principālā shēma.



44. att. Centralizēta biogāzes rūpnīca Dānijā ar vertikāliem biogāzes reaktoriem (Avots: DEA).

Centralizētās biogāzes rūpnīcas tiek būvētas diezgan plašā jaudas diapazonā, patērētais izejvielu daudzums svārstās no 50-500 tonnām dienā un saražotās biogāzes daudzums no 1000-15000 m³ dienā [6].

Centralizēto biogāzes rūpnīcu galvenās priekšrocības, salīdzinot ar decentralizētajām ražotnēm, ir augsts biogāzes iznākums, iespēja attīstīt lielākas jaudas siltuma un elektrības ražošanu, lai nodrošinātu centralizētu siltumapgādi reģiona ciematiem un pilsētām un elektrības piegādi elektrotīkliem, samazināta siltumnīcas gāzu emisija, lēta un vidi saudzējoša atkritumu recirkulācija. Centralizētās ražošanas galvenais trūkums ir paaugstinātas transporta izmaksas, kas sastāda 35-50 % no kopējām biogāzes ražošanas izmaksām.

5.4. Biogāzes pielietošana koģenerācijas motorstacijās

Pielietošanas veidi

Plašāk ir sastopami trīs biogāzes pielietošanas veidi:

- biogāzi izmanto tikai siltuma ieguvei, sadedzinot to apkures katla vai boileru kurtuvē;
- biogāzi izmanto kā iekšdedzes motoru degvielu kombinētai elektrības un siltuma ražošanai koģenerācijas motorstacijās;
- biogāzi izmanto kā motordegvielu spēkratos.

Eiropas valstīs biogāzi tikai siltuma ieguvei praktiski vairs neizmanto, jo biogāze ir ideāla iekšdedzes motoru degviela un tās izmantošana koģenerācijas motorstacijās vienlaicīgi siltuma un elektrības ražošanai ir daudz efektīvāka nekā tikai siltuma ieguvei. Enerģētiskā efektivitāte pieaug gandrīz divkārt. Tādēļ biogāzi siltuma ieguvei izmanto tikai kā rezerves vai papildus variantu, siltuma nodrošināšanai biogāzes ražotnēs koģeneratora tehnisko apkopju vai remonta laikā. Dažkārt biogāzi izmanto siltumnīcu apsildīšanai. Šajā gadījumā izdalītā ogļskābā gāze CO₂ dod papildus blakusefektu, jo zaļie augi to izmanto.

Pēdējos gados vairākās Centrāleiropas valstīs ir realizēti vairāki pilotprojekti, pēc kuriem biogāzi attīra praktiski līdz tīram metānam CH_4 , padarot to analogu dabasgāzei, kura praktiski arī ir tīrs metāns.

Šādi attīrītu (bagātinātu) biogāzi piejauc dabasgāzei un kopā ar to pa gāzvadu tīklu pievada patērētājiem. To izmanto pēc vajadzības gan apkurei, gan gāzes plītīs, gan arī mazas jaudas koģeneratoros atsevišķu objektu apgādei ar elektrību un siltumu. Koģenerācija, respektīvi, vienlaicīga siltuma un elektrības ražošana ir visplašāk pielietotais biogāzes izmantošanas veids un tas ļoti strauji attīstās, pirmkārt, tāpēc, ka tiek izmantotas bioloģiski atjaunojamās, lauksaimniecībā iegūstamas izejvielas un organiskie atkritumi un, otrkārt, tāpēc, ka tiek ievērojami samazināta metāna uzkrāšanās atmosfērā un līdz ar to samazinās siltumnīcas efekts.

18. tabula

Biogāzes sastāvs un raksturojums

Parametri	Biogāzes komponenti					Neattīrīta biogāze (60 % CH_4 + 40 % CO_2)
	N_2	CH_4	CO_2	H_2	H_2S	
Tilpuma daļa, %	Līdz 3	55 - 70	26 - 44	1	1	100
Zemākā siltumspēja, MJ/m^3 , MJ/kg	-	35,8	-	10,8	22,8	21,6
	-	29,2	-	8,8	18,6	17,8
Uzliesmošanas robeža (saturis gaisā), %	-	5 - 15	-	4 - 30	4 - 45	5 - 12
Uzliesmošanas temperatūra, °C	-	+65... ...+750	-	+585	-	+65...+750
Blīvums, g/l	1,25	0,72	1,98	0,09	1,54	1,224

Biogāze sastāv no 55 – 70 % metāna CH_4 , 26 – 44 % ogļskābās gāzes CO_2 , 1 % ūdeņraža H_2 , (18. tabula). Biogāzes, kas sastāv no 60 % CH_4 un 40 % CO_2 (neattīrītas biogāzes) zemākā siltumspēja ir 21,6 ML/m^3 vai 17,8 MJ/kg . Biogāzi attīrot līdz metāna līmenim, tās siltumspēja ievērojami pieaug, ko raksturo 19. tabulā apkopotie dati.

Dotā analīze rāda, ka, biogāzi attīrot līdz metāna līmenim, siltumspēja pieaug par 66 %. Tas nozīmē, ka darbinot iekšdedzes gāzmotoru ar neattīrītu biogāzi, tā jauda būs par 66 % zemāka, nekā darbinot to pašu motoru ar attīrītu biogāzi (95 – 100 %

CH₄). Citiem vārdiem, ja ir nepieciešams attīstīt noteiktu jaudu, piemēram, 100 kW, tad, izmantojot parasto neattīrīto biogāzi, būs nepieciešams motors ar attiecīgi lielāku litrāžu, respektīvi, lielākiem motora izmēriem un svaru un tas patērēs lielāku biogāzes daudzumu. Turpretī izmantojot attīrītu jeb bagātinātu biogāzi, tādu pašu jaudu varēs iegūt ar mazākas litrāžas motoru. Svara samazinājums ir būtisks spēkratu motoriem, tādēļ, lai izmantotu biogāzi spēkratos, tā jāattīra no CO₂, respektīvi, jābagātina.

19. tabula

Siltumspējas pieaugums attīrītai biogāzei

Neattīrīta biogāze (60% CH ₄ + 40% CO ₂)	Attīrīta biogāze (100% CH ₄)	Pieaugums, %
21,6 MJ/m ³	35,9 MJ/ m ³	66,2
17,8 MJ/kg	50,1 MJ/kg	181,5

Ogļskābā gāze CO₂ ir nedegoša gāze un degmaisījumā ir lieks balsts, kas samazina biogāzes siltumspēju. Kaut arī CO₂ attīrīšana no biogāzes nav sarežģīta, tā tomēr prasa papildus iekārtas un līdzekļus.

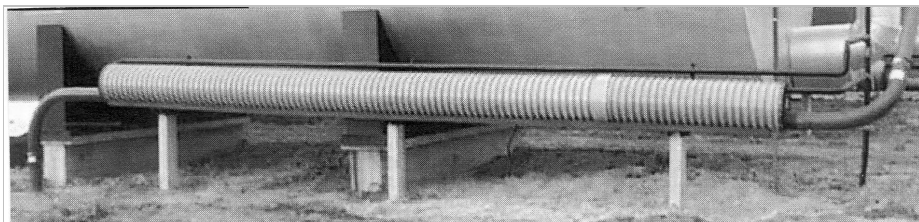
Par cik koģenerācijas motorstacijās izmanto jaudīgus stacionārus motorus un to svars netiek ierobežots, kā, tas ir spēkratos, tad biogāzes attīrīšana no CO₂, respektīvi, gāzes bagātināšana nav nepieciešama.

Biogāzes attīrīšana no sērūdeņraža

Lai biogāzi izmantotu kā motordegvielu tā vispirms jāattīra no sērūdeņraža H₂S. Kaut arī sērūdeņraža daudzums biogāzē nepārsniedz 1 %, biogāzei sadegot motora cilindros rodas sērskābe H₂SO₄, kura izsauc motora detaļu koroziju. Sērūdeņraža filtrs sastāv no plastmasas vai nerūsošā tērauda cilindra, kurā iepildītas dzelzs oksīda FeO₃ skaidas vai granulas. Biogāzei plūstot cauri filtram, biogāzē esošais H₂S reaģē ar dzelzs skaidām veidojot sērdzelzi FeS₃ nogulšņu veidā, kuras periodiski aizvāc un izdalot H₂, kas paliek biogāzē.

Modernās biogāzes ražošanas sistēmās sērūdeņraža attīrīšanai arvien plašāk pielieto aerobu bioķīmisku procesu, ko panāk biogāzei pievadot ierobežotu daudzumu gaisa, parasti ne vairāk kā 2 % apjoma no dotā biogāzes tilpuma.

„Rokai” cūku fermā, Lietuvā, katram no iepriekš aprakstītajiem trim horizontālajiem biogāzes reaktoriem ir pierīkots sērūdeņraža attīrīšanas filtrs, kurš pamatā sastāv no gofrētas plastmasas caurules (45. att.). No reaktora izplūstošā biogāze, pirms tā nonāk gāzholderī, plūst cauri filtra gofrētajai caurulei, kurā vienlaikus īpašs gaisa sūknis padod tīru gaisu 2% apjomā no caurplūstošā biogāzes daudzuma. Tādējādi gāzholderī nonāk no H_2S piemaisījuma attīrītā biogāze, kura tālāk tiek padota uz divu koģeneratoru gāzdīzeļmotoriem.



45. att. Sērūdeņraža attīrīšanas filtrs horizontālam bioreaktoram.

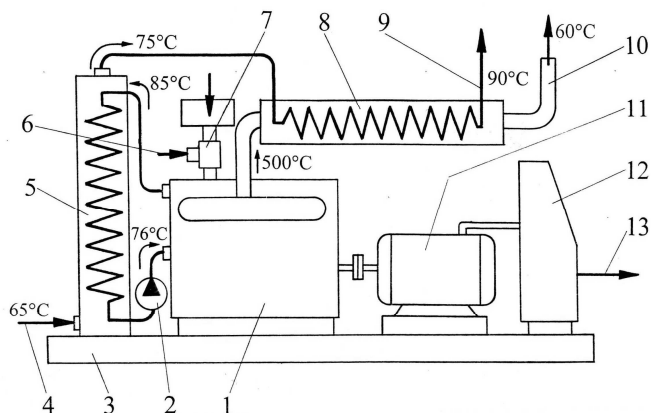
Koģeneratora darbības pamatprincipi

Kā mazas jaudas koģeneratora piemēru aplūkosim eksperimentālo koģeneratoru, kāds deviņdesmito gadu vidū, LLU Spēkratu institūtam sadarbojoties ar Lauksaimniecības enerģētikas institūtu, tika uzbūvēts un izmēģināts Spēkratu institūta Biodeģvielu un motoru pētnieciskajā laboratorijā.

Koģenerators tika izveidots uz 8V tipa dzirksteles aizdedzes motora (ZIL-130), ar nominālo jaudu 96 kW, bāzes. Visi koģeneratora mezgli tika samontēti uz tērauda konstrukcijas rāmja 3 (46. att.). Motors 1 caur elastīgu neizslēdzamu sajūgu tieši savienots ar asinhrono elektroģeneratoru 11. Par elektriskās enerģijas ģeneratoru izmanto asinhrono mašīnu, kas darbojas elektroģeneratora režīmā sinhroni ar elektrotīklu.

Lai nodrošinātu elektroģeneratora ražotās strāvas frekvenci atbilstoši tīkla frekvencei, t.i., 50 Hz, piedziņas motoram jāstrādā noteiktā patstāvīgā rotācijas ātruma diapazonā. Lielākas jaudas koģeneratoru motori parasti darbojas ar 1500 min^{-1} , bet mūsu gadījumā, par cik izmantots kravas automobiļa motors, tas darbojas ar 3000 min^{-1} un frekvenci nodrošina vadības bloks. Līdz ar to motoram nav nepieciešams

karburators, bet, lai nodrošinātu motora darbu vienā noteiktā ātrumā režīmā, pietiek ar vienkāršas konstrukcijas gāzjauci (47. att.) Ar to parastais benzīna motors tiek pārveidots par gāzmotoru.

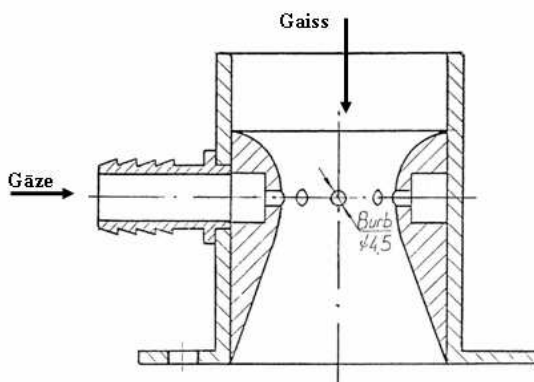


46. att. Eksperimentālā koģeneratora principālā shēma:

- 1 – iekšdedzes motors; 2 – ūdens sūknis; 3 – rāmis; 4 – ūdens atplūdes vads no apkures sistēmas;
5 – motora dzesēšanas sistēmas siltummainis; 6 – deggāzes pievads; 7 – gāzjaucis; 8 – atgāzu
siltummainis; 9 – karstā ūdens izvads uz apkures sistēmu; 10 – atgāzu izplūdes caurule;
11 – asinhronais elektroģenerators; 12 – koģeneratora vadības un kontroles sistēma.

Gāzjaucis aprēķināts tā, lai nodrošinātu stehiometrisku gaisa – gāzes attiecību $\alpha = 9,53$, kurā motors attīsta vislielāko jaudu pie noteiktajiem apgriezieniem 3000 m^{-1} .

Eksperimentālajā koģeneratorā, ražojot elektrību, vienlaicīgi ražo arī siltumu. Šim nolūkam ir uzstādīti divi siltummaiņi: motora dzesēšanas sistēmas siltummainis 5 un atgāzu siltummainis 8. Pēdējais sastāv no cilindriskā korpusa caur kuru plūst atgāzes un šajā korpusā iemontēta cauruļu bloka, caur kuru plūst ūdens.



47. att. Eksperimentālā koģeneratora gāzjaucis.

Dzesēšanas sistēmas siltummainis 5 ir izveidots, esošo motora standarta radiatoru iebūvējot no tērauda loksnēm izgatavotā taisnstūra formas korpusā – tvertnē, caur kuru plūst aukstais ūdens un dzesē radiatoru, nodrošinot nepieciešamo temperatūru motora dzesēs sistēmā, kā parādīts 46. att. dotajā shēmā. Koģeneratoram darbojoties, abi uzstādītie siltummaiņi nodrošina līdz 90 °C uzkarseta ūdens plūsmu ar caurplūdes daudzumu 20 l/min.

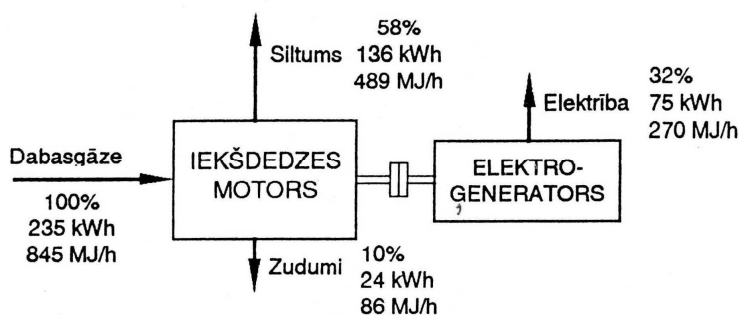
Eksperimentālā koģeneratora vadības un kontroles sistēma tika izstrādāta LLU Lauksaimniecības enerģētikas institūtā. Šī sistēma veic koģeneratora automātisku palaišanu, elektriskās slodzes automātisku stabilizāciju, darbības kontroli un aizsardzību ekstremālos režīmos. Gāzmotora rotācijas frekvenci regulē ar konstanta ātruma elektrisku izpildmehānismu, automātiski mainot gāzes padeves daudzumu motora cilindros. Motora automātisku palaišanu un pieslēgšanu elektriskajam tīklam kontrolē aktīvās jaudas virziena relejs un diskrētais tahogenerators. Elektriskā kombinētās aizsardzības ierīce nodrošina elektroģeneratora slodzes strāvas kontroli un aizsardzību ekstremālos režīmos. Nostrādājot elektroniskajai aizsardzības ierīcei vai patvaļīgi atslēdzoties elektriskajam tīklam iedarbojas elektromagnētiskais drošības vārsts, kas ierobežo gāzes padevi uz gāzmotoru un novērš tā rotācijas frekvences ekstremālu palielināšanos. Ģeneratora slodzes strāvas regulēšanas kontūrs ar inerciālu atgriezenisko saiti realizē proporcionāli – integrālo impulsregulēšanu, kas nodrošina regulējamā parametra stabilitāti un pārejas procesa kvalitāti.

Koģeneratora izmēģinājumi laboratorijas apstākļos, darbinot gāzmotoru ar saspiebtu dabasgāzi (CNG), kas pēc sava sastāva atbilst bagātinātai (no CO₂ attīrītai) biogāzei, parādīja, ka no visas motoram ar gāzi pievadītās enerģijas, iegūtā elektroenerģija sastāda 32 %, siltumenerģija 58 %, bet 10 % zūd pašā motorā un atgāzu izplūdes sistēmā, izstarojot apkārtējā telpā (48. att.).

Pēc citu pētījumu datiem [7] enerģijas zudumi koģeneratorā, atkarībā no tā jaudas, pie zināmiem nosacījumiem, var ievērojami samazināt uzstādot koģeneratora telpā papildus minētajām iekārtām vēl siltumsūkni.

Koģenerators raksturojas ar augstu lietderības koeficientu – 0,9. Koģeneratora ražotā siltuma un elektroenerģijas attiecība (skat. 48. att.) ir 489 MJ/h: 270 MJ/h = 1,81.

Tas nozīmē, piemēram, ja koģenerators tiek projektēts noteikta elektrības daudzuma ražošanai, tad paralēli tiks iegūts noteikts siltuma daudzums, kura lietderīga izmantošana jāparedz projektā.



48. att. Eksperimentālā koģenerators enerģijas balance.

Nemot vērā, ka eksperimentālais koģenerators ir projektēts uz ottomatora bāzes, tā elektriskais lietderības koeficients ir samērā zems $\eta_{el} = 0,32$. Izmantojot modernus gāzmotorus ar kompresijas pakāpi 12,5 un vairāk, $\eta_e = 0,41 - 0,43$. Mazas jaudas koģeneratori ir populāri daudzās Eiropas valstīs un tiek izmantoti lokālai siltuma un elektrības ražošanai atsevišķu hospitāļu, kempingu, uzņēmumu, dzīvojamo ēku bloku, ciematu, fermeru saimniecību u.c. vajadzībām. Kā motordegvielu koģenerācijas iekārtās izmanto dabasgāzi, biogāzi, rapša eļļu. Vairākas firmas ir specializējušās gāzmotoru izlaidē šīm vajadzībām ar jaudu no 60 līdz 500 kW un vairāk. Ir firmas, kas ražo un piedāvā koģenerācijas iekārtas iemontētas īpašos skaņķu un siltumu izolējošos konteineros, kurus var aizvest, uzstādīt vajadzīgā vietā un laist darbā.

Atsevišķā uzņēmuma nepieciešamība pēc siltuma un elektroenerģijas gada laikā pa mēnešiem ievērojami mainās. Ekonomiski izdevīgi ir izvēlēties tādas jaudas koģeneratoru, kurš nodrošina nepieciešamo apkures sezonas vidējo siltuma jaudu. Maksimālās siltuma slodzes tādā gadījumā regulē ar apkures katlu vai boileri.

Ārzemju pieredze rāda, ka katla aizstāšana ar koģeneratoru dod 30 % deggāzes ekonomiju salīdzinājumā ar tādu pašu siltuma jaudu, ko iegūtu gāzi tieši sadedzinot

katla kurtuvē. Papildus ieguvums ir koģenerācijas procesā saražotā elektroenerģija. Pēc ārzemju datiem koģeneratora uzstādīšana atmaksājas 3-5 gados pie nosacījuma, ja koģenerators darbojas ne mazāk kā 4500 stundu gadā t.i., apmēram pusi no gada kopējā 8760 stundu skaita.

Konteinera tipa koģeneratori

Kā konteineru tipa koģeneratoru jeb koģenerācijas motorstacijas piemēru aplūkosim vācu firmas *SEVA Energie AG* koģeneratoru, kāds tiek uzstādīts SIA „LLU mācību un pētījumu saimniecības Vecaucē” slaucamo govju fermā „Līgotnes” (skat. shēmu 42. att.).

Firma „SEVA Energie AG” ir specializējusies tieši konteineru jeb bloka tipa koģenerācijas motorstaciju izlaidē biogāzes ražotņu vajadzībām un līdz 2007. gadam ir saražojusi vairāk kā 200 šādas stacijas elektrisko jaudu diapazonā no 170 līdz 1700 kW.

Saimniecībā „Vecauce” tiek uzstādīts konteineru tipa koģenerators SEV-DE 280 GZP ar elektrisko jaudu 280 kW un siltuma jaudu 250 kW.

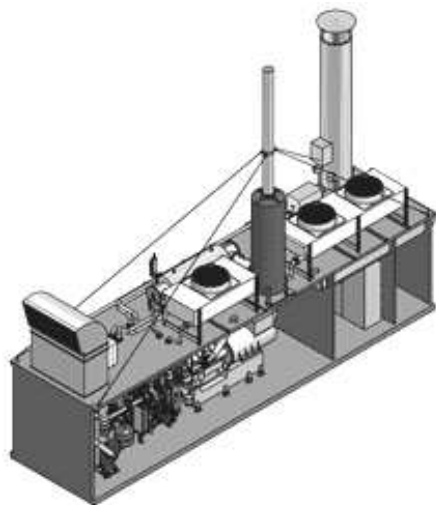
Koģenerātoru konteiners (49. att.) sastāv no trim nodalījumiem, lielākajā no tiem ir iebūvēts gāzmotors ar elektroģenerātoru, vidējā – kontroles un vadības paneli, bet mazākajā kartera eļļas tvertnes un eļļas padeves sistēma. Konteiners ir 9m garš, 3m plats un 3m augsts.

Konteinera iekšējā telpa ir apgādāta ar pašregulējošu ventilācijas sistēmu, kas uztur tajā normālu gaisa spiedienu un temperatūru, neatkarīgi no ārējā gaisa temperatūras un atmosfēras spiediena. Motora ieplūdes sistēmai pievadītais gaiss tiek filtrēts un atdzesēts ar auksta gaisa piemaisīšanu līdz optimālā temperatūra ieplūstot motorā ir 20 °C. Lai samazinātu putekļu ieplūdi motorā, gaisa pievadcaurules gals ir pacelts augstāk virs konteinera (resnākā caurule virs konteinera 49. att.).

Otra, tievāka caurule, kas redzama virs konteinera ir motora atgāzu izplūdes caurule, kuru aptver trokšņu slāpētājs. Pateicoties efektīvam trokšņu slāpētājam un kvalitatīvam konteineru izolācijas slānim, koģenerātors darbojas ļoti klusu, 10m attālumā no konteineru skaņas līmenis nepārsniedz 40 dB.

Konteinera priekšējā nodalījumā ir iebūvētas koģeneratora galvenās sastāvdaļas – gāzdīzeļmotors un ar šo motoru darbināmais sinhronais maiņstrāvas elektroģenerators (50. att.).

Koģenerators izveidots uz firmas „Deutz” gāzdīzeļmotora DEUTZ BF8M1015C bāzes. Motora darbināšanai kā pamatdegvielu izmanto biogāzi, bet degmaisījuma aizdedzināšanai kā pamatdegvielu izmanto parasto dīzeļdegvielu, pie kam dīzeļdegvielas patēriņš sastāda ne vairāk kā 10 % no nominālā degvielas patēriņa, kāds būtu, ja motors darbotos tikai ar dīzeļdegvielu. Šāda motora ar dubultdegvielu sistēmu (biogāze + dīzeļdegviela) priekšrocība ir tā, ka, vajadzības gadījumā, tas var darboties ar 100 % dīzeļdegvielu, jo dīzeļdegvielas



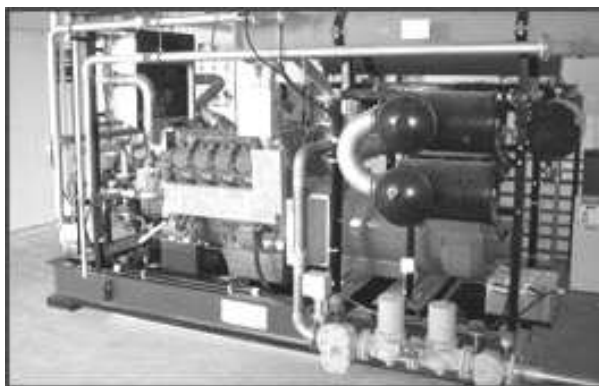
49. att. **Konteinera tipa koģenerācijas motorstacija [15].**

barošanas sistēma paliek nemainīga kā parastam dīzeļmotoram, vienīgi tiek pierīkots dīzeļdegvielas 10 % padeves ierobežotājs. Dubultdegvielu sistēmas pielietošanai, biogāzi motora gāzjaucim pievada pa cauruļvadu no biogāzes reaktora gāzholdera. Gāzjaucis novietots tieši pirms motora turbokompresora, kas sekmē degmaisījuma homogenizāciju un padod to motora cilindros zem 0,7 bāri liela spiediena. Pilotdīzeļdevielas padevei un iesmidzināšanai cilindros izmanto parasto dīzeļdegvielu barošanas sistēmu sūkni – sprausla. Dīzeļdegvielu koģeneratora gāzdīzeļmotoram pievada no atsevišķas tvertnes ar tilpumu 18 m³. Dīzeļdegvielas tvertne izbūvēta tālāk no konteineru (skat. shēmu 42. att.).

Uzstādītā koģenerācijas gāzdīzeļmotora DEUTZ BF8M1015 galvenie tehniskie dati ir sekojoši:

- elektriskā jauda – 280 kW;
- termiskā jauda – 250 kW;
- elektriskais lietderības koeficients – 0,423;

- termiskais lietderības koeficients – 0,377;
- kopējie enerģijas zudumi – 20 %;
- biogāzes patēriņš ($65\% \text{ CH}_4$) – $95 \text{ m}^3/\text{h}$;
- dīzeļdegvielas patēriņš – 3,5 litri/h.



50. att. **Koģenerators (gāzdīzeļmotors un elektroģenerators) konteinerā priekšējā nodalījumā.**

Saimniecībā „Vecauce” uzstādītais koģenerators ir orientēts uz elektrības ražošanu, jo termiskā jauda (250 kW) ir zemāka par elektrisko jaudu (280 kW). Šo jaudu attiecība ir 0,89, bet parasti šāda tipa koģeneratoriem šī attiecība ir 1,25 – 1,50. Tas norāda, ka koģeneratorā izmantotais bāzes dīzeļmotors

DEUTZ BF8M1015 ir ļoti labā konstruktīvā līmenī ar augstu efektīvo lietderības koeficientu. Ņemot vērā, ka apmēram 2 % pievadītās enerģijas zūd arī elektroģeneratorā, dotā gāzdīzeļmotora lietderības koeficients nav zemāks par 0,44, kas vērtējams kā ļoti labs iekšdedzes motoriem.

Bez minētā gāzdīzeļmotora, koģeneratora konteinerā tiek uzstādīts nerūsošā tērauda biogāzes dzesētājs ar siltuma jaudu 250 kW un maksimālo ražību $160 \text{ m}^3/\text{h}$ biogāzes atdzesēšanai līdz temperatūrai ne augstākai par $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; aktīvās ogles tipa biogāzes filtrs ar 50 l tilpumu; sausie maisa tipa motorā ievadāmā gaisa filtri; motora dzesēšanas sistēmas siltummainis; motora atgāzu siltummainis; eļļošanas sistēmas siltummainis ar papildus eļļas tvertni.

Biogāzes kompresora tipa dzesētājs ar cauruļu tipa siltummaini ne tikai atdzesē biogāzi, bet vienlaicīgi arī to dehidrē jeb žāvē. Ūdens tvaiki kondensējas, tiek savākti un automātiski periodiski izvadīti no dzesētāja.

Lai biogāzi efektīvi izmantotu kā gāzveida degvielu modernos koģenerācijas motoros, biogāzei jāatbilst sekojošām prasībām:

- pieļaujamais relatīvais mitrums – $W_{\text{max}} \leq 80\%$;

- optimālā temperatūra ieplūstot motorā – 20 °C, bet ne augstāka par 40 °C;
- biogāzes spiediens pirms gāzjauča – 0,7 bāri;
- pieļaujamais sērūdeņraža (H₂S) saturs – ≤ 500 ppm;
- metāna daudzums biogāzes sastāvā: CH_{4max} – 40%, CH_{4min} – 35%.

Koģenerācijas motorstacijās izmantotie gāzdīzeļmotori un gāzmotori pēc savas uzbūves un darbības principiem ir modificēti parastie dīzeļmotori, piemērojot to konstrukciju darbam ar biogāzi vai cita veida gāzveida degvielu (dabasgāzi, termogāzi). Šie motori ir stacionāri, to svars netiek ierobežots, tādēļ tos gatavo masīvakus, tie strādā ar zemākiem, konstantiem apgriezieniem 1500 min⁻¹ ilgstošā nepārtrauktā darbā, praktiski nemainīgā temperatūrā, ar stabilu motora kartera eļļas līmeni un temperatūru, tiem ir zemāka kompresijas pakāpe (11,5 – 12,5). Minētie apstākļi nodrošina šī tipa motoru stabilu, bezatteikumu darbību un to darbmūžs, atkarībā no jaudas sasniedz 30000 – 100000 stundas. Salīdzinājumam jāatzīmē, ka mobilo spēkratu motoru darbmūžs sasniedz tikai 3000 – 4000 stundas.

5.5. Biogāzes izmantošana spēkratos

Prasības biogāzes izmantošanai spēkratos

Iepriekšējā sadaļā redzējām, ka neattīrīta biogāze ir ideāla gāzveida degviela stacionāriem motoriem, izmantojot tos mazas un vidējas jaudas koģenerācijas motorstacijās. Šādā gadījumā biogāze jāattīra vienīgi no sērūdeņraža H₂S, kura saturs biogāzē nedrīkst pārsniegt 200 ppm, lai novērstu pastiprinātu motora rūsēšanu.

Lai biogāzi izmantotu automobiļu un traktoru motoros, biogāze ir jāattīra ne tikai no H₂S, bet arī no ogļskābās gāzes CO₂, jo CO₂ kā lieks balasts degmaisījuma sastāvā, samazina motora jaudu. Jaudas samazināšanos varētu kompensēt lietojot lielākas litrāžas motoru, bet tad pieaug arī motora svars un gabarīti, kas mobilām mašīnām ir nevēlami.

Ja biogāze ir attīrīta no nedegošajām gāzēm, tad, pārejot no benzīna uz biogāzi, motora jauda samazinās ne vairāk kā par 5 %, bet, izmantojot no CO₂ neattīrītu biogāzi, jauda samazinās par apmēram 30 %. Tas izskaidrojams ar to, ka neattīrītas

biogāzes (60 % CH₄ + 40 % CO₂) siltumspēja ir 26,14 MJ/m³ (19. tab.), turpretī attīrītas no CO₂ biogāzes (CH₄) siltumspēja ir 35,9 MJ/kg, respektīvi, attīrot tās siltumspēja pieaug par 37,5 %.

Biogāzei, tāpat kā citām gāzveida degvielām, ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar šķidrajām motordegvielām. Gāzveida degvielas daudz pilnīgāk un kvalitatīvāk sajaucas ar gaisu, līdz ar to degmaisījums motora cilindros pilnīgāk sadeg, samazinot CO, kvēpu u.c. toksisko piemaisījumu daudzums motora atgāzēs, mazāk rodas piedegumu uz vārstiem un degkameras sienām. Biogāze motoru iedarbinot un motoram strādājot ar maziem apgriezieniem nenoskalo eļļu no cilindru sienām, tātad samazinās degmaisījuma noplūde karterī, kompresijas taktu laikā un kartera eļļa tiek mazāk piesārņota.

Svarīga biogāzes priekšrocība ir tās spēja sasniegt augstu oktānskaitli. Biogāzes oktānskaitlis ir 120 - 125, kas ļauj izmantot motorus ar augstu kompresijas pakāpi. Darbinot ar biogāzi, kompresijas pakāpe ottomotoros var tikt paaugstināta līdz 11 – 12,5, bet dīzeļmotoros līdz 15 – 17.

Spēkratu parastos dīzeļmotorus var pārkārtot darbam ar biogāzi divējādi:

- pielietojot dubultdegvielas sistēmu, kad 85 – 90 % motora jaudas nodrošina biogāze, bet 10 – 15 % dīzeļdegviela, kura šajā gadījumā darbojas kā pilotdegviela, nodrošinot maisījuma aizdedzināšanu;
- dīzeļmotoru pārveidojot par dzirksteles aizdedzes motoru, motoram sprauslu vietā iemontē aizdedzes sveces un uzstāda elektronisko aizdedzes sistēmu – motors darbojas tikai ar biogāzes un gaisa maisījumu.

Degmaisījuma sagatavošanai abos gadījumos motoram uzstāda gāzjauci un degvielas padeves ierobežotāju. Dubultdegvielu sistēmas priekšrocība ir tā, ka motors vienkārši pārkārtojams – jāuzstāda tikai gāzjaucis un dīzeļdegvielas padeves ierobežotājs, kas nodrošina dīzeļdegvielas padevi uz sprauslām, atkarībā no slodzes 10 – 40 % robežās no nominālās padeves. Vajadzības gadījumā motoru var darbināt arī tikai ar dīzeļdegvielu. Trūkumi – vajadzīga otra degviela, motors darbojas nestabili brīvgaitā ar maziem apgriezieniem.

Dzirksteles aizdedzes priekšrocības ir tās, ka motors darbojas stabili visos režīmos un nav vajadzīga otra degviela, Trūkums – sarežģītāka un dārgāka motora pārbūve.

Gāzveida biodegvielas raksturojums salīdzinājumā ar dīzeļdegvielu un benzīnu dots 20. tabulā.

20. tabula

Gāzveida un šķidro degvielu salīdzinājums

Degvielas tips	Tipisks sastāvs	Zemākā siltumspēja		Stehiometriskā gaisa/ degvielas attiecība m^3/m^3	Maisījuma siltumspēja MJ/m^3	Oktān-skaitlis	Kristāliskās robežvērtības sašķidrināšanai	
		MJ/m^3	MJ/kg				Temp., °C	Spiediens kg/cm^2
Biogāze	60% CH_4 4% CO_2	21,6	17,8	5,72	3,21	>120	-36	76
Kokgāze	23% CO 18% H_2 10% CO_2 1% CH_4	5,57	5,05	1,17	2,57	>100	-130	51
Metāns	CH_4	35,9	50,1	9,53	3,41	115	-82,5	47
Sašķidrināta naftgāze	90% C_3H_8 10% C_4H_{10}	93,5	46,1	-	3,68	112	90	44
Dīzeļdegviela	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	-	41,8	-	3,97	-	-	-
Benzīns	C_8H_{16}	-	43,1	-	3,77	>90	296	24

Metāns ir lēni degoša degviela, tādēļ lai iegūtu maksimālu jaudu un, novērstu izplūdes vārstu izdegšanu, motoram darbā ar biogāzi ir jāiestata agrāka aizdedze. Ja aizdedze ir par vēlu, metāna degšana turpinās vēl tad, kad izplūdes vārsti atveras un liesmas plūst caur vārsta atveri. Rezultātā samazinās motora jauda un vārsti ātrāk izdeg.

Pateicoties metāna lēnai degšanai, iekšdedzes motors ar biogāzi vislabāk darbojas ar vidēju griešanās frekvenci un noslodzi tuvāku maksimālam griezes momentam. Šāds režīms īpaši piemērots motora darbam stacionārās koģenerācijas iekārtās vienlaicīgi elektrības un siltuma ražošanai. Šajā režīmā biogāzes motora jauda praktiski neatšķiras no tāda paša lieluma motora jaudas darbā ar dīzeļdegvielu līdzīgā

griešanās frekvenču un slodzes režīmā. Turpretī maksimālās jaudas režīmā biogāzes motora jauda ir 85 – 90 % no dīzeļmotora jaudas .

Dubultdegvielu sistēmā minimālais dīzeļdegvielas daudzums, kas jāiesmidzina cilindros, lai nodrošinātu stabilu aizdedzi ir atkarīgs no motora noslodzes. Pie 100 % noslodzes un maksimālās jaudas dīzeļdegvielu nepieciešams iesmidzināt cilindros 10 % apjomā no kopējās degmaislējuma sadegšanas enerģijas, turpretī pie motora 10 % noslodzes, dīzeļdegviela veido 40 % no kopējās enerģijas, kas attīstās abām degvielām sadegot cilindros. Tātad, lai ekonomētu dīzeļdegvielu, gāzmotoru ar dubultdegvielu sistēmu jācenšas ekspluatēt tuvu maksimālās slodzes režīmam.

Biogāzi var saspiest gāzes balonos līdz spiedienam 200 kg/cm^2 (20 MPa) un izmantot spēkratos. Bet tas prasa iekārtot kompresoru stacijas un biogāzes piegādes loģistikas sistēmu, kas prasa lielus kapitālieguldījumus, tādēļ biogāzes izmantošana spēkratos attīstās lēni.

Attiecībā uz atgāzu toksiskumu jāatzīmē, ka gadījumā, ja gāzmotors ir pareizi noregulēts, tad darbā ar biogāzi izdalās daudz mazāk ogļūdeņražu, oglekļa monoksīdu un slāpekļa oksīdu nekā darbā ar benzīnu vai dīzeļdegvielu. Pie tam biogāzes izdalītie ogļūdeņraži ir ar mazāku aktivitāti smoga veidošanā nekā benzīna vai dīzeļmotoru izdalītie ogļūdeņraži. Šo priekšrocību dēļ vairākās Eiropas pilsētās ir uzsākts izmantot biogāzi kā degvielu pilsētu autobusus, kaut arī tas prasa ierīkot dārgas kompresoru stacijas biogāzes spiešanai gāzbolonos līdz 20 MPa lieliem spiedienam. Tā, piemēram, Stokholmā 2007. gada beigās jau vairāk kā 120 autobusu darbojas ar saspiestu biogāzi.

Biogāzes bagātināšana

Lai biogāzi bagātinātu, respektīvi, lai palielinātu degošās gāzes – metāna CH_4 koncentrāciju biogāzē, no tās jāattīra ogļskābā gāze jeb oglekļa dioksīds CO_2 . Nav nepieciešams iegūt pilnīgi tīru biogāzi (100 % CH_4). Spēkratu motoru darbināšanai pietiek attīrīt biogāzi līdz 95 % CH_4 , saglabājot ne vairāk kā 5 % CO_2 .

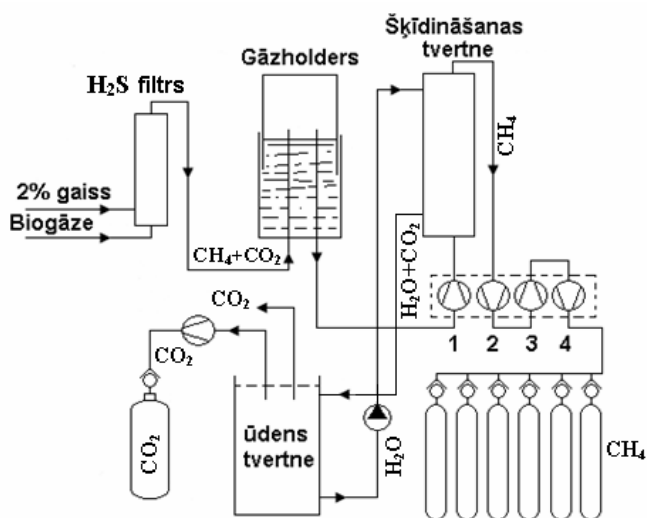
Biogāzes bagātināšanai lieto divas metodes

- ogļskābās gāzes attīrīšana ar šķīdināšanu ūdenī zem spiediena;
- ogļskābās gāzes atdalīšana ar šķīdināšanu kalķūdenī.

Šķīdināšana ūdenī zem spiediena ir vienkāršākais paņēmieni, ko izmanto nelielas jaudas decentralizētās ražotnēs, izveidojot kombinētu sistēmu biogāzes

attīrīšanai no CO_2 un iegūtā 95 % metāna saspiešanai un iepildīšanai augstspiediena gāzbolonos līdz 200 bāru (20 MPa) lieliem spiedieniem. Šādu sistēmu izmanto, piemēram, Stokholmas u.c. pilsētu autobusu parkos biogāzes uzpildīšanai autobusus. Sistēmas principālā shēma parādīta 51. att.

Šīs metodes būtība ir tā, ka ogļskābā gāze zem spiediena viegli šķīst ūdenī, bet metāns šķīst ļoti maz. Lai nodrošinātu CO_2 šķīdināšanai ūdenī nepieciešamo spiedienu izmanto biogāzes pildīšanai augstspiediena balonos paredzēta četrpakāpju kompresora pirmās pakāpes 1 (51. att.) attīrīto spiedienu.



51. att. Biogāzes attīrīšanas no CO_2 un saspiešanas balonos sistēmas principālā shēma. $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$.

Attīrīšanas sistēma darbojas šādi. No reaktora pievadītā biogāze vispirms nonāk sērūdeņraža H_2S attīrīšanas filtrā, kur plūst cauri dzelzs skaidām. Filtra korpusā ievada neliels daudzums gaisa (2 – 5 % no biogāzes tilpuma), veidojas dzelzs oksīds, kas piesaista H_2S .

Tālāk biogāze, kas sastāv vairs tikai no metāna CH_4 un oglekļa dioksīda CO_2 nonāk gāzholderī, kur tiek uzkrāta zem neliela spiediena. Kad gāzholders ir piepildījies, automātiski ieslēdzas kompresors un ūdens sūkņi. Kompresors sūc gāzi

no gāzholdera un ar 8 bāru (0,8 MPa) lielu spiedienu padod to šķīdināšanas tvertnē, kurā ar sūkni tiek sūknēts ūdens un uzturēts analogs spiediens.

Biogāze no tvertnes apakšdaļas sīku burbulīšu veidā plūst augšdaļā un plūstot uz leju šķīdina ogļskābo gāzi. Ar CO₂ piesātinātais ūdens izplūst tvertnes apakšdaļā un cauri spiediena regulatoram, kas notur uzdoto spiedienu, plūst uz ūdens tvertni. Nepieciešamo ūdens līmeni tvertnē kontrolē automātiski, regulējot ūdens patēriņu.

Ūdens tvertne ir savienota ar atmosfēru un, spiedienam krītot, izšķīdušā gāze no ūdens brīvi izplūst atmosfērā (skat. shēmu 51. att.) To var arī savākt, ar atsevišķu sūkni iepildīt ogļskābās gāzes balonos un izmantot tehniskām vajadzībām vai arī augu barošanai siltumnīcās.

Ūdeni no kura ir izdalījusies tajā izšķīdušā CO₂ var izmantot atkārtoti, regulāri kontrolējot un papildinot ūdens līmeni tvertnē.

No oglekļa dioksīda attīrītā biogāze, tagad jau tīrs metāns CH₄, izplūst no šķīdināšanas tvertnes augšgala un plūst uz kompresora 2., 3., un 4. pakāpi, kurās tā pakāpeniski tiek saspiesta līdz 200 bāru (20 MPa) lielam spiedienam. Ar šādu spiedienu saspiestā biogāze tiek iepildīta augstspiediena gāzbalonos, kurus uzstāda attiecīgiem transportlīdzekļiem, piemēram, pilsētu pasažieru autobusiem.

Lai konstatētu bagātinātās biogāzes kvalitāti, respektīvi, lai noteiktu metāna un oglekļa dioksīda attiecību biogāzē, nepieciešams uzstādīt automātisku gāzes satura kontroles un gāzes plūsmas ceļa regulēšanas ierīces, lai nepieciešamības gadījumā biogāzi novirzītu atkārtotai attīrīšanai.

Ar šķīdināšanas metodi no biogāzes var attīrīt praktiski visu oglekļa dioksīda daudzumu, ja ir pietiekošs spiediens, ūdens plūsma un tīrība, kā arī iekārtas izmēri, īpaši augstums. Iekārtas izmēri ir jāaprēķina atbilstoši konkrētai gāzes plūsmai. Pieaugot iepriekšminētajiem lielumiem, pieaug arī gāzes attīrīšanas pakāpe. Principā nav nepieciešams attīrīt pilnīgi simtprocentīgi visu CO₂ daudzumu. Iekšdedzes motori pietiekoši labi darbojas, ja metāna saturs gāzē ir aptuveni 95 %.

Lai aprēķinātu attīrīšanas spiedienu, ūdens plūsmas lielumu un šķīdināšanas tvertnes tilpumu var lietot vienkāršu formulu. Ir zināma oglekļa dioksīda šķīstamība tīrā ūdenī, pie normālas temperatūras 15 °C tā ir koeficients 0,87 reizināts ar CO₂ parciālo spiedienu.

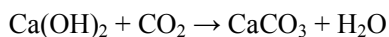
Ogļskābās gāzes parciālo spiedienu biogāzē aprēķina kā kopējo biogāzes spiedienu reizinot CO₂ procentuālo daudzumu biogāzē. Ja biogāzē ir 65 % metāna un 35 % oglekļa dioksīda pie atmosfēras spiediena oglekļa dioksīda parciālais spiediens būs $1 \times 35 / 100 = 0,35$ bāri. No tā var izrēķināt, ka $0,87 \times 0,35 = 0,3$ litru ogļskābās gāzes izšķīdīs katrā litrā ūdens. Pie 10 bāru spiediena katrā litrā ūdens izšķīdīs 3 litri ogļskābās gāzes.

Praksē biogāzes šķīdība parasti ir mazāka nekā aprēķinātā, jo gāzes plūsmai caur ūdeni ir noteikts ātrums, ja tas par lielu, tad ogļskābā gāze nepaspēj izšķīst un, ja ūdeni izmanto atkārtoti, tajā saglabājas noteikts daudzums ogļskābās gāzes, kura nepagūst izdalīties.

Lietojot gāzes šķīdināšanas zem spiediena ūdenī metodi, ir jāievēro, ka pie pazeminātām gaisa temperatūrām iespējama cauruļvadu aizsalšana, tāpēc nepieciešama siltumizolācija un vēlams sistēmu izvietot telpās. Jāievēro visi ar gāzu saspiešanu, sūkņu darbību un vadības sistēmas ekspluatācijas saistītie drošības noteikumi.

Ogļskābā gāzes atdalīšana ar šķīdināšanu kaļķūdenī notiek, ļaujot biogāzei burbuļot cauri tvertnē iepildītam, ūdenī izšķīdinātam kalcija hidroksīdam Ca(OH)₂. Var izmantot arī nātrija hidroksīdu Na OH, reakcija notiek ātrāk, bet tas ir stipri dārgāks tādēļ ekonomisku apsvērumu dēļ izmanto Ca (OH)₂, pagatavojot to kaļķūdens veidā.

Ogļskābā gāze saistās ar kaļķūdeni sekojošā reakcijā:



Kalcija hidroksīda Ca(OH)₂ molmasa ir 74,04 g., ogļskābas gāzes CO₂ – 44,01 g. Viens mols gāzes aizņem 22,4l tilpumu. Var aprēķināt, ka, lai saistītu vienu molu jeb 22,4 litri ogļskābās gāzes, nepieciešams 74,04 gramu kalcija hidroksīda. Reakcijas rezultātā ar šādām vielu proporcijām vajadzētu rasties 100,09 gramu kaļķu nogulšņu veidā. Šo reakciju var izmantot ogļskābās gāzes satura biogāzē noteikšanai. Gāzes daudzumu izmēra ar parasto gāzes skaitītāju, kalcija hidroksīda daudzumu un pēc reakcijas radušās kaļķa nogulsnes nosver. No mērījumu rezultātiem aprēķina oglekļa dioksīda daudzumu biogāzē.

Būtiski ir zināt gāzes saistīšanas ātrumu, t.i., cik ātri ir pieļaujams laist gāzi caur kalcija hidroksīda šķīdumam, lai tiktu saistīts pietiekošs daudzums ogļskābās gāzes un biogāze būtu pēc iespējas tīrāka. Teorētiski aprēķināt šo ātrumu ir ļoti sarežģīti, tāpēc ķīmiķi iesaka to noteikt eksperimentāli, laboratorijas apstākļos.

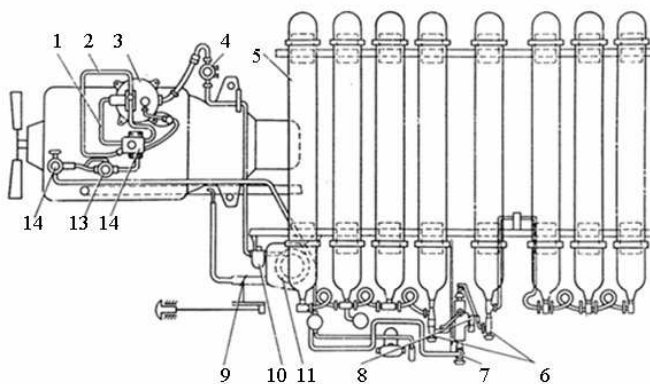
Biogāzes izmantošanas pieredze spēkratos

Līdz pagājušā gadsimta deviņdesmito gadu vidum biogāzi spēkratos praktiski neizmantoja. Pastāvēja uzskats, ka sarežģītā gāzmotoru gāzes barošanas sistēmas aprīkojuma un smago gāzbolonu dēļ, biogāzes izmantošana spēkratos nav ekonomiski izdevīga un biogāzi ir lietderīgi izmantot tikai stacionāros motoros. Tomēr vairākās valstīs, piemēra, Zviedrijā bija fermeri entuziasti, kuri savās saimniecībās ražoja biogāzi uz izmantoja to kā degvielu savos traktoros.

Deviņdesmito gadu vidū, ņemot vērā vides piesārņojuma un globālās sasilšanas problēmas, Francijā, Zviedrijā u.c. valstīs tika izstrādātas nopietnas programmas biogāzes izmantošanai par motordegvielu pilsētu pasažieru autobusus un komerciālā transportā.

Pirmais autobuss, kas darbojās ar biogāzi, bija firmas „Renault” būvētais autobuss Francijas pilsētā Lillē (Lille). Vēlāk šādus autobusus sāka izmantot pilsētu pasažieru transportā arī Marseļā (Marseilles) un Lionā (Lyon). Pašlaik šajās pilsētās darbojas jau vairāk kā 100 biogāzes autobusu.

Autobusus izmanto bagātinātu biogāzi t.i., praktiski 95 % metānu, kas pēc savām fizikālajām īpašībām ir analogs saspiegtai dabasgāzei CNG (Compressed Natural Gas). Tādēļ kravas automobiļus un autobusus, kuri jau ir aprīkoti ar iekārtām saspiegtas dabasgāzes izmantošanai, var bez jebkādiem pārkārtojumiem izmantot darbā ar biogāzi uzstādot CNG balonu vietā 20 MPa spiediena biogāzes balonus. Tajā pašā laikā biogāzes autobusus uzstādītā gāzes iekārta arī ir derīga autobusa ekspluatācijai gan ar biogāzi, gan ar dabasgāzi. Gadījumos, kad biogāze trūkst, autobusa balonos var iepildīt dabasgāzi. Abu veidu gāzdegvielām tiek izmantoti vienādas konstrukcijas gāzboloni, kurus uzstāda autobusiņiem vai nu zem grīdas vai arī uz jumta. Spiedienu balonos kontrolē ar augstspiediena manometru.



52. att. Automašīnas saspiestas gāzes barošanas sistēma:

- 1 – brīvgaitas režīma caurule; 2 – galvenā gāzes padeves caurule; 3 – zemspiediena reduktors; 4 – elektromagnētiskais vārsts; 5 – gāzes balons; 6 – patēriņa ventils; 7 – maģistrālais ventils; 8 – uzpildes ventils; 9 – gāzes sildītājs; 10 – augstspiediena reduktors; 11 – sildītāja aizbīdnis; 12 – karburators – gāzjaucis; 13 – benzīna elektromagnētiskais vārsts – filtrs; 14 – benzīna sūknis.

Katras grupas baloni savā starpā savienoti ar biezienu, bezšuvju cauruļvadiem, un katrai grupai ir savs patēriņa ventilis 6. Abus ventiļus cauruļvadi savieno ar abām grupām kopīgu uzpildes ventili 8 un maģistrālo patēriņa ventili 7. Caur ventili 7 gāze plūst uz gāzes sildītāju 9, kura spirālveida cauruli silda motora izplūdes gāzes. Plūstot cauri uz gāzes sildītājam, un tiek novērsta ūdens tvaiku kondensēšanās. Sildīšanas pakāpi var regulēt ar aizbīdni 11. Tālāk gāze ieplūst vienpakāpes augstspiediena reduktorā 10, kurš gāzes spiedienu no 20 MPa samazina līdz 0,95...1,10 MPa. Reduktoram ir drošības vārsts, kuru ieregulē 1,6 MPa lielam atvēršanās spiedienam. Reduktoram pievieno arī devēju, kurš, spiedienam balonos samazinoties zem 0,95 MPa, augstspiediena manometra korpusā ieslēdz kontrolspuldzi, lai brīdinātu automobiļa vadītāju, ka ar balonos palikušo gāzes daudzumu var nobraukt vēl 10...12 km. No augstspiediena reduktora gāze plūst uz elektromagnētisko vārstu 4, kas atveras ieslēdzot aizdedzes slēdzi. Caur šo vārstu un gāzes filtru gāze tālāk ieplūst divpakāpju

zemspiediena reduktorā 3. Pirmajā reduktora pakāpē gāzes spiediens samazinās līdz 0,20...0,22 MPa.

Gāzmotoram ZIL-138A uzstāda divkameru karburatoru – gāzjauci 12. Rezerves benzīna barošanas sistēmā starp benzīna sūkni 14 un karburatoru – gāzjauci ir elektromagnētiskais vārsts – filtrs 13, kurš izslēdzot aizdedzes slēdzi, pārtrauc benzīna padevi uz karburatoru. Motoru darbinot ar gāzi, vārstu noslēdz ar rokas pārslēgu.

Viens no galvenajiem mezgliem gāzmotoru barošanas sistēmā ir divpakāpju zemspiediena reduktors 3. Šis reduktors paredzēts gāzes spiediena pakāpeniskai samazināšanai un automātiskai gāzes padeves regulēšanai atkarībā no motora slodzes un kloķvārpstas griešanās frekvences, kā arī gāzes padeves pārtraukšanai apturot motoru.

Biogāzes autobusu ekspluatācijas izmēģinājumi Francijā parādīja, ka biogāzes autobusam, salīdzinājumā ar dīzeļautobusu ir straujāks paātrinājums, samazināta dūmošana, atgāzu toksiskums un trokšņu līmenis. Cieto daļiņu emisija samazinājās par 10 %, ogļūdeņražu – par 2 % un NO_x emisija par 15 %, vienīgi CO līmenis atgāzēs praktiski nemainījās. Ar biogāzi strādājoši autobusa motors nemaz neizmet atmosfērā CO₂ gāzi, kas ir viena no galvenajām siltumnīcas efekta izraisītājām. Tiek atzīmēta, ka enerģija, ko iegūst sadedzinot biogāzi autobusu motors ir 3 reizes lielāka par summāro enerģiju, kas tiek patērēta visā biogāzes ražošanas – attīrīšanas – piegādes ķēdē. Firmas tālāk strādā pie biogāzes sistēmas uzlabošanas, īpašas cerības tiek liktas uz iespējām samazināt svaru aizstājot tērauda saspiestās gāzes balonus ar baloniem no kompozītmateriāliem.

Pašreiz Eiropā biogāzes autobusus ražo trīs firmas: „Renault” (Francija), MAN (Vācija) un „Volvo” Zviedrija.

Biogāzes autobusu projektu Zviedrijā sāka ieviest dažus gadus vēlāk nekā Francijā. Stokholmas ielās pirmie 21 biogāzes autobusi sāka kursēt 2004. gadā un 2007. gada beigās to skaits jau sasniedza 120. Autobusi gandrīz vienādā skaitā ir ražoti divās firmās – „Volvo” un „MAN”. Zviedrijas valdība ir izvirzījusi uzdevumu transporta sektorā pilnībā pāriet uz atjaunojamu biodegvielu izmantošanu. Attiecībā uz Stokholmas autobusu parku šis uzdevums būs izpildīts jau 2008. gadā – 250pilsētas autobusi brauc ar bioetanolu, pārējie vairāk kā 120 autobusu ar biogāzi (53. att.).



53. att. Stokholmas pilsētas autobusi, kas darbojas ar biogāzi.

Darbam ar biogāzi tiek pakārtoti arī pilsētas komunālā transporta specializētie kravas automobiļi.

Autobusu vajadzībām biogāze tiek ņemta no pilsētas notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Attīrīšanas stacijā saražotā biogāze pa cauruļvadiem tiek piegādāta uzpildes stacijā. Tas samazina degvielas piegādes izmaksas. Pagaidām, esošās ražošanas jaudas nespēj nodrošināt nepieciešamo gāzes daudzumu, lai apgādātu visu pilsētas autobusu parku. Tādēļ daļa autobusu tiek pārbūvēta darbam ar citu ekoloģiski tīru degvielas veidu – bioetanolu. Darbam ar bioetanolu (E85) pārkārtots arī taksometru parks. Rezultātā kaitīgo izmešu daudzums Stokholmas ielās ir samazināts par 90 %.

Biogāzes autobusus strauji ievieš arī citās Zviedrijas pilsētās (Gēteborgā, Norkepingā, Linkepingā) un citās Eiropas valstīs – Norvēģijā, Šveicē u.c. Izmantojot biogāzi kā motordegvielu spēkratos, samazinās CO₂ izplūde atmosfērā, jo biogāzes bagātināšanas procesā CO₂ tiek attīrīta, savākta un izmantota.

Kopumā ārzemju pieredzes analīze rāda, ka attīrīta biogāze jeb biometāns ir viens no konkurētspējīgākajiem un perspektīvākajiem biodegvielu veidiem, kura izmantošana pilsētu pasažieru autobusus un komunālajā transportā samazina pilsētu gaisa piesārņojumu ar autotransporta izplūdes gāzēm pat līdz 80 %. Nav šaubu, ka jau tuvākajos gados biogāzes ražotnes Rīgas atkritumu poligonā Getliņos un notekūdeņu attīrīšanas stacijā Bolderājā tiks aprīkotas ar biogāzes attīrīšanas un uzpildīšanas sistēmām un iegūtais biometāns tiks izmantots pilsētas transportā. Tiks būvētas arī

jaunas biogāzes ražotnes citās pilsētās un reģionos, kuras arī būs apgādātas ar biogāzes uzpildes sistēmām tās izmantošanai spēkratos.

5.6. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kas ir biodegviela? No kādām izejvielām iegūst biogāzi? Raksturojiet īsumā biogāzes ražošanas procesu. No kādām vielām jāattīra biogāze, lai to varētu izmantot kā degvielu iekšdedzes motoros? Kādā veidā bagātina biogāzi, lai to varētu izmantot kā motordegvielu spēkratos?

Raksturojiet biogāzes ieguves peldošā kausa tipa bioreaktora darbības principu. Raksturojiet biogāzes ieguves fiksētas velvies tipa biogāzes reaktora darbības principus. Kādi ir biogāzes ieguves principi šķīdirmēslu krātuvēs pie lopkopības fermām?

Raksturojiet horizontālā biogāzes reaktora ar centrālo rotējošo maisītāju uzbūves un darbības principus („Rokai” Cūku fermas, Lietuva, piemērs). Kā tiek nodrošināta biogāzes padeve uz gāzmotoriem izmantojot peldošā kausa tipa gāzholderi?

Raksturojiet biogāzes ieguves procesu no šķīdirmēslu un augu biomasas modernos bioreaktos („Vecauces” liellopu fermas piemērs). Kā reaktoram pievada šķīdirmēslus? Kā pievada augu zaļo masu? Kādu funkciju pilda elastīgā polistirola membrāna, kas pārklāj reaktora cilindrisko tvertni? Cik kubikmetru biogāzes var saražot no viena kubikmetra reaktora tilpuma?

Kādas priekšrocības un kādi trūkumi ir biogāzes ražošanai lielās centralizētās rūpnīcās? Cik kubikmetru biogāzes var iegūt no 1 m³ biomasas centralizētajās biogāzes rūpnīcās?

Kādi ir trīs galvenie biogāzes pielietošanas veidi? Ar ko biogāze atšķiras no dabasgāzes? Kā iespējams biogāzi pēc sava sastāva tuvināt dabasgāzei? Kādu paņēmieni lieto lai biogāzi attīrītu no sērūdeņraža? Kāpēc sērūdeņradis jāattīra?

Raksturojiet iekārtas, ar kuru biogāzi attīra līdz metāna līmenim, darbības principu. Raksturojiet ar biogāzi darbināma koģeneratora uzbūves un darbības

principus. Kādai jābūt biogāzes optimālai temperatūrai ieplūstot motora cilindros? Kādas ir biogāzes kā motordegvielas priekšrocības salīdzinājumā ar šķidrajām degvielām?

Raksturojiet divus paņēmienus, kādus pielieto, lai parasto dīzeļmotoru pārkārtotu darbam ar biogāzi. Īsumā raksturojiet biogāzes izmantošanu spēkratos. Kādās valstīs un kādos transporta līdzekļos visplašāk pielieto biogāzi? Kas nepieciešams, lai automobiļus, kuri darbojas ar saspiesto dabasgāzi CNG, darbinātu ar biogāzi, kas iegūta no organiskajiem atkritumiem?

6. BIOMASAS TERMOĶĪMISKĀ KONVERSIJA UN KOKGĀZES RAKSTUROJUMS

6.1. Termoķīmiskās konversijas veidi

Pazīstami ir trīs galvenie biomasas termoķīmiskās konversijas veidi: pirolīze, gazificēšana un sadedzināšana.

Pirolīze savukārt iedalās lēnā pirolīzē un ātrā pirolīzē. Lēnā jeb parastā pirolīze notiek, ja biomasu, kas iepildīta hermētiski noslēgtā tilpnē jeb retortē karsē no ārpuses un notur zināmu laiku 500-700 °C temperatūrā. No koksnes izdalās gaistošās vielas un retortē paliek ogles. Šo procesu izmanto kokogļu ražošanai. Lēnās pirolīzes process daļēji notiek arī jebkurā gāzģeneratorā noteiktā zonā virs oksidēšanās zonas.

Ātrā pirolīze (angliski Flash pyrolysis – zibenīgā pirolīze) notiek sausu, sīki sasmalcinātu biomasu strauji sakarsējot reaktorā bezgaisa telpā līdz 700-900 °C zem spiediena un tad to strauji atdzesējot. Notiek biomasas tvaiku kondensēšanās un iegūst šķidru degvielu, tā saucamo pirolīzes eļļu, ko kanādieši nosaukuši par „melno liķieri” (Black Liqueier).

Gāzificēšana ir process, kurā biomasas termoķīmiskā konversija notiek noslēgtā reaktorā jeb gāzģeneratorā ar ierobežotu gaisa padevi 900-1200 °C augstā temperatūrā, ko nodrošina daļēja biomasas sadedzināšana. Gāzģeneratorā 20-30 % no ievadītās biomasas sadeg temperatūras uzturēšanai, bet 70-80 % pārvēršas kokgāzē.

Parasto kokgāzi iegūst pārgāzējot koksnes biomasu gāzģeneratorā atmosfēras spiedienā un to sauc par atmosfērisko pārgāzēšanu. Tās priekšrocība ir vienkārša gāzģeneratora konstrukcija, bet trūkums – zema iegūtās kokgāzes siltumspēja, kas labākā gadījumā sasniedz 5 – 6,5 MJ/kg. Tas tādēļ, ka pārgāzējot ar gaisu, kokgāzei kā lieks balsts nāk līdzī gaisa sastāvā esošais slāpekļs un kokgāzes sastāvā šīnī gadījumā ir CO, H₂, CH₄, CO₂, N₂.

Ja gazificēšanas procesā kā oksidēšanās aģentu izmanto nevis gaisu, bet tīru skābekli O₂ vai arī pārkarsētu ūdens tvaiku H₂O, tad iegūst bagātinātu deggāzi, kuras sastāvā ir CO, H₂, CH₄, CO₂, O₂, bet nav slāpekļa N. Un tās siltumspēja sasniedz 15 –

22 MJ/kg (21. tabula). Šādu deggāzi pieņemts saukt par sintēzgāzi un to tālāk izmanto šķidro sintētisko biodegvielu ražošanai.

21. tabula

Pirolīzes un gazificēšanas tehnoloģiju salīdzinājums

Parametri	Pirolīze		Gazificēšana	
	lēnā	ātrā	atmosfēriskā	zem spiediena
Koksnes izmēri, cm	rupji dažādi	smalki	max 10x10	dažāds maisījums
Mitruma saturs koksnē, %	20 – 40	5 – 8	max 50	max 20
Procesa temperatūra, °C	500 – 700	600 – 900	800 – 1500	1000 – 1500
Spiediens procesa laikā, bāri	0,1 – 1	30	1	20 – 30
Oksidēšanas aģents	gaiss	gaiss	gaiss	skābeklis
Iegūtais produkts	kokogles	pirolēzes eļļa	kokgāze	sintēzgāze
Maksimālā procesa ražība, t/h	5	0,05	20	25
Produkta ieguve, masa no patērētās biomasas daudzuma, %	≤ 40	≤ 70	100 – 250	200 – 350
Iegūtā produkta siltumspēja, MJ/kg	30	30	5 – 6,5	15 – 22

Sadedzināšana ir vissenākais un visplašāk izmantojamais biomasas termoķīmiskās konversijas veids. Sakarā ar naftas un akmeņogļu krājumu strauju un neatgriezenisku samazināšanos un šo fosilo degvielu sadegšanas procesā izdalītās ogļskābās gāzes uzkrāšanos atmosfērā, kā rezultātā ir veidojies kaitīgais siltumnīcas efekts, kā kurināmo atkal arvien plašāk izmanto biomasu. Pagājušā gadsimtā plaši izmantotās ar akmeņoglēm, mazutu un dīzeļdegvielu kurināmās apkures sistēmas tagad arvien vairāk tiek pārkārtotas kurināšanai ar koksnes šķeldu vai granulām, kokskaidu un salmu briketēm u.c. bioloģiskas izcelsmes, atjaunojamām degvielām. Tiek konstruētas un ražotas jauna tipa apkures krāsnis individuālām mājām, kas nodrošina pilnīgu sadegšanu un ilgstošu efektīvu siltuma ieguvi.

Tomēr decentralizēta kurināmā sadedzināšana tikai siltuma ieguvei ir mazāk efektīva kurināmā izmantošana nekā gazificēšana, jo kurināmo tikai sadedzinot, iegūstam mazāk enerģijas un tā ir grūti transportējama. Tādēļ pēdējos gados strauji

attīstās kurināmā gazificēšana un iegūtās kokgāzes izmantošana koģenerācijas motorstacijās vienlaicīgi siltuma un elektrības ražošanai.

Kokgāzes ražošanas vēsture un iespējas

Kokgāzi iegūst pārgāzējot koksnes biomasu (klucīšus, atgriezumus, šķeldu, zāģskaidas) īpašā reaktorā – tā saucamā gāzģeneratorā. Iegūto gāzi sauc arī par gāzģeneratoru gāzi, deggāzi vai termogāzi. Pēdējā laikā ir iegājies nosaukums kokgāze, jo koksne ir galvenā izejviela tās ražošanai.

Koksnes pārgāzēšana pazīstama jau kopš deviņpadsmitā gadsimta vidus. Iegūto deggāzi plaši izmantoja ielu laternās, pavardos, kurtuvēs un rūpnīcās gāzmotoru piedziņai. Pagājušā gadsimta trīsdesmitajos un četrdesmitajos gados gāzģeneratorus plaši pielietoja spēkratos un stacionārās iekārtās, it sevišķi otrā pasaules kara laikā.

Pēckara gados, sakarā ar lētās šķidrās degvielas pieejamību un pāreju uz ekonomisku dīzeļmotoru pielietošanu, gāzģeneratoru sērijveida ražošanu pakāpeniski pārtrauca.

Septiņdesmitajos un astoņdesmitajos gados vairākas firmas Eiropas valstīs uzsāka nelielu stacionāru gāzģeneratoru ražošanu un to piegādi jaunattīstības valstīm – Āfrikā un Āzijā.

Latvijā ir zināma pieredze gāzģeneratoru ražošanā un izmantošanā. Pirmskara gados gāzģeneratorus traktoriem ražoja inženiera A. Razevska mehāniskās darbnīcās Rīgā, Zemkopības ministrijas mehāniskajās darbnīcās Jelgavā un automobiļiem rūpnīcā „Vairogs” Rīgā. Laikā no 1992. gada līdz 1993. gadam rūpnīcā „Latura” Valmierā nelielā daudzumā ražoja gāzģeneratorus G-125 kravas automobiļiem GAZ-52, kas principā ir plaši pazīstamo Vācijā un arī rūpnīcā „Vairogs” Rīgā ražoto gāzģeneratoru „IMBERT” kopija. Gāzģeneratora G-125 izmēģinājumu ar kravas automobili GAZ-52 1992. gadā Tukuma „Lauktehnikā” veica inženierzinātņu doktors Uldis Sēja. Izmēģinājumi parādīja, ka kokgāzes sistēma ir darboties spējīga, bet motora jauda ir par 32 % zemāka nekā strādājot ar benzīnu. Motors maksimālo jaudu sasniedz, braucot ar ātrumu par 10 km/h zemāku nekā darbojoties ar benzīnu. Degvielas krīze nebija tik liela, lai nopietni sāktu domāt par gāzģeneratoru izmantošanu transportā. Turpretī stacionārās iekārtās to izmantošana ir attaisnojusies

un attīstās. Divi no „Laurā” ražotajiem gāzģeneratoriem vēlāk tika izmantoti LLU izveidotajā eksperimentālajā 100 kW koģenerācijas motorstacijā.

Zinātnes un ražošanas apvienībā „Silava” astoņdesmito gadu vidū izgatavoja gāzģeneratoru, kurā pārgāzēja līdz 45 % mitrus sakapātus skujkoku zarus kopā ar atlikušajām skužām un ieguva deggāzi 450 m³/h. Deggāzi ar 180°C temperatūru pievadīja un sadedzināja īpašā siltumģeneratorā. Noregulējot siltumnesēja temperatūru ar atgāzu recirkulāciju, to tālāk izmantoja skuju žāvēšanas agregātā vitaminizētu skuju miltu ieguvei.

Deviņdesmito gadu sākumā jaunu impulsu gāzģeneratoru attīstībā deva mazas jaudas ar dabasgāzi darbināmu koģenerācijas motorstaciju popularitāte vairākās Eiropas valstīs. Gāzmotoru darbināšanai sāka izmantot arī ģeneratoratgāzi, pārgāzējot koksnes atlikumus un šķeldu. Tika izmantots lejupdedzes gāzģeneratora princips, kas dod minimālu dravas daudzumu.

Viena no pirmajām koģenerācijas tipa gāzģeneratoru iekārtām stājās ierindā 1994. gadā Jutlandē, Dānijā, kura apgādā ar siltumu un elektrību vairāk kā 100 mājas Hogildas ciematā. Gāzģeneratorā kā kurināmo izmantoja rupjo 30 -120 mm garu šķeldu un kokapstrādes atgriezumus ar mitrumu ne vairāk kā 20 %. Motorstacija attīstīja 160 kW elektrisko jaudu un 160 kW siltuma jaudu. Pāris gadus vēlāk, pēc siltummaiņu rekonstrukcijas, siltuma jauda sasniedza 349 kW un kopējais lietderības koeficients 0.80 - 0.85. Šķelda pirms ievadīšanas gāzģeneratorā tiek žāvēta speciālā žāvēšanas iekārtā ar motora izplūdes gāzēm, samazinot mitrumu no 50 % līdz 20 %.

Dānijā otra šķeldas pārgāzēšanas un koģenerācijas motorstacija ar elektrisko jaudu 100 kW un siltuma jaudu 250 kW 1996. gadā sāka darboties Ārsā. Sausas (< 20 % mitruma) šķeldas patēriņš 75 kg/h, saražotās kokgāzes daudzums 250 m³/h. Šajā motorstacija tiek izmantots gāzģenerators, kas sastāv no atsevišķiem pirolīzes un gazificēšanas reaktoriem.

Informācijas analīze rāda, ka katrs gazificēšanas projekts un risinājums ir individuāls. Eiropas tirgū pagaidām nav sērijveida ražotņu vai standartizētu gāzģeneratoru iekārtu piedāvājumu. Dānijas pieredze rāda, ka koksnes biomasas pārgāzēšanas tehnoloģija varētu būt arī Latvijā pieņemams un atbalstāms koksnes atlikumu izmantošanas veids, iegūto kokgāzi izmantojot koģenerācijas motorstacijās.

To pierāda arī Latvijā pirmās, kopš 2004. gada praktiski darbojošās kokgāzes motorstacijas izmantošanas pieredze Madonas rajona Biksērē.

Latvijai nav pašai savu akmeņogļu, dabasgāzes un naftas atradņu. Tādēļ ļoti svarīga nozīme ir vietējo, dabas atjaunojamo energoresursu, tādu kā tekošais ūdens, vējš, saule, koksne, kūdra, saimniecisko atkritumu un speciālu enerģētisko augu izmantošanai. Šajā aspektā būtiska ir mazas jaudas (0,1 - 1 MW) koģenerācijas motorstaciju pielietošana, kā motordegvielu izmantojot kokgāzi.

Koksne ir nozīmīgākais atjaunojamās enerģijas resurss Latvijā. Apmēram 45 % no Latvijas teritorijas klāj meži. Latvijā pēdējos gados izcērt kokus 10 – 12 milj. m³ gadā. No šī daudzuma enerģētiskā koksne ir apmēram 53 %.

Mežizstrādes procesā daudz nekvalitatīvu koku, galotnes, zari, kurus varētu izmantot gazificēšanai, resp., kokgāzes ieguvei, paliek mežā sapūšanai. Kaut arī šķeldas un zāģskaidu izmantošana kurtuvēs, brikešu un granulu ražošanai eksportam un vietējam patēriņam gadu no gada pieaug, tomēr koksnes atlikumi kokapstrādes uzņēmumos un mežizstrādē pilnībā netiek izmantoti.

Izveidojot gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstaciju vienlaicīgai elektrības un siltuma ražošanai no koksnes atlikumiem, kokapstrādes uzņēmumam ir iespējams pilnībā izmantot koksnes atlikumus un iegūt papildus peļņu, samazinot savus izdevumus elektrības un siltuma iegādei, kā arī pārdodot daļu enerģijas tīklam.

Pēc Latvijas neatkarības atjaunošanas 2000.-2001. gadā Madonas rajona Bērzaunē, kokapstrādes uzņēmumā „Gaiziņš” tika projektēta un uzbūvēta Latvijā pirmā rūpnieciskā gāzģeneratora koģenerācijas motorstacija uz divu Krievijā ražotu standarta dīzeļelektrostaciju bāzes (ar summāro elektrisko jaudu 735 kW). Abi dīzeļmotori tika pārbūvēti par gāzdīzeļiem, izmantojot dīzeļa degvielu kā pilotdegvielu aizdedzei ar degvielas padevi 10% no minimālā dīzeļdegvielas patēriņa.

Motorstacijas izmēģinājumi parādīja, ka stacijas būvē pieļautas vairākas būtiskas nepilnības, kā rezultātā iegūtā kokgāze izrādījās neapmierinošas kvalitātes ar palielinātu mitruma saturu un zemu siltumspēju (ne vairāk kā 3,0 - 3,5 MJ/m³) un līdz ar to motoru normāls darbs netika nodrošināts. Galvenā principiālā kļūda bija tā, ka tika uzbūvēts augšupdedzes gāzģenerators, kas dod stipri netīru, zemas siltumspējas gāzi. Nebija aprīkota uzkarsēta gaisa padeve zem neliela spiediena uz furmām, kā

rezultātā samazinājās gazificēšanas intensitāte un nebija iespējams uzturēt vajadzīgo temperatūru (950 - 1200 °C) degšanas zonā.

Kokgāzes sastāvs un īpašības

Kokgāzi, tāpat kā iepriekš aplūkoto biogāzi, iegūst no bioloģiski atjaunojamajām izejvielām un tā arī tiek izmantota kā labai draudzīga gāzveida motordegviela.

Bet starp abām šīm gāzēm ir būtiska atšķirība gan pēc to fizikālā un ķīmiskā sastāva, gan pēc to ieguves tehnoloģiskām:

- biogāze pamatā sastāv no metāna CH_4 un to iegūst baktēriju darbības rezultātā fermentējot pusšķidru biomasu;
- kokgāze pamatā sastāv no oglekļa monoksīda CO un to iegūst termoķīmiskā procesā pārgāzējot cietu un sausu biomasu, galvenokārt koksni klucīšu, šķeldas vai brikešu veidā.

Gāzģeneratora atšķirība no šķeldas katla ir tā, ka katls ražo tikai siltumu, bet gāzģenerators ražo gāzveida energonesēju.

Gaissausas koksnes zemākā siltumspēja ir 2440 kcal/kg jeb 10.3 MJ/kg. Pārgāzējot no 1 kg koksnes iegūst 2.3 m³ kokgāzes, kuras siltumspēja ir 1350 kcal/m³ jeb 5.65 MJ/m³, resp., no 1 kg koksnes to pārgāzējot iegūstam siltumenerģiju:

$$2.3 \text{ m}^3 \times 5.65 \text{ MJ/m}^3 = 13 \text{ MJ.}$$

Tātad koksni pārgāzējot un sadedzinot iegūto kokgāzi, iegūstam par 26.2 % lielāku siltumenerģiju, nekā to¹ pašu koksni tieši sadedzinot biolera katla kurtuvē. Turklāt kokgāzi var sadedzināt ne tikai katla kurtuvē, bet arī iekšdedzes motora cilindros, iegūstot siltumu un mehānisko darbu.

Bet darbs vienmēr ir augstāks enerģijas izmantošanas veids, nekā tikai siltums un tā ir galvenā koksnes atlikumu gazificēšanas priekšrocība, salīdzinot ar to tiešu sadedzināšanu kurtuvē. Gazificēšanu izmanto ne tikai koģenerācijai, bet arī gadījumos, kad vajadzīga koksnes atlikumu izmantošana vienīgi siltuma ieguvei (BIONEER tipa gāzģeneratori), jo pārgāzējot iegūst stabilu distancionāli pārvadāmu, ērti regulējamu energonesēju, kas ļauj iebūvēt gāzes degļus esošajos katlos, žāvēšanas iekārtās, ķieģeļu, kaļķu, cementa ražošanas iekārtās u.tml.

Gazificēšanas tehnoloģijas priekšrocības:

- koksnes biomasu vienlaicīgi izmanto siltuma un elektrības ražošanai;
- energonesēju iespējams uzkrāt, distancionāli pārvadīt un izmantot materiālu žāvēšanai vai apdedzināšanai dažādās ražošanas iekārtās;
- gāzģeneratoram kopā ar koģenerācijas sistēmu ir samērā augsts lietderības koeficients 0.80 - 0.85.

Gazificēšanas tehnoloģijas trūkumi:

- kokgāzes sastāvdaļa - tvana gāze ir indīga, bezkrāsaina un bez smakas, tādēļ gāzģeneratoru izmantošanai ir paaugstinātas drošības prasības;
- līdz šim vēl nav izstrādātas un netiek sērijveidā ražotas stacionāru mazas jaudas (50 - 1000 kW) gāzģeneratoru konstrukcijas, kas būtu piemērotas koksnes atlikumu pārgāzēšanai;
- modernam gāzģeneratoram kopā ar **koģenerācijas motorstaciju** ir nepieciešama komplicēta automātiska kontroles, vadības un drošības sistēma, kas sadārdzina un kavē gāzģeneratoru ieviešanu.

Minētie trūkumi rada zināmas problēmas mazas jaudas gazificēšanas un koģenerācijas iekārtu izveidē un ieviešanā. Literatūras avotos minēti vairāki neveiksmīgi biomasas gazificēšanas sistēmu ieviešanas mēģinājumi. Šo neveiksmju galvenais cēlonis ir tas, ka iekārta netiek veidota, kā integrēta sistēma un nenodrošina nepieciešamo termogāzes kvalitāti, lai to bez problēmām varētu izmantot kā motordegvielu.

Kokgāze pamatā sastāv no trim degošām gāzēm: oglekļa monoksīda CO, ūdeņraža H₂ un metāna CH₄ un nedegošas ogļskābās gāzes CO₂, kas gāzu maisījumā ir lieks balsts, tās saturs parasti nepārsniedz 10-15 %. Kokgāzes sastāvs lielā mērā ir atkarīgs no pārgāzējamās biomasas veida un mitruma satura W, % (22. tabula).

Bez minētajām gāzēm, kokgāzes sastāvā ietilpst vēl darva, ūdens tvaiki, cietās daļiņas u.c. vielas no kuru daudzuma ir atkarīga iespēja kokgāzi ilgstoši izmantot iekšdedzes motoros. Tādēļ kokgāze ir jāattīra no minētajiem piemaisījumiem.

Kokgāze ir pietiekoši kvalitatīva un derīga sadedzināšanai iekšdedzes motoros, ja tā atbilst sekojošām prasībām:

- atdzesēta līdz temperatūrai 40 – 60 °C;

- darvas saturs gāzē nepārsniedz 0.25 g/m^3 ;
- ūdens tvaiku daudzums nepārsniedz 270 g/m^3 ;
- cieto daļiņu piemaisījums gāzē mazāks par 0.1 g/m^3 .

22. tabula

Termogāzes sastāvs, pārgāzējot dažāda veida biomasu

Pārgāzējamā biomasas	Gāzes sastāvs, tilpuma %			
	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂
Gabalkūdra, W<60 %	24,2	18,8	3,0	10,3
Koksnes šķelda, W<40 %	29,0	15,4	1,6	6,8
Koksnes atkritumi, W<60 %	20,0	14,0	2,5	10,0
Zāģskaidas, W<60 %	21,7	17,8	2,6	14,1
Briketēti municipālie atkritumi. W<40 %	17,8	14,6	2,6	11,0
Smalcināti salmi, W<20 %	18,9	17,6	2,3	13,8

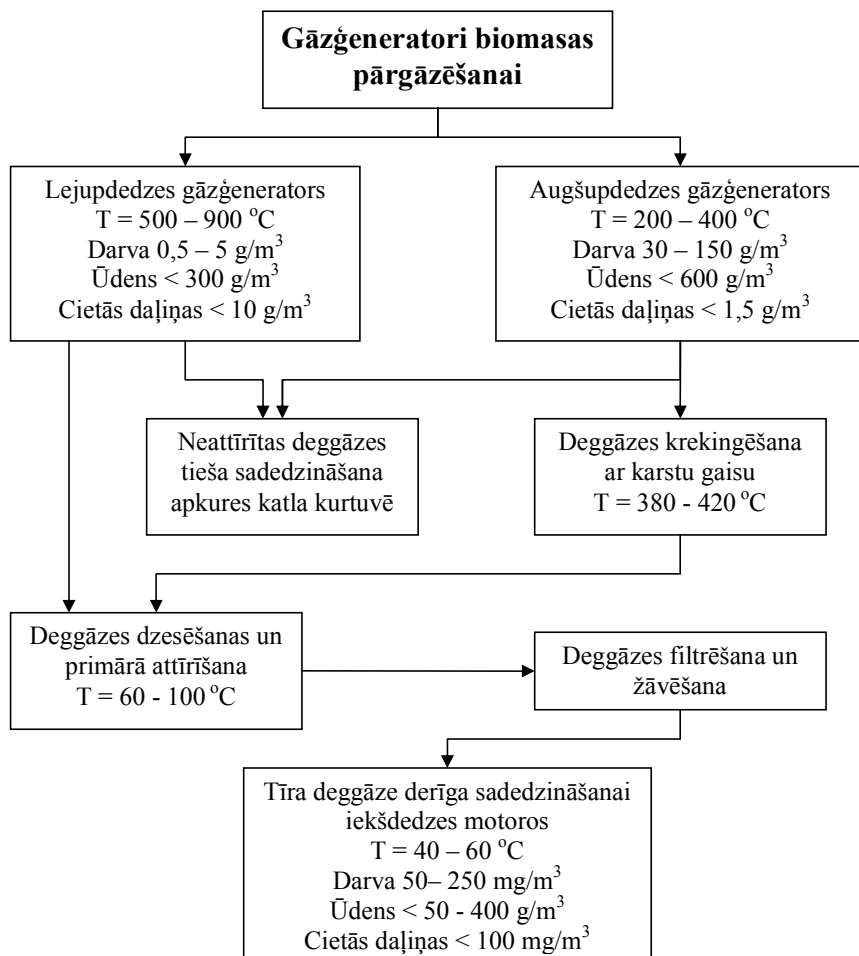
Šo piemaisījumu daudzums kokgāzē ir būtiski atkarīgs no izmantotā gāzģeneratora tipa. Shēmā 54. attēlā ir parādīts piemaisījumu daudzums un kvalitātes deģģāzes ieguves nosacģjumi ar divu tipu – lejupdedzes un augģupdedzes gāzģeneratoriem.

Kā redzams, darvas saturs kokgāzē lejupdedzes gāzģeneratoram 2 – 20 reižu, bet augšupdedzes gāzģeneratoram 120 – 600 reižu pārsniedz pieļaujamo (0.25 g/m^3). Abos gadījumos iegūtā kokgāze ir jāattīra, bet augšupdedzes gāzģeneratoram gāzes tīrīšanas iekārta ir daudz sarežģītāka un ietilpīgāka. Šo iemeslu dēļ augšupdedzes gāzģeneratorus praktiski neizmanto sistēmās, kurās gāze paredzēta iekšdedzes motoru darbināšanai.

Lejupdedzes gāzģeneratorā pārgāzējot gaissausus ($W \leq 20 \%$) koksnes klucīšus vai šķeldu iegūtās kokģāzes tipisks sastāvs ir šāds:

- oglekļa monoksīds CO 23 %;
- ūdeņradis H₂ 18 %;
- metāns CH₄ 1 %;

- ogļskābā gāze CO_2 10 %;
- slāpekļa dioksīds 48 %.



54. att. Lejupdedzes un augšupdedzes gāzģeneratoros iegūtās degģāzes salīdzinājums un kvalitatīvas degģāzes ieguves nosacījumi.

Šāda sastāva kokģāze raksturojas ar sekojošām tipiskām fizikālām īpašībām:

- zemākā tilpuma siltumspēja $5,57\text{ MJ/m}^3$;
- zemākā masas siltumspēja $5,05\text{ MJ/kg}$;
- kokģāzes un gaisa stehiometriskā attiecība 1,17;
- kokģāzes oktānskaitlis 100-109.

6.2. Gazificēšanas tehnoloģiju pamatprincipi

Kokgāzes ieguve lejupdedzes gāzģeneratorā

Iepriekš minēto kvalitātes gāzes ieguves apsvērumu dēļ, lejupdedzes gāzģenerators ir praktiski vienīgais gāzģeneratora tips, kas plaši ticis izmantots iekšdedzes motoru darbināšanai ne tikai automobiļos un traktoros, bet arī nelielas jaudas (0,1 – 1,0 MW) stacionārās iekārtās.

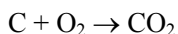
Lai izanalizētu gazificēšanas tehnoloģijas pamatprincipus lejupdedzes gāzģeneratorā, kā piemēru aplūkosim “IMBERT” gāzģeneratoru, kurš pirms Otrā pasaules kara un kara gados tika ražots vairākās valstīs un rūpnīcās uz konveijera sērijveidā milzīgos daudzumos un atzīstams par klasisku šī tipa gāzģeneratora paraugu. Arī daudzās šīsdienas gāzģeneratoru konstrukcijās ir saglabāts “IMBERT” gāzģeneratoru pamatprincips – īpašas formas sašaurinājums pārejas joslā no degšanas uz redukcijas zonu (skat. iedaļu “Ārzemju pieredzes analīze”).

Jāatzīmē, ka kara gados „IMBERT” gāzģeneratorus ražoja arī Rīgā rūpnīcā „Vairogs”, bet 1992. gadā degvielas krīzes ietekmē to ražošanu atsāka ugunsdzēsamo aparātu rūpnīcā „Latura” un saražoja pavisam 32 šādus gāzģeneratorus ar marku G-125. Divi no tiem nonāca LLU Traktoru un automobiļu katedras rīcībā un tika izmantoti eksperimentālas koģenerācijas motorstacijas izveidei.

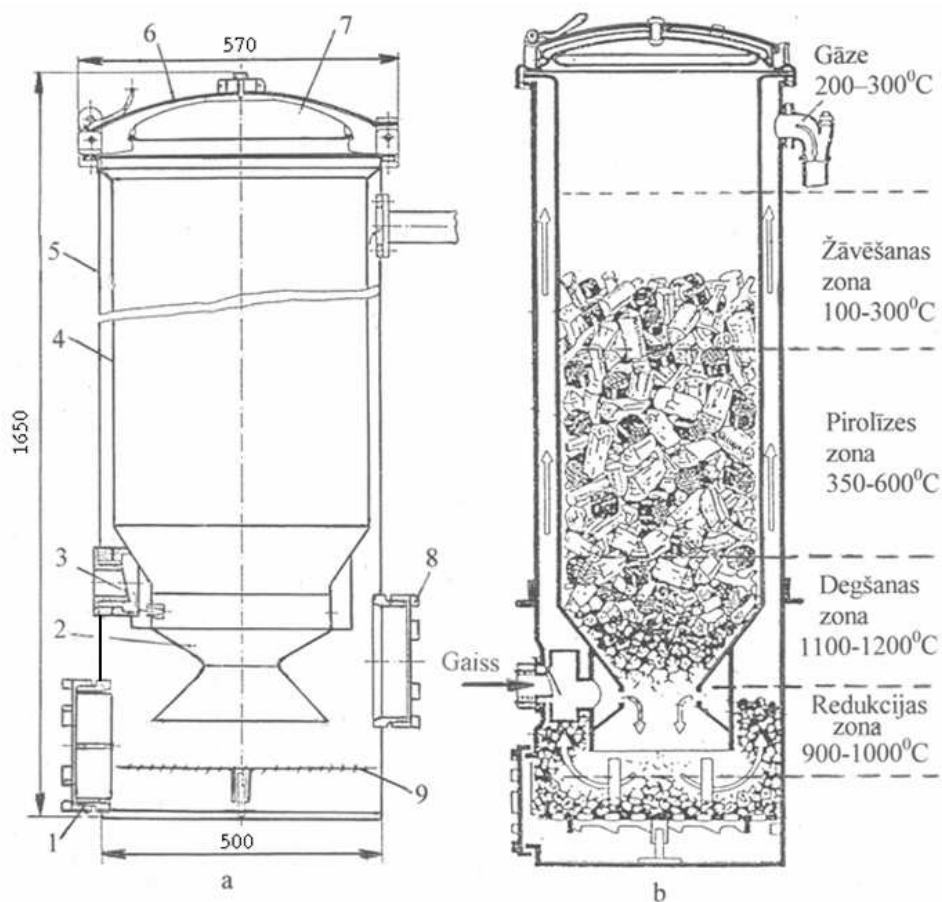
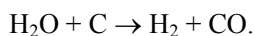
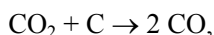
Gāzģenerators sastāv pamatā no ārējās tvertnes 5 un iekšējās tvertnes 4 (55. att.), starp kurām veidojas koncentriska telpa pa, kuru līdz 900-1000 °C sakarsētā gāze plūst uz augšu, sakarsējot lejupplūstošo biomasu – koksnes klucīšus vai šķeldu.

Lejupdedzes gāzģeneratorā kurināmo padod no augšas caur lūku vai speciālu padeves sistēmu. Gazificēšanas procesā kurināmais kopā ar izdalītām pirolīzes gāzēm un tvaiku plūst uz leju. Aplūkojamais gāzģenerators ir tā saucamā sūcģāzes tipa, t.i. gāzes plūsmu nodrošina gāzģeneratora virzuļi iesūkšanas taktu laikā.

Degšanas zonā caur 6 radiāli novietotām formām ieplūst gaiss un notiek kurināmā degšana augstā temperatūrā. Gaisa padeves daudzums ir nepietiekošs kurināmā pilnīgai sadegšanai (gaisa pāruma koeficients $\alpha=0.6 - 0.7$), tādēļ degšanas zonā sadeg tikai daļa kurināmā. Degšanas reakcija:



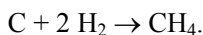
un šīs degšanas rezultātā temperatūra sasniedz 1100 – 1200 °C. Daļa kurināmā nesadeg un veido kvēlojošas ogles, kas nobirst zemāk redukcijas zonā, kur temperatūra ir 900 – 1000 °C. Šajā zonā skābekļa trūkuma dēļ ogļskābā gāze un ūdens tvaiki reaģē ar oglekli un norisinās šādas reakcijas:



55. att. Klasiskais „IMBERT” lejupdedzes gāzģenerators:

- a – gāzģenerators konstrukcija; b – darbības shēma; 1 – pelnu lūka; 2 – degtuve;
3 – pretvārsts; 4 – iekšējā tvertne; 5 – ārējā tvertne; 6 – vāka atspere; 7 – vāks;
8 – ogļu lūka; 9 – ārdi.

Daļa ūdeņraža redukcijas zonā savienojas ar oglekli un veido metānu:



Rezultātā iegūst termogāzes galvenās degošās komponentes: tvaika gāzi CO (23 %), ūdenradi H₂ (18 %) un metānu CH₄ (2 %).

Pārējais gāzu daudzums termogāzes sastāvā ir liekais balasts, nedegošā daļa, kurā ietilpst gaisa slāpeklis N_2 un oglekļa gāze CO_2 . Atkarībā no kurināmā sastāva un procesa norises, iegūtās deggāzes siltumspēja ir 4.5 – 15 MJ/m³.

Lejupdedzes gāzģeneratora raksturīga īpatnība ir konusveida sašaurinājums reaktora apakšējā daļā, kura uzdevums ir novērst pārāk strauju kurināmā pārvietošanos uz leju redukcijas zonā un vienlaicīgi sakoncentrēt radušās gāzveida vielas degtuves vidusdaļā – sašaurinājumā. Līdz ar to pārgāzējamā biomasas redukcijas zonā no degšanas zonas nonāk pāroģlota un sašaurinājumā visas gāzificēšanas procesā radušās gāzes iziet cauri augstas temperatūras zonai, tā rezultātā ūdens tvaiki, kas rodas žūšanas zonā (100 – 300 °C), kā arī darva u.c. vielas, kas izdalās no biomasas pirolīzes zonā (350 – 800 °C) plūstot cauri degšanas un redukcijas zonām augstās temperatūras ietekmē daļēji sadeg, daļēji sadalās vienkāršās gāzēs. Tādēļ lejupdedzes gāzģenerators, ja gāzificēšanas process labi noreģulēts, dod gāzi, kas praktiski tīra no darvas.

Lejupdedzes gāzģeneratora būtiska priekšrocība ir iespēja iegūt samērā tīru un sausu kokģāzi, kuru var izmantot iekšdedzes motoros, bez sareģģitu un ietilģģgu gāģes attģģrģģšanas sistģģmu izveides.

Ideālas gāzģeneratora darbības gadījumā gāzes degošo komponentu (CO , H_2 , CH_4) sastāvs ģeneratorgāzē var sasniegt 48 %, bet 52 % ir nedegošā daļa – slāpeklis un oģlģskābā gāze. Praktiski redukcija nekad nenoris pilnģi un ģeneratorgāzē ir neliels oģlģskābās gāzes saturs un ūdens tvaiks. Parasti gāzģeneratoru gāzes sastāvs ir šāds:

- tvana gāze CO 20 ... 30 %;
- ūdeņradis H₂ 10 ... 20 %;
- ogļskābā gāze CO₂ 6 ... 10 %;
- metāns CH₄ 2 ... 4 % ;
- skābeklis O₂ < 2 %;
- slāpeklis N₂ pārējais.

Gazificēšanas procesā pirolīzes zonā no koksnes biomasas izdalās pirolītiskās vielas, rēķinot procentos no biomasas svara, šādos daudzumos:

- augstākie aromātiskie ogļūdeņraži 1,6 – 1,9 %;
- darva 7,8 – 7,9 %;
- skābes (pārrēķinātas uz etiķskābi) 6,9 – 7,1 %;
- metilspirts 1,6 – 1,9 %.

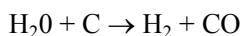
Lejupdedzes gāzģeneratorā, ejot cauri redukcijas zonai, šīs pirolītiskās vielas sadeg un reducējas vienkāršākās gāzēs (CO, CH₄) un gāzes sastāvs uzlabojas. Lai redukcija varētu notikt, pirmkārt, jābūt pietiekamai temperatūrai (900 – 1000 °C) un, otrkārt, jābūt pietiekamam laikam, kurā gāzes atrodas redukcijas zonā šajā temperatūrā. Šis laiks nedrīkst būt mazāks par 2 sekundēm, tādēļ, atkarībā no gāzificēšanas intensitātes, ogļu slāņa augstumam redukcijas zonā jābūt tādā, lai gāzu saskares laiks būtu ≤ 2 s. To panāk, izveidojot redukcijas telpas augstumu, vienādu ar 0,9 – 1,2 no gāzģeneratora iekšējā diametra.

Gāzificējot tiek iegūta nevienmērīga gāze. Tūlīt pēc gāzģeneratora iekurināšanas gāze ir stipri nekvalitatīva - darvaina, ar lielu CO₂ saturu. Mazākas jaudas gāzģeneratoros, piemēram, aplūkotajā “IMBERT” piemērā pēc aptuveni 10 - 15 minūtēm degšanas reakcija ir uzsildījusi redukcijas slāni un tiek iegūta gāze, ar kuru iespējams darbināt iekšdedzes motoru. Gāzes kvalitāte turpina uzlaboties 20 - 30 minūtes pēc iekurināšanas, tad tās kvalitāte sāk periodiski svārstīties nelielās robežās. Lielākas jaudas gāzģeneratoros vajadzīgo redukcijas temperatūru un daudz maz stabilu gāzes sastāvu sasniedz tikai 1 - 2 stundas pēc iekurināšanas.

Lai uzlabotu gāzģeneratora darbību, dažās konstrukcijās ir paredzēta pārgāzējamās biomasas un pievadāmā gaisa priekšsildīšana.

Lai pasargātu degtuves sienas no augstās temperatūras, gaisa sprauslas (furmas) dažos gadījumos tiek pagarinātas par 20 – 40 mm no iekšējās sienas. Temperatūra furmu galā var sasniegt 1400 °C, tādēļ tās izgatavo no karstumizturīgiem materiāliem un dažās konstrukcijās ir paredzēta to nomaiņa izdegšanas gadījumā.

Ja pārgāzē sausu kurināmo, iespējams palielināt iegūstamās deggāzes siltumspēju, sajaucot pievadāmo gaisu ar ūdens tvaikiem. Augstā temperatūrā (1000 – 1100 °C) ūdens tvaiki reaģē ar oglekli reakcijā:



un iegūtā deggāze satur vairāk H_2 un CO uz N_2 un CO_2 samazināšanās rēķina. Līdz ar to deggāzes siltumspēja palielinās. Ievadāmā ūdens tvaika daudzumam jābūt robežās no 400 – 600 g uz 1 kg negaistošā oglekļa. Lieks ūdens tvaika daudzums izsauc redukcijas zonas temperatūras krišanos, gāzes kvalitātes pasliktināšanos un ražības samazināšanos.

No dotajiem datiem redzams, ka gāzes sastāvā ir salīdzinoši augsts CO un H_2 daudzums, to var zināmās robežās bagātināt ar H_2 , papildus pievadot degšanas zonā pārkarsētu ūdens tvaiku. Tā iegūst tā saucamo ūdensgāzi ar augstāku siltumspēju.

Kā trūkums atzīmējams, tas, ka lejupdedzes gāzģeneratora konstrukcijā jābūt noteiktai attiecībai starp reaktora telpas diametru un degtuves konusa sašaurinājuma diametru, kas ierobežo gāzģeneratora izmērus un jaudu, ja saglabājas aplūkots konstruktīvais risinājums.

Šo gāzģeneratora trūkumu var novērst, izveidojot īpašas konstrukcijas rotējošos ārdus ar ekscentrisku konusu un koncentrisku degkameru.

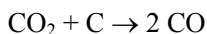
Kokgāzes ieguve augšupdedzes gāzģeneratorā

Augšupdedzes gāzģeneratorā kurināmo iepilda no augšas un tas virzās uz leju, bet gaisu pievada no apakšas, degšanas process norisinās no lejas uz augšu, iegūtā deggāze virzās uz augšu cauri kurināmā slānim un izplūst no gāzģeneratora augšējā daļā kopā ar žāvēšanas, pirolīzes un degšanas produktiem. Gāze satur daudz darvas u.c. piemaisījumu un, lai to izmantotu iekšdedzes motoros, nepieciešama sarežģīta un ietilpīga attīrīšanas sistēma. Vispilnīgāk izplūstošo gāzi var attīrīt izmantojot papildus gāzes krekinga reaktoru, kurā daļu no iegūtās gāzes sadedzina katalizatora (dolomīta šķembu, kokogļu) klātbūtnē vai arī gāzi laiž cauri pietiekoši garai stipri sakarsētai caurulei. Process ir sarežģīts, grūti kontrolējams un realizējams. Šo iemeslu dēļ augšupdedzes gāzģeneratoros iegūto kokgāzi praktiski izmanto tikai siltumenerģijas ieguvei, sadedzinot to katlu kurtuvēs ar īpašiem gāzes degļiem. Somu pieredze, ilgstoši izmantojot BIONEER tipa gāzģeneratorus, rāda, ka augšupdedzes gāzģenerators nenodrošina relatīvo gāzes mitrumu pieļaujamās robežās ($\leq 25\%$) un iegūtai gāzei ir zema siltumspēja (3 MJ/m^3).

Augšupdedzes gāzģeneratorā ir grūti nodrošināt vismaz $900\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūru, kas nepieciešama, lai notiktu iepriekš aplūkotās reakcijas. Lai šīs reakcijas norisinātos

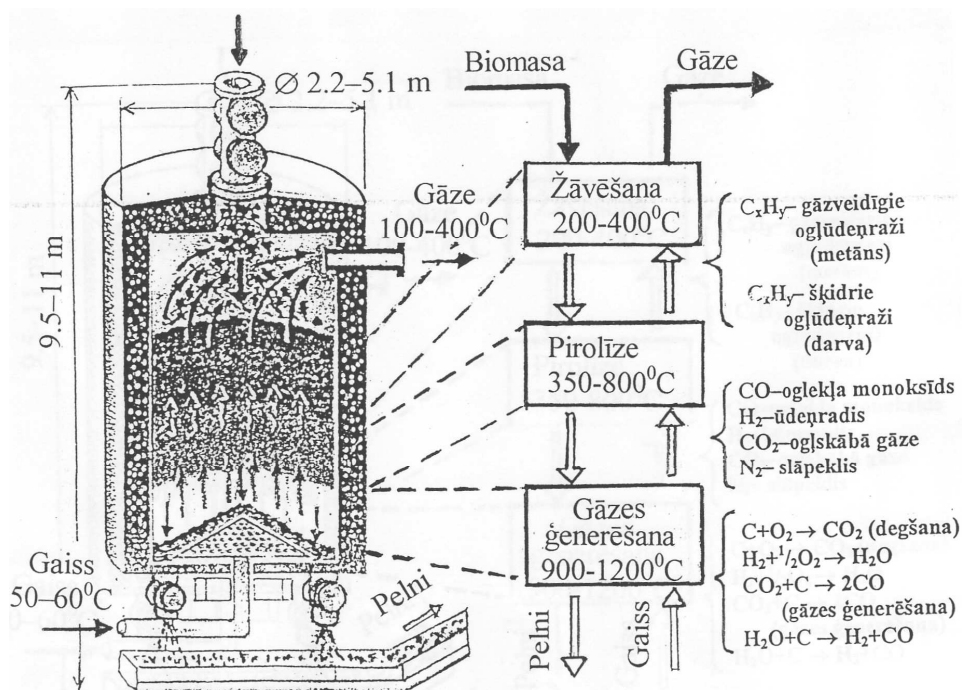
sekmīgi, redukcijas zonas temperatūra nedrīkst pazemināties zem 700 °C. Pretējā gadījumā ogļskābā gāze un ūdens tvaiks nesašķeļas un samazinās CO un H₂ procentuālais daudzums deggāzē. Reakciju norisei nepieciešams siltums, tātad redukcijas zonā temperatūrai ir tendence samazināties un siltums nepārtraukti ir jāpievada no degšanas zonas.

Redukcijas reakcijai



nepieciešams noteikts laiks, tādēļ redukcijas zonai jābūt pietiekami augstai un ogļskābā gāze nedrīkst plūst pārāk ātri.

Pirolīzes zonā, kas atrodas virs redukcijas zonas, plūstot cauri karstajām gāzēm, kurināmais sakarst līdz 350 – 800 °C temperatūrai un no kurināmā izdalās ūdens tvaiks, ogļskābā gāze, smagie ogļūdeņraži (darva), metāns, ūdeņradis, etiķskābe, oglekļa oksīds, slāpekļis, metanols (koka spirts), sērūdeņradis un citi, (skat. doto shēmu, 56. att.).



56. att. Augšupdedzes gāzģeneratora „BIONEER” darbības shēma.

Pirolīzes produkti palielina ģeneratorgāzes siltumspēju, bet neattīrītu gāzi nevar izmantot iekšdedzes motoros, jo darva rada nosēdumus un piedegumus, bet etiķskābe, sērūdeņradis un citi pastiprina koroziju.

Jo mitrāks kurināmais, jo zemāka izplūstošās gāzes temperatūra. Ja kurināmā sastāvā ir rupjāka izmēra koksnes gabali un tam ir lielāks mitrums, jābūt lielāka izmēra žāvēšanas zonai. Ja gāzģeneratora izmēri ir nepietiekoši, kvalitāte pasliktinās, jo liela daļa mitruma nonāk redukcijas zonā un atdzesē to.

Augšupdedzes gāzģeneratoram ir vienkārša konstrukcija, izmēri nav ierobežoti, bet būtisks trūkums ir iegūtās kokgāzes zemāka siltumspēja un liels darvas un citu piemaisījumu saturs. Lai to izmantotu iekšdedzes motoros, nepieciešama sarežģīta attīrīšanas sistēma.

6.3. Koģenerācijas principi un pielietojums

Koģenerācijas motorstacijas vispārējs raksturojums

Mazas jaudas (0,1 – 1 MW) koģenerācijas motorstacija ir iekārta kombinētai vienlaicīgai siltuma un elektroenerģijas ražošanai, izmantojot iekšdedzes motoru. Pēdējo desmit gadu laikā šādas iekārtas kļuvušas populāras daudzās Eiropas valstīs un tiek izmantotas lokālai siltuma un elektrības ražošanai atsevišķu hospitāļu, kempingu, uzņēmumu, dzīvojamo ēku bloku, ciematu, fermeru saimniecību u.c. vajadzībām. Kā motoru degvielu koģenerācijas iekārtās visplašāk izmanto dabas gāzi. Vairākas firmas ir specializējušās gāzmotoru izlaidē šīm vajadzībām ar jaudu no 60 līdz 500 kW un vairāk.

Koģenerācijas iekārtas nav principāls jaunums. Tās ražoja lielāko daļu elektroenerģijas tās izmantošanas sākumposmā, kamēr attīstījās elektrostaciju būve un izveidoja elektropārvades līnijas. Ar laiku centralizētā elektroenerģijas ražošana izkonkurēja mazo koģenerāciju cenu un piegādes drošuma ziņā. Tieši šo pašu iemeslu dēļ koģenerācija kļūst aktuāla šodien. Neatjaunojamo resursu cenas pasaules tirgū kāpj un droši var prognozēt, ka turpinās kāpt. Bojājumi elektriskajā tirgū kāpj un droši var prognozēt, ka turpinās kāpt. Bojājumi elektriskajā tīklā rada zaudējumus tiem

patērētājiem, kam svarīgs ir nepārtraukts process, tādēļ tiem ir nepieciešams savas nelielas jaudas spēkstacijas. Koģenerācijas stacijas ir visstraujāk augošais tirgus sektors Lielbritānijā, Vācijā u.c. valstīs. Mazas jaudas koģenerācijas motorstacijas ar 2007. gadu sāk ražot arī Latvijā uzņēmums UPB Liepājā.

Latvijā ar firmas “Edon” gādību līdz šim ir uzstādītas un darbojas vairākas ar dabasgāzi darbināmas koģenerācijas motorstacijas: Lielvārdē – 160 kW, Ādažos - 300 kW, Tehniskajā universitātē Ķīpsalā – 200 kW, dārzkopības uzņēmumā “Bulduri” 2x 1 MW. Galvenokārt izmantoti pilnībā nokomplektēti Vācijā ražoti koģenerācijas bloki.

Pirmā koģenerācijas motorstacija Latvijā, kas darbojas ar biogāzi, uzsāka darbu 2008. gada pavasarī LLU mācību un pētījumu saimniecībā „Vecaucē”. Par to sīkāk skatīt iepriekšējā sadaļā „Biogāze”. Ar kokgāzi darbināma koģenerācijas motorstacija reāli darbojas kopš 2004. gada Madonas rajona Bikserē, uzņēmumā „Sarkaņu siltums”.

Ārzemju pieredze rāda, ka ar dabas gāzi kurināma apkures katla aizstāšana ar koģeneratoru dod 30 % deggāzes ekonomiju salīdzinājumā ar tādu pašu siltuma jaudu, ko iegūtu gāzi tieši sadedzinot katla kurtuvē. Papildus ieguvumi ir koģenerācijas procesā saražotā elektroenerģija. Pēc ārzemju datiem koģeneratora uzstādīšana atmaksājas 3 – 5 gados, pie nosacījuma, ja koģenerators darbojas ne mazāk kā 4500 stundu gadā, t.i., apmēram pusi no gada kopējā 8760 stundu skaita.

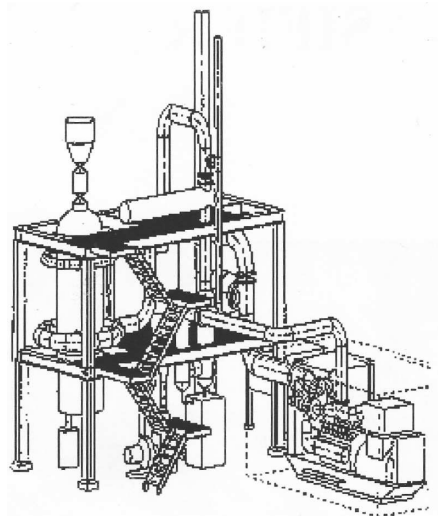
Jebkura, pat nelielas jaudas gāzificēšanas un koģenerācijas motorstacija [57. att.] būtībā ir maza rūpnīca, kas sastāv no:

- koksnes atlikumu šķeldošanas, šķeldas un zāģskaidu sajaukšanas, žāvēšanas, uzglabāšanas un transportēšanas iekārtām;
- gāzģeneratora, kura komplektā ietilpst gāzi necaurlaidīgas kurināmā pievades un pelnu izvades ierīces;
- gāzes dzesēšanas un rūpīgi izveidotas gāzes tīrīšanas iekārtām;
- gāzes rezervuāra (gāzholdera), sūkņiem, ventilatoriem, cauruļvadiem, gāzjauča;
- kontroles un vadības sistēmas;
- motora atgāzu, dzesēšanas un eļļošanas sistēmu siltummaiņiem;
- šķidro un cieta atkritumu savākšanas un utilizācijas sistēmas.

Pieprasījums pēc gāzģeneratoru iekārtām izmantošanai mazas jaudas (100...1000 kW_{el}) koģenerācijas motorstacijām Eiropas tirgū strauji pieaug. Pašreiz vairākas firmas izstrādā un piedāvā šādas iekārtas uzņēmumiem lauku apvidos pēc individuāliem pasūtījumiem. Universāls gāzģenerators, kas būtu piemērots visiem kurināmā veidiem neeksistē un maz ticams, ka būs tuvākajā paredzamajā nākotnē. Tādēļ pašreiz tiek strādāts pie standartizētas gāzģeneratoru degvielas izveides.

Turpinās pētījumi gāzģeneratoru konstrukciju pilnveidošanā. Pēdējo gados daudzas koģenerācijas vajadzībām izveidotās mazas jaudas gāzģeneratoru iekārtas ir cietušas neveiksmi šādu iemeslu dēļ:

- pastiprināts gāzģeneratora izdilums kokgāzes nepietiekošas attīrīšanas rezultātā;
- gāzģeneratora nedroša un nestabila darbība aizsērēšanas, biomasas sablīvēšanās un pelnu kušanas (šlagas) rezultātā, kas izsauc gāzes padeves spiediena un plūsmas svārstības un līdz ar to destabilizē motora darbu;
- mazas jaudas gāzģeneratoru iekārtās nav ekonomiski izdevīgi iebūvēt automātiskās vadības un kontroles sistēmas, vajadzīgs apkalpojošais personāls, kas sadārdzina ekspluatāciju.



57. att. Firmas ECN, Nīderlande, gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacija uz lejupdedzes gāzģeneratora bāzes ar elektrisko jaudu 300 kW_{el}.

Pēdējos gados, attīstoties automobiļu elektronikai, kļuvuši pieejami dažādi sensori, elektroniskie vadības bloki un kontroles ierīces, kurus var izmantot arī nelielas gāzģeneratora – gāzģeneratora sistēmas kontrolei un vadībai.

Koģenerators raksturojas ar augstu lietderības koeficientu 0,8 – 0,9. Siltuma zudumi parasti nepārsniedz 10 %, elektroenerģijā pārvērs 28 – 33 % no degvielas sadegšanas siltuma un izmantojamā enerģijā 49 – 58 %. Koģeneratora saražotā siltuma un elektroenerģija attiecībā ir 1,5 – 1,7.

Iekšdedzes motora darbināšana ar kokgāzi

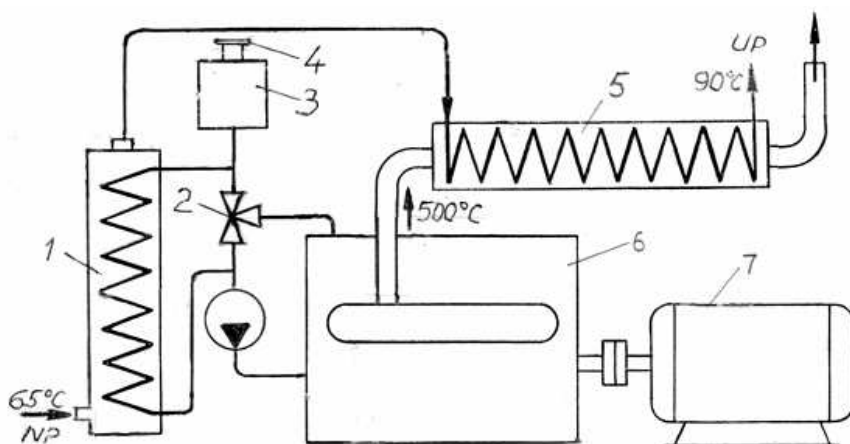
Darbināšanai ar kokgāzi koģenerācijas vajadzībām var izmantot gan otomotoru, kurā degmaisījuma aizdedzināšanai lieto elektrisko vai elektronisko aizdedzes sistēmu, gan arī dīzeļmotoru, pārkārtotu darbam ar kokgāzi, respektīvi, pārveidotu par gāzdīzeli. Gāzdīzeļa galvenā atšķirība no parastā dīzeļmotora ir tā, ka tam tiek uzstādīts speciāls gāzjaucis gaisa un kokgāzes maisījuma sagatavošanai noteiktā attiecībā ir 1,17, t.i. maisījuma pilnīgai sadegšanai uz vienu tilpuma vienību kokgāzes ir jāpievada 1,17 tilpuma vienības gaisa. Bez tam gāzdīzeļa degvielas augstspiediena sūkņa visrežīmu regulētam jāpievieno padeves daudzuma ierobežotājs, kurš nodrošina tā saucamo pilotdegvielu maisījuma aizdedzināšanai 10 % apjomā no nominālā degvielas padeves daudzuma.

Dīzeļmotori ir piemēroti pārkārtošanai darbam ar kokgāzi, jo tiem ir augstāka kompresijas pakāpe, kas ļauj efektīvāk izmantot gāzdegvielas. Pateicoties augstam kokgāzes oktānskaitlim, gāzmotoriem kompresijas pakāpe ir par 5-6 vienībām augstāka kā benzīna motoriem. Speciālajiem gāzmotoriem kompresijas pakāpe ir 12.5, bet parastajiem dīzeļmotoriem, tos pārkārtojot par gāzdīzeļiem ar dīzeļdegvielu kā pilotdegvielu degmaisījuma aizdedzināšanai, kompresijas pakāpe bez problēmām var būt pat 15-17.

Ar kokgāzi darbināms mazas jaudas koģenerācijas motorstacija principā sastāv no iekšdedzes motora (58. att.), elektroģeneratora 7, motora dzesēšanas sistēmas un atgāzu siltummaiņiem un vadības sistēmas. Šāda tipa koģenerācijas motorstacijas uzbūves principi aplūkoti iepriekš 5. sadaļā „Biogāze”.

Siltummaini 1 uzstāda motora dzesēšanas sistēmas parastā radiatora vietā, bet siltummaini 5 iemontē motora atgāzu izplūdes caurulē.

Mazas jaudas koģeneratoros, kā rāda ārzemju pieredze, parasti izmanto asinhronos elektroģeneratorus, kurus pievienojot ārējam elektotīklam, tīkls automātiski nodrošina atbilstošu koģeneratora ražotās strāvas spriegumu un frekvenci. Izmantojot divus elektroenerģijas skaitītājus, ražotājs var uzskaitīt gan strāvu, ko patērē no tīkla, gan arī strāvu, ko ievada tīklā tajos gadījumos, kad koģenerācijas iekārta elektrību ražo vairāk nekā uzņēmums patērē uz vietas.



58. att. Siltummaiņu virknes slēguma shēma pieslēgšanai koģenerācijas gāzmotoram:

1 – dzesēšanas sistēmas siltummainis; 2 – termostats; 3 – izplešanās tvertne; 4 – spiediena un vakuuma vārsts; 5 – atgāzu siltummainis; 6 – gāzmotors; 7 – elektroģenerators.

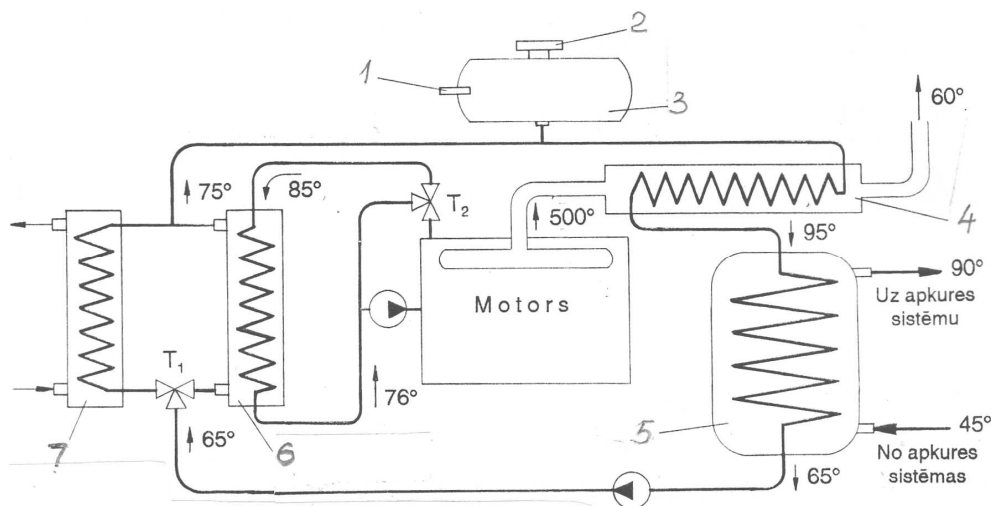
Motora dzesēšanas sistēmas siltummainis var būt saslēgts virknē ar atgāzu siltummaini, kā parādīts 58. attēlā dotajā shēmā, vai arī pieslēgts caur papildus temperatūru stabilizējošu siltummaini (59. att.).

Ja siltummaiņi saslēgti virknē (skat. 58. att.), caur siltummaiņiem cirkulē ūdens no patērētājiem (NP) jeb siltuma akumulatora (boilera) iekšējās kontūras atplūdes maģistrāles ar ieplūdes temperatūru ne augstāk par 45-60 °C. Siltummaiņos ūdeni sasilina līdz 90 °C, un tālāk tas izplūst pa cauruļvadu (UP) uz patērētājiem un atgriežas siltuma akumulatorā vai pievadā NP. Boilera ārējā kontūra pievienota dažādiem siltuma patērētājiem. Vajadzības gadījumā atgāzu siltummaini var izmantot arī tvaika ražošanai, jo motora atgāzu temperatūra sasniedz 500-700 °C.

Motora dzesēšanas sistēmas radiators ir aizstāts ar siltummaini 1 (skat. 58. att.), kura iekšējā kontūra pieslēgta motora dzesēšanas sistēmai, bet ārējā kontūra saslēgta virknē ar atgāzu siltummaini 5, kurā ūdens sasilst līdz temperatūrai 90 °C un plūst uz patērētājiem. Izmanto cauruļu vai plāksņu tipa siltummaiņus.

Lielākas jaudas motoriem, motora dzesēšanas sistēmas temperatūras stabilizēšanas nolūkā izmanto papildus siltummaini 7 (59. att.), kura ārējā kontūrā cirkulē dzesējošais ūdens no ārējā ūdensvada. Siltummaiņa iekšējā kontūrā cirkulē motora dzesēšanas

šķidrums, kura cirkulāciju nodrošina dzesēšanas sistēmas cirkulācijas sūknis un termostats T_2 . Līdz 85-90 °C sakarsušais dzesēšanas šķidrums no motora cilindru bloka un galvas dzesēšanas telpas plūst cauri primārā siltummaiņa iekšējai kontūrai un daļu siltuma atdod ārējai kontūrai, kurai savukārt ir pieslēgta papildus siltummaiņa 7 iekšējā kontūra. Motora dzesēšanas sistēma darbojas neatkarīgi no ārējās cirkulācijas loka, kas ļauj izmantot motorā speciālus dzesēšanas šķidrumus. Šķidruma plūsmas intensitāti, respektīvi, motora dzesēšanas temperatūru regulē motora termostats T_2 .



59. att. Netiešā slēguma shēma siltummaiņu pieslēgšanai koģenerācijas gāzmotoram:

1 – šķidruma līmeņa sensors; 2 – spiediena un vakuuma vārsts; 3 – izplešanās tvertne;
4 – atgāzu siltummainis; 5 – boileris; 6 – dzesēšanas sistēmas siltummainis; 7 – temperatūras regulēšanas siltummainis; T_1 – regulējošās sistēmas termostats; T_2 – motora dzesēšanas sistēmas termostats.

Atgāzu siltummaini 5 var ieslēgt kopējā ārējā cirkulācijas lokā virknē ar dzesēšanas siltummaini vai arī izmantot atsevišķu cirkulācijas sistēmu karsta ūdens vai tvaika padevei. Aplūkoto siltummaiņu slēguma sistēmu lieto lielākas jaudas koģenerācijas motoriem, jo tā nodrošina stabilu motora temperatūras režīmu.

Motora dzesēšanas sistēmas un atgāzu siltummaini ir saslēgti virknē savā starpā un ar atsevišķu liela tilpuma boileri 5 (skat. 59. att.). Temperatūras režīma nodrošināšanai motora dzesēšanas sistēmā, paralēli dzesēšanas sistēmas siltummainim 6 ir pieslēgts

temperatūras regulēšanas sistēmas siltummainis 7. Šī siltummaiņa ārējā kontūrā cirkulē vēsāks ūdens, kas ļauj precīzāk regulēt un uzturēt dzesēšanas temperatūru. Sistēmā iebūvēts papildus termostats T_1 , kuram cirkulācijas sūknis pievada līdz 65°C siltu ūdeni no boilerā 5. Ja motora dzesēšanas sistēmā temperatūra ir normas robežās regulējošais termostats T_1 no boilerā pievadīto ūdeni laiž uz siltummaini 6, bet ja motora dzesēšanas temperatūra ir par augstu, termostats T_1 plūsmu novirza uz siltummaini 7, kur tā papildus tiek dzesēta ar vēsāku ūdeni. Šāda temperatūru regulējoša sistēma nodrošina stabilu gāzmotora temperatūras režīmu jebkurā motora slodzē.

Galvenajam ūdens cirkulācijas lokam ir pieslēgta izplešanās tvertne 3. Tās vāciņā iebūvēts spiediena un vakuuma vārsts 2, kas uztur nelielu patstāvīgu darba spiedienu sistēmā un nodrošina sistēmas atgaisošānu. Sensors 1 kontrolē šķidrums līmeni sistēmā.

6.4. Eksperimentālās motorstacijas aprēķins un pētījumi

Eksperimentālās motorstacijas uzbūve un darbība

LLU Spēkratu institūta motoru izmēģināšanas laboratorijā deviņdesmito gadu beigās tika izveidota eksperimentāla ar kokgāzi darbināma koģenerācijas motorstacija uz $100\text{ kW}_{\text{el}}$ (elektriskās jaudas) lietotas dīzeļelektrostacijas bāzēs, izmantojot divus rūpnīcā „Latura”, Valmierā, ražotus lejupdedzes gāzģeneratorus.

Izveidotā eksperimentālā motorstacija paredzēta elektrības un siltuma enerģijas ražošanai no koksnes pārstrādes atlikumiem: šķeldas un klucīšiem. Motorstacijas izveides mērķis bija izpētīt sausas koksnes gāzģeneratora izmantošanas iespējas koģenerācijas motorstacijas dīzeļmotora darbināšanai divdegvielu režīmā un dot rekomendācijas tālākai sistēmas pilnveidei. Motorstacijas eksperimentālajai izpētei tika izvirzīti šādi uzdevumi: noskaidrot iekārtas elektrisko jaudu divdegvielu režīmā, noskaidrot dažāda izmēra koksnes degvielas ietekmi uz iekārtas darbību, noskaidrot iekārtas siltuma jaudu, noskaidrot ģeneratorgāzes kvalitāti, noskaidrot motora gāzes, gaisa un dīzeļdegvielas patēriņu.

Eksperimentālās motorstacijas kopskats redzams 60. un 61 attēlos.

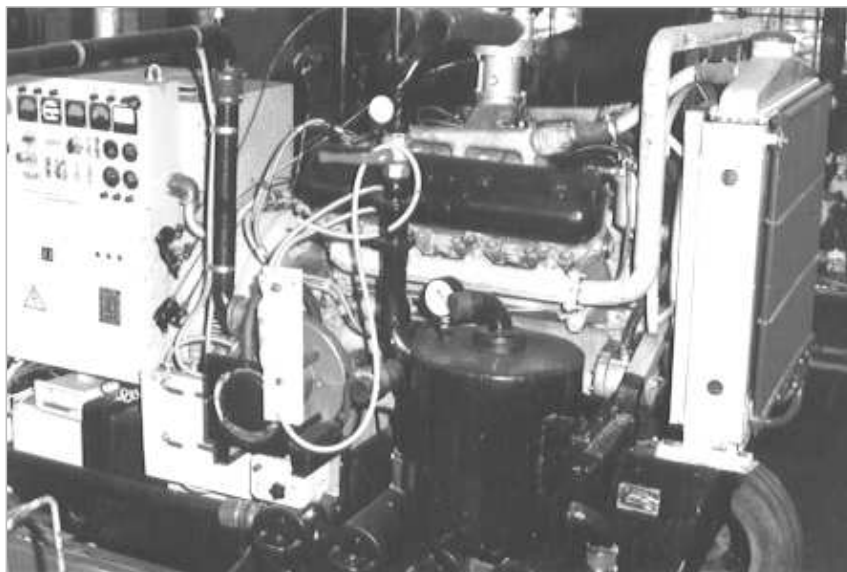
A black and white photograph of a large industrial machine, likely a steam engine or boiler, with various pipes, valves, and a large cylindrical tank. The machine is complex, with many mechanical parts visible, including a large horizontal cylinder on the left and two large vertical tanks on the right. The background shows a window and some other equipment.

60. att. LLU Spēkratu institūta eksperimentālā ar kokgāzi darbināmā koģenerācijas motorstacija (skats no labās puses).

Lafetes pakalgalā redzami divi vertikāli nostiprināti Valmieras rūpnīcā „Latura” ražoti lejupdedzes gāzģeneratori, kas dod iespēju iegūt samērā tīru sausu gāzi, ko var

izmantot motorā bez sarežģītas un ietilpīgas gāzes attīrīšanas sistēmas izveides. Kurināmo var iepildīt caur lūku gāzģeneratoru augšgalā gazificēšanas procesa laikā, jo tie ir sūcgāzes ģeneratori, līdz ar to nav nepieciešama sarežģīta kurināmā padeves sistēma ar gaisa – gāzes pretvārstu un slūžām.

Gāzģeneratoru summārā termiskā jauda ir 428 kW, bet no gāzģeneratoriem izplūstošās kokgāzes termiskā jauda ir 370 kW. Līdz ar to gāzģeneratoru termiskais lietderības koeficients ir 0,865.



61. att. LLU Spēkratu institūta eksperimentālā ar kokgāzi darbināmā koģenerācijas motorstacija (skats no kreisās puses).

Dīzeļmotors tika pārbūvēts darbam ar dubultdegvielu gāzdīzeļa režīmā atstājot dīzeļdegvielu kā pilotdegvielu maisījuma aizdedzināšanai ar padevi 15 % no nominālās, bet 85 % enerģijas pievadot ar kokgāzi no gāzģeneratoriem. Gaisa padeve samazināta par 40 % un cilindros iesūc gaisa kokgāzes maisījumu. Nepieciešamais gāzes daudzums $196 \text{ m}^3/\text{h}$, koksnes patēriņš 85 kg/h , kokgāzes siltumspēja $5,25 \text{ MJ/m}^3$.

Gāzdīzeļmotora cilindros sadegot kokgāzes, dīzeļdegvielas un gaisa maisījumam izdalītais siltuma daudzums tiek izlietots šādi:

- efektīvam darbam 30 – 32 %;
- aizplūst ar izplūdes gāzēm 28 – 30 %;
- novadīts gaisā ar dzesēšanas sistēmu 25 – 30 %;
- aizvadīts ar eļļošanas sistēmu 3 – 5 %;
- izstarošana un berzes zudumi 6 – 10 %.

Gāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēmā ietilpst cauruļtipa gāze – ūdens siltummainis, skrubers, kurā gāzi dzesē un attīra ar ūdens dušu, kondensācijas tipa gāzes susinātāji un gāzes smalkais filtrs. Gāzdīzeļim gāzi pievada ar apmēram 40 °C augstu temperatūru.

Gāzdīzeļis piedzen sinhrono trīsfāzu maiņstrāvas elektrogeneratoru ar jaudu 100 kW_{el}, kura saražoto strāvu var padot tīklā vai izmantot autonomiem patērētājiem.

Maiņstrāvas ģenerators ražotās strāvas frekvencei 50 Hz atbilst gāzdīzeļa kloķvārpstas apgriezieni 1500 min⁻¹, paredzētā gāzdīzeļa jauda šādā režīmā ir 117 kW. Gāzes un gaisa degmaisījuma aizdedzināšanai motora cilindros iesmidzina p 15 % no dīzeļa režīmā nepieciešamā dīzeļdegvielas daudzuma. Dīzeļdegvielas padevi, iekārtai strādājot divdegvielu režīmā, samazina ierobežojot degvielas augstspiediena sūkņa zobstieņa gājienu. Kokgāzes un gaisa degmaisījumu sagatavo galeņa tipa gāzjaucī, kas uzstādīts uz ieplūdes kolektora. Iekārta ir sūcgāzes tipa, kurā gāzes plūsmu nodrošina retinājums motora cilindros ieplūdes laikā. Kokgāzes ieguvei izmanto divus paralēli strādājošus lejupdedzes gāzģeneratorus, kuru degšanas kameras diametrs gaisa pievadspauslu zonā ir 300 mm. No gāzģeneratoriem karsto gāzi ievada kokgāzes siltummainī. No siltummaiņa gāzi ievada slapjā virsmas filtra jeb skruberā lejasdaļā. Skruberā filtrējošo virsmu veido koksnes klucīšu un ēveļskaidu pildījums. Skruberā augšdaļā caur stieņa smidzinātāju pievada ūdeni, kas veicina dravas un putekļu daļiņu uztveršanu uz filtra virsmām un nodrošina filtra pašattīrīšanos, noskalojot nosēdumus. No skruberā augšdaļas aizvadītā mitrā gāze ir jāsusina, tādēļ to virza caur labirinta tipa plāksnīšu mitruma atdalītājiem jeb gāzes susinātājiem. Uz plāksnīšu virsmām kondensējas un izgulsnējas ūdens un vieglās dravas frakcijas. Eksperimentālajam koģeneratoram ir divas gāzes susinātāju pakāpes ar divām sekcijām katrā pakāpē.

Gāzes smalkajai filtrēšanai izmanto Rašiga gredzenu (plānsienu vara caurulīšu ar $\varnothing \approx 15$ mm) slāni.

Visvairāk siltumenerģijas iespējams iegūt no motora atgāzēm, jo to temperatūra sasniedz 500 – 700 °C. Dzeses sistēmas temperatūra, atkarībā no motora darba režīma ir 80-90 °C, bet eļļošanas sistēmas – no 70 – 90 °C. Augstāka eļļas temperatūra sistēmā nav pieļaujama, jo tad samazinās eļļas kalpošanas laiks. Gāzģeneratora koģenerācijas stacijā papildus siltumu iegūst atdzesējot karsto kokgāzi, kuras temperatūra, izplūstot no gāzģeneratora, sasniedz 300 – 500 °C. Kokgāzi nepieciešams atdzesēt, jo, ieplūstot motora cilindros, gāzei jābūt vēsai, pretējā gadījumā pasliktinās cilindru pildījuma koeficients, respektīvi, samazinās motora cilindros iesūktā degmaisījuma masa un krīt motora jauda. Gāzei jābūt atdzesētai vismaz līdz 40 °C, vēlams pat līdz 20 °C. Šim nolūkam izmantots cauruļveida siltummainis gāze – ūdens, kas ieslēgts gāzes plūsmā tūlīt aiz gāzģeneratoriem. Izvēlētie siltummaiņi ir pretplūsmas tipa, jo tie vislabāk uzsilda auksto siltumnesēju un atdzesē karsto.

Eksperimentālās motorstacijas aprēķins

Koģenerācijas motorstacija izveidota uz lietotas, Krievijā ražotas, pārvietojamas 100 kW dīzelelektrostacijas bāzes. Standarta dīzeļmotors JAMZ-238IM pārveidots par gāzdīzeli, maisījuma aizdedzināšanai izmantojot dīzeļdegvielas padeves daudzumu 15 % no nominālā.

Gāzdīzeli aprīkots ar siltummaiņiem siltuma noņemšanai no motora atgāzēm un dzesēšanas sistēmas. Koģenerators raksturojas ar augstu lietderības koeficientu 0.85 - 0.9, elektroenerģijā pārvērš 29-32 % no siltuma daudzuma, ko pieveda ar kokgāzi, bet 55-58 % - siltuma enerģijā, pārējie 10-13 % ir zudumi. Izmantoti divi *IMBERT* tipa lejupdedzes gāzģeneratori.

Lai lejupdedzes gāzģeneratorā notiktu pilnīgs gāzes krekinga process, respektīvi, darvas un pirolītisko vielu sadalīšana elementārās gāzēs, degšanas un redukcijas zonās temperatūrai jābūt ne zemākai kā 950 °C un gāzei jāatrodas šajā temperatūrā ne mazāk kā 2 s. Lai to panāktu, degšanas un redukcijas zonas augstumam jābūt 1 - 1.2 no pirolīzes telpas diametra.

Dažādu autoru pētījumu analīze rāda, ka, lai nodrošinātu ilgtspējīgu iekšdedzes motora darbu, gāzes kvalitātei jāatbilst sekojošām prasībām:

- gāzes temperatūra ieplūstot cilindros $40^{\circ} - 60^{\circ} \text{C}$;
- pieļaujamais darvas saturs gāzē $< 250 \text{ mg/mJ}$;
- pieļaujamais ūdens saturs gāzē $< 400 \text{ g/m}^3$;
- cieta daļiņu (ogļu un pelnu putekļu) daudzums $< 100 \text{ mg/m}^3$.

Lai nodrošinātu motorstacijas konstrukcijas izstrādi, veikts gāzģenerācijas un koģenerācijas tehnoloģiskā procesa aprēķins. Izejas parametri aprēķiniem ņemti no tehniskās literatūras datiem, dotā gāzdīzeļa un gāzģeneratora tehniskā raksturojuma. Izstrādātā gāzģeneratora un koģeneratora konstruktīvi tehnoloģiskā shēma satur jaunus risinājumus, kuri jāpārbauda eksperimentāli.

Nepieciešamo gāzes un gaisa daudzumu dīzeļmotora darbināšanai aprēķina, izejot no dotā motora raksturojuma: nominālā jauda 117 kW , griešanās frekvence $n = 1500 \text{ min}^{-1}$, cilindru diametrs $D = 13 \text{ cm}$, virzuļu gājiens $S = 14 \text{ cm}$, degvielas īpatpatēriņš $g_e = 226 \text{ g/kWh}$, cilindru skaits $i = 8$.

Darba maisījuma (gāze + gaiss) daudzumu V_m , m^3/h , kādu motors patērē stundas laikā, aprēķina pēc formulas:

$$V_m = \frac{60 \cdot n \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i \cdot \eta_v}{4 \cdot 10^6},$$

kur: η_v - pildījuma koeficients, dīzeļmotoram ar virsspiediena ieplūdi $\eta_v = 0,95$.

Ievietojot formulā dotos motora datus, iegūstam $V_m = 635 \text{ m}^3/\text{h}$.

Patērētais pilotdegvielas daudzums Gd_0 , kg/h (15 % no nominālā dīzeļdegvielas patēriņa):

$$Gd_0 = 0.15 \cdot G \cdot d_{\text{nom}} = 0.15 \cdot 0.001 \cdot g_e \cdot N_e;$$

$$Gd_0 = 0.15 \cdot 0.001 \cdot 226 \cdot 117 = 3,96 \text{ kg/h}.$$

Dīzeļdegvielas zemākā siltumspēja $Q_z = 42,3 \text{ MJ/kg}$ un $1 \text{ MJ} = 0,278 \text{ kWh}$, gāzdīzeļa lietderības koeficients $g_e = 0,325$. Tad jauda, ko motors attīsta darbojoties tikai ar pilotdīzeļdegvielū:

$$N_{eo} = 0.278 \cdot \eta_e \cdot Q_z \cdot Gd_0;$$

$$N_{eo} = 0,278 \cdot 0,325 \cdot 42,3 \cdot 3,96 = 15 \text{ kW}.$$

Pilotdīzeļdegvielas Gd_0 , sadedzināšanai motora cilindros jāievada gaisa daudzums, V_{Go} , m^3/h :

$$V_{Go} = Gd_0 \cdot L_o \cdot \rho,$$

kur: $L_o = 14,5$ kg gaisa/kg dīzeļdegvielas;

$\rho = 1,293$ kg/ m^3 - gaisa blīvums.

$$\text{Iegūstam: } V_{Go} = 3,96 \cdot 14,5 \cdot 1,293 = 74 \text{ m}^3/h.$$

Pilotdīzeļdegvielas sadedzināšanai gāzdīzeļa cilindros ievadāmais gaisa daudzums $V_{Go} = 74 \text{ m}^3/h$ samazina kopējo darba maisījuma iespējamo gaisa daudzumu, tādēļ faktiskais cilindros ievadītais kokgāzes un gaisa maisījuma daudzums kļūst mazāks. Samazinājumu ievērtē ar gāzes-gaisa maisījuma daļas koeficientu K_d un aprēķina pēc sakarības:

$$K_d = \frac{V_m - V_{Go}}{V_m}, \quad K_d = \frac{635 - 74}{635} = 0,883.$$

Stehiometriskā gaisa / kokgāzes attiecība $\gamma = 1,17$ (1 m^3 gāzes sadedzināšanai motora cilindros jāievada $1,17 \text{ m}^3$ gaisa), bet gaisa pāruma koeficients gāzdīzeļa motoram darbā ar kokgāzi $a = 1,1$. Pie šiem nosacījumiem motora darbam nepieciešamais kokgāzes daudzums, V_{KG} , m^3/h ,

$$V_{KG} = \frac{V_m - K_d}{1 + a \cdot \gamma}, \quad V_{KG} = \frac{635 - 0,883}{1 + 1,1 \cdot 1,17} = 245 \text{ m}^3/h$$

un kokgāzes sadedzināšanai nepieciešamais gaisa daudzums V_G , m^3/h ir

$$V_G = V_{KG} \cdot \gamma, \quad V_G = 245 \cdot 1,17 = 287 \text{ m}^3/h.$$

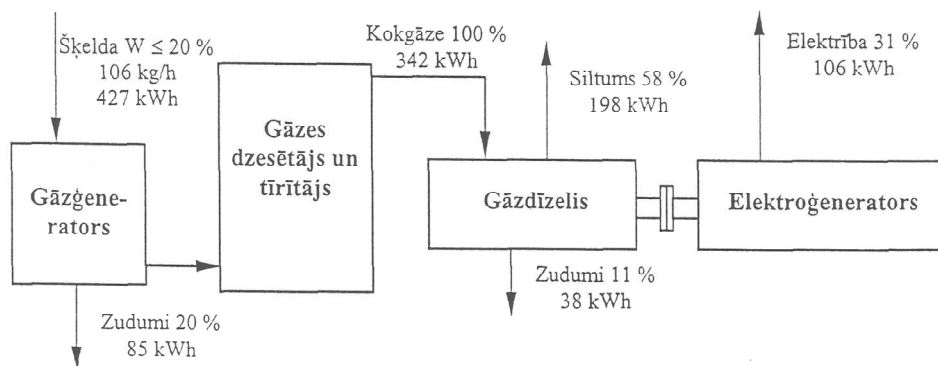
Kopējais cilindros ievadāmais gaisa un gāzes maisījuma daudzums, $V_K = m^3/h$, ir

$$V_K = V_{KG} + V_G + V_{Go}, \quad V_K = 245 + 287 + 74 = 606 \text{ m}^3/h.$$

Kā redzams $V_K < V_m$, tātad paliek rezerve $635 - 606 = 29 \text{ m}^3/h$, ko var izmantot motora jaudas koriģēšanai.

Iepriekšējie eksperimenti parādīja, ka no 1 kg gaissausas (mitrums 20%) koksnes iegūst $2,3 \text{ m}^3$ gāzes. Tad $245 \text{ m}^3/h$ gāzes iegūšanai jāpārgāzē $245 : 2,3 = 106$

kg koksnes stundā. Zinot, ka sausas šķeldas siltumspēja ir 14.5 MJ/kg, pārgāzējot šķeldas daudzumu 106 kg/h iegūstam siltumu $106 \text{ kg/h} \cdot 14.5 \text{ MJ/kg} \cdot 0.278 \text{ kWh/MJ} = 427 \text{ kWh}$. Ņemot vērā, ka gāzģeneratorā un gāzes pievadsistēmā apmēram 20 % no šī siltuma daudzuma zūd, gāzdīzelim ar saražoto kokgāzi pievada $427 \cdot 0.8 = 342 \text{ kWh}$. Pieņemot šo gāzdīzelim pievadīto siltuma enerģiju par 100 %, varam aprēķināt visas gāzģeneratora koģenerācijas motorstacijas vienas darba stundas bilanci (62. att.).



62. att. Gāzģeneratora koģenerācijas motorstacijas vienas darba stundas enerģijas balance.

Kā redzams, teorētiski koģenerators dod augstu siltuma un elektriskās enerģijas attiecību ($198 : 106 = 1.86$). Lai to nodrošinātu, protams, jābūt pareizi aprēķinātiem un precīzi konstruētiem siltummaiņiem. Ja gāzģeneratoram tiek saglabāts iepriekšējā modeļa šķērsriezuma laukums 0.196 m^2 , tad pārgāzēšanas intensitāte būs $106 \text{ kg/h} : 0.196 \text{ m}^2 = 540 \text{ kg/m}^2\text{h}$.

Aprēķins rāda, ka kokgāzes daudzums $245 \text{ m}^3/\text{h}$ atbilst enerģijai 342 kWh jeb $342 : 0.278 = 1230 \text{ MJh}$. Tātad iegūtās kokgāzes siltumspēja ir $1230 : 245 = 5.02 \text{ MJ/m}^3$, kas praktiski atbilst citu autoru pētījumu rezultātiem.

Ņemot vērā, ka motora efektīvais lietderības koeficients $\eta_e = 0.325$, motora efektīvā jauda no ievadītā siltuma ir $342 \cdot 0.325 = 111 \text{ kW}$, kas ir nedaudz (5 %) mazāka nekā motora tehniskajā raksturojumā uzrādītā nominālā jauda (117 kW), bet kā jau iepriekš tika norādīts ir vēl neliela jaudas rezerve.

Dotā aprēķina rezultāti salīdzināti ar eksperimentālajiem datiem apkopoti 22. tabulā.

Ūdens plūsmas nodrošināšanai caur siltummaiņiem ir izmantoti divi sūkņi PMK 60-1 ar ražību līdz 40 l/min, maksimālo spiedienu 40m ūdens staba, elektrodzinēju jaudu 0,37 kW, pie $n=2900 \text{ min}^{-1}$ un maiņstrāvas frekvences 50 Hz. Sūkņu darbināšanai izmanto centralizēto elektroapgādes tīklu, lai sistēmā būtu iespējams nodrošināt cirkulāciju gāzdīzelim darbojoties brīvgaitā vai iekārtas darbības pārtraukšanas gadījumā.

Motorstacijas eksperimentālie pētījumi

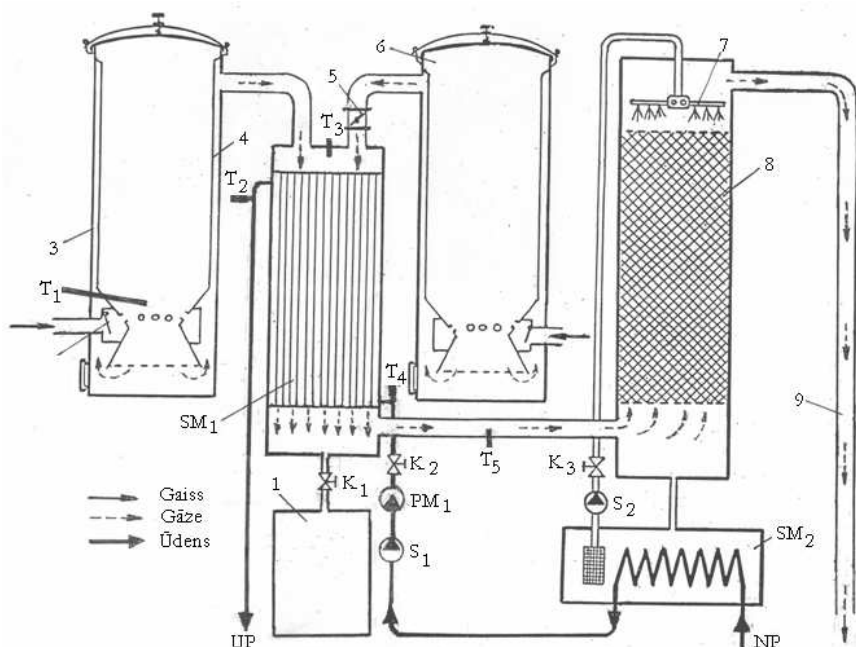
Eksperimentālā gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacija principā sastāv no divām sistēmām jeb blokiem: 1) no kokgāzes ieguves sistēmas un 2) no elektrības un siltuma koģenerācijas sistēmas. Abas sistēmas ir samontētas uz kopējas četrriteņu lafetes rāmja un kokgāzes padeves cauruļvads tās saista vienā kopējā sistēmā. Šo sistēmu principālās shēmas ir dotas 63. un 64. att.

Motorstacija ir izveidota ar nolūku veikt tās darbības pētījumus, tādēļ tā ir aprīkota ar mērierīcēm. Mērierīču izvietojums redzams dotajās shēmās (64. un 65. att.). Shēmās ar T apzīmēti temperatūras devēji, PM plūsmas mērītāji, SM – siltummaiņi.

Gāzģenerators un gāzdīzeļa iedarbināšana

Gāzģenerators degkamerā caur apakšējo pildlūku iepilda sausas, sadrupinātas kokogles (gabaliņu izmērs 15-20 mm) līdz degkambars konusa sašaurinājumam. Pēc tam vēl ieber kokogles pa augšējo lūku tā, lai to līmenis būtu 10-20 cm virs gaisa ieplūdes sprauslām (furmām). Virs ogleim iepilda sausus koksnes klucīšus un noslēdz pildlūkas.

Aizver krānu K5 (64. att.) atver krānu K4 un ieslēdz ventilatoru 4. Pēc dažām minūtēm, kad gaisa ieplūdes kanālā ir radusies stabila vilkme, par ko liecina pretvārsta 2 (63. att.) pacēlums, ogles aizdedzina, tuvinot degošu lāpu gaisa ieplūdes kanālam. Kā lāpu izmanto eļļā vai dīzeļdegvielā samērcētu lupatu, vai arī portatīvo gāzes degli. Nedrīkst lietot benzīnu u.c. viegli uzliesmojošus šķidrumus! Ar stiepli paverot pretvārstu un uzmanīgi, iesāņus palūkojoties gaisa kanālā, pārliecinās vai ogles ir sākušas kvēlot.

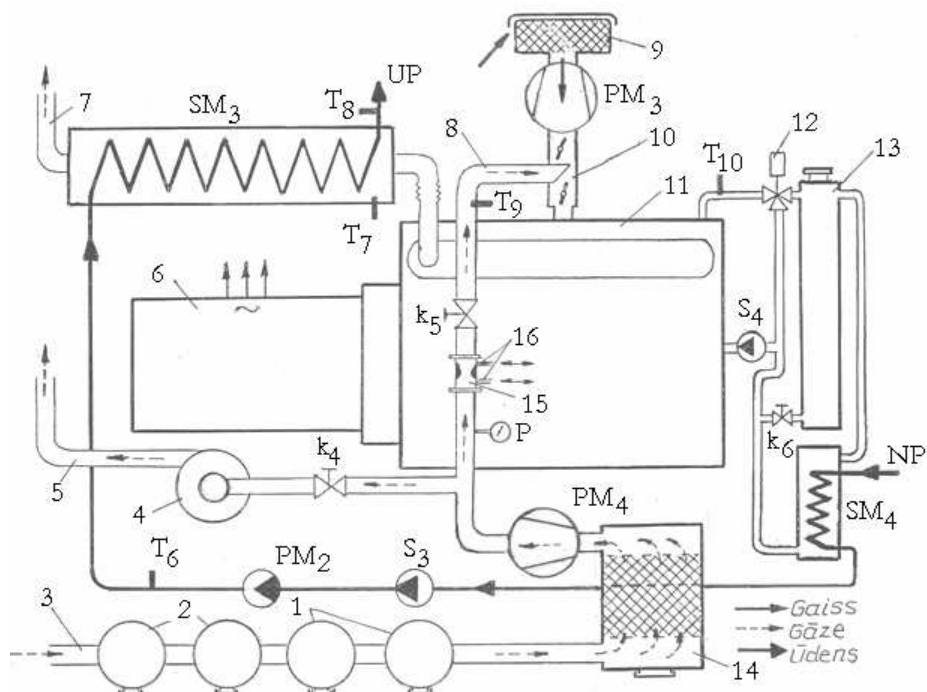


63. att. Eksperimentālā kokgāzes motorstacija (I). Kokgāzes ieguves sistēma:

1 – darvas tvertne; 2 – gaisa vārsts; 3 un 6 – gāzģeneratori; 4 – gāzģeneratora iekšējā tvertne; 5 – droseļvārsts; 7 – ūdens smidzinātājs; 8 – skrubers; 9 – gāzes vads uz koģenerācijas sistēmu; $T_1 - T_5$ – termometri vai temperatūras devēji; SM_1 un SM_2 – siltummaiņi; S_1 un S_2 – sūkņi; K_1 , K_2 un K_3 – krāni; PM – plūsmas mērītājs; UP – uz patērētājiem; NP – no patērētājiem.

Ja ogles kvēlo, turpina darbināt ventilatoru 4 (64. att.) un pēc 10 – 15 min pārlicinās par izplūstošās kokgāzes kvalitāti, aizdedzinot gāzi izplūdes caurules 5 ārējā galā. Ja liesma ir īsa, dzeltena, jāturpina iekurināšana. Ja gāze deg ar garu, zilganu liesmu, kurai ir rozā maliņa, gāzes kvalitāte jau ir pietiekoša un var uzsākt gāzdīzeļa iedarbināšanu.

Gāzdīzeļmotoru vispirms iedarbina un uzsilda darbinot dīzeļa režīmā, t.i. tikai ar dīzeļdegvielu. Gāzdīzelim darbojoties, sāk ieskrūvēt dīzeļdegvielas padeves ierobežotājskrūvi, kas atrodas regulatora korpusa galā un vienlaicīgi piever gaisa vārstu līdz motora apgriezieni sasniedz 1500 min^{-1} un nostabilizējas, ierobežotājskrūvi nofiksē, pievelkot pretuzgriezni. Gāzdīzeļmotoram darbojoties koģenerācijas režīmā, apmēram 15 % nepieciešamās enerģijas dod dīzeļdegviela, kas kalpo kā pilotdegviela maisījuma aizdedzināšanai un pārējos 85 % enerģijas dod saražotā kokgāze.



64. att. Eksperimentālā koksnes motorstacija (II). Elektrības un siltuma koģenerācijas sistēma:

1 un 2 – gāzes susinātājs; 3 – gāzes vads no koksnes ieguves sistēmas; 4 – gaisa pūtējs; 5 – gāzes izvads atmosfērā; 6 – sinhronais maiņstrāvas elektroģenerators; 7 – atgāzu izplūdes caurule; 8 – koksnes pievads; 9 – gaisa filtrs; 10 – gāzjaucis; 11 – gāzdīzelis; 12 – termostats; 13 – radiators; 14 – gāzes smalkais filtrs; 15 – Venturi tipa plūsmas mērītājs; 16 – tīcaurulītes diferenciālo manometru pievienošanai; $T_6 - T_{10}$ – bimetaliskie termometri vai temperatūras devēji; SM_3 un SM_4 – siltummaiņi, S_1 un S_2 – sūkņi; PM_2 , PM_3 un PM_4 – plūsmu mērītāji; K_4 , K_5 un K_6 – krāni; P – vakuummērs; NP – no patērētājiem; UP – uz patērētājiem.

Dīzeļdegvielas patēriņa mērīšana

Veicot eksperimentālās motorstacijas pētījumus tika precīzi mērīts gan dīzeļdegvielas gan koksnes patēriņš un aprēķināts kopējais enerģijas patēriņš. Dīzeļdegvielas patēriņu mērīja ar svara metodi. Tika izmantoti elektroniskie svāri ar precizitāti līdz 0,1 %.

Izdarot mērījumus motora barošanas sistēmu pārslēdz darbam no mērkolbas, kas atrodas uz svāriem un ieslēdzot hronometru fiksē laiku, kurā motors patērē noteiktu degvielas daudzumu.

Tā kā mērīšanas kļūda, palielinoties degvielas masai, pieaug, tad mērkolbu ieteicams ņemt iespējami mazu un vieglu. Veicot mērījumus, jāpārlicinās par krānu darbības kvalitāti, lai rezultāti būtu precīzi.

Patērēto dīzeļdegvielas daudzumu aprēķina kg/h pēc formulas:

$$G_d = \frac{G_{do}}{t_d},$$

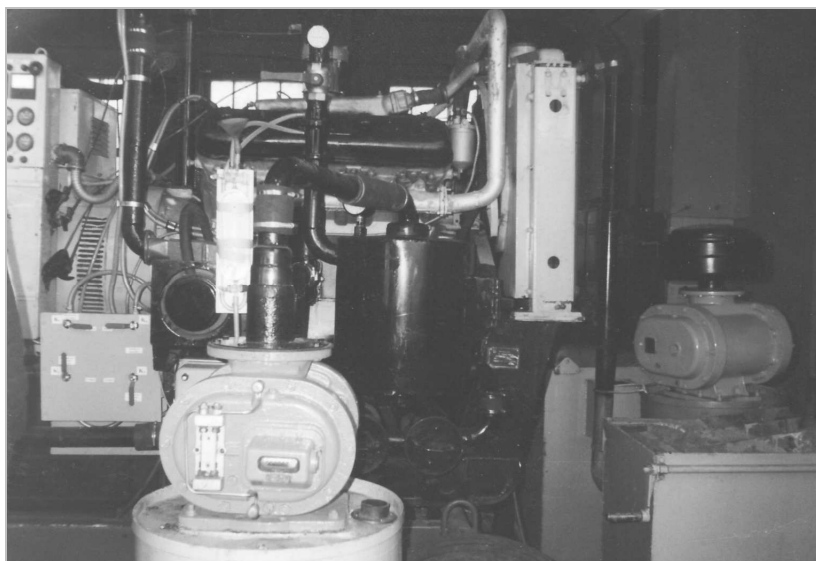
kur: G_{do} – mērījuma laikā patērētais dīzeļdegvielas daudzums, g;

t_d – mērījuma laiks, s.

Kokgāzes un gaisa patēriņa mērīšana

Kokgāzes un gaisa patēriņa dati ļauj noskaidrot gāzģeneratora ražību, cilindru pildījumu un kontrolēt gaisa pārākuma koeficientu degmaisījumam.

Kokgāzes un gaisa patēriņa mērīšanai tika izmantoti koloratīvā tipa mehāniskie gāzu skaitītāji RS-400-1 un RS-650-1 (65. att.) ar nominālo caurplūdi attiecīgi 400 un 650 m³/h, kas ļauj reģistrēt caurplūstošo gāzes vai gaisa daudzumu ar precizitāti līdz 2 %.



65. att. Eksperimentālās motorstacijas kokgāzes un gaisa patēriņa mērīšana: vidū kokgāzes mērītājs RS-400-1; labajā pusē gaisa patēriņa mērītājs RS-650-1.

Virzuļtipa sūcējgāzes motors rada iesūcamās kokgāzes un gaisa plūsmu pulsācijas, kas destabilizē skaitītāju darbu. Lai novērstu gāzes pulsāciju ietekmi uz mērījumu stabilitāti, pulsācijas tiek nomierinātas, ieslēdzot starp attiecīgo gāzu skaitītāju un gāzjauci gāzes resīveri ar 200 litru tilpumu.

Gāzes patēriņu eksperimenta laikā aprēķina pēc sakarības:

$$V = \frac{3600(V_1 - V_2)}{t},$$

kur: V – gāzes patēriņš, m³/h;

V₁ un V₂ – skaitītāja beigu un sākuma rādījumi, m³;

t – mērījuma laiks, s.

Izmērīto gāzes tilpumu nepieciešams pārrēķināt uz tās tilpumu normālos apstākļos (p₀ = 1.01 Pa, T₀ = 273 °K), jo gāzes siltumspēja tiek noteikta atbilstoši normāliem apstākļiem. Aprēķinam izmanto sekojošu sakarību:

$$V_o = \frac{VT_o - p_o}{t},$$

kur: V_o – gāzes tilpums normālos apstākļos, Nm³;

T₀ – gāzes absolūtā temperatūra normālos apstākļos, T₀ = 273 °K;

p – gāzes spiediens mērījuma laikā, Pa;

V – nomērītais gāzes daudzums, m³;

T – gāzes temperatūra mērījuma laikā, °K;

p₀ – gāzes spiediens normālos apstākļos, p₀ = 101325 Pa.

Izmērīto temperatūru Celsija grādos pārrēķina uz absolūto temperatūru termometru rādījumam piekaitot skaitli 273, piemēram 40 °C = 313 °K.

Gāzes vadā uzstādītais vakuummets uzrāda retinājumu (atmosfēras spiediena samazinājumu) tehniskajās atmosfērās. Gāzes absolūto spiedienu nosaka pēc sakarības:

$$p = 101325p_a - 98066p,$$

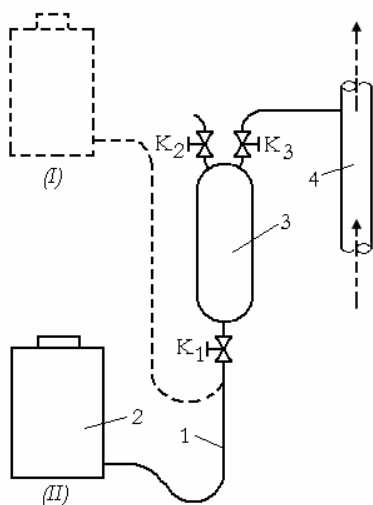
kur: p – gāzes absolūtais spiediens, Pa;

P_a – barometra uzrādītais atmosfēras spiediens, mmHg;

p – vakuummetra uzrādītais gāzes retinājums, kgf/cm^2 .

Kokgāzes paraugu noņemšana

Lai veiktu kokgāzes sastāva analīzes, nepieciešams noņemt gāzdzelīm pievadāmās kokgāzes paraugus, koģenerācijas motorstacija darbojoties stabilā darba režīmā.



66. att. Gāzdzelīm pievadītās

kokgāzes paraugu noņemšana:

1 – lokana šļūtene; 2 – kanna ar ūdeni;

3 – birete; 4 – kokgāzes pievadcaurule.

Ūdeni lēnām paceļ stāvoklī (I), līdz biretes izplūdes caurulē caur K_2 parādās ūdens. Līdz ar to birete ir uzpildīta. Aizgriez tās apakšējo aizgriezni K_1 , nogaida, kamēr visi gaisa pūslīši bīrētē paceļas virs augšējā aizgriežņa līmeņa un tikai tad noslēdz augšējo aizgriezni K_2 . Atsūkšanas kannu ar ūdeni novieto zemākā stāvoklī (II), tā lai līmeņu kritums starp biretes apakšējo aizgriezni un ūdens līmeni kannā būtu $\geq 60\text{cm}$.

Gāzes parauga noņemšanai atver biretes augšējo krānu K_3 un apakšējo K_1 . Ūdens no biretes lēnām iztek atpakaļ kannā, iesūcot bīrētē gāzi. Kad birete piepildīta, aizgriežņus aizver, bireti noņemt un tās vietā uzliek citu nākošam paraugam. Nomainot biretes, jāraugās, lai cauruļvadā, kas savieno bireti ar kokgāzes ieplūdes maģistrāli neieklūst gaiss. Ja to nevar nodrošināt, tad birete pēc pievienošanas jāuzpilda divreiz,

lai caurulē bijušais gaiss tiktu izvadīts no sistēmas. Pirmajā reizē bīrētē iesūktās gāzes jāizlaiž no bīretes tās otrreizējās uzpildes ar ūdeni laikā.

Ņemot gāzes paraugus jāfiksē gāzģeneratora darbības laiks no gāzģeneratora iedarbināšanas sākuma, gāzes temperatūra gāzģeneratora redukcijas zonā, gāzes retinājums ieplūdes maģistrālē, un koģeneratora elektriskā jauda. Kokgāzes paraugus ņem atbilstoši slodzes pakāpēm gāzdīzeļa nostabilizējušos režīmos, kuros gāzdīzelis darbojas stabili ar nemainīgu slodzi ilgāk par 10 min, turklāt atgāzu temperatūra nemainās straujāk par 1 °C 2 minūšu laikā. Noņemtos kokgāzes paraugus numurē un nosūta uz laboratoriju gāzu hromatografiskai analīzei.

Koģeneratora attīstītās elektriskās jaudas noteikšana

Ekspērimēntālās motorstacijas elektriskās jaudas noteikšanai izmanto speciālu šim mērķim izveidotu sloģošanas iekārtu, kura patērē visu attīstīto elektrisko jaudu. Sloģošanas iekārta sastāv no vadības bloka, pakāpjveida ar gaisa plūsmu dzesējama maināmu pretestību bloka un bezpakāpju trīsģazu elektroģdu ūdens sildītāja.

Iekārtas patērēto elektrisko jaudu nosaka katrā slodzes režīmā, nolasot ampērmētru un voltmētra rādģjumus un aprēķģnot patērēto jaudu trģsfģzu maiģstrģvas ķģdē, kurā ir tikai aktģvās pretestģbas, pēc izmanto sakarģbas:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} I_i U_i}{\sqrt{3}},$$

kur: P – elektriskā sloģošanas jauda, W;

I – strģvas stiprums katrā fģzģs, A;

U –strģvas spriegums starp fģzģm, V.

Zģnot sloģošanas iekārtas patērēto jaudu, kas ir vienģda ar koģenerģcijas stacģas elektroģeneratora attģstģto jaudu, var noteģkt gģzdģzeģa efekģģvo jaudu pēc formulas:

$$N_e = P \cdot \eta_{el},$$

kur: P – elektroģeneratora attģstģtģ elektriskā jauda, kW;

η_{el} – elektroģgeneratora elektriskais lietģderģbas koefģcģents dotajģ režģmģ, $\eta_{el} = 0,97 - 0,98$.

Koģeneratora attīstītās siltuma jaudas noteikšana

Eksperimentālās gāzģenerācijas koģenerācijas motorstacijas darba rezultātā iegūto siltuma jaudu nosaka kā siltummainim caurplūstošā siltumnesēja uzņemtās siltuma plūsmas jaudu pēc sakarības:

$$Q = Gc(t_2 - t_1),$$

kur: Q – uzņemtās siltuma plūsmas jauda;

G – siltumnesēja masas plūsma, kg/s;

c – siltumnesēja vidējā siltumietilpība temperatūru t_1 un t_2 diapazonā, kJ/kg, to nosaka atbilstoši temperatūrai pēc tabulām;

t_1 un t_2 – temperatūra ieplūdē un izplūdē, °C.

Eksperimentālā koģeneratorā siltumnesēja plūsma tiek mērīta ar tilpumisko skaitītāju, tādēļ masas plūsma jāpārreķina uz tilpuma plūsmu pēc sakarības:

$$G = V \cdot \rho \cdot V/t,$$

kur: V – nomērītais ūdens daudzums, m³;

ρ – ūdens blīvums, kg/m³;

t – mērījuma laiks, s.

Eksperimentālās motorstacijas teorētisko aprēķinu rezultātā iegūto datu un eksperimentālo datu salīdzinājums dots 23. tabulā. Apkopotie dati rāda, ka eksperimentālo pētījumu dati ievērojami atšķiras no teorētiski aprēķinātajiem un liecina par eksperimentālās motorstacijas konstruktīvām nepilnībām. 23. tabulas rezultāti rāda, ka izmantotie G-125 tipa leņķveida gāzģeneratori nespēj nodrošināt koģenerācijas motorstacijas efektīvu darbību. Par to liecina eksperimentālo pētījumu rezultāti, pirmkārt jaudas samazinājums par 34 % un gandrīz divkārtīgs (93,3 %) pilotdegvielas patēriņa pieaugums. Stabīlā darba režīmā pie $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ motors spēja attīstīt tikai 70 kW lielu jaudu, aprēķināto 106 kW vietā. Lai nodrošinātu motora stabīlu darbu vajadzīgajā slodzes režīmā, bija nepieciešams ieregulēt palielinātu dīzeļdegvielas (pilotdegvielas) padevi degmaisījuma aizdedzināšanai. Jaudas samazinājuma galvenais iemesls ir motora cilindru pildījuma koeficienta samazināšanās gāzes pievadsistēmas (skrubera, susinātāju un filtra) paaugstinātas pretestības dēļ, kā arī gāzjauča konstrukcijas nepilnību dēļ.

Gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacijas aprēķina un eksperimentālie dati

Parametra nosaukums	Mērvienība	Aprēķina dati	Eksperimentālie dati	Novirze, %
Šķeldas masas patēriņš	Kg/h	106	85	-19,9
Šķeldas relatīvais mitrums	%	20	20	0
Šķeldas zemākā siltumspēja	MJ/kg	14,5	14,5	0
Gāzģeneratora termiskā jauda	kW	427	332	-22,2
Saražotās kokgāzes termiskā jauda	kW	342	274	-19,9
Gāzģeneratora lietderības koeficients	-	0,801	0,825	+3,1
Kokgāzes zemākā siltumspēja	MJ/m ³	5,02	5,25	+4,6
Motoram pievadītais gāzes daudzums	m ³ /h	245	172	-29,8
Gaisa daudzums gāzes sadedzināšanai	m ³ /h	287	239	-16,7
Gaisa daudzums dīzeļdegvielas sadedzināšanai	m ³ /h	74	109	+44,3
Kopējais degmaisījums (gaiss + gāze)	m ³ /h	606	520	-14,2
Pilotdegvielas patēriņš	kg/h	3,96	7,35	+46,1
Pilotdegvielas % no nominālā DD	%	15	29	+93,3
Jauda, ko iegūst ar pilotdegvielu	kW	15	28	+86,6
Pārgāzēšanas insitāte	kg/m ² h	540	17	-4,3
Koģeneratora elektriskā jauda	kW	106	70	-34,0
Koģeneratora termiskā jauda	kW	197	126	-36,1
Jaudu attiecība: termiskā/elektriskā	-	1,86	1,8	-3,3
Šķeldas patēriņš uz kilovatstundu	kg/kWh	1,0	1,2	+80,0

No teiktā izriet, ka sūcģāzes princips koģenerācijas motorstacijai nav pielietojams un gāzes pievadsistēmā ir jābūvē gāzes pūtējs, kas nodrošina kokģāzes virsspiediena ieplūdi motora cilindros.

Otrs būtisks trūkums, kas arī ietekmē jaudas samazināšanos, bija samazināts motoram pievadītās kokgāzes daudzums, aprēķināto 245 m³/h vietā, pievadīts 172 m³/h, respektīvi, pievadīts par 29,8 % kokgāzes mazāk. Tā iemesls nepietiekami intensīva kokgāzes un gāzģeneratora degkamerā iesūcamā gaisa plūsma, ko motors nespēj nodrošināt strādājot sūcgāzes režīmā. Līdz ar to gāzģeneratora redukcijas zonā nebija iespējams uzturēt vēlamo temperatūru 1000 – 1200 °C robežās. Līdz ar to pazeminājās saražotās kokgāzes daudzums un nenotika pilnīgs gāzes krekings, respektīvi, no gāzes netika pilnībā izdedzināta visa darva.

Lai šo trūkumu novērstu nepieciešams gāzģeneratorā ievadāmo gaisu iepriekš uzkarstēt, papildus ierīkojot izplūstošās karstās kokgāzes un ieplūstošā gaisa siltummaini, kurā gaisu sakarsē ar karsto kokgāzi. Gaisa padeve gāzģeneratorā jānodrošina ar maināmas ražības gaisa pūtēju. Lai veicinātu pilnīgāku piemaisījumu izdedzināšanu no gāzes gaisa ievadsprauslas (furmas), kuras gāzģeneratora degkamerā iemontētas radiāli, būtu lietderīgi iemontēt tangenciāli. Tas dod divkāršu efektu. Pirmkārt, gaisa plūsma pilnīgi noklāj visu degkameras šķērsriezuma laukumu, radot vienmērīgu degšanas temperatūru visā šķērsgriezumā un sekmējot pilnīgāku gāzes krekingu un, otrkārt, rada virpuļveida gāzes kustību, kā rezultātā pelni tiek atsviesti uz reaktora cilindriskās telpas iekšējām sienām un pārklāj sienas ar kūstošu šlagas slānīti, kas pasargā metāla korpusu no izdegšanas un ļauj reaktorā uzturēt augstāku darba temperatūru.

Lai uzlabotu iegūstamās kokgāzes kvalitāti un nodrošinātu tās atbilstību izvirzītajām prasībām gāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēmā nepieciešams papildus iebūvēt ciklonu karstās gāzes attīrīšanai no cietām daļiņām (pelnu putekļiem) un skrubera augšgalā pierīkot pilieni atdalītājs, kas papildus samazina gāzes mitrumu.

Eksperimentālās motorstacijas aprēķina dati (skat. 23. tab.) rāda, ka pārgāzējot 106 kg/h gaissausu šķeldu (relatīvais mitrums ≤ 20 %) iegūstam 245 m³/h kokgāzes un koģenerācijas motorstacijā vienlaicīgi saražojam 106 kWh elektroenerģijas un 197 kWh siltumenerģijas. Vienas kilovatstundas elektrības ieguvei nepieciešams 1 kg šķeldas. Eksperimentālie dati rāda, ka gāzģenerators spēj pārgāzēt tikai 85 kg/h koksnes biomasas un saražo 172 m³/h kokgāzes, 70 kWh elektroenerģijas un 126 kWh

termiskās enerģijas. Vienas kilovatstundas elektroenerģijas ieguvei patērē 1,2 kg šķeldas.

6.5. Gāzģeneratora galveno parametru aprēķins

Izejas dati aprēķinam. Nelielas jaudas gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacijas galveno parametru aprēķinam par pamatu ņemsim konkrētu piemēru. Kāda lauku rajona kokapstrādes uzņēmumā ir nolemts uzbūvēt nelielas jaudas koksnes atlikumu gazificēšanas un koģenerācijas motorstaciju. Šim nolūkam uzņēmums ir iegādājies Krievijā ražotu dīzeļģeneratoru DRG 300/500-3 ar elektrisko jaudu 300 kW. Elektroģeneratoru darbina stacionārs četraktu turbopūtes dīzeļmotors ar nominālo jaudu 315 kW un īslaicīgu maksimālo jaudu 346 kW.

Uzdevums: 1) pārbūvēt minēto dīzeļmotoru par gāzmotoru darbināšanai ar kokgāzi un 2) aprēķināt gāzģeneratora konstruktīvos parametrus, kas nodrošinātu dotā gāzmotora darbināšanai nepieciešamo kvalitatīvas kokgāzes daudzumu.

Šī uzdevuma izpilde pamatojas uz iepriekšējās sadaļās veiktajiem teorētiskajiem un eksperimentālajiem pētījumiem, kā arī uz ārzemju pieredzes analīzi līdzīgas jaudas koģenerācijas motorstaciju izveidē.

Dīzeļģeneratora tehniskais raksturojums:

- dīzeļģeneratora marka DGR 300/500-3;
- nominālais spriegums 400 V;
- elektriskā jauda 300 kW;
- motora nominālā jauda 315 kW;
- īslaicīga maksimālā jauda 346 kW;
- cilindru skaits un novietojums 6, vienrindas;
- cilindru diametrs 250 mm;
- virzuļu gājiens 340 mm;
- kloķvārpstas nominālie apgriezieni 500 min⁻¹;
- dīzeļdegvielas patēriņš 226 g/kWh;

- eļļas patēriņš 2 g/kWh;
- izplūdes gāzu temperatūra, max 600 °C;
- motora darba resurss 22000 h

Pārgājējamās biomasas raksturojums:

Zāģskaidu tilpumsvars, kg/m³:

- sabērtas, irdenas, rupjas zāģskaidas 17;
- sabērtas, irdenas, smalkas zāģskaidas 189;
- ārā izbērtas, stāvējušas zāģskaidas 270.

Koksnes, ar mitruma saturu 60% pēc svara, tilpumsvars, kg/m³:

- | | | | |
|----------|-----|-----------|-----|
| • egle | 600 | • alksnis | 700 |
| • bērzs | 840 | • apse | 660 |
| • priede | 680 | | |

Šķeldas tilpumsvaru aprēķina, reizinot blīvas koksnes tilpumsvaru ar sekojošiem koeficientiem:

- irdenai, blīvi sabērtai šķeldai 0,28;
- sablīvētai, transportējot sakratītai 0,35.

Piemērs. Tilpumsvars šķeldai (W=60 %), kg/m³:

- irdenai, egles $600 \times 0,28 = 168$;
- irdenai, bērza $840 \times 0,28 = 235$;
- maisījumam 80 % egle + 20 % bērzs

$$(600 \times 0,8 + 840 \times 0,2) \times 0,28 = 181 \text{ kg/m}^3.$$

Ja šķelda izžāvēta līdz mitrumam W = 20 %, tās tilpumsvars ir:

$$181 - 181 \times 0,4 = 108,6 \text{ kg/m}^3.$$

Paredzams, ka gāzģeneratorā izmantojamais kurināmais sastāvēs no 80 % egles un 20 % bērza klucīšiem, tad kurināmā tilpumsvars: $316 \times 0,8 + 443 \times 0,2 = 341 \text{ kg/m}^3$.

Kokgāzes siltumspējas noteikšana

Kokgāzes siltumspēju aprēķina izejot no kokgāzes sastāvā ietilpstošo elementāro gāzu siltumspējas, no to blīvuma (24. tab.) un no to procentuālā daudzuma kokgāzes sastāvā.

Kokgāzes sastāvā ietilpstošo elementāro gāzu zemākā siltumspēja Q_z un normālais (pie 0 °C un 760 mmHg staba) tilpumsvars γ

Elementārās gāzes	Siltumspēja Q_z		Tilpumsvars
	kcal/Nm ³	MJ/Nm ³	γ , kg/Nm ³
Oglekļa oksīds CO	3020	12,64	1,250
Ūdeņradis H ₂	2570	10,76	0,090
Metāns CH ₄	8550	35,79	0,717
Slāpekļis N ₂	-	-	1,257

Gāzģeneratorā iegūtās kokgāzes tipisks sastāvs: CO 24 – 30 %, H₂ 12- 14 %, CH₄ 1,5 – 3,0 % un N₂ 62 – 53 %.

Ņemot optimālo gāzes sastāvu (vislielāko degošo komponentu daudzumu), kokgāzes tilpumsvars, kg/Nm³:

$$\text{CO } 1,25 \times 0,3 + \text{H}_2 \ 0,09 \cdot 0,14 + \text{CH}_4 \ 0,717 \cdot 0,03 + \text{N}_2 \ 1,257 \cdot 0,53 = 0,375 + 0,0126 + 0,0215 + 0,6662 = 1,075$$

un siltumspēja optimālā variantā:

$$12,64 \cdot 0,3 + 10,76 \cdot 0,14 + 35,79 \cdot 0,03 = 6,37 \text{ MJ/nm}^3,$$

bet sliktākā variantā:

$$12,64 \cdot 0,24 + 10,76 \cdot 0,12 + 35,79 \cdot 0,015 = 4,86 \text{ MJ/Nm}^3.$$

Ņemot vērā, ka ne vienmēr būs iespējams nodrošināt optimālu gāzes sastāvu, tālākiem aprēķiniem ņemam vidējo gāzes siltumspēju:

$$(6,37 + 4,86) : 2 = 5,61.$$

$$Q_z = 5,61 \text{ MJ/nm}^3.$$

Motora darbināšanai nepieciešamais kokgāzes daudzums

Izmantojot dotos izejas datus (cilindra diametrs D = 25 cm, virzuļa gājiens S = 34 cm un cilindru skaits i = 6), aprēķinām motora litrāžu pēc formulas:

$$V_l = \frac{\pi D^2 S i}{4 \times 1000};$$

$$V_l = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 34 \cdot 6}{4 \cdot 1000} = 100 \text{ l(litri)}.$$

Tālāk aprēķinām darba maisījuma (kokgāze + gaiss) daudzumu V_m , m^3/h , kādu motors patērē stundas laikā:

$$V_m = \frac{60 \cdot V_l \cdot n \cdot \eta_v}{\tau \cdot 1000},$$

kur: V_l – motora litrāža, $V_l = 100 \text{ l}$;

n – motora griešanās frekvence, min^{-1} , jeb 60n apgriezieni stundā;

η_v – motora pildījuma koeficients, dīzeļmotoriem ar virspiediena ieplūdi $\eta_v = 0,95$;

τ – taktu koeficients, četrtaktu motoriem $\tau = 2$.

Ievietojot iepriekš dotajā formulā:

$$V_m = \frac{60 \cdot 100 \cdot 500 \cdot 0,95}{2 \cdot 1000} = 1425 \text{ m}^3 / \text{h}.$$

Motora patērēto kokgāzes daudzumu, V_G , m^3/h aprēķinām pēc formulas:

$$V_G = \frac{V_m}{1 + \alpha \cdot \gamma},$$

kur: α – gaisa pāruma koeficients; gāzdīzeļa motoram darbā ar kokgāzi $\alpha = 1,1$;

γ – stehiometriskā gaisa / gāzes attiecība; gāzdīzelim darbojoties ar kokgāzi, $\gamma = 1,17$.

Ievietojot atrastos lielumus dotajā formulā, iegūstam:

$$V_G = \frac{1425}{1 + 1,1 \cdot 1,17} = 623 \text{ m}^3 / \text{h}.$$

Nemot vērā stehiometrisko gaisa / gāzes attiecību, 1 m^3 gāzes sadedzināšanai motora cilindros jāievada $1,17 \text{ m}^3$ gaisa, bet nepieciešamais gaisa daudzums 623 m^3 gāzes sadedzināšanai, būs $V_g = V_G \cdot 1,17$, m^3/h , jeb

$$V_{g1} = V_G \cdot \gamma = 623 \cdot 1,17 = 729 \text{ m}^3 / \text{h},$$

bet kopējais cilindros ievadāmais gaisa un gāzes maisījuma daudzums ir

$$V_{kg} + V_g = 623 + 729 = 1352 \text{ m}^3 / \text{h}.$$

217

un, pieņemot, ka V_{G_2} ir vienāds ar motorā ievadāmo gāzes daudzumu V_G , iegūstam

$$V_{G_1} p_1 T_2 = V_G p_2 T_1,$$

no kurienes no gāzģeneratora izplūstošās gāzes daudzums pirms pūtēja V_{G_1} , m^3/h :

$$V_{G_1} = \frac{V_G p_2 T_1}{p_1 T_2}$$

kur: V_{G_1} - no gāzģeneratora izplūstošās gāzes daudzums pirms pūtēja, m^3 ;

p_1 - absolūtais spiediens pirms gāzes pūtēja, MPa;

T_1 - absolūtā temperatūra pirms gāzes pūtēja, °K;

T_2 - absolūtā temperatūra pēc gāzes pūtēja, °K;

V_G - motorā ievadāmais gāzes daudzums, m^3 ;

p_2 - absolūtais spiediens motora ieplūdes kolektorā, MPa.

Ieliekot šajā vienādojumā parametru skaitliskās vērtības iegūstam:

$$V_{G_1} = \frac{623 \times 303 \times 0,13}{0,096 \times 323} = 791 m^3 / h$$

Nemot vērā, ka gāze no gāzģeneratora izplūst ar temperatūru 500 °C (773 °K) un spiedienu $p_0 \approx 1,1$ bāri (0,1 MPa), sastādām gāzu stāvokļa vienādojumu gāzģeneratorā saražotā gāzes daudzuma V_{G_0} , m^3/h aprēķinam:

$$V_{G_0} p_0 T_1 = V_{G_1} T_0 p_1,$$

no kurienes gāzģeneratorā saražotais kokgāzes daudzums:

$$V_{G_0} = \frac{V_{G_1} T_0 p_1}{p_0 T_1};$$

$$V_{G_0} = \frac{791 \times 773 \times 0,096}{0,11 \times 303} = 1760 m^3 / h.$$

Aprēķinātais lielums $V_{G_0} = 1760 m^3/h$ ir karstas gāzes daudzums, kāds ar temperatūru 500 °C izplūst no gāzģeneratora stundas laikā, ja gāzģenerators darbojas stabilā darba režīmā. Šo lielumu tālāk izmanto ciklonu aprēķinam, karstās gāzes primārai attīrīšanai.

Nepieciešamais kurināmā daudzums

Eksperimentālie pētījumi rāda, ka no 1 kg gaissausas ($W \leq 20\%$) koksnes iegūst 1,3 – 2,3 Nm^3 , jeb vidēji 1,8 Nm^3 kokgāzes, kur Nm^3 – normālie kubikmetri, ko aprēķina pie normālas gāzes temperatūras $t_n = 15^\circ\text{C}$ ($T_n = 288^\circ\text{K}$) un spiediena $p_n = 1,0$ bāri (0,1 MPa).

Lai aprēķinātu pārgāzējamo koksnes daudzumu, pārrēķinām gāzģeneratora saražoto karstās gāzes daudzumu uz normāliem kubikmetriem:

faktiskie parametri	normālie parametri
$V_{Go} = 1760 \text{ m}^3 / \text{h}$	$V_{Gn} = ?$
$p_o = 0,11 \text{ MPa}$	$p_n = 0,1 \text{ MPa}$
$T_o = 773^\circ \text{K}$	$T_n = 288^\circ \text{K} (t_n = 15^\circ \text{C})$

$$V_{Go} p_o T_n = V_{Gn} p_n T_o, \quad V_{Gn} = \frac{V_{Go} p_o T_n}{p_n T_o};$$

$$V_{Gn} = \frac{1760 \times 0,11 \times 288}{0,1 \times 773} = 721 \text{ Nm}^3 / \text{h}.$$

Pārgāzējamās koksnes daudzums G_k kg/h ir $V_{Gn}/1,8$, jeb

$$G_k = 721/1,8 = 400 \text{ kg/h}$$

Izmantojamo koksnes klucīšu (80 % egle + 20 % bērzs) tilpumsvars ir 341 kg/m^3 tādēļ vienā stundā pārgāzētais koksnes daudzums W_k , m^3/h , $W_k = 400 \text{ kg/h} : 341 \text{ kg/m}^3 = 1,17 \text{ m}^3/\text{h}$.

Gazificēšanai nepieciešamais gaiss daudzums

Lai stundas laikā pārgāzētu koksnes daudzumu $G_k = 400$ kg, gāzģeneratorā caur furnām jāpadod noteikts gaisa daudzums L_g , ko aprēķinām šādi:

$$L_g = \frac{G_k}{\rho_g \times L_o}, \text{ m}^3/\text{h},$$

kur: ρ_g - gaisa tilpummasa, $\rho_g = 1,118 \text{ kg/m}^3$;

L_o - gaisa daudzums kg, viena kg koksnes biomasas pārgāzēšanai;

$$L_o = 1,87 \text{ kg/kg}.$$

Ievietojot skaitliskās vērtības, atrodam:

$$L_g = \frac{400}{1,118 \times 1,87} = 191 \text{ m}^3 / \text{h}.$$

Gāzģeneratora cilindriskās daļas iekšējo diametru d (skat. shēmu 67. att.) aprēķinām pēc sakarības:

$$d = \sqrt{\frac{4G_k}{\pi g_i}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_k}{g_i}}, \text{ m},$$

kur: G_k - pārgāzējamās koksnes masas daudzums, $G_k = 400 \text{ kg/h}$;

g_i - pārgāzēšanas intensitāte, $\text{kg/m}^2\text{h}$.

Pārgāzēšanas intensitāti atrodam no rokasgrāmatās dotām tabulām. Ņemot vērā, ka koksnes klucīšu pelnu saturs ir 0,8 – 1,2 % no pārgāzējamo klucīšu masas, atrodam $g_i = 550 \text{ kg/m}^2\text{h}$ (skat. 447. lpp. “Машиностроение, энциклопедический справочник”, том 11, Машиностроение, М., 1948).

Gazificēšanas intensitāti izvēlamies tuvāk minimālajai robežai, lai iegūtu pēc iespējas mazāku gāzes plūsmas ātrumu, un varētu izmantot sauso gāzes attīrīšanas paņēmieni, izmantojot divus ciklonus un drēbes maisu tipa vai keramiskos filtrus.

Ievietojot dotajā formulā skaitliskās vērtības, gāzģeneratora cilindra daļas diametrs:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{400}{550}} = 0,96 \text{ m}.$$

Degkameras koniskā sašaurinājuma diametru d_3 atrodam, izmantojot klasiskā “IMBERT” gāzģeneratora diametru attiecību $d_2/d_3 = 2,39$, kas ilggadīgā praksē ir izrādījusies optimāla. Līdz ar to iegūstam

$$d_3 = d_2 : 2,39 = 0,96 : 2,39 = 0,4 \text{ m}$$

Gāzģeneratora darbīgās daļas tilpumu, ko raksturo augstums H (67. att.) aprēķina kā gāzģeneratora siltuma jaudas un īpatnējā tilpuma, dm^3/kWh , reizinājumu.

Iepriekš aprēķinājām, ka gāzģeneratoram jāsaražo kokgāzes daudzums $V_{Gn} = 791 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ar siltumspēju $Q_z = 5,61 \text{ MJ/m}^3$. Tad no gāzģeneratora izplūstošās gāzes siltuma jauda ir:

$$N_{gs} = V_{Gn} \times Q_z = 791 \times 5,61 = 4437 \text{ MJ/h},$$

jeb, ņemot vērā, ka $1 \text{ MJ} = 0,278 \text{ kWh}$, iegūstam:

$$N_{gs} = 4437 \times 0,278 = 1233 \text{ kWh}.$$

Gāzģeneratoru īpatnējais tilpums ir $1,5 - 2,2 \text{ dm}^3$ uz 1 kWh gāzģeneratora siltuma jaudas. Ņemot vērā, ka projektējamam gāzģeneratoram paredzēts kā kurināmo izmantot koksnes klucīšus ar mitrumu $W \leq 20 \%$, mūsu aprēķiniem pieņemam īpatnējo tilpumu $2 \text{ dm}^3/\text{kWh}$ jeb $0,002 \text{ m}^3/\text{kWh}$.

Gāzģeneratora darbīgās daļas tilpums:

$$V = 1233 \times 0,002 = 2,46 \text{ m}^3$$

Zinot gāzģeneratora tilpumu un cilindriskās daļas diametru d_2 , var aprēķināt **gāzģeneratora darbīgās daļas augstumu H , m:**

$$H = \frac{4V}{\pi d_2^2} = \frac{4 \times 2,46}{3,14 \times 0,96 \times 0,96} = 3,40$$

Gāzģeneratora **degšanas un redukcijas zonas augstumu H_2** (67. att.), resp., attālumu no furmām līdz rotējošiem ārdiem aprēķinām, izejot no nosacījuma, ka šim augstumam jābūt robežās $(0,9 - 1,2)d_2$, lai nodrošinātu gāzes saskari ar kvēlojošām oglēm ne mazāk kā 2 sekundes. Iegūstam:

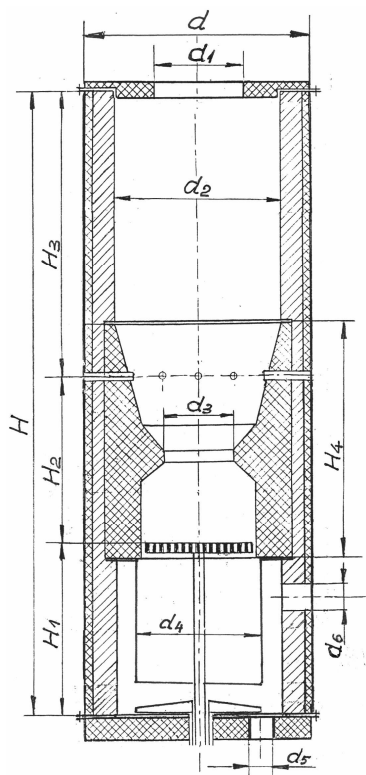
$$H_2 = 1,2 d_2 = 1,2 \times 0,96 = 1,15 \text{ m}.$$

Gāzģeneratora augšējās **cilindriskās daļas (pirolīzes un žāvēšanas zonas)** augstumu aprēķinām, izejot no tā, ka stundas laikā jāpārgāzē $1,17 \text{ m}^3$ koksnes klucīšus. tādēļ cilindriskās daļas tilpums:

$$V_c = \frac{\pi d_2^2 H_3}{4} = 1,17 \text{ m}^3, \text{ no kurienes}$$

$$H_3 = \frac{4V_c}{\pi d_2^2}, \text{ m, jeb}$$

$$H_3 = \frac{4 \times 1,17}{3,14 \times 0,96 \times 0,96} = 1,62 \text{ m}.$$



67. att. Gāzģenerators galveno izmēru aprēķina shēma.

Gāzģenerators apakšējās – **pelnu telpas augstumu** aprēķinām kā atlikumu no kopējā augstuma:

$$H_1 = H - H_2 - H_3 = 4,25 - 1,15 - 1,62 = 0,63 \text{ m}$$

Aprēķinātie augstumi, kā jau sākumā tika norādīts, attiecas uz gāzģenerators darbīgo daļu. Nav ievērtēts apakšā novietotās pelnu izvākšanas sistēmas augstums (tas varētu būt 1,0 – 1,3 m) un augšgalā novietotās pārgāzējamās biomasas padeves un žāvēšanas sistēmas augstums (tas varētu būt 2,5 – 3,5 m). Tādējādi gāzģenerators kopējais augstums būs 7,0 – 8,5 m.

Gāzes plūsmas ātrums un cauruļu diametri

Zinot gāzģenerators degšanas un redukcijas zonas augstumu $H_2 = 1,08 \text{ m}$, varam aprēķināt gāzes plūsmas ātrumu šajā zonā pie nosacījuma, ka ātrumam jābūt tādā, kas nodrošina gāzes atrašanos šajā augstas temperatūras zonā ne mazāk

kā 2 sekundes, lai varētu notikt darvas u. c. pirolitisko vielu kreklinga process.

Tātad šajā zonā gāzes **plūsmas maksimāli pieļaujamais ātrums**:

$$v_1 = \frac{H_2}{t} = \frac{1,08}{2} = 0,54 \text{ m/s.}$$

Zinot gāzģenerators degšanas un redukcijas zonas augstumu, varam aprēķināt pelnu telpas **iekšējā cilindra diametru d_4** , pēc sekojošas formulas:

$$d_4 = \sqrt{\frac{4V_{Go}}{\pi v_1}}$$

kur: V_{Go} – karstās gāzes daudzums,

$$V_{Go} = 1514 \text{ m}^3/\text{h} = 1514 : 3600 \text{ m}^3/\text{s} = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Iegūstam: } d_4 = \sqrt{\frac{4 \times 0,48}{3,14 \times 0,54}} = 1,06 \text{ m}$$

Gāzes izplūdes caurules diametru d_2 varam aprēķināt izejot no nosacījuma, ka, lai nodrošinātu efektīvu ciklona darbu, gāzes plūsmas ātrumam jābūt 20 – 25 m/s. Pieņemot vēlamo gāzes plūsmas ātrumu $v_2 = 25$ m/s, atrodam:

$$d_6 = \sqrt{\frac{4V_{Go}}{\pi v_2}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,48}{3,14 \times 25}} = 0,156 \text{ m} \approx 0,15 \text{ m}$$

Gāzģeneratora ārējais diametrs D ir atkarīgs no izvēlēta oderējuma un siltumizolācijas slāņa biezuma, kas jārisina izejot no tehnoloģiskām un materiālu sagādes iespējām, ņemot vērā, ka gāzģeneratora ārējo sienu temperatūra nedrīkst pārsniegt 65 °C.

Ja gāzģeneratora oderējums būs no ugunsdrošiem ķieģeļiem (garums 230 mm) plus 50 mm cietās vates KTM (Lietuvas ražojums) slānis, tad:

$$D = d + 2 (0,05 + 0,23) = 0,9 + 2(0,05 + 0,23) = 1,46 \text{ m}$$

Gāzģeneratora galveno izmēru aprēķina rezultātu kopsavilkums:

- motora ievadītais gāzes daudzums, V_G , m³/h 623;
- gāzes padeves spiediens ieplūdes kolektorā, MPa 0,13;
- gāzes daudzums pirms pūtēja, V_{G1} , m³/h 791;
- gāzes spiediens pirms pūtēja, p_o , MPa 0,096;
- gāzes temperatūra pirms pūtēja, °C 30;
- karstas gāzes izplūde no gāzģeneratora, °C 1760;
- gāzes temperatūra izplūstot no gāzģeneratora, °C 500;
- gāzģeneratora ražība normālos kubikmetros, V_{Go} , m³/h 721;
- pārgāzējamās koksnes masas daudzums G_k , kg/h 400;
- pārgāzējamās koksnes tilpums stundās, W_k , m³/h 1,17;
- gazificēšanai nepieciešamais gaisa daudzums, L_g , m³/h 191;
- gāzģeneratora cilindriskās daļas diametrs, d_2 , m 0,96
- gāzģeneratora degkameras sašaurinājuma diametrs d_3 , m 0,38;
- gāzģeneratora darbīgās daļas tilpums, V , m³ 2,7;
- gāzģeneratora darbīgās daļas augstums, H , m 4,25;
- degšanas un redukcijas zonas augstums, H_2 , m 1,08;
- pirolīzes un žāvēšanas zonas augstums, H_3 , m 1,62;

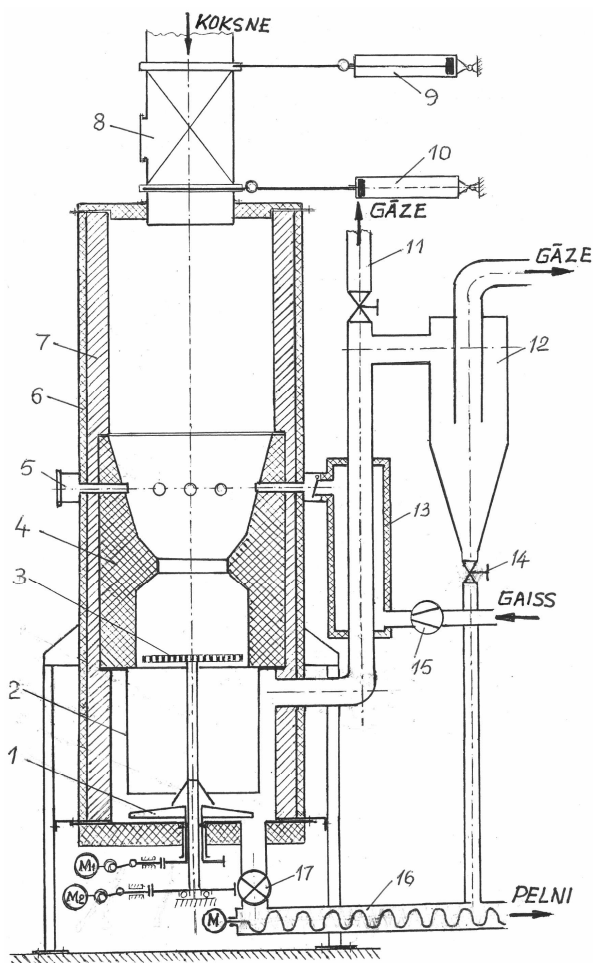
- pelnu telpas augstums, H_1 , m 0,7
- gāzģeneratora darbīgās daļas augstums H , m 3,4;
- gāzģeneratora kopējais augstums, H_o , m 8,5;
- gāzes plūsmas ātrums degšanas un redukcijas zonā, m/s 0,54;
- gāzes plūsmas ātrums izplūdes caurulē, m/s 25;
- pelnu telpas iekšējā cilindra diametrs, d_4 , m 1,06;
- gāzes izplūdes caurules diametrs, m 0,15;
- gāzģeneratora ārējais diametrs, m 1,46.

Gāzģeneratora konstruktīvā shēma

Ņemot vērā iepriekšējā sadaļā veiktos gāzģeneratora aprēķinus ir izveidota gāzģeneratora konstruktīvā shēma (68. att.).

Gāzģeneratora degkamera ar īpaša profila centrisku sašaurinājumu ir atlieta no karstumizturīga šamotbetona un iemontēta gāzģeneratora korpusa vidusdaļā. Gāzģeneratora korpusš veidots no 10 mm biezas cilindriskas tērauda čaulas, kura no iekšpuses izklāta ar termoizolācijas slāni 6, ko veido cietā akmens vate KTM (Lietuvas ražojums), un izmūrēta ar trapeceveida ugunsdrošiem ķieģeļiem. Iespējams arī cits variants, kad gāzģeneratora korpusu veido nevis viengabala, bet gan sastāvošu no trim atsevišķām sekcijām, kuras ar saviem atlokiem saskrūvētas kopā. Korpusa oderējums nav vis ugunsdrošo ķieģeļu mūrējums, bet gan monolīts speciāla karstumizturīga betona lējums katrai sekcijai atsevišķi. Lējumu sadurvietas montējot aizsmērē ar karstumizturīgiem māliem vai šamota javu. Degkameras apakšējo, cilindrisko galu noslēdz rotējošie ārdi 3, kas balstās uz vertikālas vārpstas, ko piedzen lēngaitas motora reduktors M_2 caur sprūdrata mehānismu. Vārpsta apgriežas 2 apgr./h jeb 0.033 apgr./min. To noblīvē vienkāršs blīvslēgs, kas samontēts no pieslīpētiem čuguna gredzeniem.

Savukārt otrs motora reduktors M_1 ar analogu sprūdrata mehānismu un cauruļvārpstu piedzen pelnu skrāpi 1, kurš sabirušos pelnus ierauš vertikālā kanālā. Pelni tālāk periodiski caur gāzes – gaisa slūžām 17 izbirst gliemežtransportierī 16 un tiek padoti uz savācējvertni.



68. att. Gāzģenerators konstruktīvā shēma:

- 1 – pelnu skrāpis; 2 – gāzes čaula; 3 – rotējošie ārdi; 4 – šamotbetona ieliktnis; 5 – gaisa ieplūdes kolektors; 6 – termoizolācija; 7 – ķieģeļu oderējums; 8 – pirmā žāvēšanas kamera; 9 un 10 – pneimocilindri; 11 – gāzes vads uz lāpu; 12 – ciklons; 13 – gaisa priekšsildītājs; 14 – lodveida krāns; 15 – gaisa pūtējs; 16 – gliemežtransportieris; 17 – gāzes-gaisa slūžas.

Savstarpēji neatkarīga rotējošu ārdi un pelnu skrāpja piedziņa, izmantojot sprūdrata mehānismu, ļauj autonomi vadīt gan pelnu izbiršanu caur ārdiem no redukcijas zonas, gan arī pelnu izvākšanu no pelnu telpas, kas dod iespēju automātiski regulēt un stabilizēt pārgāzēšanas procesu un iegūt augstas kvalitātes deggāzi.

Motora M_1 griešanās frekvenci pēc vajadzības var mainīt, tādējādi mainot pelnu izvākšanas intensitāti no pelnu telpas un uzturot tajā pēc iespējas nemainīgu pelnu līmeni, kas stabilizē pārgāzēšanas procesu.

Degkammeras apakšgalā piemontēta cilindriskas formas gāzes čaula, kas veido koncentrisku joslu pa kuru izplūst gāze, nodrošinot vienmērīgu gāzes izplūdi un ievērojami samazinot pelnu līdzraušanu gāzei izplūstot uz ciklonu 12.

Gāze tālāk cauri ciklonam 12 pa cauruli plūst uz attīrīšanas sistēmu un gāzdīzelmotoru. Iedarbināšanas laikā nekvalitatīvo gāzi izlaiž atmosfērā pa cauruli 11, atgriežot attiecīgu krānu. Gāzes caurules 11 augšgalā ir piemontēta lāpa, kas ļauj kontrolēt gāzes kvalitāti. Lāpu izmanto arī gāzes pārpalikuma sadedzināšanai, ja gāzmotors kādu iemeslu dēļ ir jāaptur.

Koksnes biomasas padeve gāzģeneratorā notiek caur taisnstūra formas žāvēšanas kamerām. Kameru skaits var būt 3 un vairāk, bet 68. att. parādīta tikai viena – apakšējā žāvēšanas kamera 8. Kameras no gāzģeneratora pirolīzes telpas un savā starpā atdala pamīšus pārbīdāmi aizbīdņi, kurus pārbīda automātiski vai manuāli vadāmi pneimocilindri 9 un 10.

Kurināmo uz augšējo žāvēšanas kameru padod slīps lentas vai kausa transportieris. No turienes gravitācijas ietekmē tiek piepildītas zemākās kameras, kurināmā žāvēšanai kamerās padod karstās gāzmotora atgāzes.

Kurināmā pārgāzēšanai gāzģeneratorā nepieciešamo gaisa daudzumu padod gaisa pūtējs 15 cauri gaisa priekšsildītājiem 13, kurā gaiss tiek uzkaršēts un, nonāk gredzenveida ieplūdes kolektorā 5. No koncentriskā kolektora gaiss tiek caur furnām ievadīts no visām pusēm degkamerā, nodrošinot pietiekami augstu temperatūru un vienmērīgu biomasas pārgāzēšanu. Gāzģeneratoru iekurina, padodot gāzes liesmu caur lūku kolektora sānos, ko noslēdz vāciņš.

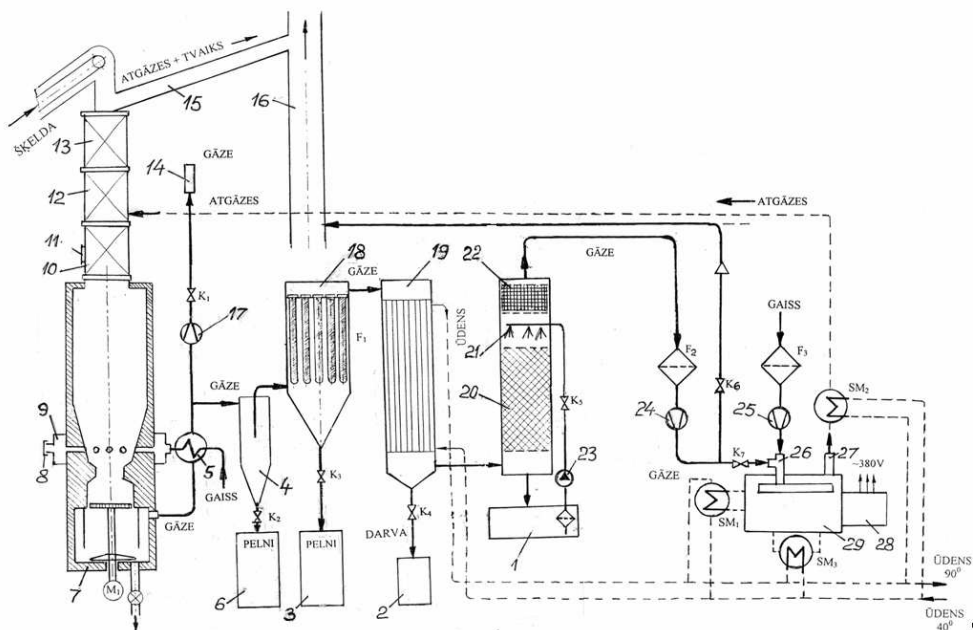
Dotajā gāzģeneratora konstruktīvajā shēmā ir izmantots klasiskais „IMBERT” gāzģeneratoru princips, kurš sevi ir pierādījis daudzu gadu garumā un ir pārveidots jaunā kvalitātē. Pēc dotās shēmas ir iespējams izveidot lejupdedzes gāzģeneratorus plašā jaudas diapazonā (100-750 kWe un vairāk).

6.6. Kokgāzes pievadsistēma un gāzmotora aprīkojums

Kurināmā padeve un gāzģeneratora iekurināšana

Iepriekš tika aplūkoti gāzģeneratora uzbūves un darbības principi un dots tā galveno parametru aprēķins, kas nodrošina tāda kokgāzes daudzuma saražošanu, kāds nepieciešams 300 kWe koģenerācijas motorstacijas darbināšanai.

Gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacijas principālā shēma dota 69. att. Tajā ietilpst koksnes padeves un ražošanas sistēma, gāzģenerators koksnes klučīšu un šķeldas pārgāzēšanai, kokģāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēma, gāzmotora aprīkojums ar gāzjauci un siltummaiņiem, gāzmotors un elektroģenerators.



69. att. Gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacijas principālā shēma:

- 1 – skruberūdens tvertne; 2 – darvas tvertne; 3 un 6 – pelnu tvertnes; 4 – ciklons; 5 – gaisa priekšsildītājs; 7 – gāzģenerators; 8 – lūkas vāciņš; 9 – gaisa kolektors; 10, 12 un 13 – žāvēšanas kameras; 11 – lūka; 14 – lāpa; 15 – atgāzu-tvaika caurules; 16 – skurstenis, 17 un 24 – gāzes pūtēji; 18 – sausais filtrs; 19 – gāzes dzesētājs; 20 – skrubers; 21 – duša; 22 – pilienu atdalītājs; 23 – ūdens sūknis; 25 – gaisa pūtējs; 26 – gājjaucis; 27 – izplūdes caurule; 28 – elektroģenerators; 29 – gāzmotors.

Ja gāzģeneratoru iekurina pirmo reizi, degkamera un redukcijas telpa virs rotējošiem ārdiem ir jāpiepilda ar vidēja raupjuma kokoglēm. Kokogles ieber caur lūku 11 žāvēšanas kameras 10 sānos. Pēc tam piepilda gāzģeneratora pirolīzes telpu 2/3 augstumā ar šķeldu un klucīšiem cauri žāvēšanas kamerām 10, 12 un 13. Pirmajā reizē tiem jābūt izžāvētiem līdz ne vairāk kā 20 % mitrumam.

Uzsākot iekurināšanu pārļiecinās vai krāni $k_2...k_7$ ir ciet, atgriež krānu k_1 un ieslēdz gāzes pūtēju 17. Atver iedarbināšanas lūku un vāciņu 8 pie gaisa kolektora 9 un caur šo lūku un vienu no furmām oglēm degkamerā pievada liesmu. Liesmas pievadīšanai izmanto lāpu ar kamīnu iekurināmo šķidrumu vai ar portatīvo gāzes degli. Kad ogles degkamerā sāk kvēlot aizver iekurināšanas lūkas vāciņu 8 un turpina darbināt pūtēju 17. Pēc 10-15 minūtēm aizdedzina lāpu 14 un vēro izplūstošās gāzes liesmu. Kad lāpa deg bez dūmošanas un liesma ir vidū zilgana, bet gar malām sarkanīga, kokgāzi var uzskatīt par jau pietiekoši kvalitatīvu un sistēmu var pārslēgt darba stāvoklī.

Iedarbinot gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstaciju pirmoreiz vai arī pēc dīkstāves, kokgāzes attīrīšanas sistēmas cauruļvados un iekārtu korpusos ir uzkrājies gaiss, kas sajaucies ar kokgāzi var veidot sprāgstozu maisījumu. Tādēļ pirms gāzmotora iedarbināšanas sistēma vispirms ir jāatgaiso.

Šim nolūkam vispirms aizgriež krānu k_1 un izslēdz gāzes pūtēju 17. Tad atgriež krānu k_6 un ieslēdz gāzes pūtēju 24, bet krānu k_1 paliek aizvērts. Pūtējs izsūc gaisu no visas gāzes attīrīšanas un atdzesēšanas sistēmas cauruļvadiem un korpusiem, iesūc gāzi no gāzģeneratora un izpūš to caur krānu k_6 un pretvārstu skurstenī 16. Sistēmas atgaisošanu turpina vismaz 15 min, lai gaiss tiktu pilnībā izvadīts. Tad krānu k_6 aizver, k_1 atver, ieslēdz gaisa pūtēju 25 un iedarbina gāzmotoru 29.

Kurināmo gāzģeneratora augšējā žāvēšanas kamerā – dozatorā 13 padod ar lentas vai vagonetes tipa transportieri. Žāvēšanas kameras vienu no otras un no gāzģeneratora atdala aizbīdņi, kurus darbina ar pneimocilindriem. Atverot attiecīgos aizbīdņus augšējā kamerā ievietotā šķelda pakāpeniski birst uz leju. Vidējā žāvēšanas kamerā tiek ievadītas no gāzmotora izplūstošās karstās atgāzes, ar kurām tiek žāvēta iekrautā koksnes masa. Vienas porcijas mitrums no 40 % tiek samazināts līdz 20 % pusstundas laikā. No vidējās kameras siltumnesējs kopā ar ūdens tvaikiem nonāk

augšējā kamerā, kur arī notiek iebērtās koksnes masas žāvēšanas, kaut arī mazākā mērā. Beigās atgāzes kopā ar ūdens tvaikiem pa slīpo cauruli 15 nonāk skurstenī 16 un izplūst atmosfērā.

Kokgāzes attīrīšana no darvas

Lai kokgāzi varētu izmantot iekšdedzes motora darbināšanai, tai jābūt attīrītai no putekļiem un darvas un atdzesētai līdz 30 – 40 °C temperatūrai un jāatdala ūdens tvaiki, tā lai to daudzums gāzē nebūtu lielāks par 400 g/m³. Maksimāli pieļaujamais cieto daļiņu daudzums ir 100 mg/m³ gāzes, bet darvas daudzums ne vairāk kā 250 mg/m³.

Darva, kas izdalās no biomasas gazificēšanas procesā ir dažādu ogļūdeņražu maisījums, sākot no vieglajiem, respektīvi, maza molekulsvara ogļūdeņražiem, tādiem kā benzēns, līdz smagajiem poliaromātiskajiem ogļūdeņražiem. Tādējādi tiek pieņemts, ka darva sastāv no vieglajām un smagajām frakcijām atkarībā no sastāvdaļu vārīšanās temperatūras. Vieglajām frakcijām (no benzēna līdz pīrenam) vārīšanās temperatūra ir no 80 – 350 °C, bet smagajām frakcijām (chrysēns, cēronēns, u.t.t.) 300 °C un augstāk. Diapazonā no 300 – 350 °C abas frakcijas nedaudz pārsedzas.

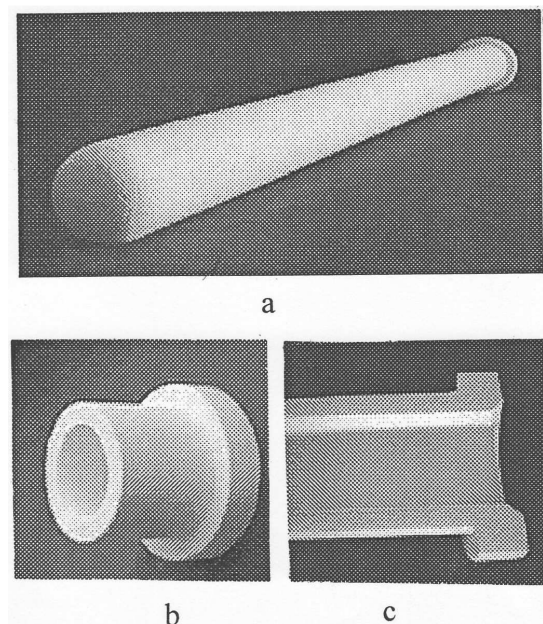
Ja gāzi atdzesē zemāk par 100 °C, tad vieglās darvas frakcijas, kas ietilpst gāzes sastāvā kondensējas un sistēmā var izveidoties kondensūdens korķi, kas rada problēmas gāzes plūsmai. No otras puses, labāka motora cilindru pildījuma dēļ ir lietderīgi gāzi atdzesēt līdz zemākai temperatūrai. Tādēļ rūpīgi jāseko cauruļvadu montāžas pareizībai, lai novērstu kondensūdens korķu rašanās iespēju. Šī iemesla dēļ arī arvien plašāk gāzes attīrīšanai sāk pielietot sauso filtrēšanas paņēmieni un karstās gāzes attīrīšanu. Tomēr šajā gadījumā visai darvai jābūt pilnībā izdedzinātai no gāzes, ko panāk uzturot degšanas zonā 1000 – 1200 °C temperatūru. Šādas temperatūras uzturēšanai, gāzģenerators konstrukcijā paredzēta degšanas procesā pievadāmā gaisa priekšsildīšana, no izmantojot gāzģenerators izplūstošo 500 – 600 °C karsto kokgāzi ieplūstošā gaisa uzkarsēšanai priekšsildītājā 5 (69. att.).

Darvas iededzināšanas pakāpe ir atkarīga ne tikai no temperatūras degšanas zonā, bet arī no kokgāzes atrašanās laika augstās temperatūras zonā. Tam jābūt ne mazākam par 2 sekundēm. Tas tiek palielināts pagarinot degšanas un redukcijas zonu kopējo augstumu un izmantojot lielāka diametra (Ø 150 – 200 mm) gāzes caurules.

Kokgāzes attīrīšana no putekļiem

Kad darva no kokgāzes ir izdedzināta, tās attīrīšanai no cietajām oglekļa un pelnu daļiņām tiek izmantoti sausie filtri, kuras ieslēdz sistēmā tūlīt aiz gāzģeneratora un tie attīra karstu gāzi, kāda izplūst no gāzģeneratora. Rupjākās daļiņas vispirms attīra ciklonā 4, tālāk daļēji attīrītā gāze nonāk sausajā gāzes filtrā 18, kurā tiek attīrīta no smalkajiem oglekļa un pelnu putekļiem. Sausais filtrs ar varbūtēji palikušām darvas daļiņām nepieķep, jo pateicoties augstai gāzes temperatūrai, darva šeit kondensēties nevar.

Pielieto divu tipu sausos filtrus karstas kokgāzes filtrēšanai 1) ar keramiskiem filtrējošiem elementiem un 2) ar karstumizturīga auduma maisiem. Šādus filtrējošos elementus ražo un piedāvā vairākas firmas. Tā, piemēram, angļu firma *Brightcross* piedāvā cilindriskas formas keramiskā filtra elementus (70. att.) līdz 1000 °C karstu gāzu filtrēšanai.



70. att. Firmas „Brightcross” keramiskā filtra elements līdz 1000 °C karstu gāzu filtrēšanai (Avots: http://www.brightcross.co.uk/html/filter_product.html): a – kopskats; b – šķērsgriezums; c – garengriezums.

Maisa tipa filtrus karstu gāzu attīrīšanai piedāvā, piemēram, Nīderlandes firma *Kara*. Filtrs sastāv no taisnstūra formas kasetēm, kas apvilktas ar speciālu karstumizturīgu audumu un spēj izturēt līdz 450 °C temperatūru.

Pēc firmas datiem drēbes maisu filtra attīrīšanas pakāpe ir $< 10 \text{ mg/Nm}^3$. Tas ir desmitreiz zemāk nekā būtu nepieciešams atbilstoši prasībām gāzes izmantošanai iekšdedzes motoros, tādējādi šie filtri ļoti labi attīra gāzi un turklāt ir vienkārši kopjami. Putekļus no

maisiem periodiski nokrata ar mehāniskiem vibratoriem. Filtrējošo elementu attīrīšanai

no putekļiem iespējams arī izmantot filtrējošo elementu pamīšus izpūšanu ar karsto gāzi pretējā virzienā, ja izmanto dubultfiltru sistēmu.

Ciklonā un sausajā filtrā no gāzes atdalītos putekļus uzkrāj attiecīgi pelnu tvertnēs 6 un 3, kuras periodiski nomaina.

Kokgāzes dzesēšana. Lai nodrošinātu efektīvu motora cilindru pildījumu ar kokgāzes un gaisa maisījumu, kokgāzei jābūt atdzesētai līdz 30 – 40 °C. Tādēļ sistēmā tiek uzstādīts gāzes dzesētājs 19, kurš vienlaicīgi atdzesē karsto gāzi un sakarsē cirkulējošo ūdeni līdz 90 °C, ko var izmantot dažādiem karstā ūdens patērētājiem. Dzesētājs ir cauruļu tipa siltummainis, kur pa caurulēm plūst gāze, bet telpā apkārt caurulēm cirkulē ūdens. Atdzesēšanas procesā no gāzes vēl iespējams kondensējas gāzē palikusī darva, kas tiek uzkrāta tvertnē 2.

Atdzesētā gāze no dzesētāja 19 apakšējās telpas tālāk nonāk skrubera 20 apakšējā telpā. Skrubers sastāv no cilindriskā korpusa, kurā zināmā augstumā iepildītas keramikas lauskas, kas nodrošina lielāku gāzes saskares laukumu un putekļu pielipšanu. Virs lausku slāņa atrodas ūdens duša 21. Skruberī gāze tiek mazgāta ar ūdens dušu un vienlaikus vēl papildus atdzesēta. Gāzes mazgāšana ir nepieciešama, jo sausajā karstās gāzes filtrā nevar attīrīt etiķskābi u.c. pirolītiskās skābes, kā arī hlorūdeņradi, kas kaitē motoram. Skrubera izmantošana nodrošina kvalitatīvākas gāzes ieguvu un paildzina gāzmotora darbmūžu. Skrubera korpusa augšdaļā atrodas pilienu atdalītājs 22, kas samontēts no sietveida kasetēm. Ūdenim no gāzes kondensējoties, pilieni uzkrājas uz kasetēm un nopil atpakaļ skruberī.

Tālāk gāze plūst uz gāzmotoru, kuram ir pierīkota vēl pēdējā gāzes attīrīšanas pakāpe filtrs F₂, kurā kā filtrējošo elementu izmanto parastā gaisa filtra elementu.

Dīzeļmotora pārkārtošana par gāzmotoru

Lai parasto dīzeļmotoru pārkārtotu par gāzmotoru, nepieciešams izdarīt divas lietas: 1) esošās dīzeļmotora degvielas iesmidzināšanas sistēmas vietā ierīkot elektrisko aizdedzes sistēmu un 2) motoram uzstādīt gāzjauci kokgāzes un gaisa degmaisījuma sagatavošanai.

6.7. Ārzemju pieredzes analīze

Vienpakāpes un divpakāpju gazificēšanas process

Iepriekš aplūkotajās lejupdedzes gāzģeneratoru konstrukcijās koksnes biomasas gazificēšanas process norisinājās vienā kopējā telpā – gāzģeneratora cilindriskā korpusā, kurā nosacīti bija iedalītas žāvēšanas, pirolīzes, oksidēšanās un redukcijas zonas. Šādu procesu pieņemts saukt par vienpakāpes gazificēšanu.

Vienpakāpes procesa nodrošināšanai gāzģeneratora konstrukcija ir vienkārša, bet šim procesam ir nepieciešams kvalitatīvs kurināmais, parasti gaissausi ($W \leq 20\%$) koksnes klucīši vai rupja šķelda. Smalku šķeldu un zāģskaidas lietot nevar, jo tie sablīvējas, virs degšanas zonas gāzģeneratorā veidojas arkveida izdeguma josla un process nenoris vienmērīgi.

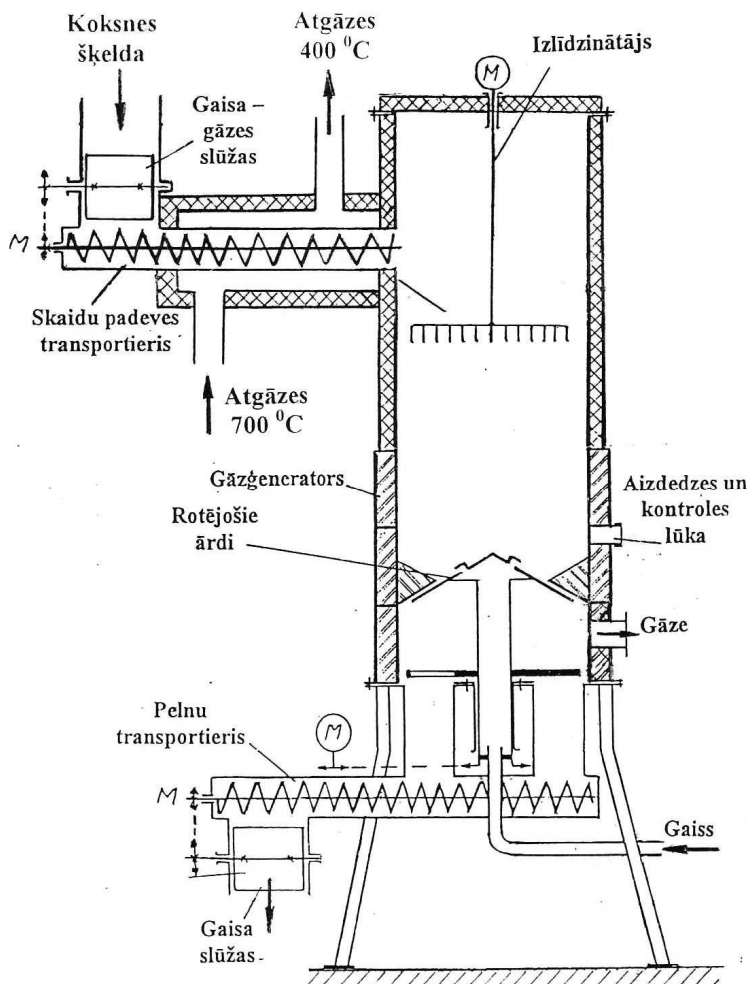
Divpakāpju gazificēšanas procesā koksnes biomasas žāvēšana un pirolīze ir atdalīta no kopējā procesa atsevišķā pirolīzes reaktorā, kurā šī procesa daļa notiek iekšdedzes motora karsto atgāzu iedarbībā. Divpakāpju gazificēšanas galvenā priekšrocība ir tā, ka nav nepieciešams kvalitatīvs kurināmais, var izmantot jebkāda veida koksnes atgriezumus, šķeldu un zāģskaidas ar mitruma saturu līdz 50% ($W \leq 50\%$).

Eiropā pirmā biomasas gazificēšanas un koģenerācijas motorstacija sāka darboties 1994. gadā Jutlandē, Dānijā, apgādājot ar siltumu un elektrību vairāk kā 100 mājas Hogildas ciematā. Gāzģeneratorā kā kurināmo izmantoja rupju 30 -120 mm garu šķeldu un kokapstrādes atgriezumus ar mitrumu ne vairāk kā 20% . Motorstacija attīstīja 160 kW elektrisko jaudu un 160 kW siltuma jaudu. Pāris gadu vēlāk, pēc siltummaiņu rekonstrukcijas, siltuma jauda sasniedza 349 kW un kopējais lietderības koeficients 0.80 – 0.85. Šķelda pirms ievadīšanas gāzģeneratorā tiek žāvēta speciālā žāvēšanas iekārtā ar motora izplūdes gāzēm, samazinot mitrumu no 50% līdz 20% .

Ārsā, Dānijā 1997. gadā firma „REKA” uzbūvēja šķeldas pārgāzēšanas un koģenerācijas motorstaciju ar elektrisko jaudu 100 kW_e un siltuma jaudu 250 kW. Sausas ($< 20\%$ mitruma) šķeldas patēriņš 75 kg/h, saražotās kokgāzes daudzums 250 m³/h, tās siltumspēja 6.25 MJ/m³.

Raksturīga īpatnība ir tā, ka lejupdedzes gāzģenerators izveidots divpakāpju ar atsevišķiem pirolīzes un gazificēšanas reaktoriem (71. att.). Pirolīzes reaktors izveidots

kā horizontāla dubultsienu caurule, kuras starpsienu telpā ievada motora izplūdes gāzes ar 700 °C temperatūru. Pa iekšējo cauruli gliemežtransportieris padod šķeldu, kura virzoties tālāk pāroļļojas un izdala pirolīzes gāzi.



71. att. Divpakāpju lejupdedzes gāzģenerators ar atsevišķiem pirolīzes un gazificēšanas reaktoriem.

Ogles un gāze no pirolīzes reaktora nonāk otrajā pakāpē - gazificēšanas reaktorā, kurā degšanas procesā pie 1050 °C temperatūras tiek padots gaiss un pārkarsēts tvaiks. Kokogles, darva u.c. pirolīzes gāzē esošie piemaisījumi sadeg.

Tvaikam reaģējot ar kvēlojošām kokoglēm ūdens sadalās un bagātina gāzi ar ūdeņradi un oglekļa monoksīdu, tā iegūst kokgāzi ar paaugstinātu siltumspēju (H_2 33-35 %, CO 14-16 %, CH 1-3 %). Šādu ar H_2 bagātinātu gāzi dažkārt sauc par ūdensgāzi jeb sintēzgāzi.

Izplūstošā gāze tālāk plūst cauri ciklonam, tad U-veida mazgāšanas caurulei un gāzes dzesētājam. Tālāk gāze plūst cauri parastam automobiļu tipa gaisa filtram. Tiktāl gāzes spiediens ir nedaudz zem atmosfēriskā.

Pēc gāzes filtra ir novietots rotortipa spiedējventilators (gāzes pūtējs), kas gāzi saspiež līdz 280 mm H_2O spiedienam un padod uz 25 m³ tilpuma zvanveida gāzholderi.

Gāzholderis ir otra raksturīga šī projekta īpatnība un tas ir novietots ēkas ārpusē pārdesmit metru attālumā no gāzģeneratora un gāzģeneratora telpām. Ja gāze tiek saražota vairāk nekā motors patērē, tad automātiskā kontroles sistēma pārpalikuma gāzi laiž caur vertikālu izplūdes cauruli gaisā, to automātiski aizdedzinot un caurules galā deg gāzes liesma.

Izplūdes gāzes no gāzģeneratora vispirms tiek padotas uz pirolīzes reaktoru un ieplūst reaktora apvalkā ar 700 °C temperatūru, pirolizējot šķeldu, bet izplūst no tā ar 400 °C temperatūru.

Motorstacijas galvenie darba parametri:

Sausa kurināmā patēriņš - 75 kg/h	Gāzes analīzes rezultāti:	
Gāzes ražošana - 250 m ³ /h	H_2	33 - 35 %
Gāzes siltumspēja - 6,25 MJ/Nm ³	CO	14 - 16 %
Siltuma ievade ar šķeldu - 400 kW (100 %)	CH_4	1-3 %
Elektriskā jauda - 100 kW (25 %)	CO_2	16 - 18 %
Siltuma jauda - 250 kW (60 %)	N_2	29 - 31 %
Zudumi - 60 kW (15 %)	O_2	< 2 %

Karstās izplūstošās gāzes tālāk nonāk tvaika ģeneratorā, kur ražo pārkarsētu ūdens tvaiku, kuru kopā ar gaisu ievada ģeneratora degšanas zonā, lai veidotu sintēzgāzi. Pēc tam tālāk karstās izplūdes gāzes nonāk siltummainī, kas ražo silto

ūdeni apkures sistēmai, un beigās izplūst atmosfērā ar temperatūru 40 °C. Tādējādi, šī sistēma nodrošina ļoti efektīvu motora siltuma enerģijas izmantošanu. Bez tam, siltumu caur siltummaiņiem vēl noņem no motora dzesēs sistēmas un eļļošanas sistēmas.

Gāzģenerators un koģenerators ir aprīkoti ar elektroniskiem devējiem, signalizācijas un izpildmehānismiem un visu darba procesu kontrole, regulēšana un vadība tiek veikta, izmantojot datoru. Datorā tiek apkopoti dati no 56 termodevējiem, 8 spiediendevējiem, 4 plūsmas mērītājiem, 1 elektriskās jaudas devēja un 1 kurināmā svara devēja. Dati no datora var tikt izrakstīti ar 15 sek. intervāliem ciparu vai līkņu veidā.

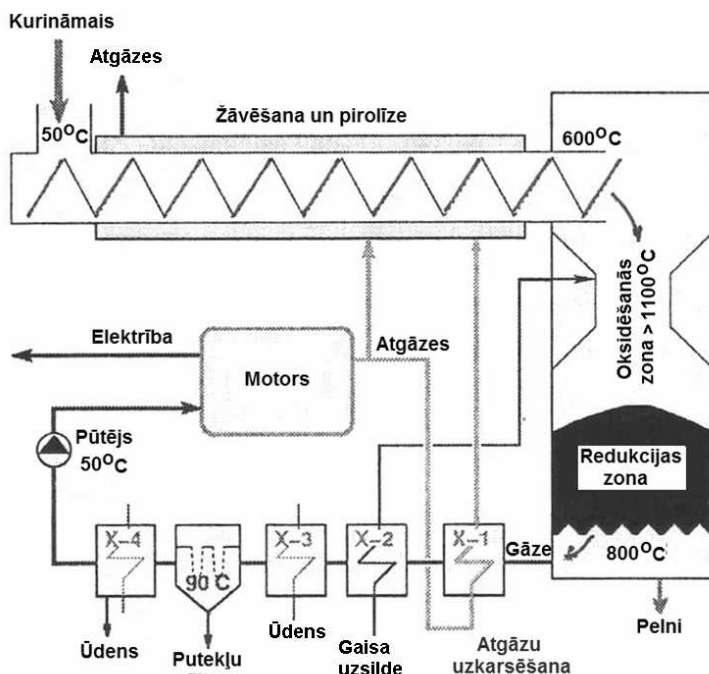
Gāzģenerators ar atsevišķu pirolīzes reaktoru

Divpakāpju gāzģenerators konstrukcija ar atsevišķu pirolīzes reaktoru deviņdesmitajos gados tika izstrādāta Dānijas Tehniskajā universitātē Lingbijā (Lyngby) Dānijā. Šis gāzģenerators, nosaukts par Viking gāzģeneratoru, darbojas testēšanas režīmā kopš 2002. gada [19]. Viking gāzģenerators tika izveidots daudzu gadu pētījumu rezultātā ar mērķi panākt vienkāršu konstrukciju ar augstu kokgāzes attīrīšanas pakāpi no darvas u.c. piemaisījumiem. Gāzģenerators termiskā jauda ir 75 kW. Divpakāpju gāzģenerators sastāv no pirolīzes reaktora un gazificēšanas reaktora (72. att.).

Kurināmā padeves sistēma. Pirolīzes reaktorā cauruļveida korpusā kurināmo šķeldu padod pa augšējo lūku no uzkrājējas piltuves caur divām gaisa - gāzes slūžām. Rotējošs gliemezis bīda šķeldas masu uz priekšu caur pirolīzes reaktora korpusu, kurā 600 – 700 °C augstā temperatūrā notiek koksnes biomasas sausā destilācija un beigās pārogļotā masa t.i., kokogles ar 600 °C temperatūru iebirst gāzģeneratorā. Kokogļu padeves daudzumu gāzģeneratorā kontrolē automātiski regulējot gliemeža rotācijas ātrumu. Lai novērstu darvas kondensēšanos pirolīzes konveijera sākumgalā, tajā ievada nedaudz slāpekļa.

Pirolīzes reaktors tiek karsēts ar 700 – 800 °C karstām koģenerācijas gāzmotora izplūdes gāzēm, kuras plūst cauri pirolīzes reaktora apvalkam. Masai plūstot cauri pirolīzes reaktoram tā pakāpeniski tiek žāvēta un pēc tam pirolizēta. Karstās atgāzes virzās pretī šķeldas masai uz gliemežkonveijera sākumgalu, kur kopā

ar ūdens tvaikiem un vieglāk gaistošām pirolītiskām vielām izplūst atmosfērā pa vertikālu skursteni. Lai nodrošinātu efektīvāku pirolīzes procesu, motora atgāzes tiek sadalītas divās plūsmās. Pirmā plūsma tiek padota tieši uz reaktora apvalku, bet otrā plūsma tiek novadīta uz siltummaini X – 1 un tikai pēc tam uz pirolīzes reaktoru tuvāk tā beigu galam. Plūstot cauri siltummainim X - 1 motora atgāzes tiek papildus uzkarsētas ar no gāzģeneratora izplūstošo karsto kokgāzi. Līdz ar to tiek panākta labāka šķeldas pārogļošana pirolīzes reaktora beigu posmā.



71. att. Viking divpakāpju gāzģeneratora un koģenerācijas sistēmas shēma.

Gazificēšanas reaktors jeb gāzģenerators izgatavots no tērauda čaulas, kas no iekšpuses pārklāta ar keramisku oderējumu. Pateicoties atsevišķam pirolīzes reaktoram, temperatūra gāzģeneratora augšgalā jau pārsniedz 600 °C , bet oksidēšanās zonā tā sasniedz 1270 °C, kā rezultātā darva gandrīz pilnīgi izdeg, respektīvi, sadalās elementārās gāzēs un izplūstot no gāzģeneratora darvas saturs kokgāzē nepārsniedz 50 mg/Nm³. Augsta temperatūra oksidēšanās un redukcijas zonās tiek panākta ar

gazificēšanas reaktorā ievadāmā gaisa priekšsildīšanu ar karsto kokgāzi siltummainī X – 2.

Kokgāze vispirms tiek atdzesēta siltummainī – gāzes dzesētājā X – 3, kurā cirkulē ūdens no ārējiem patērētājiem (D.H. – district heating). Tālāk kokgāzi attīra no putekļiem sausā maisu tipa filtrā un vēl papildus atdzesē siltummainī - dzesētājā X – 4. Pētījumu rezultāti parādīja, ka aprakstītais divpakāpju gāzģenerators spēj nodrošināt ļoti kvalitatīvu kokgāzi, kuru raksturo 25. tab. dati.

25. tabula

Viking divpakāpju gāzģeneratora darba parametru pētījumu dati [19]

Pamatrādītāji		Kokgāzes sastāvs	
Termiskā jauda	68 kW	N ₂	33.2 tilp. %
Kurināmais	šķelda	H ₂	30.5 tilp. %
Mitruma saturs	35 – 45 %	CO	19.6 tilp. %
Gāzģeneratora efektivitāte	93 %	CO ₂	15.4 tilp. %
Gāzģeneratora efektivitāte	32 %	CH ₄	1,2 tilp %
Elektriskā efektivitāte	27 %	ZSS	5,6 MJ/Nm ³
Darvas saturs	< 1 mg/Nm ³	ASS	6,2 MJ/Nm ³
Putekļu saturs	< 5 mg.	Gāzes plūsma	37,1 Nm ³ /h

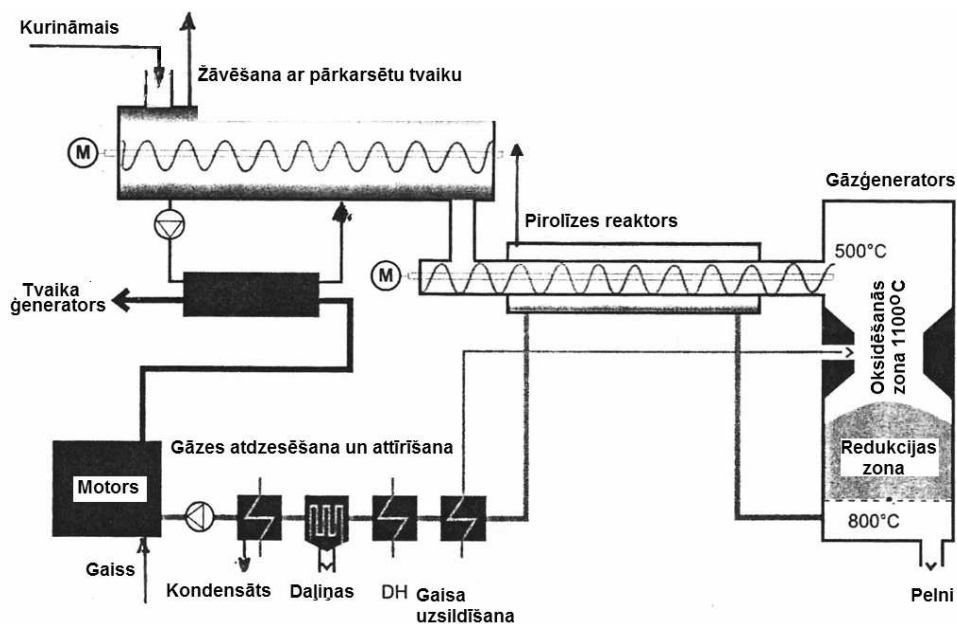
Piezīmes: ZSS – zemākā siltumspēja; ASS – augstākā siltumspēja.

Koksnes biomasas žāvēšana ar pārkarsētu tvaiku

Iepriekš aplūkotā divpakāpju gazificēšanas procesa tālākā attīstībā papildus pirolīzes reaktoram tika izveidots atsevišķs žāvēšanas reaktors mitrās koksnes šķeldas žāvēšanai ar pārkarsētu tvaiku (72. att.), [20].

Salīdzinot ar iepriekš aplūkoto shēmu, šajā gadījumā žāvēšana un pirolīze notiek nevis vienā-pirolīzes reaktorā, bet divos atsevišķos reaktoros. Žāvēšana, kas ir vairāk energoietilpīgs process, tiek veikta atsevišķā žāvēšanas kamerā jeb reaktorā salīdzinoši zemākā temperatūrā. Žāvēšanas kamera sastāv no cilindriskā korpusa, kurā darbojas gliemežkonveijers, kas virza žāvējamo biomasu uz pirolīzes reaktoru. Zem žāvēšanas kameras parādīts siltummainis – pārkarsēta tvaika ģenerators, kurā

caurplūstot karstajām motora atgāzēm tiek ražots pārkarsēts tvaiks. Mitrā gaisa un ūdens tvaiku cirkulāciju caur žāvēšanas kameru un tvaika ģeneratoru nodrošina elektriskais ventilators. Pārkarsētais tvaiks darbojas kā žāvēšanas aģents. Pārkarsētā tvaika darbības rezultātā žāvēšanas kameras beigās jau notiek daļēja biomasas pirolīze.



72. att. Divpakāpju gāzģenerators shēma ar koksnes biomasas žāvēšanu ar pārkarsētu tvaiku.

Pārkarsēta tvaika izmantošana sniedz šādas priekšrocības:

- no gāzmotora izplūstošās atgāzes netiek piesārņotas ar organiskām pirolītiskām vielām un putekļiem, līdz ar to process ir dabai draudzīgs;
- pārkarsētā tvaika ražošana dod iespēju to izmantot arī gazificēšanas procesā kā gazificēšanas aģentu, samazinot kvēpu daudzumu un palielinot ūdeņraža daudzumu kokgāzē;
- žāvējot ar pārkarsētu tvaiku, samazinās ugunsgrēka iespējamība;
- var izveidot žāvēšanas sistēmu, kas dod iespēju izzāvēt un pārgāzēt pat ļoti mitrus organiskos atkritumus.

Salīdzinot iepriekšējo shēmu (71. att.) ar aplūkojamo (72. att.), redzam, ka pēdējā gadījumā žāvēšanai izmanto tikai motora atgāzes, bet pirolīzes reaktora darbību nodrošina no gāzģeneratora izplūstošā 800 °C karstā kokgāze.

Gāzģenerācijas – koģenerācijas sistēma ar gāzes krekinga reaktoru

Interesants variants kokgāzes efektīvai attīrīšanai no darvas ir izstrādāts pētniecības un projektēšanas institūtā BTG (Biomassas Tehnology Group) pie Twentes universitātes Enšedā (Enschede), Nīderlandē. Pēc šī institūta projekta gazificēšanas un koģenerācijas motorstacija ir uzbūvēta kādā dārzkopības firmā Nīderlandes ziemeļos. Saražoto siltumu izmanto uz vietas siltumnīcās, elektrību - daļu uz vietas, bet pārējo pārdod tīklā. Koģenerācijas motorstacijā izmantots austriešu firmas „Jenbacher” turbopūtes gāzmotors ar jaudu 500 kW, [21].

Motorstacija raksturojas ar diviem interesantiem jauninājumiem: 1) gāzes krekinga reaktoru un 2) gāzes recirkulāciju.

Izmantots parastais lejupdedzes gāzģenerators 3 (73. att.), kas atšķiras no klasiskās shēmas ar to, ka degkammeras sašaurinājums nav centrā, bet ir izveidots koncentrisks, izmantojot rotējošu konusu parasto ārdi vietā. Autori apgalvo, ka šāda gāzģeneratora konstrukcija kopā ar krekinga reaktoru dod desmitreiz zemāku darvas daudzumu izplūstošajā gāzē nekā dod parastais lejupdedzes gāzģenerators.

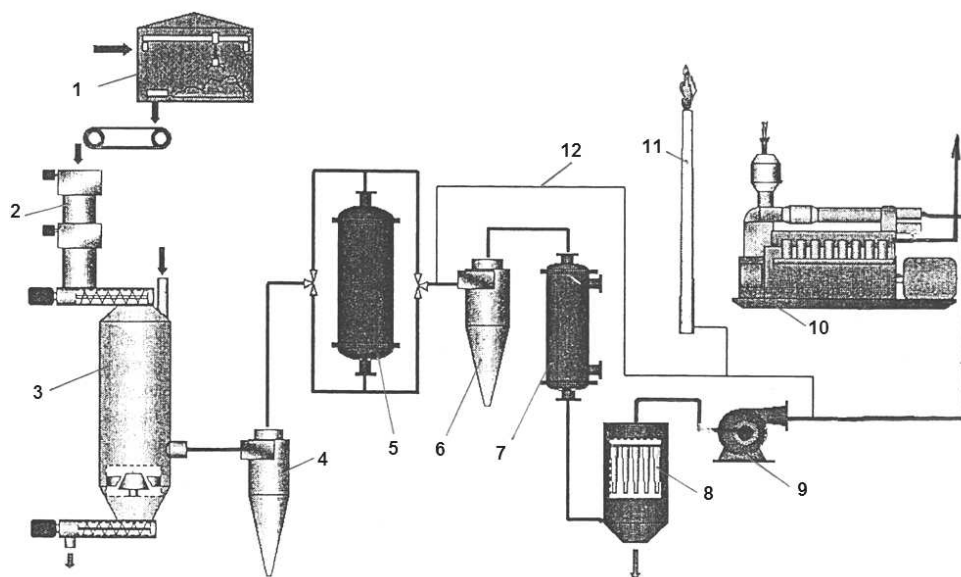
Gāzes krekinga reaktoram 5 ir cilindrisks korpuss ar katalītiska materiāla pildījumu un trīskanālu krāniem, kas nodrošina gāzes plūsmas reversēšanu. Tiek pievadīts arī gaiss un daļa gāzes sadedzināta, lai uzturētu krekinga procesu.

Pēc krekinga reaktora gāzi vēlreiz attīra otrajā ciklonā 6, atdzesē dzesētajā 7 un galīgi attīra sausajā drēbes maisu filtrā 8. Gāze netiek atdzesēta zemāk par rasas punktu, līdz ar to nekāds kondensācijas ūdens, kurā izšķīdušas pirolītiskās vielas neveidojas. Pilnībā atkrīt ar kaitīgām vielām piesārņotā notekūdens utilizācija, kas ir būtiska šīs sistēmas priekšrocība.

BTG demonstrētās motorstacijas priekšrocības, salīdzinājumā ar pazīstamajām parastajām gāzģeneratora motorstacijām, tiek raksturotas ar sekojošiem datiem:

	Parastas gāzģeneratora motorstacijas	BTG gāzģeneratora motorstacijas
- kapitālieguldījumi, Euro/kW _e	> 3000	< 2000

- ekspluatācijas izmaksas, Euro/kW _e	> 0,05	< 0,03
- elektrības izmaksas, Euro/kW _e	> 0,10	< 0,10
- elektriskā efektivitāte, %	< 20	29
- kopējā efektivitāte, %	< 60	75
- notekūdeņu daudzums, l/ kWh	0,25	0
- darvas saturs gāzē, mg/Nm ³	> 100	< 10
- putekļu saturs gāzē, mg/Nm ³	> 50	< 10



73. att. **Gāzģenerācijas – koģenerācijas sistēma ar kokgāzes krekinga reaktoru [21]:**

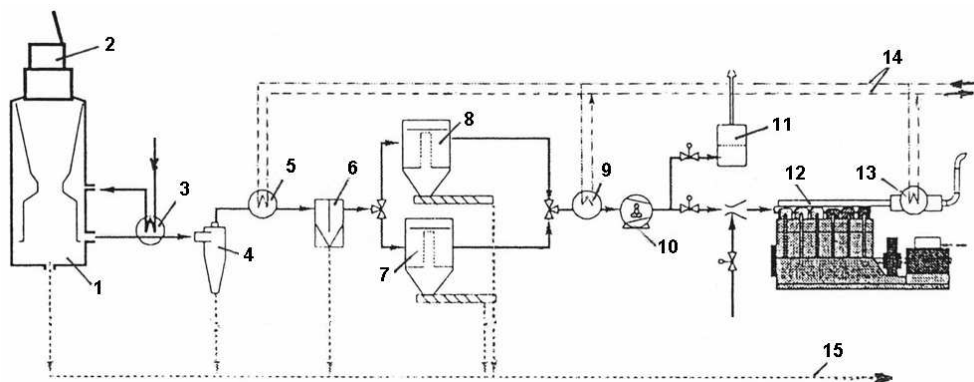
- 1 – biomasas glabātuve; 2 – gaisa/ gāzes slūžas un dozators; 3 – gāzģenerators; 4 – pirmais ciklons;
5 – gāzes krekinga reaktors; 6 – otrais ciklons; 7 – gāzes dzesētājs; 8 – filtrs; 9 – pūtējs;
10 – gāzmotors; 11 – izplūdes caurule ar lāpu; 12 – gāzes recirkulācijas līnija.

Tiek nodrošināta tīras un sausas gāzes ieguve, bez skrubera izmantošanas. Demonstrējamā motorstacija attīsta elektrisko jaudu 500 kW_e, bet pēc šī projekta tālāk paredzēts izveidot motorstacijas ar jaudu 1-2 MW.

Gāzģenerācijas – koģenerācijas motorstacija ar sauso gāzes attīrīšanu.

Sausai kokgāzes attīrīšanai salīdzinājumā ar plaši izmantoto attīrīšanu skrubērī, kurā kokgāzi mazgā ar ūdens dušu, ir būtiskas priekšrocības. Pirmkārt, nav nepieciešama

gāzes susināšana, jo gāze nesatur ūdens tvaikus un, otrkārt, nav nepieciešama skruberūdens savākšanas un attīrīšanas sistēma. Kā sausās attīrīšanas sistēmas piemēru aplūkosim firmas „KARA”, Almelo, Nīderlandē gāzģenerācijas un koģenerācijas sistēmu (74. att.).



74. att. Gāzģenerācijas – koģenerācijas motorstacijas shēma ar sauso gāzes attīrīšanu

(Avots: Firms „KARA” Almelo, Nīderlande, prospekti):

1 – gāzģenerators; 2 – dozējošās kameras; 3, 5, 9 un 13 – siltummaiņi; 4 – ciklons; 6 – buferfiltrs; 7 un 8 – maisu tipa sausi filtri; 10 – gāzes pūtējs; 11 – hidroslēgs; 12 – gāzmotors; 14 – ūdens cirkulācijas līnija; 15 – pelnu savākšanas līnija.

Sistēmā izmantots lejupdedzes fiksētā slāņa gāzģenerators ar tradicionālu sašaurinājumu vidū, kas atdala degšanas zonu no redukcijas zonas. Daļējās degšanas nodrošināšanai, gāzģeneratorā caur furmām ieplūst gaiss, kas tiek iepriekš uzkarsēts ar karsto kokgāzi siltummaiņ 3.

Kā gāzģeneratora kurināmo izmanto plucinātu šķeldu, ko iegūst no visāda veida koksnes atlikumiem, tos izlaižot cauri plucināšanas mašīnai. Dažādu izmēru plucināšanas mašīnas ražo šīs pašas firmas „KARA” rūpnīcā.

Gāzģeneratora augšpuse viena virs otras novietotas divas taisnstūra formas dozējošās kameras, caur kurām kurināmo (plucinātu koksnī) pievada ar lentas transportieri. No kamerām kurināmo tālāk padod gāzģeneratorā. Lai novērstu gaisa iekļūšanu gāzģeneratorā un gāzes izklūšanu no tā, kameras ir apgādātas ar aizvaru tipa gaisa - gāzes slūžām. Aizvarus pamīšus atver un aizver ar automātiski vadāmiem pneimocilindriem.

Gāze izplūst gāzģeneratora apakšējā daļā sānos, plūst cauri ciklonam, buferfiltram, kratāmo auduma maisu filtram, gāzes dzesētājam un ventilatoram uz motora gāzjauci. Visas filtrācijas un dzesēšanas iekārtas tiek ražotas uz vietas šajā pašā rūpnīcā. Arī šajā shēmā, līdzīgi kā iepriekš aplūkotā BTG projektā, ir izmantots gāzes sausās attīrīšanas princips. Tādējādi pilnībā tiek novērsta gāzes skalošanas notekūdeņu attīrīšanas problēma.

Periodiskai putekļu nokratīšanai, katrai filtra sekcijai ir atsevišķs vibrators, ko piedzen elektromotors ar izciļņu mehānismu. Vibratori novietoti filtru korpusa virspusē. Attīrīšanas laikā strādā tikai viens filtrs, kamēr otru attīra.

Gāzģeneratora iekurināšanas laikā, kokģāze caur hidroslēģu 11 tiek padota uz lāģu un tiek sadedģināģa, lģdģ gāģģeneratorģ stabili darboģas, ko kontrolģ pģģ gāģes liesmas.

Kā dotajā shēmā redzams, koģenerācijas sistēmā siltuma ražošanai ir izmantoti trīs siltummaiņi 5, 9 un 13 - divi karstās gāzes atdzesēšanai un trešais siltuma noņemšanai no motora izplūdes gāzēm. Izmantots lēnrites 750 min^{-1}

gāzmotors, kurā gāze tiek padota ar samērā augstu darba temperatūru, nedaudz augstāku par rāsas punktu, lai novērstu ūdens kondensēšanos. Normāli kondensūdens ir stipri piesārņots ar fenolu u.c. policikliskiem aromātiskiem ogļūdeņražiem, kas rada problēmas kondensūdens uzglabāšanai un neitralizācijai. Lietojot sausās filtrācijas sistēmu un paaugstinātu gāzes ieplūdes temperatūru šī problēma pilnībā atkrīt. Jaudas zudums gāzes blīvuma resp. motora pildījuma koeficienta samazināšanās dēļ, tiek kompensēts ar virsspiediena ieplūdi, ko nodrošina kolovratīvā tipa pūtējs 10. Atdzesētā gāze tiek padota uz gāzjauci, kas piemontēts tieši motora ieplūdes kolektoram. Gāzjauča konstrukcija aplūkota iedaļā „Motora pārkārtošana darbam ar gāzi”.

Izmēģinājumu rezultāti. Šeit aplūkotās firmas "KARA" eksperimentālās gāzģeneratora un koģenerācijas motorstacijas izmēģinājumu rezultāti ir apkopoti H. Knoefa, BTG un B. van der Aa, *KARA Energy systems* rakstā „DEVELOPMENT OF LOW-COST, RELIABLE WOOD GASIFIER PLANT FOR RURAL APPLICATION” (Zemas izmaksas, drošas koksnes pārgāzēšanas rūpnīcas attīstība izmantošanai laukos). Raksts publicēts pasaulē pirmās konferences „Biomasa enerģijai un industrijai” rakstu krājumā Sevilā, Spānijā 2000. gada 5.-9.jūnijā, [21].

Zemāk doti daži izvilkumi no šī raksta, kas tuvāk raksturo aplūkoto firmas „KARA” gāzģeneratora un koģenerācijas motorstaciju, (26. tab.).

Rakstā norādīts, ka šis projekts veikts praktiski pēc kompānijas *Shell Renewables* pasūtījuma, kurā izvirzīti sekojoši uzdevumi:

- izmaksām jābūt 1500 USD/kW_e;
- plānotais darbmūžs ne mazāk kā 10 gadi;
- iespēja darbināt ar pārtraukumiem 4 - 24 h/dienā;
- nepārtraukta darbība ne mazāk kā 200 h;
- koksnes kļučīši 12 x 12 x 12 cm ar mitrumu ≤ 20%;
- automatizācijas pakāpei jābūt ierobežotai.

Faktiskās izmaksas šai pirmajai eksperimentālajai ražotnei ir bijušas 2000 USD/kW_e, bet norādīts, ka attīstot sērijveida ražošanu izmaksas varētu būt 1500 USD/kW_e. Norādīts, ka galvenā problēma bijusi drēbes maisu filtru attīrīšana no aizsērējumiem, līdz beigās filtri uzbūvēti pilnīgi no jauna.

„KARA” gāzģeneratora un koģenerācijas motorstacijas tehniskie dati
(H. Knoef, B. Van der Aa), [21].

Parametrs	Mērvienība	Vērtība
Maksimālā elektriskā jauda	kW _e	215
Koksnes masas patēriņš	kg/h	244
Koksnes īpatpatēriņš	kg/kWh	1.1
Koksnes mitruma saturs	%	14-18
Primārā gaisa patēriņš	nm ³ /h	330
Sausais gāzes patēriņš	nm ³ /h	454
Šķidro atlikumu daudzums	l/h	0
Aukstās gāzes efektivitāte	%	71
Motora elektriskā efektivitāte	%	37
Vispārējā elektriskā efektivitāte	%	27
Darvas saturs gāzē	mg/nm ³	< 100
Cieto daļiņu saturs gāzē	mg/nm ³	< 50
Motora izplūdes gāzes:		
▪ CO	mg/nm ³	1000-3000
▪ NO _x	mg/nm ³	175
▪ kvēpi	mg/nm ³	10-35
▪ smagie metāli (BLA)	mg/nm ³	0.08-0.77

Atzīmētas vēl citas radušās problēmas, kā, piemēram:

- gāzes spiediena un temperatūras līmeņu kontrole un uzturēšana vajadzīgajā līmenī pirms ieplūdes gāzjaucī;
- materiāla izvēle gaisa filtriem;
- gāzes un gaisa maisījuma sastāva nodrošināšana motora ieplūdē;
- gāzes un gaisa maisījuma attiecības kontrole motora ieplūdē;
- visas rūpnīcas automātiskas kontroles nodrošināšana.

Diemžēl par minēto problēmu risinājumu ceļiem publikācijā nekas tuvāk nav norādīts. Doti eksperimentālās rūpnīcas izmēģinājumu dati sekojošā tabulā.

Prasības stacionāram lejupdedzes gāzģeneratoram

Nemot vērā esošo konstrukciju analīzes rezultātus un iepriekš izteiktos apsvērumus, projektējamajam lejupdedzes gāzģeneratoram jāatbilst sekojošām galvenajām prasībām:

- gāzģeneratora iekšējās telpas diametram un augstumam jābūt aprēķinātam atbilstoši motora darbināšanai nepieciešamajam gāzes daudzumam un kurināmā (pārgāzējamās biomasas) daudzumam;
- gāzģeneratora degšanas kameras apakšējā daļā jāizveido centrisks vai koncentrisks sašaurinājums, kura uzdevums ir samazināt biomasas noslīdēšanas ātrumu un koncentrēt izveidojušos gāzi augstas temperatūras zonā, lai sadedzinātu gāzē esošo darvu u.c. pirolītiskās vielas, pārvērstu tās vienkāršākās gāzēs (CO, H₂) un līdz ar to uzlabotu gāzes kvalitāti;
- sašaurinājuma iekšējā diametra attiecībai pret gāzģeneratora iekšējās telpas diametru jābūt 0,25 - 0,55;
- lai nodrošinātu gāzes iekšējā krekinga procesa pilnīgu norisi, gāzei jāatrodas augstas temperatūras zonā ne mazāk kā 2 sekundes, tādēļ gāzģeneratora degšanas un redukcijas zonu kopējam augstumam jābūt 0,9 - 1,2 no gāzģeneratora iekšējā diametra;
- lai nodrošinātu stabilu iekšdedzes motora darbu ar nemainīgu griešanās frekvenci un slodzi, kāda nepieciešama elektroģeneratora piedziņai, gāzes plūsmai jābūt stabīlai ar nemainīgu gāzes sastāvu un daudzumu;
- stabīlas gāzes plūsmas nodrošināšanai, gāzģeneratora degšanas zonā jāuztur 1100 - 1200 °C, bet redukcijas zonā 900 - 1100 °C augsta temperatūra, ko panāk ar degkamas masīvu oderējumu, gaisa priekšuzsildīšanu, gaisa ieplūdes daudzuma regulēšanu, mainot pūtēja griešanās frekvenci, kā arī divpakāpju gazificēšanu;
- furmu skaitam jābūt nepāra (5 vai 7), kas veido vienmērīgāku liesmas pārklājumu degšanas zonā, furmu iekšējos galos temperatūra var sasniegt 1400 °C, tādēļ tās jāizgatavo no karstumizturīga materiāla un jāparedz iespēja tās nomainīt;
- kokģāzes tīrību un siltumspēju iespējams ievērojami uzlabot izmantojot divpakāpju gāzģeneratoru ar atsevišķu pirolīzes reaktoru un pārkarsētu tvaiku kā gazificēšanas aģentu.

6.8. Kokgāzes izmantošanas prakse

Latvijā un visā Baltijā pirmā ar kokgāzi darbināma koģenerācijas motorstacija tika uzbūvēta un kopš 2004. gada darbojas Madonas rajona Biksērē uzņēmumā SIA „Sarkaņu siltums”. Koģenerācijas staciju projektēja un viena gada laikā uzbūvēja SIA „Sarkaņu siltums” speciālisti, izmantojot Latvijas Lauksaimniecības universitātes Spēkratu institūta speciālistu konsultācijas un iepazīstoties ar LLU Motoru izmēģināšanas laboratorijā izveidoto eksperimentālo koģenerācijas motorstaciju un tās pētījumiem (skat. iepriekš 6.5. sadaļu). Tika izmantota arī ārzemju pieredze nelielas jaudas kokgāzes motorstaciju izveidē.

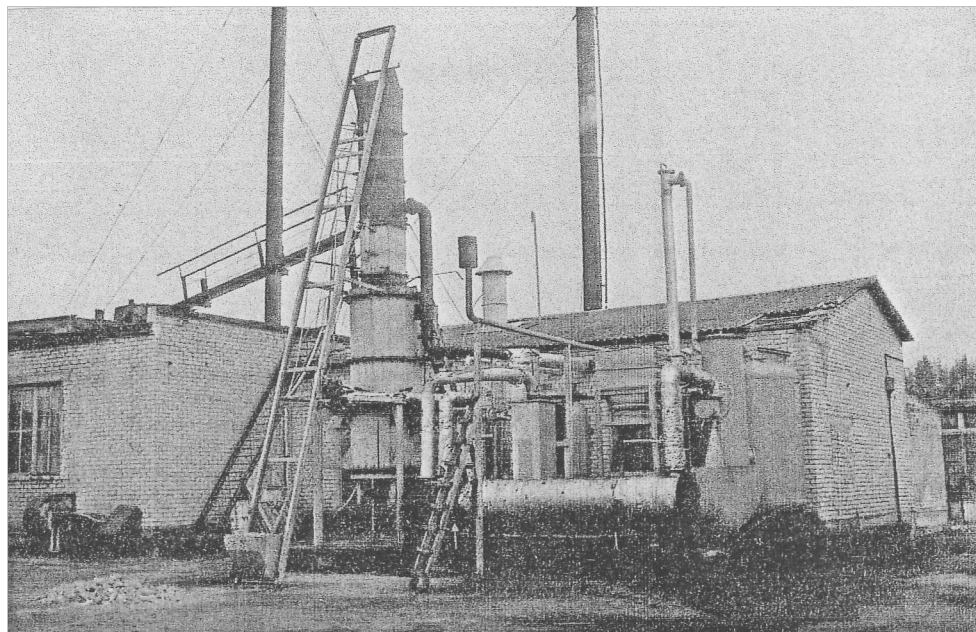
Biksēres koģenerācijas motorstacija tika projektēta un būvēta uz iepriekš iegādāta lietota kuģu dīzeļģeneratora DRG-300/500-3 bāzes, kurā dīzeļmotora nominālā jauda 315 kW pie griešanās frekvences 500 min^{-1} , un elektroģeneratora nominālā jauda $S = 300 \text{ kW}$. Dīzeļmotora cilindru skaits $i = 6$, cilindru diametrs $D = 250 \text{ mm}$, virzuļu gājiens 340 mm un kompresijas pakāpe $\varepsilon = 12.5$.

Izmantojot iegādātā dīzeļģeneratora motora tehnisko raksturojumu kā izejas datus, pēc iepriekš dotās metodikas (sadaļa 6.6.) tika aprēķināti projektējamā gāzģeneratora galvenie parametri un izveidota gāzģeneratora konstrukcija.

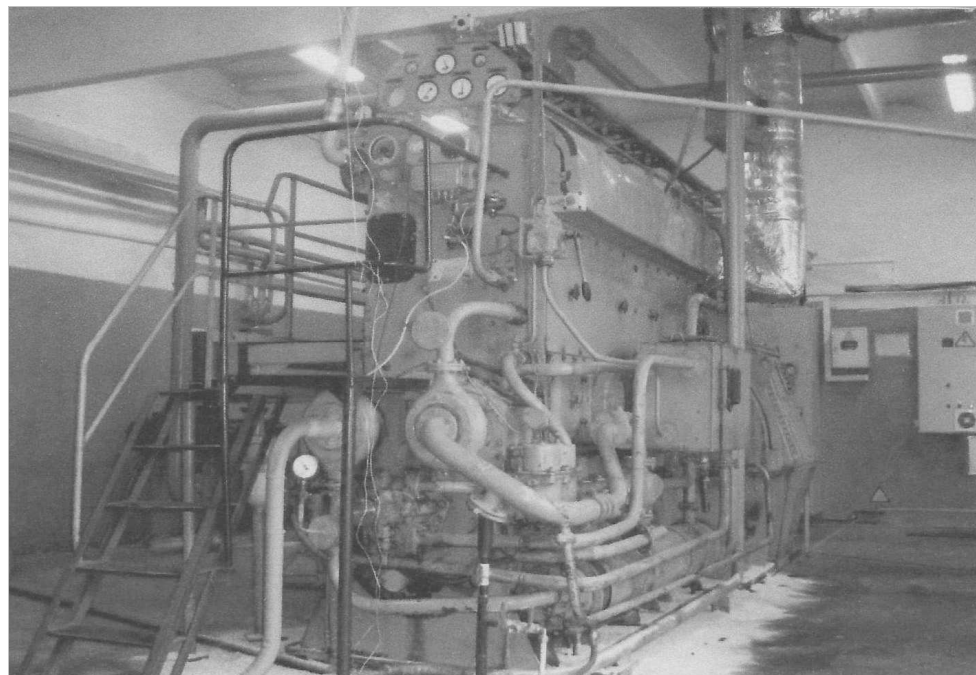
Biksēres koģenerācijas stacijā ir vienlaicīga siltuma un elektroenerģijas ražošana, izmantojot kokgāzi, ko iegūst gāzģeneratorā, pārgāzējot vietējā kokzāģētavā radušos kokapstrādes atlikumus, galvenokārt atgriezumus klucīšu veidā.

Koģenerācijas stacija sastāv no divām galvenajām daļām:

1. lejupdedzes gāzģeneratora, kas kopā ar kokgāzes atdzesēšanas un attīrīšanas iekārtām novietots ārējā laukumā, (75. att.), un
2. ar kokgāzi darbināma gāzdīzeļģeneratora (koģeneratora), kas novietots attēlā redzamās ēkas iekšējā (76. att.).



75. att. Biksēres koģenerācijas stacijas koksnes gāzģenerators ar aprīkojumu koksģāzes atdzesēšanai un attīrīšanai.



76. att. Biksēres koģenerācijas stacijas koģenerators, izveidots uz kuģu dīzeļģeneratora DRG-300/500-3 bāzes, pārkārtojot to darbam ar koksģāzi.

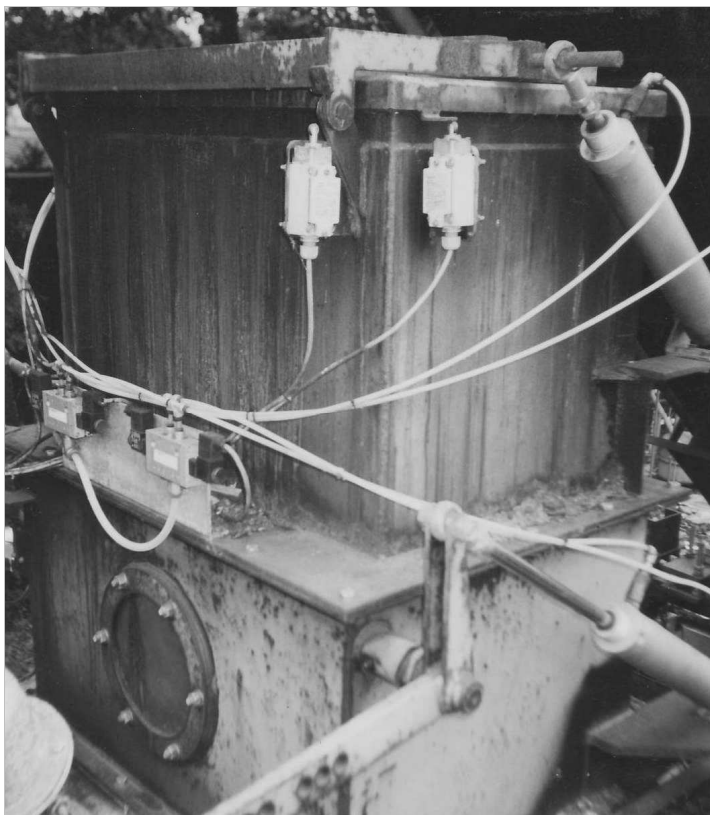
Kurināmā padeve gāzģeneratorā. Gāzģeneratorā kā kurināmo izmanto koksnes atgriezumus, kuri sagatavoti koka klucīšu veidā un atvesti no vietējās kokzāģētavas ar mitruma saturu apmēram 50 %. Klucīši ar vienkausa transportiera palīdzību tiek padoti uz žāvēšanas kamerām-dozatoriem, kas novietotas virs gāzģeneratora. Transportieris sastāv no pārvietojama kausa un slīpi novietota divsliežu rāmja (75. att.) pa kuru kauss ar klucīšu kravu tiek vilkts augšā un izbērts augšējā dozatora atvērtajā lūkā. Kausu velk vinča ar elektropiedziņu.

Pavisam ir četras žāvēšanas kameras, kuras savā starpā atdala ar divdaļīgiem vārstiem jeb slūžām. Vārstus darbina ar kameru ārpusē novietotiem pneimocilindriem (77. att.). Saspiesto gaisu ražo īpašs kompresors. Žāvēšana notiek ar 300 °C karstajām atgāzēm, kuras pa 200 mm resnu cauruli pievada no gāzdīzeļa izplūdes kolektora. Karsto atgāzu caurule ir pievienota trešajai kamerai skaitot no augšas un šo atgāzu iespaidā no kurināmā izdalās ūdens tvaiki un citas viegli gaistošas vielas. Atgāzes kopā ar šīm vielām ceļas uz augšu un izplūst atmosfērā pa pirmās kameras augšējo vaļējo galu, perioda, kad notiek klucīšu uzpilde.

Kad, gāzificēšanas procesa rezultātā, koksnes klucīšu līmenis gāzģeneratorā ir par noteiktu lielumu samazinājies, tiek atvērts ceturtais (apakšējās) kameras – dozatora aizvars un izzāvēto klucīšu porcija iebirst gāzģeneratorā. Pēc tam atveras trešās kameras aizvars un no tās attiecīga porcija klucīšu iebirst ceturtajā kamerā, bet no otrās kameras trešajā kurā turpinās žāvēšana. Līdzīgi darbojas pārējās divas kameras dozatori. Dozatoru aizvarus darbina īpaši pneimocilindri ar saspiesta gaisa palīdzību, ko ražo speciāls gaisa kompresors. Aizvaru galējos stāvokļos, to attiecīgos pneimocilindrus izslēdz dozatoram pierīkotie gala slēdži (77. att.).

Žāvēšanas rezultātā koksnes klucīšu mitruma saturs samazinās no 50 līdz 25 %, kas ir pietiekams pārgāzēšanai.

Kokgāzes ieguves tehnoloģija. Biksēres koģenerācijas stacijas tehnoloģiskā procesa shēma parādīta 78. attēlā. Izmantots pēc klasiskās shēmas izveidots lejupdedzes gāzģenerators, kura darbības princips ir aplūkots iepriekš. Raksturīga īpatnība ir gredzenveida gaisa padeves kolektors 6, kas novietots gāzģeneratora korpusa ārpusē. Kolektora gredzenveida caurulei piemetināta īscaurules ar furmām 7, kuru gali ieiet gāzģeneratora degšanas zonā.



77. att. Gāzģeneratora kurināmā padeves un žāvēšanas kameras – dozatori ar pneimocilindriem un gala slēdžiem.

Lai gāzģeneratora degšanas zonā uzturētu 1100-1200 °C augstu temperatūru, kas nepieciešama pilnīgai darvas izdedzināšanai un palielinātu pārgāzēšanas intensitāti, svarīgi ir pievadīto gaisu iepriekš sakarsēt. Šajā konstrukcijā tas ir panākts, izveidojot gāzes – gaisa siltummaini 9, kurā no gāzģeneratora plūstošā 500 °C karstā kokgāze, daļu siltuma atdod gaisam, sakarsējot to līdz 250 – 300 °C.

Gāzes gaisa siltummainis vienlaikus pilda divas funkcijas – atdzesē kokgāzi, kas nāk no gāzģeneratora un uzkaršē gāzģeneratora degšanas zonā pievadāmo gaisu. Gaiss ieplūst siltummainī pa īsu cauruli siltummaiņa apakšpusē (attēlā labajā stūrī). Ja nepieciešams gāzģeneratoru apturēt, šai īscaurulei uzmauc spaini ar ūdeni, veidojas hidroslēgs un gaisa padeve gāzģeneratoram tiek pārtraukta.

1 un 3 – pelnu tvertne; 2 – gāzģeneratora statne; 4 – ārdū motors; 5 – gāzģeneratoris; 6 – gaisa padeves kolektors; 7 – furmas; 8 – žāvēšanas kameras; 9 – gāzes – gaisa siltummainis; 10 – skruberūdens dzesētājs; 11 – Venturi tipa skrubers; 12 – dušas tipa skrubers; 13 – gāzes lāpa; 14 – gāzholders; 15 – gāzes pūtēji; 16 – gāzes filtrs; 17 – gaisa filtrs; 18 – gaisa pūtēji; 19 – atgāzu siltummainis; 20 – gāzjaucis; 21 – elektroģeneratoris; 22 – gāzdīzelis; 23 – kartera eļļas siltummainis; 24 – dzeses sistēmas siltummainis.

Lai nodrošinātu efektīvu siltummaiņa darbu, t.i., vairāk atdzesētu caurplūstošo kokgāzi un sakarsētu ieplūstošo gaisu, siltummainis ir izgatavots kā cauruļu tipa siltummainis ar palielinātiem izmēriem, tā garums ir vairāk kā 3 m. No gāzes – gaisa siltummaiņa daļēji atdzesētā kokgāze plūst uz *Venturi* tipa skruberi 11, kur tiek papildus dzesēta un skalota ar ūdens strūklu un pēc tam uz dušas tipa skruberi 12, kur gāzes atdzesēšana un attīrīšana turpinās. Pēc tam gāze tiek uzkrāta gāzholderī 14.

Pelnu izvākšana. Gāzģeneratora korpusa lejasdaļā ir iemontēti rotējoši ārdi un pelnu skrāpis pelnu izvākšanai. Tos darbina elektromotors 4 (78. att.) ar soļu tipa reduktoru. Soļu mehānisms nodrošina ārdi un pelnu skrāpja rotāciju ar ātrumu apmēram 2 min^{-1} .

Pelni no gāzģeneratora apakšējās telpas pa vertikālu cauruli izbirst zemāk novietotajā pelnu tvertnē 3, kurai ir viena slīpa apakšējā mala. No turienes pelnus periodiski izvāc caur aizskrūvējamām durtiņām. Pelnu ir maz, apmēram 4 – 5 % no kurināmā masas, pārējais pārvēršas kokgāzē. Analoga tipa pelnu savācēja tvertne 1 arī gāzes attīrīšanas ciklonam.

Gāzģeneratorā iegūtā kokgāze tiek primāri attīrīta no lidojošām pelnu un kokogles daļiņām ciklonā. Atdalītās daļiņas nonāk pelnu un putekļu uzkrāšanas tvertne 1 zem ciklona. Ciklonā attīrītā gāze nonāk gāzes – gaisa siltummainī, kur tā karsē gazificēšanai nepieciešamo gaisu. Tālāk gāze nonāk *Venturi* skruberī, kur ar aukstas ūdens strūklas palīdzību gāze tiek vēl vairāk atdzesēta, tiek nokondensēts ūdens tvaiks, tiek nokondensēts neliels daudzums darvas, tiek notvertas atlikušās kokogles un pelnu daļiņas. Aukstā ūdens patēriņš tiek noregulēts tā, lai ūdens temperatūra skruberā izejā nepārsniegtu $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Gāzes dzesēšanai un tīrīšanai izmantotais skruberūdens no skruberiem 11 un 12 nonāk trīsstūrveida tvertnē to apakšā, no kurienes cirkulācijas sūknis S_2 to dzen cauri dzesētājam 10, kurā to atdzesē ar gaisa plūsmu. Izlietotais ūdens tiek aizvadīts uz autonomu attīrīšanas baseinu, kurā skruberu notekūdeņus attīra no fenoliem, darvas paliekām u.c. piemaisījumiem.

Kokgāzes padevi no gāzģeneratora cauri visai gāzes atdzesēšanas un attīrīšanas sistēmai uz gāzdīzeļa gāzjauci nodrošina divi paralēli saslēgti gāzes pūtēji 15. Pie mazām un vidējām slodzēm darbojas tikai viens pūtējs, otrs ir rezervē, bet lielā slodzē darbojas abi. Analogi divi pūtēji 18 uzstādīti arī gaisa padevei uz gāzjauci.

Visi četri pūtēji pēc konstrukcijas ir vienādi, ražoti Lietuvā un tie ir apgādāti ar sistēmu apgriezienu, respektīvi, ražīguma un padeves spiedienu regulēšanai; kas dod iespēju ieregulēt nepieciešamo gāzes - gaisa maisījuma sastāvu.

Dīzeļmotora pārkārtošana darbam ar kokgāzi. Lai iegādāto kuģu dīzeļģeneratoru DRG-300/500-3 (skat. 76. att.) pārkārtotu darbam ar kokgāzi koģenerācijas režīmā, dīzeļmotoram tika veikti sekojoši pārveidojumi:

- dīzeļmotors no kompresijas aizdedzes motora pārveidots par dzirksteles aizdedzes gāzmotoru, uzstādot speciālu elektroniskās aizdedzes sistēmu;
- gāzmotora ieplūdes sistēmā iebūvēts speciāls konstrukcijas gāzjaucis stehiometriskā kokgāzes un gaisa maisījuma sagatavošanai.

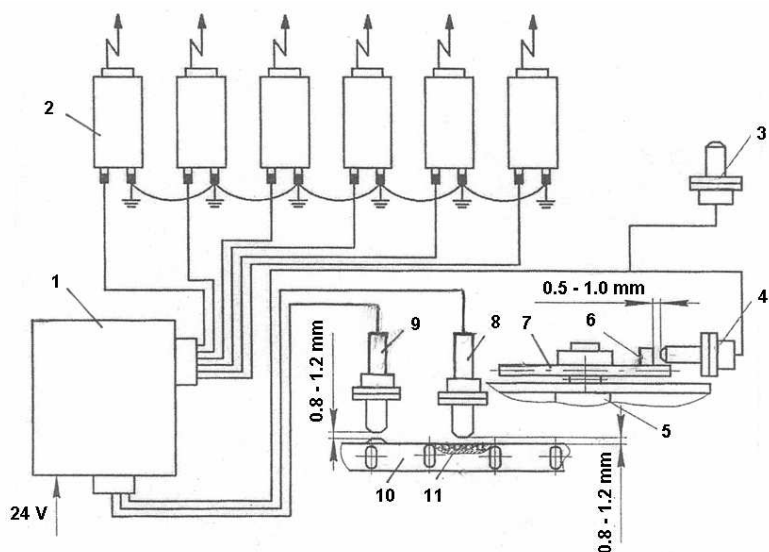
Nemot vērā, ka kuģa dīzeļmotors konstruktīvi jau bija aprīkots ar motora dzesēšanas sistēmas un kartera eļļas siltummaiņiem, tad papildus bija jāizgatavo tikai motora atgāzu siltummainis un koģenerācijas siltumenerģijas ieguvei, bija jāizveido šo siltummaiņu pieslēgums uzņēmuma lokālajam un Biksēres ciemata siltumtīklam. Daļa no atgāzu siltummainī iegūtās siltumenerģijas tiek patērēta kurināmā žāvēšanai žāvēšanas kamerās – dozatoros, novadot uz tām atgāzes pa 200 mm diametra cauruļvadu.

Sistēmas ietilpstošajā sinhronajā elektroģeneratorā gāzmotora mehāniskā enerģija tiek pārvērsta elektriskajā enerģijā. Koģeneratora automātiskās vadības sistēma nodrošina aizsardzības, elektrotīkla dalīšanās, uzskaites, elektroenerģijas kvalitātes un jaudas vadības funkcijas. Elektroenerģija tiek izmantota uzņēmuma pašpatēriņam un pārpalikums atdots elektriskajā tīklā par *Latvenergo* noteikto samaksu*.

Visi trīs minētie siltummaiņi ir ieslēgti uzņēmuma centrālās apkures sistēmas siltā ūdens maģistrālē un ražo silto ūdeni, ar kuru apsilda kokapstrādes uzņēmuma telpas un Biksēres ciemata dzīvojamās ēkas. Ūdens izplūst no siltummaiņiem ar temperatūru 90 °C un atgriežas no sistēmas ar 40 – 45 °C lielu temperatūru. Vienā stundā koģenerators vidēji ražo 250 kWh elektroenerģijas un 375 kWh siltumenerģijas.

* - 2007. gadā pieņemtie MK noteikumi paredz elektroenerģijai, kas iegūta no atjaunojamajiem energoresursiem, tostarp biogāzes un kokgāzes, piemērot dubulto iepirkuma tarifu.

Gāzmotora elektroniskā aizdedzes sistēma. Lai dīzeļmotoru pārkārtotu par gāzmotoru ir nepieciešams dīzeļmotora sprauslas aizstāt ar aizdedzes svecēm un uzstādīt motoram elektronisko aizdedzes sistēmu. Detaļu komplektus, kas paredzēti dīzeļmotoru pārkārtošanai, piedāvā vairākas ārzemju firmas Vācijā, ASV, Krievijā u.c. valstīs. Konkrētajam dīzeļmotoram izmantota vācu firmas MOTORTECH piedāvātā aizdedzes sistēma. Sistēma IC900 ir aizdedzes sistēmā ar mikroprocesora vadību, kas strādā uz kondensatoru izlādes bāzes atkarībā no sadales vārpstas stāvokļa. Detaļu komplektā ietilpst speciālas konstrukcijas karstumizturīgas aizdedzes sveces, katrai svecei atsevišķa indukcijas spole 2 (79. att.), elektroniskais vadības bloks 1, spiediena devējs 3, kas ļauj kontrolēt gaisa spiedienu virsspiediena ieplūdē pirms gāzjauča, impulsu devēji 4, 8 un 9, elektrisko zemsprieguma un augstsprieguma vadu komplekts un stiprinājumu detaļas.

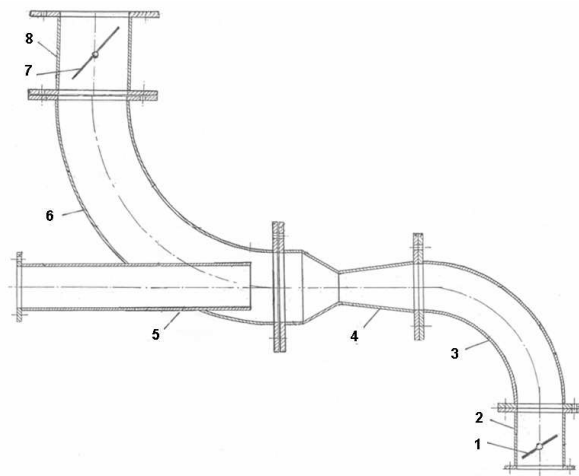


79. att. **Gāzmotora elektroniskās aizdedzes sistēmas shēma:**

1 – elektroniskais vadības bloks; 2 – indukcijas spoles; 3 – gaisa spiediena devējs virsspiediena ieplūdē; 4 – sadales vārpstas apgriezienu devējs; 5 – sadales vārpsta; 6 – tapa; 7 – devēja disks; 8 un 9 – spararata leņķātruma devēji; 10 –spararats; 11 –urbumu rinda spararatā.

Sadales vārpstas 5 galā ir nostiprināts rotējošs disks 7 ar tapu 6 pret kuru 0,5 – 1,0 mm attālumā rodas induktīvā impulsu devēja 4 gals, kas uztvertos rotācijas

impulsus noraida vadības blokam. Analoga tipa devēji 8 un 9 ir uzstādīti pretī spararata vainagam un ļauj mērīt spararata leņķātrumu un aizdedzes apsteidzes leņķi. Vadības bloka 1 mikroprocesors pēc no devējiem saņemtajiem signāliem, motora cilindru darba kārtībā izstrādā aizdedzes impulsus uz kondensatoru izlādes bāzes, padod tos uz attiecīgo cilindru indukcijas spolēm 2, kas inducē augstspriegumu un tālāk padod to uz aizdedzes svečēm.



80. att. Gāzjauča konstruktīvā shēma:

- 1 – droseļvārsts; 2 – droseļvārsta korpusis; 3 – starpgabals;
4 – *Venturi* sašaurinājums; 5 – gāzes caurule; 6 – gaisa caurule;
7 – gaisa vārsts; 8 – gaisa vārsta korpusis.

Gāzjauča

konstrukcija izstrādāta izmantojot *Venturi* sašaurinājuma principu, kas vislabāk nodrošina kokgāzes un gaisa viendabīgu sajaukšanos. Pateicoties laidieniem cauruļu liekumiem, gāzjaucim ir maza gāzu caurplūdes pretestība un tas ļauj precīzi dozēt degmaisījuma sastāvu un daudzumu. *Venturi* sašaurinājumā gāzu plūsma paātrinās, kas sekmē kvalitatīvu degmaisījuma

veidošanu un līdz ar to palielina motora jaudu un samazina deggāzes patēriņu. Jo pilnīgāk degmaisījums cilindros sadeg, jo mazāks atgāzu toksiskums. Gāzjauča konstrukcija sastāv no atsevišķiem kopā saskrūvētiem posmiem. Galvenais posms ir liekta gaisa caurule 6 (80. att.), kurā iemetināta gāzes caurule 5. Vidējais posms veido *Venturi* sašaurinājumu ar ieejas leņķi 30° un izejas leņķi 7° . Šādas konstrukcijas gāzjaucis labi darbojas pie virsspiediena ieplūdes. Gāzmotoram darbojoties brīvgaitā gaisa un gāzes procentuālā attiecība ir 50 pret 50, bet strādājot slodzē ar motora apgriezieniem 1500 min^{-1} , gāzjauča sagatavotajā degmaisījuma sastāvā ir 60 % gaisa un 40 % gāzes. Maisījuma sastāvu regulē ar gaisa vārstu 7, bet maisījuma daudzumu, respektīvi, motora apgriezienus un jaudu – ar droseļvārstu 1. Atkarībā no izveidotās

koģenerācijas motorstacijas automatizācijas pakāpes, regulēšana var tikt veikta manuāli, sekojot mērinstrumentu rādījumiem, vai arī automātiski.

Svarīgi! Ņemot vērā, ka kokgāzes galvenā sastāvdaļa ir oglekļa monoksīds CO jeb tvana gāze, kas ir ļoti indīga, kā arī ievērojot sprāgstošā gāzes – gaisa maisījuma izveidošanās iespēju darbinot gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstaciju stingri jāievēro drošības noteikumi un rūpnīcas instrukcijas. Personālam jābūt speciāli apmācītam.

6.9. Kontroljautājumi un uzdevumi

Raksturojiet trīs galvenos biomasas termokīmiskās konversijas veidus. Ar ko biomasas pirolīze principā atšķiras no tās gazificēšanas? Kā norisinās koksnes biomasas gazificēšanas process? Kāds ir iegūtās kokgāzes sastāvs? Kāda ir kokgāzes siltumspēja? Cik kubikmetru kokgāzes var iegūt pārgāzējot 1 kg gaissausas koksnes?

Kādas ir kvalitātes prasības kokgāzei, lai tā būtu derīga sadedzināšanai iekšdedzes motora cilindros? Kādas ir lejupdedzes gāzģeneratoru priekšrocības salīdzinājumā ar augšupdedzes gāzģeneratoriem?

Raksturojiet klasiskā „Imbert” tipa lejupdedzes gāzģeneratora uzbūves un darbības pamatprincipus. Kāda temperatūra ir gāzģeneratora žāvēšanas zonā, pirolīzes zonā? Ar kādu temperatūru kokgāze izplūst no gāzģeneratora? Kāpēc iegūtā kokgāze ir jātīra un jādzesē? Kāds ir tipisks lejupdedzes gāzģeneratora iegūtās kokgāzes sastāvs?

Raksturojiet kokgāzes attīrīšanas un atdzesēšanas sistēmas uzbūves un darbības principus. Kāda ir ciklona uzbūve un darbība? Kāds ir skrubera uzdevums, uzbūves un darbības princips?

Dodiet koģenerācijas motorstacijas vispārēju uzbūves un darbības raksturojumu? Kāda daļa procentuāli no kokgāzes pievadītās siltumenerģijas koģeneratorā tiek pārvērsta elektrībā, siltumā un aiziet mehāniskos un termiskos zudumos?

Kādā veidā no koģenerācijas motorstacijas iegūst lietderīgi izmantojamo siltumu?

Īsumā raksturojiet LLU Spēkratu institūta Biodegvielu un motoru zinātniskajā laboratorijā izveidotās koksnes gazificēšanas un koģenerācijas 100 kW motorstacijas uzbūves un darbības principus. Kādā veidā esošais dīzeļmotors tika pārveidots par gāzdīzeļa motoru? Raksturojiet gāzģenerācijas motorstacijas vienas darba stundas enerģijas bilanci. Raksturojiet koģenerācijas motorstacijas pētījumos izmantotās mēriekārtas un mērījumu metodes. Kā notiek kokgāzes paraugu noņemšana analīzēm? Kā tika noteikta koģenerators attīstītā elektriskā jauda? Siltuma jauda?

Kā noteic kokgāzes siltumspēju pēc kokgāzes sastāvā ietilpstošo elementāro gāzu siltumspējas? Izskaidrojiet gāzģenerators uzbūves un darbības principus, izmantojot 68. attēlā doto gāzģenerators konstruktīvo shēmu. Raksturojiet gāzģenerācijas un koģenerācijas motorstacijas uzbūves un darbības principus, izmantojot 69. attēlā doto principālo shēmu.

Kādas priekšrocības ir divpakāpju gāzģenerators konstrukcijai ar atsevišķi novietotu pirolīzes reaktoru? Raksturojiet divpakāpju gāzģenerators darbības principu pēc 72. attēlā dotās shēmas. Kādas ir kokgāzes sausās attīrīšanas priekšrocības salīdzinot ar gāzes skalošanas skruberi? Kāda tipa filtrus izmanto karstās gāzes sausajai attīrīšanai? Izstāstiet gāzģenerācijas – koģenerācijas sistēmas ar gāzes krekinga reaktoru un sausās attīrīšanas filtru uzbūves un darbības principus, izmantojot 73. attēlā doto shēmu.

7. BIODEGVIELU ATTĪSTĪBAS PERSPEKTĪVAS

7.1. Otrās paaudzes biodegvielas

Otrās paaudzes biodegvielu vispārējs raksturojums

Līdz šim iepriekšējās nodaļās aplūkotās šķidrās un gāzveida biodegvielas, tādas kā bioetanol, tīra rapša eļļa, biodīzeļdegviela, biogāze un kokgāze tagad pieņemts saukt par pirmās paaudzes biodegvielām, jo ir parādījušies jauni, perspektīvi biodegvielu veidi, kuri, savukārt tiek nosaukti par otrās paaudzes biodegvielām. Tas nebūt nenozīmē, ka pirmās paaudzes biodegvielas, kuras kopš astoņdesmito gadu beigām sekmīgi attīstās ne tikai Eiropas valstīs, bet arī citur pasaulē, tiks pārtrauktas ražot vai arī to ražošana samazināsies. Zinātnieki paredz, ka to ražošana turpināsies un, pilnveidojoties ražošanas tehnoloģijām ies plašumā vismaz vēl līdz 2025. gadam, kad pirmās paaudzes biodegvielu ražošana pakāpeniski samazināsies un sāks dominēt otrās paaudzes biodegvielas.

Otrās paaudzes biodegvielas šodien masveidā vēl neražo, bet notiek intensīvi to pētījumi, ražošanas tehnoloģiju izstrāde, pārbaude un pilnveidošana. Vairākās valstīs jau darbojas eksperimentālas to ražotnes.

Pie otrās paaudzes pieder tādas biodegvielas, kā sintētiskais bioetanol, F-T biodīzeļdegviela, bioeļļa, biometileteris un biūdeņradis. Pirmās un otrās paaudzes biodegvielu salīdzinošs raksturojums dots 27. tabulā. No tabulas redzams, ka pirmās paaudzes biodegvielu ieguvī kā izejvielas plaši izmanto graudu kultūras, kuru ražošanai nepieciešama lauksaimniecībā izmantojamā zeme. Šajā sakarā vairākās valstīs, kurās intensīvi audzē rapsi, kviešus u.c. graudu kultūras, ir izteiktas bažas, ka biodegvielu ražošanas dēļ sāk pietrūkt lauksaimniecības zemes pārtikas izejvielu ražošanai. Šāda nostāja ir viens no iemesliem. Kura dēļ sākās intensīvi otrās paaudzes biodegvielu meklējumi, kuru ražošanai izmanto nepārtikas izejvielas – koksni, salmus, zaļo zāli, organiskos atkritumus, ogles u.c.

BTL degvielas

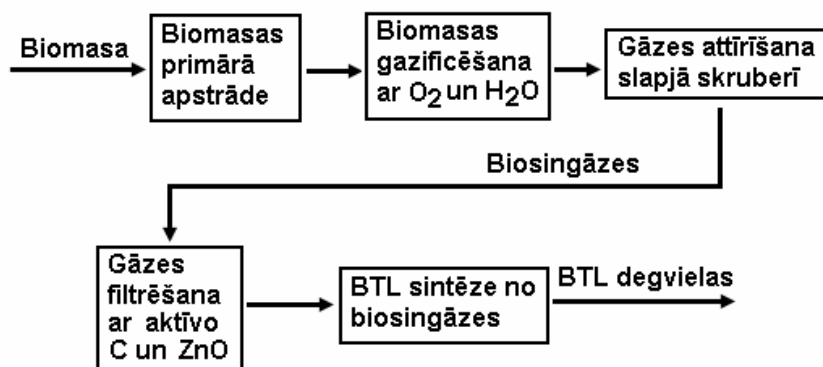
Otrās paaudzes biodegvielas, kas pieder šķidro degvielu grupai, pieņemts saukt par BTL (Biomass-to-Liquid) degvielām, jo šīs degvielas iegūst šķidrinozt lignocelulozi saturošu biomasu. BTL degvielas priekšrocība ir tā, ka tās ieguvei var izmantot ļoti dažādas izejvielas – gan salmus, bioloģiskos atkritumus, koksnes atliekas un arī, protams, enerģētiskās kultūras (pilstiebru graudaugus, ātraudzīgās koku un krūmu sugas u.c.).

27. tabula.

Pirmās un otrās paaudzes biodegvielu salīdzinājums.

PIRMĀS PAAUDZES BIDEDEGVIELAS			
NOSAUKUMS	RAKSTUROJUMS	IZEJVIELAS	IEGUVES VEIDS
Bioetanols	Dehidrēts (99.5 %) etanols, degviela E85	Graudi, cukurbietes	Hidrolīze un fermentēšana
Tīra rapša eļļa	Rapša eļļas degviela (RE)	Ziemas un vasaras šķirņu rapšu sēklas	Aukstā izspiešana no rapšu sēklām, sedimentēšana
Biodīzeļdegviela	Rapša eļļas metilesteris RME, taukskābju metilesteris FAME	Rapša eļļa, lietotās cepamēļas un dzīvnieku tauki	Eļļu un tauku pārēsterificēšana
Biogāze	Attīrīts un bagātināts biometāns CH ₄ (95 %)	Organiskie atkritumi, mēsli, zaļo augu biomasa	Temofilā fermentēšana (raudzēšana)
Kokgāze	Attīrīta un atdzesēta tvana gāze CO	Koksnes klocīši, šķelda, zāģskaidas	Pārgāzēšana (termiskā konversija)
OTRĀS PAAUDZES BIDEDEGVIELAS			
NOSAUKUMS	RAKSTUROJUMS	IZEJVIELAS	IEGUVES VEIDS
Sintētiskais bioetanols	Bioetanols no celulozi saturošām izejvielām	Salmi, sasmalcināta koksne, zāģskaida	Jauna hidrolīzes un fermentēšanas tehnoloģija
Sintētiskā biodīzeļdegviela	Fišera – Tropša (FT) dīzeļdegviela	Lignocelulozi saturoši materiāli	Biomassas termoķīmiskā konversija un sintēze
Bioeļļa (ātrās pirolīzes eļļa)	Smagā sintētiskā biodīzeļdegviela	Koksnes atlikumi šķelda, salmi	Ātrā pirolīze un sintēze
Biodimetilēteris	Bio-DME	Koksnes biomasa, salmi	Gazificēšana un sintēze
Bioūdeņradis	Ūdeņradis no bioloģiski atjaunojamajām izejvielām	Lignocelulozi saturoši augi un organiskas vielas	Biomassas gazificēšana un sintēze vai bioloģisks process

BTL degvielu ražošanas process pamatā sastāv no trim procesa etapiem: 1) biomasas primārā apstrāde; 2) biomasas pārgāzēšana un 3) iegūtās biosintēzgāzes katalītiskā sintēze, kā rezultātā iegūst šķidrās biodegvielas, (skat. shēmu 81. att.). Iegūtās degvielas īpašības var mainīt attiecīgi izmainot spiediena, temperatūras un katalizatora parametrus sintēzes procesā. Tādējādi BTL tehnoloģija ļauj iegūt vairākus šķidro biodegvielu veidus – F-T biodīzeļdegvielu veidus – F-T – biobenzīnu vai biodimetilēteri DME. Biomasas primārā apstrāde ietver šķeldošanu, sasmalcināšanu un sajaukšanu.



81. att. Otrās paaudzes biodegvielu BTL ieguves shēma.

Biosintēzgāzes ieguve. Biomasas pārgāzēšana BTL degvielu ieguvei, atšķiras no parastās gazificēšanas ar to, ka gāzei jābūt ievērojami bagātākai ar ūdeņradi un oglekļa monoksīdu, turklāt šo vielu attiecībai jābūt 2:1, respektīvi, $H_2/CO=2$. Bez tam izmantojamajai gāzei jābūt daudz pilnīgāk attīrītai no darvas u.c. piemaisījumiem nekā kokgāzei, ko izmanto koģenerācijas motorstacijās. Tādējādi biomasas gazificēšanas process ir daudz sarežģītāks. Šajā gadījumā biomasas pārgāzēšanai izmanto nevis gaisu, kurā skābeklis ir tikai 23 %, bet gan tīru skābekli O_2 , kas iegūts no gaisa atdalot slāpekli, un pārkarsētu ūdens H_2O tvaiku, kas nodrošina gāzes bagātināšanu ar ūdeņradi. Šādu ar ūdeņradi bagātinātu gāzi pieņemts saukt par sintezgāzi. Sintezgāze pazīstama jau sen, to kādreiz ieguva no akmeņoglēm un plaši izmantoja rūpniecībā. Arī mūsdienās sintezgāze tiek ražota un izmantota. Ir, piemēram, zināmas divas naftas

kompānijas *Shell* un *Sasol*, kuras ir uzbūvējušas F-T biodīzeļdegvielas ražošanas rūpnīcas, kā izejvielu sintēzgāzes ražošanai izmantojot akmeņogles un dabasgāzi, tātad fosilās izejvielas. Kompānija *Shell* pirmo šādu rūpnīcu ir uzbūvējusi Malaizijā, bet *Sasol* uzbūvējusi vairākas šādas rūpnīcas Dienvidāfrikā [54].

Ņemot vērā izteiktos apsvērumus, sintezgāzi, kas iegūta no dabā atjaunojamajām izejvielām, respektīvi, no augu biomasas tās pārgāzēšanas procesā, tiek saukta par biosintezgāzi jeb biosingāzi.

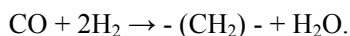
Lai iegūto biosintezgāzi tālāk izmantotu BTL degvielu sintēzei, kas notiek dzelzs vai kobalta katalizatoru klātbūtnē, biosintezgāzi nepieciešams ļoti rūpīgi attīrīt ne tikai no darvas komponentēm, bet arī no NH_3 , H_2S u.c. vielām, kuras bojā katalizatorus. Tādēļ biosintezgāzi attīra slapjā skruberī (81. att.) nevis skalojot ar ūdeni kā parasto kokgāzi, bet izmantojot īpašu skalošanas šķidrumu. Pēc tam biosintezgāzi vēl filtrē caur īpašu filtru ar aktīvo ogli un cinka oksīdu ZnO , kas piesaista ķīmiskos gāzveida savienojumus. Tālāk attīrītā biosintezgāze nonāk BTL degvielu sintēzes reaktorā, kurā, atkarībā no spiediena un temperatūras režīma, iegūst dažādas otrās paaudzes biodegvielas, patreizējā periodā galvenokārt F-T biodīzeļdegvielu.

7.2. Sintētiskā biodīzeļdegviela (F-T degviela)

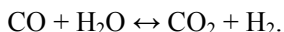
Sintētisko biodīzeļdegvielu jeb F-T degvielu iegūst tā saucamajā Fišera-Tropša katalītiskās sintēzes reakcijā, kuras rezultātā attīrīta biosintezgāze tiek transformēta ogļūdeņražu savienojumos, kas veido šķidru degvielu, līdzīgu parastajai dīzeļdegvielai. F-T degvielas ražošanas tehnoloģiju otrā pasaules kara laikā izstrādāja vācu inženieri Francis Fišers un Ansis Tropšs (Franz Fischer un Hans Tropsch), lai aizstātu trūkstošo fosilo dīzeļdegvielu. Tajā laikā F-T degvielu ražoja no sintezgāzes, ko savukārt ieguva no akmeņoglēm. Pēc kara nafta atkal bija pieejama un F-T degvielas ražošana Vācijā tika pārtraukta. Piecdesmitajos gados F-T degvielu atsāka ražot Dienvidāfrikas Republika, jo tai starptautiskā boikota dēļ nafta nebija pieejama. Tur F-T degvielu turpina ražot vēl šodien un darbojas vairākas lielas rūpnīcas šīs degvielas ražošanai no akmeņoglēm. Mūsdienās F-T dīzeļdegvielu ražo arī citās

Āfrikas valstīs. Naftas kompānijām Rentech, Shell Bintulu, Sasol un Petro SA pieder uzņēmumi, kas kopā ražo F-T dīzeļdegvielu vairāk kā 200000 barelu* dienā. F-T degvielas ražošanas process ir sarežģīts un prasa komplicētas iekārtas, tādēļ šīs degvielas ražošana ir ekonomiski izdevīga tikai lielas jaudas kombinētos uzņēmumos (82. att.), kuriem ar pārgāzējamo biomasu pievadītā siltuma jauda ir ne mazāka par 1000 MW.

F-T dīzeļdegvielas ieguves reakcija notiek īpašā reaktorā 300-350 °C temperatūrā un zem 2 bāru liela spiediena. Reakcija ir eksotermiska, kurā ap 20 % ķīmiskās enerģijas pārvēršas siltumā. Reakcijā viens oglekļa monoksīda CO mols dzelzs vai kobalta katalista klātbūtnē reaģē ar diviem ūdeņraža H₂ moliem veidojot garas ogļūdeņražu ķēdes:



No vienādojuma redzams, ka F-T sintēzes reakcijas norisei ir nepieciešams, lai H₂/CO = 2. Ja šī attiecība ir zemāka, to var regulēt, palielinot H₂ daudzumu ar ūdens gāzes reakciju:



Fišera-Tropša biodīzeļdegviela ir ultra tīra degviela un pēc savām īpašībām ir tuvāka fosilajai dīzeļdegvielai, nekā līdz šim plaši pazīstamā RME biodīzeļdegviela. Lai abas šīs degvielas būtu vieglāk atšķirt, pēdējā laikā literatūrā F-T biodīzeļdegvielas vietā parādās arī nosaukums „zaļā degviela”, taču pagaidām tas plaši nav ieviesies.



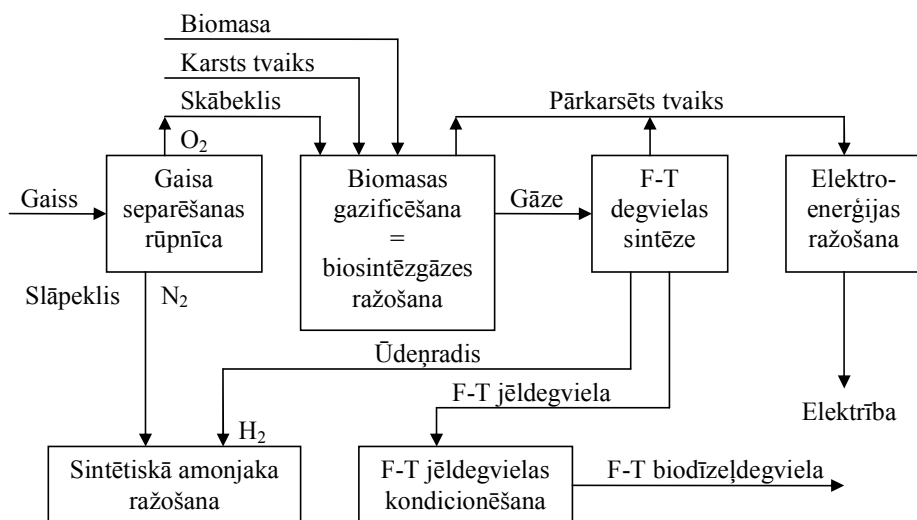
82. att. **Kompānijas RENTECH, sintētiskās biodīzeļdegvielas (F-T) rūpnīca DAR.**

* 1 barels = 159 litri

F-T biodegvielas ražošanas procesu var iedalīt trijos etapos:

- biomasas pārgāzēšana, respektīvi, biosintēzgāzes formēšana;
- F-T degvielas katalītiskā sintēze no iegūtās biosintēzgāzes;
- iegūtās F-T jēldegvielas kondicionēšana (pēcapstrāde), kuras rezultātā tiek uzlabota degvielas kvalitāte.

Sintētiskās biodīzeļdegvielas ražošanai nepieciešamas lielas jaudas kombinētā rūpnīca, kurā ražošanas procesa nodrošināšanai ietilpst atsevišķas ražotnes, kurās tiek izpildīti procesa etapi un palīgoperācijas (83. att.).



83. att. **Vienkāršota sintētiskās biodīzeļdegvielas (F-T degvielas) ražošanas procesa principālā shēma.**

Lai nodrošinātu biosintēzgāzes augstu enerģijas saturu, biomasas gāzificēšanai šajā gadījumā kā pārgāzēšanas aģentu izmanto nevis gaisu, bet tīru skābekli O₂. To iegūst atsevišķā gaisa separācijas ražotnē, kur gaiss elektrolīzes ceļā tiek sadalīts skābeklī O₂ un slāpekļī N₂. Skābekli O₂ padod uz gāzģeneratora degšanas zonu, kur tas nodrošina biomasas daļēju oksidēšanu un oglekļa monoksīda CO ieguvu lielākā apjomā. Papildus tam degšanas zonā ievada arī līdz 500 °C pārkarsētu tvaiku, ko ņem no rūpnīcas sastāvā ietilpstošās elektrostacijas tvaika turbīnā atstrādātā tvaika (skat. shēmu 83. att.). Ūdens tvaiki degšanas zonā reaģē ar oglekli C, dodot papildus CO un

ūdeņradi H_2 pēc reakcijas $H_2O + C \rightarrow H_2 + CO$. Tādejādi biosintēzgāze papildus tiek bagātināta ar ūdeņradi un oglekļa monoksīdu, kas nepieciešams tālākai F-T degvielas sintēzei no saražotās biosintēzgāzes.

Gaisa separēšana notiek atsevišķā separēšanas rūpnīcā (skat. 83. att.), kurā gaisu sadala divās komponentēs – skābeklī O_2 un slāpekļī N_2 . Iegūto O_2 novada uz gāzģeneratoru, kur to izmanto biomasas gazificēšanas procesā. No gaisa atdalītais slāpekļis N_2 un katalītiskās sintēzes procesā pārpalikušais ūdeņradis H_2 tiek novadīti uz atsevišķu sintētiskā amonjaka rūpnīcu, kur no šīm izejvielām ražo amonjaku. Pie amonjaka rūpnīcas vēl var būt vairākas citas ražotnes, kur no iegūtā amonjaka NH_3 tālāk ražo dažādus slāpekli saturošus produktus kā, piemēram, slāpekļskābi HNO_3 , amonija nitrātu NH_4NO_3 u.c. ķīmiskas vielas.

Biosintēzgāzes ražošana notiek pārgāzējot koksnes biomasu (šķeldu, zāģskaidas, koksnes atlikumus). Cirkulējošā verdošā slāņa gāzģeneratorā jeb CFB (circulating fluidised bed) gāzģeneratorā.

Augstas koncentrācijas H_2 un CO ieguvei pārgāzējot biomasu kā gazificēšanas aģentu izmanto tīru skābekli un pārķarsētu tvaiku.

Ja kā gazificēšanas aģentu izmanto tīru O_2 un pielieto niķeļa – alumīnija (Ni/Al) katalizatoru, tad iegūtās biosintēzgāzes procentuālā sastāvā pamatā ietilpst sekojošas komponentes, [18]:

- | | |
|---------------------|----------------|
| ▪ ūdeņradis | H_2 - 47.3; |
| ▪ oglekļa monoksīds | CO - 19.0; |
| ▪ oglekļa gāze | CO_2 - 28.3; |
| ▪ metāns | CH_4 - 3.8 |

Ja kā gazificēšanas aģentu izmanto gaisu, kā verdošā slāņa pamatni smiltis (78. att.) un pielieto dzelzs katalizatoru, tad iegūtās biosintēzgāzes sastāvā pamatā ietilpst šādas komponentes, %:

- | | |
|----------------------|----------------|
| ▪ oglekļa monoksīds, | CO - 18.0; |
| ▪ ūdeņradis | H_2 - 16.5; |
| ▪ ogļskābā gāze | CO_2 – 16.0; |
| ▪ metāns | CH_4 – 5.5. |

F-T degvielas ražošanai svarīgi ir, lai izmantotās biosintēzgāzes sastāvā būtu pēc iespējas lielāka $H_2 + CO$ summa, jo no šīs summas lieluma ir atkarīgs saražotās F-T degvielas daudzums. No dotajiem piemēriem redzams, ka izmantojot biomasas gazificēšanai tīru O_2 , gāzu summa $H_2 + CO$ ir gandrīz divreiz lielāka, kā izmantojot gaisu, bet tas, savukārt, ļoti ievērojami palielina F-T degvielas produkcijas apjomu, tādēļ lieljaudas rūpnīcās ražošanai atmaksājas izmantot tīru skābekli O_2 . Kaut arī skābekļa ražošana ir dārga F-T degvielas ieguves pieaugums to sedz ar uzviju.

Biosintēzgāzi vēl tālāk bagātina attīrot to no liekā balsta – ogļskābās gāzes CO_2 . To panāk iesūkņējot biosintēzgāzi zem spiediena tvertnē ar aukstu ūdeni. CO_2 izšķīst ūdenī, bet H_2 , CO un CH_4 paliek biosintēzgāzes sastāvā un to tālāk novada uz F-T degvielas katalītiskās sintēzes reaktoru.

F-T degvielas ieguve ir tikai viens no degvielu veidiem, ko var iegūt no koksnes biomasas gazificēšanas un katalītiskās sintēzes jeb BTL (Biomass to liquid) procesā. Atkarībā no sintēzes reaktorā pielietotā katalizatora tipa, no temperatūras un spiediena reaktorā, no biosintēzgāzes var iegūt dažāda veida sintētiskās motordegvielas kā, piemēram, bioetanolu, dimetilēni, F-T degvielu, un arī ļoti plašu ķīmisko produktu spektru: etiķskābi, skudrskābi, to esterus, glikolu, etilēnu un citus ogļūdeņražus.

Jau deviņdesmito gadu vidū LV Koksnes ķīmijas institūtā bija izstrādāta biosintēzgāzes ieguves tehnoloģija no koksnes un savukārt tālāk metanola ieguves tehnoloģija no sintēzgāzes, par ko liecina šī institūta inženiera ķīmiķa A.Žūriņa raksts žurnālā „Meža dzīve” [17]. Pie šī raksta pakavēsimies tuvāk, jo tajā izteiktās idejas ir svarīgas šodien otrās paaudzes biodegvielu attīstībai Latvijā.

Dotā shēma (84. att.) principā ir paredzēta ražošanai no koksnes un dod iespēju ražot augstas kvalitātes sintēzgāzi, ko tālāk var izmantot metanola un arī bioetanola ieguvei.

Bioetanol, kā zināms, šodien jau ir kļuvis par reālu, praksē izmantojamu automobiļu motoru degvielu. Shēmā parādīts tehnoloģiskais process sākot no koksnes ievadīšanas šķeldotājā 2 (skat. 84. att.), līdz attīrītas sintēzgāzes ar attiecību $H_2:CO = 2:1$ izvadīšanai no absorbera 16. iegūto sintēzgāzi tālāk novada uz katalītiskās sintēzes reaktoru (shēmā nav parādīts), kurā iegūst iepriekš norādītās sintētiskās degvielas.

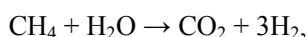
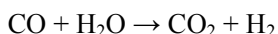
1 – šķeldas šķirotājs; 2 – šķeldotājs; 3 – šķeldas rezervuārs; 4 – atgāzu ciklons; 5 un 6 – šķeldas dozatori; 7 – gāzģenerators; 8 un 9 – kokgāzes cikloni; 10 – gāzes dzesētājs; 11 – skrubers; 12 – gāzes kompresors; 13 – cauruļkrāsns; 14 – CO₂ atdalītājs; 15 – MEA šķidruma dzesētājs; 18 – cirkulācijas sūkns; 19 – nostādinātājs; 20 – putekļu uzkrāņjērtvertnes; 21 – pelnu tvertnes; 22 – cirkulas zāvēšana.

265

Karstās biosintēzēgāzes primārā attīrīšana notiek divos ciklonos 8 un 9, kas novietoti tūlīt aiz gāzģeneratora. Cikloni izveidoti ar ugunsizturīgu oderējumu, lai nepieļautu temperatūras krišanos zem 540 °C, kas izraisītu darvas kondensāciju. Pirmajā ciklonā 8 nodala nepilnīgi gazificētās koksnes daļiņas, kuras ievada atpakaļ gāzģeneratorā, otrajā ciklonā 9 no kokģāzes atdala smalkās daļiņas, kuras savāc uzkrājējvertnēs 20 un pēc tam uz izgāztuvi. Šādi attīrītu gāzi dzesē siltumapmainītājā 10 ar tvaiku, to pārkarsējot pirms padeves gāzģeneratorā. Atdzesēto gāzi pilnīgi attīra slapjajā skruberī 14, netīros skruberūdeņus sadala nostādinātājā 19 un darvas saturošo slāni padod uz gāzģeneratoru sadedzināšanai.

Kokģāzes reformēšana. Metilspirtu sintezē no ūdeņraža un oglekļa oksīda maisījuma attiecībā 2:1, tāpēc ar iegūto vidējas siltumspējas gāzi jāveic divas papildoperācijas:

- gāzes reformēšana jeb sastāva uzlabošana ar ūdens tvaiku katalizatora klātbūtnē pie 20 bāru un 400°C temperatūras cauruļkrāsnī 13, kurā notiek reakcijas:



kuru rezultātā iegūst vajadzīgo ūdeņraža un oglekļa oksīda attiecību;

- attīrīšana no balasta – ogļskābās gāzes, ko veic ar aukstu ūdeni vai monoetanolamīna (MEA) šķīdumu pie 20 bāru spiediena absorberā 16.

Reformēšanās rezultātā iegūtās gāzes sastāvs: H₂ – 66 %, CO – 29.5 %, CO₂ – 1 %, CH₄ – 0.5 % ir derīgs metanola sintēzei.

Metanola sintēze sastāv no diviem posmiem:

1. katalītiskā sintēze pie 50 bāru spiediena un 290 °C temperatūras;
2. iegūtā metanola attīrīšana un rektifikācija.

Rezultātā no 1 kg absolūti sausas koksnes iegūst 0.32-0.6 kg metanola, bet vēl viens kilograms koksnes tiek patērēts procesa enerģētiskajam nodrošinājumam.

Paslaik pasaulē metanolu sintezē galvenokārt no dabasģāzes, izlietojot 1t metanola sintēzei 925 m³ gāzes. Valda uzskats, ka rūpnīcas ar jaudu mazāku par 300 tūkst. t/gadā nav ekonomiskas (lielākā rūpnīca Krievijā ražo 750 tūkst. t/gadā. Čīlē – 1

milj. t/gadā). Aprēķināts, ka izmantojot kā izejvielu koksni minimālais tās apjoms, lai varētu uzsākt ražošanu, ir 100 t absolūti sausas koksnes dienā (200 c.m^3), bet maksimālo apjomu nosaka iespēja savākt izklienētos koksnes resursus, kas optimāli ir 1000 t dienā (2000 c.m^3). Vislabākajā gadījumā rūpnīcas metanola ieguves jauda būs tikai 210 tūkst. t/gadā (patērējot 700 tūkst c.m^3 koksnes), līdz ar to metanola sintēzes rūpnīca ir jāprojektē un iekārta jāizgatavo individuāli, kas sadārdzina izmaksas.

Aprēķini liecina, ka 60 % no metanola pašizmaksas aizņem sintēzēgāzes ieguve, savukārt 50 % tās pašizmaksas ir izejvielas-koksnes-cena.

F-T degvielas perspektīvas

Patreiz zinātnieki ir nonākoši pie slēdziena, ka no visām otrās paaudzes BTL grupas biodegvielām sintētiskā Fišera-Tropša biodīzeļdegviela ir visefektīvākā un visātrāk ieviešama ražošanā. Vienīgais šīs degvielas trūkums ir sarežģītā un dārgā ražošanas tehnoloģija, kas prasa centralizētu lielas jaudas rūpnīcu būvniecību. Bet ņemot vērā fosilo degvielu cenu pieaugumu, F-T degvielas ražošanas izmaksas vairs neliekas tik būtiskas.

Nīderlandes Enerģijas pētniecības centrs *ECN* (Energy research Centre of Netherlands) ir izstrādājis koncepciju lielas jaudas F-T degvielas rūpnīcas būvei Roterdamas ostas rajonā. Rūpnīcas termiskā jauda plānota 8000 MW/gadā. Koncepcija ir nosaukta par *BIG-FIT* (Biomases Integrated Gasification Fischer-Tropsch) koncepciju un tās realizēšanai ir nodibināts konsorcijs kurā ietilpst *ECN*, *Ecofys*, *Rabobank*, *Shell* un *Volkswagen*. Projekta tālāko izstrādi vada dāņu ilgtspējīgas enerģijas pētniecības aģentūra *SDE* (Samenwerkingsverband Duurzame Energie).

BIG-FIT koncepcijas mērķis ir ražot visaugstākās kvalitātes (maximum Premium quality) „zaļo” Fišer-Tropša biodīzeļdegvielu, kura nemaz nesatur sēru un aromātiskos ogļūdeņražus. Sadegot motoru cilindros šī degviela izdala atgāzēs mazāk NO_x , cietās daļiņas un kvēpus kā fosilā dīzeļdegviela.

F-T degviela var tikt izmantota visu esošo transportlīdzekļu dīzeļmotoros līdz 50% maisījumā ar tradicionālo DD bez ierobežojumiem. Lai to izmantotu lielākās koncentrācijās vai tīrā veidā (kā B100), attiecīgais motors jāpiemēro šai degvielai, optimizējot motora darba parametrus darbā ar sintētisko biodīzeļdegvielu. Nepieciešamo izejvielu daudzumu Roterdamas rūpnīcai koksnes šķeldas veidā

paredzēts importēt no Baltijas valstīm [57]. Šķeldu no Baltijas valstu ostām ar kuģiem paredzēts nogādāt Roterdamas ostā un ar speciāliem automobiļiem – šķeldas vedējiem to transportēt uz sintētiskās biodīzeļdegvielas rūpnīcu.

Ja Baltijas valstīs tiks uzbūvētas koksnes biomasas ātrās pirolīzes rūpnīcas, protams, kompleksā ar „zaļās” elektrības un siltuma koģenerācijas stacijām, tad nevajadzēs eksportēt šķeldu, bet daudz izdevīgāk varēs ar tankkuģiem eksportēt pirolīzes eļļu („melno likieri”).

Roterdamas rūpnīcā šķeldas vietā pārgāzēs pirolīzes eļļu, iegūs biosintezgāzi un no tās F-T biodīzeļdegvielu.

BIG-FIT aprēķini, kas veikti 2003. gadā [57], paredz, ka Roterdamas rūpnīca ražos F-T degvielu 80000 bpd (barelu dienā) jeb 12.7 miljoni litru dienā un degvielas cena būs 3.9 \$ centi dienā. Paredzēts, ka 2020. gadā F-T degvielas daudzums būs 1 % no visa Eiropas transportā izlietotā degvielu daudzuma.

7.3. Ātrās pirolīzes eļļa kā biodegviela

Salīdzinājumā ar gazificēšanu, kurai ir vairāk kā 200 gadu vēsture, biomasas ātrā pirolīze ir relatīvi jauna biomasas termoķīmiskās konversijas tehnoloģija. Tā strauji attīstās pēdējo desmit gadu laikā. Ātrās pirolīzes procesā no koksnes šķeldas u.c. cietām, lignocelulozi saturošām izejvielām iegūst šķidru degvielu – pirolīzes eļļu jeb bioeļļu, sauktu arī par „melno likieri” (black liquer). Normālā temperatūrā tas ir melns, viskozs šķidrums pēc izskata līdzīgs naftai. To var tiešā veidā izmantot modificētos dīzeļmotoros, kā degvielu apkures boileros vai arī kā izejvielu tālākai pārstrādei F-T degvielas, DME degvielas un dažādu ķīmisko vielu ražošanai. Galvenā ātrās pirolīzes priekšrocība salīdzinājumā ar biosintezgāzes ražošanu ir tā, ka no biomasas tiešā veidā tiek iegūta šķidrā degviela (BTL), kura ir ērti uzglabājama un transportējama. Turpretī biosintezgāzi uzglabāt un transportēt nevar un tā ir jāpatērē uz vietas, līdz ar to tās ražošanai nepieciešams lieljaudas stacionāras rūpnīcas. Pirolīzes eļļas ražošana iespējama mazās, decentralizētās ražotnēs, sākot ar dažiem desmitiem

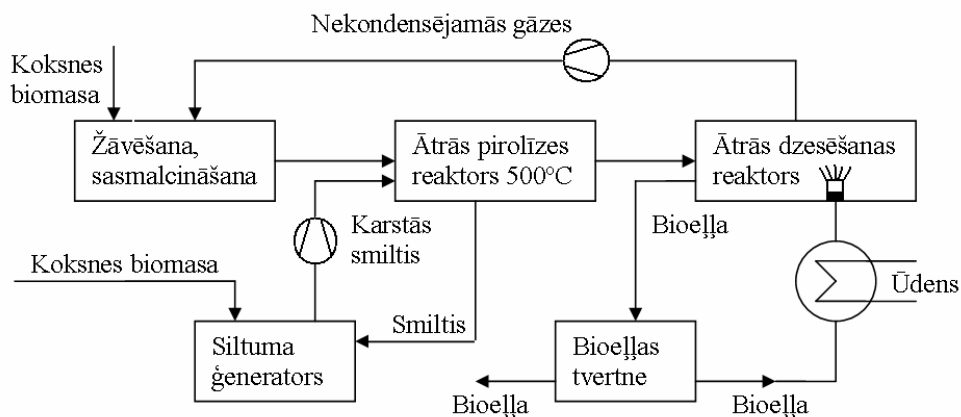
vai simtiem litru dienā un arī lielās, centralizētās ražotnēs atkarībā no izejvielu pieejamības. Ērtāk un lētāk ir transportēt šķidru degvielu, nevis izejvielas (biomasu).

Ātrās pirolīzes būtība ir ļoti ātra (0.2-2.0 sekunžu laikā) biomasas sakarsēšana līdz 500 °C temperatūrai bezgaisa telpā un strauja tās atdzesēšana līdz normālai temperatūrai. Straujās sakarsēšanas rezultātā biomasas daļiņas momentāni iztvaiko, bet straujā atdzesēšana neļauj notikt tvaiku krekinga procesam kā rezultātā pirolītiskās vielas pārvērstos elementārās gāzēs. Tādējādi pirolītisko vielu tvaiki kondensējas šķidrums veidā – tiek iegūta jauna veida biodegviela – ātrās pirolīzes eļļa (bioeļļa).

Lai varētu biomasu sakarsēt līdz 500 °C augstai temperatūrai ne vairāk kā 2 sekunžu laikā, biomasai jābūt pilnīgi sausai (mitrums $W \leq 15\%$) un tā jāsmalcina ļoti sīkās daļiņās. To panāk sausi izžāvēto biomasu sasmalcinot īpašos drupinātājos, kādus izmanto papīra rūpniecībā. Sasmalcināto daļiņu diametrs atkarīgs no pirolīzes reaktora tipa. Daļiņu diametram jābūt ne lielākam par 200 μm, ja pielieto rotējošā konusa reaktorus. Ja pielieto verdošā slāņa reaktorus, daļiņu diametrs var būt līdz 2 mm, bet, pielietojot cirkulējošā verdošā slāņa reaktorus, tas var būt pat līdz 6 mm. Biomasas sasmalcināšana sīkās daļiņās ir dārgs process, tādēļ turpinās pētījumi pie tādu ātrās pirolīzes reaktoru izveides, kuros būtu iespējams pirolīzes eļļas ieguvei izmantot arī parastā raupjuma šķeldu.

Sasmalcinātās koksnes daļiņas tiek padotas uz ātrās pirolīzes reaktoru (85. att.) vienlaicīgi ar inerti gāzi, piemēram, slāpekli, un līdz 500 °C sakarsētām smiltīm. Inertā gāze un smiltis tiek sakarsētas atsevišķā siltuma ģeneratorā un kalpo kā siltumnesējs ātrās pirolīzes procesa nodrošināšanai. Reaktorā siltumnesējs sajaucas ar sasmalcinātās koksnes daļiņām un momentā (0.5 - 1 s laikā) sakarsē tās līdz 500 °C temperatūrai, t.i. notiek ātrā pirolīze, kā rezultātā koksnes daļiņas pārvēršas pirolītiskās gāzēs un tvaikos.

Šīs gāzes un tvaiki tiek ātri novadīti uz ātrās atdzesēšanas reaktoru, kurā tiek momentā atdzesēti, novēršot to tālāko krekingu un pārvēršot tos ātrās pirolīzes eļļā jeb „melnā liķierī”. Atdzesēšana notiek izmantojot jau iepriekš saražoto bioeļļu, kuru jaudīgs sūknis cauri auksta ūdens dzesētājam intensīvi izsmidzina ātrās dzesēšanas reaktora telpā. Iegūtā bioeļļa kopā ar dzesēšanai izmantoto bioeļļu noplūst uz bioeļļas uzkrāšanas tvertni.



85. att. Ātrās pirolīzes eļļas (bioeļļas) ražošanas procesa shēma.

Nekondensējamās gāzes īpašs gāzu pūtējs atsūc no ātrās dzesēšanas reaktora augšējā gala cauri filtram-pilienu atdalītājam un novada tās uz biomasas žāvēšanas kameru (skat. shēmu 85. att.). tādejādi šīs gāzes tiek izmantotas biomasas žāvēšanai.

Iegūtā Bioeļļa var tikt izmantota kā modificētu dīzeļmotoru degviela, kā apkures degviela boileros vai arī kā izejviela tālākai pārstrādei F-T degvielas ražošanai un dažādu ķīmisko vielu ieguvei. Bioeļļa ir šķidrā degviela ar samērā augstu siltumspēju, apmēram 15-20 MJ/kg. Pirolīzes bioeļļas galvenās komponentes ir C = 56,4 %, H = 6,2 % un O = 37,3 % ūdens saturs bioeļļā 15-30 %.

Ārzemju pieredzes analīze rāda, ka praktiski 70-75 % spēc svara no sausas biomasas var tikt pārvērsti bioeļļā. Apmēram, 10-15 % tiek pārvērsti cietos ogļu putekļos, bet pārējā biomasa pārvēršas nekondicionējamās gāzēs. Precīzs bioeļļas iznākums ir atkarīgs no izmantojamās koksnes biomasas veida, pelnu satura, termokīmiskās konversijas procesa realizācijas pilnības. Kopumā process ir vienkāršāks, lētāks, prasa mazāk investīciju, salīdzinājumā ar citām biomasas konversijas tehnoloģijām.

Pie 25 % ūdens satura, bioeļļas vidējā siltumspēja ir 17 MJ/kg, bet ņemot vērā, ka bioeļļas blīvums ir 1.15-1.20 pie 15 °C, respektīvi, tā ir par 43,7 % blīvāka nekā dīzeļdegviela, tad pārrēķinot litros bioeļļas siltumspēja sasniedz 20.5 MJ/l. Tas nozīmē, ka, lai ar bioeļļu iegūtu tādu pašu enerģijas daudzumu kā no viena litra dīzeļdegvielas, nepieciešami 1.5 l bioeļļas. Firma *Wartsila*, Somijā jau vairākus gadus

ražo dīzeļmotorus, kas piemēroti darbam ar bioeļļu un bez problēmām izmanto tos koģenerācijas motorstacijās.

Pašreiz daudzās universitāšu un pētniecības institūtu laboratorijās izveidotas pilotiekārtas ātrās pirolīzes bioeļļas ieguvei un pētīti dažādu tipu reaktori. Tajā pašā laikā Apvienotajā Karalistē, Kanādā u.c. valstīs jau darbojas ātrās pirolīzes rūpnīcas komerciālā līmenī.

7.4. Dimetilēteris kā motordegviela

Dimetilēteris ir tīra, bezkrāsaina, skābekli saturoša dīzeļmotoru degviela. Tā ķīmiskā formula ir $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ un tas tiek uzskatīts par perspektīvu biodīzeļdegvielu.

Dimetilēteri jeb DME biodīzeļdegvielu iegūst no biosintēzgāzes katalītiskās sintēzes reaktorā pēc tehnoloģijas, kas līdzīga iepriekš aplūkotajai F-T degvielas ražošanas tehnoloģijai un atšķiras no tās ar pielietotā katalizatora veidu, spiedienu un temperatūru sintēzes reaktorā.

Līdz šim DME ražoja sintezējot dabas gāzi, bet patreiz strauji tiek apgūta biosintēzgāzes izmantošana šim nolūkam, kas dod iespēju kā izejvielu izmantot koksni un dažāda veida biomasu. Pēc savām fizikālām īpašībām DME ir līdzīgs sašķidrināmajai zemspiediena naftasgāzei LPG (propānam-butānam). Tādas DME īpašības, kā zema pašuzliesmošanas temperatūra, liels skābekļa saturs degvielā padara to par izcilu dīzeļmotoru degvielu. Motoram strādājot ar DME kvēpi atgāzēs vispār nerodas. Tīrā veidā vai arī sajaucot ar LPG to var izmantot arī mājāsaimniecībā kā degvielu gāzes plītīs un apkures sistēmās.

Galvenās DME kā motordegvielas īpašības salīdzinājumā ar fosilo dīzeļdegvielu var raksturot šādi:

1. Skābekļa saturs DME biodīzeļdegvielas sastāvā pēc svara ir 34.8 %, bet fosilās dīzeļdegvielā skābekļa nav nemaz. Lielā skābekļa daudzuma dēļ darbojoties ar DME dīzeļmotora cilindros degmaisiņš sadeg pilnīgi, uz degkameru sienām un virzuļu gala virsmas nerodas piedegumi, motors

nedūmo, atgāzēs nav kvēpu un cieto CH daļiņu, samazinās CO un NO_x daudzums.

2. DME zemākā siltumspēja ir 28.43 MJ/kg, kas ir par 35.3 % zemāk par parastās dīzeļdegvielas siltumspēju (42.5 MJ/kg), tādēļ, lai novērstu motora jaudas samazināšanos, motoram darbā ar DME ir jābūt attiecīgi lielākai degvielas cikla padevei.
3. DME degvielas cetānskaitlis ir 55-65, tas ir lielāks par DD cetānskaitli (40-55) un biodīzeļdegvielas RME cetānskaitli (52-56) un līdz ar to nodrošina labāku DME degvielas pašuzliesmošanas spēju.
4. DME pie atmosfēras spiediena ir gāzveida stāvoklī līdz pat -20 °C zelai temperatūrai. Tādēļ tam jāatrodas ne mazāk kā 0.5 MPa spiedienā. Tādēļ degvielas padeves spiediens zemspiediena kontūrā jāpalielina līdz 1.7-2.0 MPa, lai novērstu degvielas tvaiku korķu veidošanos degvielas padeves sistēmā.
5. DME degvielas blīvums ir 0.668 g/cm³, kas ir ievērojami zemāks par dīzeļdegvielas blīvumu (0.84 g/cm³), tādēļ, lai nodrošinātu plunžeru blīvējumu, DME degvielai piejauc 0.5 % eļļojošās piedevas. Faktiski tātad degviela sastāv no 95.5 % DME un 0.5 % piedevām. Saskaņā ar minētajām īpatnībām parastā dīzeļmotora barošanas sistēmai, pārejot darbā ar DME, jāveic neliela modifikācija, zemspiediena kontūrā uzstādot spiediena regulatoru un nelielu spiediena pneimohidraulisko akumulatoru. DME degvielas apgādes loģistika ir līdzīga fosilās degvielas loģistikai un neprasa lielus pārkārtojumus DUS aprīkojumā.

Vienīgais trūkums, kas ir kavējis DME ieviešanu ir lielās investīcijas, kas nepieciešamas ražošanas jaudu attīstīšanai. Līdz ar to DME ir dārgāks par fosilo DD un arī par biodīzeļdegvielu, ko gatavo no augu eļļām. Tomēr cenu starpība arvien vairāk izlīdzinās un būtiska nozīme ir CO₂ izmešu samazināšanai, tādēļ daudzās Eiropas valstīs tiek pētītas iespējas DME plašākai ieviešanai. Tā, piemēram, firma *Volvo* ir demonstrējusi iespējas DME izmantošanai vairāku pilsētu autobusus. Ir izstrādātas šīs degvielas glabāšanas un uzpildes sistēmas, *AVL Powertrain* ir izstrādājusi DME iesmidzināšanas sistēmas vieglajiem pasažieru automobiļiem. Naftas

kompānija *BP Amoco* ir izstrādājusi projektu lielas DME rūpnīcas būvniecībai vidējos austrumos, kur ir bagātas dabasgāzes atradnes. Kompānija *General Electric* ir izstrādājusi un realizē projektu par DME izmantošanu gāzes turbīnās. Ir izveidota organizācija „*Global DME Forum*”, kas koordinē dažādu uzņēmumu un pētniecības iestāžu pūles visā pasaulē jaunā tipa biodīzeļdegvielas ieviešanā. Tiek uzskatīts, ka DME ir ļoti perspektīva 21. gadsimta degviela ar daudzfunkcionālām pielietošanas iespējām.

7.5. Ūdeņradis kā motordegviela

Ūdeņradis kā motordegviela tiek intensīvi pētīts visā pasaulē jau vairāk kā desmit gadus, kopš deviņdesmito gadu vidus. Lai gan ir pētīti un eksperimentāli vairāk vai mazāk pārbaudīti dažādi risinājumi ūdeņraža ieguvei un pielietošanai automobiļos, tomēr optimāls risinājums šodien vēl nav atrasts. Galvenās problēmas ūdeņraža izmantošanai automobiļos ir tā zemais enerģijas blīvums (3.5 kWh/nm^3) un grūtības tā pārvēršanai šķidrā stāvoklī, jo ūdeņradis sašķidrinās tikai pie $-253 \text{ }^\circ\text{C}$ zemas temperatūras. Kaut arī tīrs ūdeņradis ir ideāla motordegviela, jo sadegot motora cilindros tas neveido nekādas kaitīgas atmosfēru piesārņojošas vielas, bet tikai ūdens tvaikus. Pētnieki uzskata, ka ar ūdeņradi darbināmu automobiļu komerciāla ražošana sāksies ne agrāk kā 2030. gadā.

Šī prognoze jādomā ir jau jākorrigē, jo 2008. gada 16. jūnijā laikraksta „Dienas bizness” biznesa portālā db.lv, atsaucoties uz informāciju no BBC News, parādījās ziņa, ka japāņu automobiļu ražotājs *Honda* ir sācis pirmo komerciālo ar ūdeņradi darbināma automobiļa *Honda FCX Clarity* ražošanu.

Jaunā Hondas automašīna plānota kā vidēja izmēra četrvietīgs automobilis ar nosaukumu *FCX Clarity*, kas tiktu darbināts ar ūdeņraža degvielas elementiem, kas ražo elektrību, un tā darbina automobili ar elektromotoru. Automobiļu izpūtējs izlaistu tikai ūdens tvaikus.

Honda pretendē, ka jaunā automašīna piedāvās trīs reizes labāku enerģijas patēriņa efektivitāti nekā tradicionālie automobiļi. Plānots, ka nākamo trīs gadu laikā *Honda* saražos 200 šādu automašīnu.

Sākotnēji iecerēts, ka jaunās automašīnas, sākot ar šā gada jūliju, būs pieejamas nomā ierobežotam skaitam klientu Dienvidkalifornijā, bet vēlāk šogad tās būs pieejamas arī Japānā.

Honda paredz, ka šajā gadā tiks izmantoti vairāki duči automašīnu ASV un Japānā, bet nākamo trīs gadu laikā to skaits sasniegs 200. Plānots, ka mašīnas nomas cena uz trīs gadiem sasniegs 600 USD (273 latus) mēnesī.

Viens no lielākajiem šķēršļiem šādu automašīnu ražošanā un plašākā pielietošanā ir ūdeņraža uzpildes staciju trūkums.

Ūdeņraža degvielas ražošanai pamatā izmanto trīs dažādas metodes:

1. ūdeņraža ieguve no ūdens H_2O ar elektrolīzes paņēmieni;
2. ūdeņraža ieguve no biomasas ar termokīmiskās konversijas metodi;
3. ūdeņraža ieguve no biomasas ar fermentācijas metodi.

Pēdējās divas metodes dod iespēju iegūt ūdeņradi no bioloģiski atjaunojamām izejvielām un organiskiem atkritumiem, tādēļ ar šīm metodēm ražoto ūdeņradi, kā otrās paaudzes biodegvielu pieņemts saukt par bioūdeņradi. Bioloģiskās metodes ūdeņraža ieguvei pašreiz pasaulē strauji attīstās un iet plašumā, jo elektrolīzes paņēmieni ekonomiski attaisnojas tikai tādos reģionos, kur ir lēta elektroenerģija, piemēram, no saules baterijām.

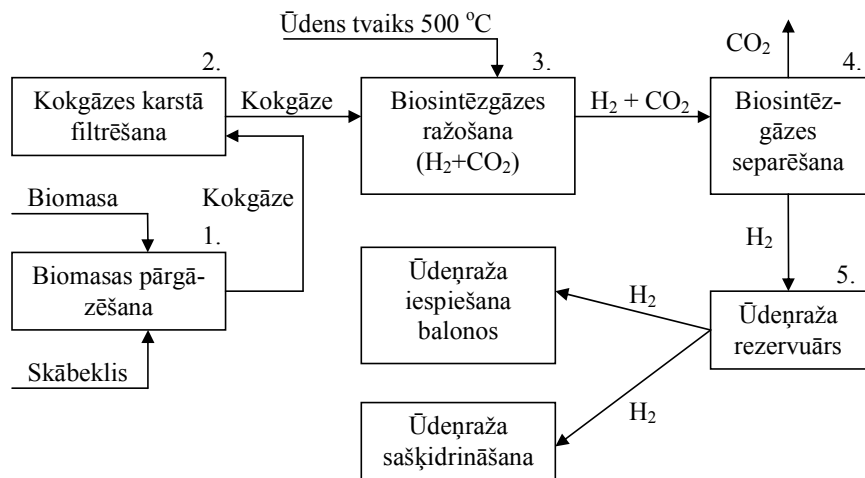
Elektrolīzes metode ūdeņraža ieguvei

Elektrolīzes metode pamatojas uz ūdens īpašību sadalīties elementārās gāzēs ūdeņradī H_2 un skābeklī O_2 , ja ūdenim laiž cauri elektrisko strāvu. Strāvas ietekmē pie katoda izdalās H_2 , bet pie anoda O_2 . Lai atdalītu ūdeņradi no skābekļa izmantojot tīru ūdeni 25 °C temperatūrā ir nepieciešams 1,24 V spriegums un viena mola ūdens elektrolīzei patērē 65.3 Wh lielu enerģijas daudzumu. Viena kubikmetra ūdeņraža ieguvei nepieciešamais elektroenerģijas daudzums ir 4.8 kWh.

Termokīmiskās konversijas metode

Termokīmiskās konversijas metode ūdeņraža ieguvei no biomasas patreiz tiek atdzīta par efektīvāko un ekonomiski izdevīgāko metodi ūdeņraža ieguvei no biomasas

lieljaudas ražošanā. Šī metode ietver ūdeņraža ražošanas procesa etapus, kas parādīti 86. attēlā dotajā shēmā.



86. att. **Principālā shēma ūdeņraža ražošanai no biomasas ar termoķīmiskās konversijas metodi.**

- 1. etaps.** Koksnes biomasas pārgāzēšana parastajā lejupdedzes verdošā slāņa gāzģeneratorā kā gazificēšanas aģentu izmantojot tīru skābekli, kas nodrošina pēc iespējas intensīvāku pārgāzēšanu un augstāku oglekļa monoksīda saturu iegūtajā kokgāzē.
- 2. etaps.** Izmantojot biomasas gazificēšanai tīru skābekli gāzģeneratora degšanas zonā tiek uzturēta 1200-1400 °C augsta temperatūra, tādēļ darva tiek pilnībā izdedzināta un iegūtā kokgāzē ir jāattīra tikai no kvēpiem, cietajām oglekļa daļiņām un pelnu putekļiem, ko veic ar gāzes karsto filtrēšanu. Vispirms ar vienu vai diviem cikloniem karsto gāzi attīra no rupjākām daļiņām, pēc tam to filtrē cauri keramiskajiem filtriem, kuros attīra smalkākos putekļus.
- 3. etaps.** Biosintēzgāzes separēšana, respektīvi, ogļskābās gāzes CO₂ atdalīšana no ūdeņraža, tādējādi iegūstot praktiski tīru ūdeņradi H₂. Ogļskābās gāzes CO₂ atdalīšanu no biosintēzgāzes panāk izšķīdinot CO₂ zem spiediena

aukstā ūdenī. Šī metode sīkāk tika aplūkota iepriekš 5. sadaļā, runājot par tīra metāna CH_4 iegūvi no biogāzes.

- **4. etaps.** Iegūto tīro ūdeņradi uzkrāj vienā vai vairākos rezervuāros (87. att.). Rezervuāros uzkrāto ūdeņradi tālāk izmanto kā automobiļu biodegvielu.



87. att. Bioudeņraža ieguves rūpnīca Vācijā.

Lai ūdeņradi izmantotu kā degvielu automobiļu motoros ir iespējami divi varianti:

- izmanto gāzveida ūdeņradi, kas tiek uzkrāts no īpaša poraina metāliska materiāla izgatavotos degvielas elementos jeb cellēs;
- ūdeņradi sašķidrina $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ zemā temperatūrā un iepilda īpašās termoizolētās tvertnēs, ko uzstāda automobilim.

Biomassas termoķīmiskās konversijas metode ūdeņraža un citu otrās paaudzes biodegvielu vienlaicīgai ražošanai pirmoreiz pasaulē tika realizēta lielas jaudas integrētā rūpnīcā Zviedrijā, *Värnamo*. Rūpnīcā, kas saucas *Växjo Värnamo Biomass*

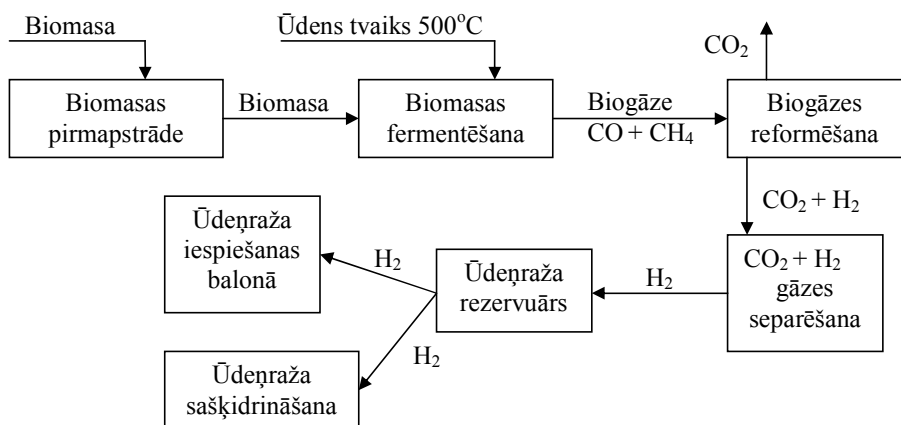
Gasification Centre (WBGC) stājās ierindā 2003. gada decembrī un spēj no koksnes šķeldas un atkritumiem ražot gan ūdeņradi, gan arī F-T degvielu, DME un metanolu. Biosintēzgāzes ieguvei tiek izmantots lielas jaudas virsspiediena cirkulējošā verdošā slāņa gāzģenerators. Gāzģeneratora jauda, kas ekvivalenta pārgāzētā kurināmā daudzuma siltuma enerģijai, ir 18 MW. Vienlaikus, ja nepieciešams, rūpnīca kā izejvielu biosintēzgāzes ražošanai var izmantot arī dabasgāzi. Ražošanas process principā notiek pēc iepriekš aprakstītajām metodēm.

Ūdeņraža ieguve no biomasas ar fermentācijas metodi

Atšķirībā no iepriekš aplūkotās ūdeņraža ieguves no biomasas, ar termoķīmiskās konversijas metodi šajā gadījumā biomasas netiek pārgāzēta gāzģeneratorā, bet gan fermentēta biogāzes ražošanas termofilā reaktorā. Šajā reaktorā 55 °C temperatūrā termofilo metanogēno baktēriju klātbūtnē no biomasas iegūst primāro biogāzi $\text{CO} + \text{CH}_4$, ko izmanto kā gāzmotoru degvielu stacionārās koģenerācijas iekārtās. Biogāzes ieguves process sīkāk ir aprakstīts 5. nodaļā „Biogāze”.

Iegūto primāro biogāzi, kas sastāv no oglekļa monoksīda CO un metāna CH_4 , tālāk reformē nelielā reformēšanas reaktorā (skat. shēmu 88. att.), kurā primārā biogāze tiek apstrādāta ar pārkarsētu tvaiku. Oglekļa monoksīds, reaģējot augstā temperatūrā ar CO_2 un no CH_4 arī veidojas papildus CO_2 un tīrs ūdeņradis H_2 . Tāpat reformēšanas rezultātā tiek iegūts gāzu maisījums $\text{CO}_2 + \text{H}_2$, kurš tālāk nonāk gāzu separēšanas iekārtā. Tajā ogļskābās gāzes maisījumu ar ūdeņradi zem spiediena dzen cauri īpašam rezervuāram ar atdzesētu ūdeni. Ogļskābā gāze izšķīst ūdenī un to pēc tam atdala samazinot spiedienu citā rezervuārā. Ūdeņradis H_2 ūdenī nešķīst, iziet brīvi cauri separēšanas rezervuāram, un tiek uzkrāts atsevišķā H_2 rezervuārā. CO_2 separēšana arī ir sīkāk apskatīta jau iepriekš 5. nodaļā, sadaļā par biogāzes izmantošanu par degvielu iekšdedzes motoros.

Iegūto tīro ūdeņradi uzkrāj īpašos ūdeņraža rezervuāros un tālāk izmanto automobiļos divos veidos – vai nu iespiežot īpašos konstrukcijas ūdeņraža balonus zem 300 bāru (30 MPa) spiediena, vai arī sašķidrinot to -253 °C zemā temperatūrā.



88. att. **Principālā shēma ūdeņraža ražošanai no biomasas ar fermentēšanas metodi.**

Ir vēl arī cita veida bioloģiskas metodes ūdeņraža ieguvei no biomasas, izmantojot tā saucamo enzimatisko hidrolīzi un cita veida baktērijas. Šīs metodes pielieto specifiskiem biomasu veidiem. Tā, piemēram, Grieķijā ir uzcelta kāda eksperimentāla ūdeņraža rūpnīca, kas ražo H_2 no Saldā Sorgo (Zālaugs, kas dod zaļo masu vairāk kā 120 t/ha). Izmantojot divpakāpju fermentēšanu – sīkumā ar termofilām baktērijām, pēc tam ar fotosintēzes baktērijām – 69 % no zālauga masas tiek pārvērsta ūdeņradī H_2 un pārējais – organiskos mēšlos.

Ūdeņraža pielietošana automobiļos

Pašreiz praksē ir sastopamas divas metodes ūdeņraža pielietošanai automobiļos:

1. degvielas elementu metode;
2. sašķidrināta ūdeņraža metode.

Degvielas elementu metodi izmanto nelielas jaudas vieglajos automobiļos, jo jaudu ierobežo nepieciešamais degvielas elementu daudzums. Degvielas elementa darbības principu jau 1839. gadā atklāja britu fiziķis Viljams Grovs (William Grove), bet tikai mūsdienās tas gūst arvien plašāku pielietojumu.

Degvielas elements principā sastāv no diviem elektrodiem – anoda un katoda, kurus vienu no otra atdala elektrolīts – speciāla materiāla membrāna (89. att.). Abus elektrodus savā starpā savieno elektriskā ķēde, kurā ieslēgts strāvas patērētājs.

Anodam tiek pievadīts ūdeņradis, kurš kalpo kā degviela, bet katodam – atmosfēras skābeklis. Ūdeņraža atomi uz anoda sadalās, veidojot, protonus, jeb H^+ jonus un elektronus e^- , kas caur strāvas ķēdi plūst uz katodu, producējot elektrisko strāvu. H_2 sadalīšanās procesā izdalās siltums, kas sasniedz 80 – 100 °C temperatūru (skat. shēmu 89. att.).

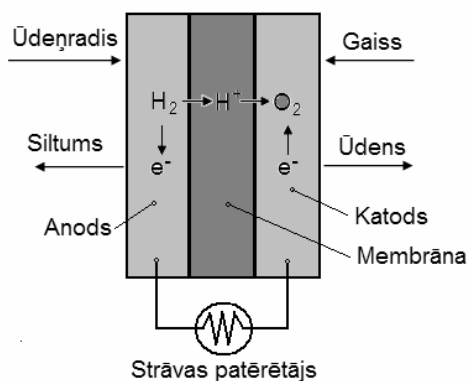
Nonākot uz katoda H^+ joni un elektroni reaģē ar atmosfēras skābekli, formējot ūdeni H_2O . Saražotās strāvas jauda ir lielā mērā atkarīga no izmantotajiem materiāliem anoda un membrānas (elektrolīta) izgatavošanai.

Deviņdesmito gadu sākumā firma *Ballard Power* izstrādāja pirmos automobiļos izmantojamos degvielas elementus, kuros īpatnējais enerģijas blīvums sasniedza 0.2 W/cm² attiecinoši

uz degvielas elementa darba virsmas kopējo laukumu. Līdz ar jauna tipa polimēru membrānu (PEMFC, DMFC u.c.) izstrādi, īpatnējais enerģijas blīvums ir palielināts līdz 1 W/cm². Palielināts arī kopējais degvielas elementu skaits degvielas elementu blokā (90. att.), ko uzstāda automobilim. Līdz ar to automobilim uzstādītā ar sarežģīto elektrību darbināmā elektromotora jauda sasniedz 50 kW un vairāk.

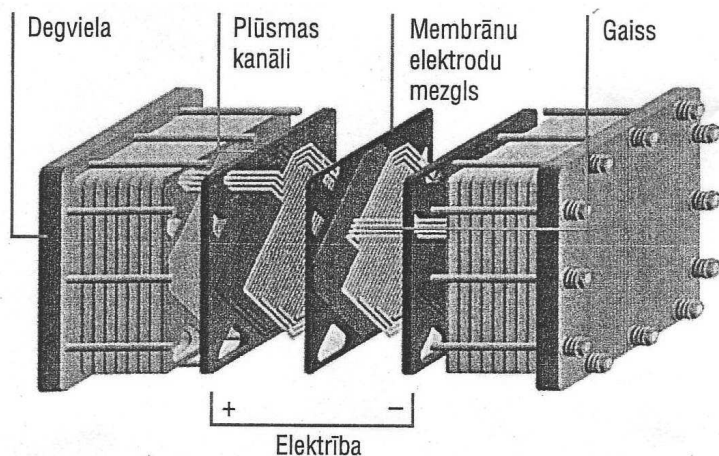
Tādejādi ūdeņraža degvielas elementu pielietošana pārveido parasto automobili par elektromobili. Šādam elektromobilim pilsētu apstākļos ir lielas priekšrocības ekoloģiskajā ziņā, jo tas kaitīgo atgāzu vietā izdala tikai tīru ūdeni tvaiku veidā un tā motors praktiski darbojas bez trokšņa. Līdz ar to ievērojami samazinās trokšņu līmenis pilsētu ielās. Elektromobilim ir mazāki siltuma zudumi motorā un transmisijā, tādēļ tā lietderības koeficients ir apmēram divreiz augstāks, nekā automobilim ar iekšdedzes motoru.

Ar ūdeņraža degvielas elementiem aprīkota vieglā automobiļa uzbūves shēma parādīta 91. attēlā. Automobilim ir uzstādīts speciālas konstrukcijas augstspiediena balons 2 līdz 250 bāru (25 MPa) saspiesta ūdeņraža uzglabāšanai. Balona bruto

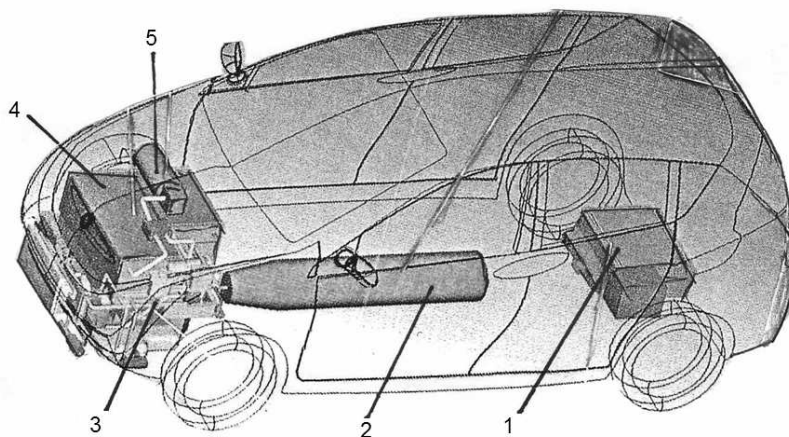


89. att. Degvielas elementa principālā shēma elektrības ieguvei no ūdeņraža.

tilpums 140 litri. Ar vienu balona pildījumu automobilis var nobraukt apmēram 250 km, tā maksimālais ātrums 110 km/h.



90. att. Degvielas elementu bloka viena mezgla fragments.



91. att. Ar ūdeņraža degvielas elementiem aprīkota automobiļa shēma:

- 1 – ūdeņraža rezerves tvertne 2 – saspīstā ūdeņraža balons; 3 – elektromotors;
4 – degvielas elementu bloks; 5 – gaisa padeves sistēma.

Automobiļa priekšgalā, kur parasti novietots iekšdedzes motors, ir novietots ūdeņraža degvielas elementu bloks 4, kas sastāv no vairākām šo elementu paketēm.

Degvielas elementu sistēmas attīstītā jauda ir 50 kW, strāvas spriegums 180 līdz 280 V. Virs degvielas elementu bloka ir novietota gaisa padeves sistēma 5, kura nodrošina nepieciešamā daudzuma atmosfēras gaisa pievadīšanu katram degvielas elementam.

Zem degvielas elementu bloka ir novietots trīsfāzu asinhronais elektromotors 3 ar maksimālo jaudu 33 kW. Elektromotors caur divpārnesumu automātisku transmisiju piedzen automobiļa priekšējos riteņus. Automobiļa pakaļgalā novietota ūdeņraža rezerves tvertne 1, kurā ūdeņradis tiek papildus uzkrāts no metāla hidrītu un oglekļa šķiedru materiāla veidotās kasetēs. Magnēzija, niķeļa, litija u.c. metālu hidrītu karbonizētiem sakausējumiem ar porainu struktūru ir spēja parastajā temperatūrā absorbēt uz uzkrāt ūdeņradi. Šī īpašība tiek izmantota ūdeņraža uzkrāšanai īpašās cietā materiāla kasetēs. Uzkrājot šādās kasetēs ūdeņraža zudumi nav. Ūdeņradi vajadzības gadījumā no kasetēm atbrīvo tām pievadot siltumu līdz 80 °C, ko ņem no siltuma, kas izdalās darbojoties degvielas elementam. Tādā veidā no tvertnes 1 papildus tiek iegūts ūdeņradis, kuru savukārt pievadot degvielas elementiem blokā 4, tiek ražota elektrība, kas darbina automobiļa elektromotoru.

Ūdeņraža uzkrāšana lietās karbonizētu metālu kasetēs pašreiz tiek uzskatīta par perspektīvu ūdeņraža pielietošanas tehnoloģiju un tiek nopietni strādāts pie šīs tehnoloģijas tālākas attīstības.

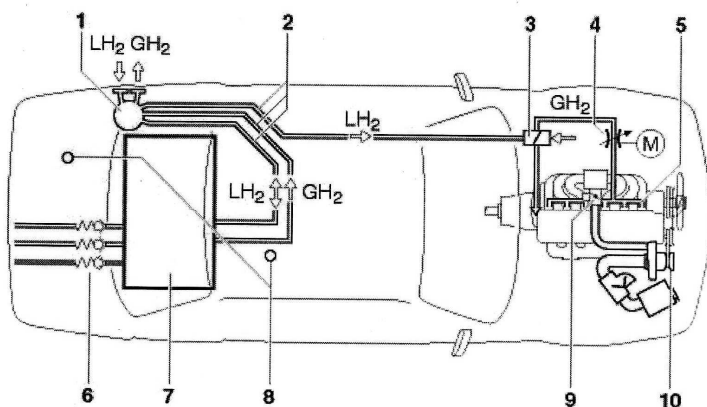
Vadošie Eiropas automobiļu ražotāji *Fiat, Peugeot – Citroën, Renault, Volvo un Volkswagen* pašreiz intensīvi strādā pie kopējā projekta „*Fuero*”, kura uzdevums ir tālāk pilnveidot ūdeņraža degvielas elementu un ūdeņraža uzkrāšanas cieto kasešu konstrukcijas un izmantošanas tehnoloģijas. Viens no uzdevumiem ir izveidot degvielas elementus, kas varētu darboties augstākās temperatūrās (līdz 180 °C) nekā patreizējie un līdz ar to panāktu lielāku ražību un samazinātu izmaksas.

Sašķīdrināta ūdeņraža pielietošana

Izmantojot sašķīdrinātā ūdeņraža metodi ar ūdeņradi iespējams darbināt parasto dzirksteles aizdedzes iekšdedzes motoru. Līdz ar to motora jauda nav ierobežota, kā tas bija degvielas elementu izmantošanas gadījumā. Bet šajā gadījumā automobilim ir nepieciešams uzstādīt sarežģītas konstrukcijas šķidrā ūdeņraža tvertni ar ļoti augstu termoizolācijas spēju, jo, lai ūdeņradi sašķīdrinātu nepieciešama ļoti zema -253 °C

temperatūra, kurā ūdeņradis sašķidrinās. Lai nodrošinātu nepieciešamo termoizolāciju, izgatavo dubultsienu tvertni, kuras starpsienu telpā tiek uzturēts vakuums.

Ar sašķidrinātu ūdeņradi darbināma vieglā automobiļa (BMW 735i) barošanas sistēmas mezglu izvietojuma shēma dota 92. attēlā [58]. Sašķidrinātā ūdeņraža izmantošana, salīdzinājumā ar degvielas elementiem, samazina automobiļa svaru un palielina automobiļa noskrējumu ar vienreizēju tvertnes uzpildījumu līdz 300 km. Patreiz Vācijā darbojas divas sašķidrinātā ūdeņraža uzpildes stacijas, viena Minhenē, bet otra Berlīnē. Sašķidrinātā ūdeņraža ļoti zemā temperatūra izvirza augstas prasības degvielas tvertnes 7 (92. att.) termoizolācijai. Temperatūrai samazinoties, ja automobilis atrodas stāvvietā dienas laikā cauri vārstiem zūd 2 % ūdeņraža no kopējā tilpuma. Automobiļa braukšanas laikā speciāls iztvaikotājs 3 pārvērš sašķidrināto ūdeņradi (shēmā LH_2) gāzveida ūdeņradī (shēmā GH_2) un padod to cauri jaudas regulēšanas vārstam 4, kurš nodrošina ūdeņraža iesmidzināšanu ieplūdes kolektorā. Gāzveida ūdeņraža GH_2 caurplūdes daudzumu caur vārstu 4 regulē elektroniska vadības sistēma.



92. att. Viegļā automobiļa BMW 735i sašķidrinātā ūdeņraža barošanas sistēmas shēma[58]:

- 1 – vārstu bloks ar vakuuma izolāciju; 2 – vakuumizolēti ūdeņraža cauruļvadi; 3 – šķidrā ūdeņraža iztvaikotājs; 4 – jaudas regulēšanas vārsts ar elektronisku vadību; 5 – ūdeņraža inžektori;
- 6 – virsspiediena un drošības vārsti; 7 – sašķidrinātā ūdeņraža tvertne ar vakuuma superizolāciju;
- 8 – ūdeņraža sensori automātiskai noplūžu kontrolei; 9 – droselvārsts ar elektronisku vadību darbināšanai ar benzīnu; 10 – maināma ātruma centrālās gaisa pūtējs; LH_2 – šķidrā ūdeņradis; GH_2 – gāzveida ūdeņradis.

Pašreiz visos ūdeņraža automobiļos neatkarīgi no tā vai ūdeņradi uzglabā tvertnē sašķidrinātā veidā, vai iegūst no degvielas elementiem vai metālhidrīdu kasetēm, ūdeņradi izmanto iesmidzinot motora ieplūdes kolektorā. Kaut arī zemas temperatūras ūdeņraža iesmidzināšana tieši sadegšanas kamerās dotu tādas priekšrocības kā labāku cilindru pildījumu un samazinātu NO_x emisiju, tiešo iesmidzināšanu izmantot nevar, jo inžektoru vārsti ātri iziet no ierindas. Tādēļ patreizējā situācijā izmanto ūdeņraža un gaisa maisījuma pagatavošanu ārpus motora cilindriem maisītājā ar centrālu elektrisku sadales vārstu, kas nodrošina maisījuma padevi uz motora cilindriem pa individuālām ieplūdes caurulēm. Tas novērš maisījuma uzliesmošanas pretsitienu. Uzliesmošanas pretsitienu ieplūdes traktā novērš izmantojot liesu degmaisījumu vai arī izmantojot papildus ūdens iesprici. Lai kompensētu jaudas samazināšanos liesa degmaisījuma dēļ, var tikt izmantota īpaša virsspiediena ieplūdes ierīce. Patreiz attīstības stadijā ir kāda alternatīva metode ūdeņraža iesmidzināšanai ieplūdes kolektorā, kas balstās uz iesmidzināšanas procesa sadalījumu atsevišķos sīkos ar pārtraukumiem sekojošos iesmidzinājumos. Šī sistēma ļaus neierobežoti variēt iesmidzināšanas apstieidzes leņķi un novērsīs uzliesmošanas pretsitienu pat trekna degmaisījuma gadījumā. Tomēr, lai samazinātu slāpekļa oksīdu NO_x daudzumu atgāzēs, jāizmanto pavājināts degmaisījums vai arī motora atgāzu izplūdes traktā jāierīko katalītiskais NO_x neitralizators.

7.6. Kontroljautājumi un uzdevumi

Kādas biodegvielas sauc par otrās paaudzes biodegvielām? kāda ir zinātnieku prognoze par otrās paaudzes biodegvielu ieviešanas iespējām? Kad tās sāks dominēt? Raksturojiet atšķirības izmantotajās izejvielās pirmās un otrās paaudzes biodegvielu ražošanā. Kādas ir galvenās sašķidrināto biomasu degvielu (BTL degvielu) priekšrocības?

Ar ko atšķiras biosintēzgāzes ieguves process no parastās kokgāzes ieguves procesa? Kādai jābūt ūdeņraža un oglekļa monoksīda attiecībai biosintēzgāzē, lai no tās varētu iegūt BTL degvielas?

Raksturojiet īsumā sintētiskās biodīzeļdegvielas jeb F-T degvielas ražošanas pamatprincipus, izmantojot 83. attēlā doto principālo shēmu. Kāda ir F-T degvielas vēsture? Kurās valstīs šodien ražo F-T degvielu? Īsumā raksturojiet F-T degvielas katalītiskās sintēzes reakciju. Kādas elementārās gāzes pamatā ietilpst biosintezgāzes sastāvā? Kādas ir F-T degvielas perspektīvas?

Kas ir ātrās pirolīzes eļļa („melns liķieris”)? Kā to iegūst? Kāda ir ātrās pirolīzes procesa būtība? Kāpēc izmantojamajai biomasai jābūt sausai un ļoti sīki sasmalcinātai? Raksturojiet pirolīzes eļļas ieguves procesu, izmantojot 85. attēlā doto shēmu. Raksturojiet pirolīzes eļļas fizikāli ķīmiskās īpašības un tās izmantošanas iespējas.

Kas ir dimetilēteris? Ar ko DME ražošanas tehnoloģija atšķiras no F-T degvielas ražošanas tehnoloģijas? Kādas ir raksturīgākās DME degvielas īpašības? Kāpēc DME degvielai piejauc 0.5 % eļļošanas piedevas? Kādas izmaiņas jāveic parastā dīzeļmotora barošanas sistēmā, lai varētu izmantot dimetilēteri? Kas līdz šim ir kavējis DME plašāku ieviešanu ražošanā?

Raksturojiet ūdeņraža kā motordegvielas pielietošanas iespējas. Kādi ir ūdeņraža plusi un mīnusi? Kādu ūdeņradi pieņemts saukt par bioūdeņradi? Raksturojiet trīs metodes, kuras pamatā izmanto ūdeņraža kā motordegvielas ieguvei. Kura no šīm metodēm ir perspektīvākā? Izskaidrojiet ūdeņraža ražošanas procesu no biomasas ar termoķīmiskās konversijas metodi, izmantojot 86. attēlā doto shēmu.

Kādā temperatūrā ūdeņradis sašķīdinās? Kā notiek ūdeņraža ieguve no biomasas ar fermentācijas metodi? Kādā veidā no iegūtā ūdeņraža atdala ogļskābo gāzi? Kādus paņēmienus izmanto, lai ūdeņradi izmantotu kā motordegvielu automobiļos? Raksturojiet ūdeņraža degvielas elementu uzbūves un darbības principus. Kā automobilis tiek modificēts, lai tas varētu darboties ar ūdeņraža degvielas elementiem? Kā automobilis tiek modificēts, lai varētu darboties ar sašķīdinātu ūdeņradi? Kādos apstākļos ir efektīvāk izmantojams viens vai otrs no šiem paņēmieniem? Kādas ir perspektīvas ūdeņraža izmantošanai par degvielu automobiļos? Kādi ir galvenie faktori, kas kavē ātrāku tā ieviešanu?

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Šķēle A. u.c. Biogāzes ieguves tehnoloģija no lauksaimnieciskās ražošanas atlikumiem un komunālajiem atkritumiem un tās izmantošanas iespējas. Simpozija „Alternatīvā enerģija Latvijā” referātu krājums. 1999. g. 12. nov., Jelgavā. Jelgava: LLU, 1999. – 15.-22. lpp.
2. Graboski M.S., McCormick, R.L. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines // Prog. Energy Combust. 1998. Sci. Vol, 24, p. 125-164;
3. Labeckas G., Slavinskas S. Performance and emission characteristics of off-road diesel engine operating on rapeseed oil and ethanol blends. 6th International Scientific conference „Engineering for rural development”. Proceedings, Jelgava: LLU, 2007. – p. 146-152.
4. Maxwell T.T., Jones J.C. Alternative Fuels: Emissions, Economics and Performance. SAE, Warrendale, PA, USA, 1995. – 326 p.
5. LR programma „Biodegvielas ražošana un pielietošana Latvijā (2003.-2010.)”. Rīga, 2003.
6. European Union, 2004, European legislation published by the Official Journal of the European Union (internet: http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/_oj.html). European Union Publication Office, Brussels Belgium.
7. Impact of Biodiesel Fuels on Air Quality and Human Health. (ENVIRON International Corporation, Novato, California, 2003), NREL report number: NREL/SR-540-33793.
8. Gulbis V., Šmigins R. Biodegvielu ražošana kā jauna, perspektīva tautsaimniecības nozare. // Starptautiskās zinātniskās konferences „Tautsaimniecības attīstības iespējas un problēmas” rakstu krājums. Rēzekne, 2006, 397.-404. lpp.
9. Gulbis V., Smigins R. Development of biofuels in the transport sector of Latvia. // Proceedings of International Scientific Conference „World Bioenergy 2006”, Sweden, Jönköping, May 29 – June 1, 2006, p. 115-120.
10. Gulbis V., Birzietis G. Production and logistics of biofuels in agricultural process. International Conference „Progressive, ecofriendly technological processes in agricultural engineering”, Proceedings, Lithuania, September 19-20, 2002. Raudondvaris, 2002. – p. 64-69.
11. Gulbis V., Šmigins R. Pirmais biodīzeļdegvielas autobuss Rīgas ielās. „Enerģija un pasaule”, Rīga, 2002, Nr. 9. – 12.-18. lpp.
12. Gulbis V., Birzietis G. Par biodīzeļdegvielas kvalitāti, lai tuvinātu biodīzeļdegvielas īpašību kopumu fosilās dīzeļdegvielas īpašībām. Rīga: SIA Uzņēmumu vadības institūts, 2006. - 116 lpp.
13. Kalniņš A. Biodegvielu ražošanas un izmantošanas iespējas Latvijā. Saimnieciski-ekonomiskais vērtējums. Rīga: LR EM, 2005. - 167 lpp.
14. Kalniņš A. Par bioetanolā pielietošanas iespēju paplašināšanu transportā. Rīga: Latvijas biodegvielas asociācija, 2006. - 128 lpp.

15. Kalniņš A. Biogāzes iespējas un tās kā transportlīdzekļu degvielas izmantošana. Rīga: LR EM, 2007. - 95 lpp.
16. Pauls N., Kemnitz D. Biofuels. Berlin: WPR, Communication, 2006. - 65 p.
17. Žūriņš A. Sintēzes gāze – izejviela automobiļu degvielai un ķīmiskajai rūpniecībai. „Meža dzīve”, 1996, Nr. 12. - 10. lpp.
18. Hamelinck C.N., Faaij A.P.C., den Uil H. and Boerrigter H. Fisher – Tropsh Products from Biomass: system study and routing to implementation – preliminary results. In Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste, Brigevater A.V. (ad.), Newbury, United Kingdom, 2003. – p. 501-511.
19. Bentzen J.D., Hummelshoj R.M., Elmegaard B., Hentiksen U.. Low Tar and High Efficient Gasification Concept. University of Twente, Netherlands. Proceedings of the ECOS Conference, 2000. – p. 227.
20. Gobel B., Henriksen U., Jensen T.K.. „Status-2000 Hour of Operation with the Viking Gasifier”. Proceedings of the 2. International Biomass Conference, Rome, 2004. – p. 426-431.
21. Knoef H.A.M., B. Van der Aa. Development of low-cost, reliable wood gasifier plant for rural application. Proceedings of the First International Conference „Biomass for energy and industry”, Seville, Spain, 2000. – p. 591-599.
22. Alternative Diesel Fuels. Edited by Daniel J.Holt, SAE, Warrendale, USA, 2004. - 271 p.
23. Gulbis V., Šmigins R., Dukulis I. Expierence of biofuel introduction in Latvia. 6th International Scientific Conference „Engeering for rural development”, Proceedings, Jelgava, 2007. – p. 12.-18.
24. Ķirsis M. Spēkratu ekspluatācijas materiāli. Jelgava: LLU, 2007. - 200 lpp.
25. Seržāne R., Strēle M., Zihmane K., Gudriniece E. Augu eļļas kā izejviela dažādu vērtīgu produktu ražošanai. V Starptautiskā zinātniski praktiskā konferences „VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI.” rakstu krājums, Rēzekne, 2005. – 288.-295. lpp.
26. Peterson C.L., Thompson J.C., Taberski J.S., Reece D.L., Fleischman G. Long – Range On – Road Test with Twenty-percent Rapeseed Biodiesel. Applied Engineering in Agriculture, 1999, Vol 15(2). p. 91-101.
27. De Vita A., Alaggio M. Effects of Biodiesel on performance, emissions, injection and combustion charakteristics of diesel fuel engine. Proceedings of 1-st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5 – 9 June, 2000. p. 341-349.
28. Smigins R., Gulbis V., Aizsils G. Impact of methyl esters on fuel injection system of a compression ignition engine // Proceedings of International Scientific Conference ”Agricultural engineering problems”, Latvia, Jelgava, June, 2-3, 2005. – p. 94-98.

29. Berjoza D., Gulbis V., Birzietis G. Automašīna jaudas pētījumi, izmantojot dažāda sastāva biodeģvielas. Proceedings of International Scientific Conference "Motor Vehicle, Logistics, Alternative fuels". Jelgava, Latvia, 2003. – pp. 31-35.
30. Gudriniece E., Strēle M., V.Skuiņš. Dabai draudzīgas biodīzeļdeģvielas ražošanas iespējas Latvijā. IV Starptautiskās zinātniski praktiskās konferences „Vide. Tehnoloģija. Resursi” materiāli, Rēzekne, 2003. – 327. lpp.
31. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal of the European Union, L123/42, 17.5.2003. Eiropas parlamenta un padomes direktīva 2003/30/EK (2003. gada 8. maijs) par biodeģvielu un citu atjaunojamo veidu deģvielu izmantošanas veicināšanu transportā.
32. E. van Thuijl, C.J. Roos, L.W.M. Beurskens. An Overview Of Biofuel Technologies, Markets And Policies In Europe. Energy research Centre of the Netherlands. ECN-C--03-008. January 2003. – 64 p.
33. „Biodiesel in bus fleets”. The Kreiswerke Heinsberg's GmbH and Stadtwerke Neuwied's experience. UFOP, Bonn, 2000, [http://www.ufop.de/downloads/RZ-Ufop-Bus-engl\(1\).pdf](http://www.ufop.de/downloads/RZ-Ufop-Bus-engl(1).pdf).
34. Krahel, J., A. Munack, M. Bahadir, L. Schumacher, and N. Elser. Review: Utilization of Rapeseed Oil, Rapeseed Oil Methyl Ester or Diesel Fuel: Exhaust Gas Emissions and Estimation of Environmental Effects. International Fall Fuels and Lubricant Meeting. San Antonio, 1996, TX. SAE Paper No. 962096.
35. Biodiesel from vegetable oils
(<http://www.greenhouse.gov.au/transport/comparison/pubs/2ch4.pdf>).
36. DfT Biofuels Evaluation – Final Report of Test Programme to Evaluate Emissions Performance of Vegetable Oil Fuel on Two Light Duty Diesel Vehicles
(<http://www.dft.gov.uk/rmd/project.asp?intProjectID=11610>).
37. BABO British Association for BioFuels and Oils (Emissions from Liquid Biofuels)
(http://www.biodiesel.co.uk/emissions_from_liquid_biofuels.htm).
38. Gulbis V., Šmigins R., Grundulis A., Zihmane K. Biodeģvielu ietekme uz dīzeļmotora darba parametriem”, Starptautiskās zinātniskās konferences „Modernas tehnoloģijas enerģijas ieguvei un efektīvai izmantošanai”, rakstu krājums, Jelgava, 2004. – 72-76. lpp.
39. EUR 22066 – Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. – 40 p.
40. Peterson, C.L., Thompson, J.C., Taberski, J.S., Reece, D.L., Fleischman, G. (1999) Long range on road test with twenty percent rapeseed biodiesel. SAE Paper No. 98301. Idaho Agricultural Experiment station.
41. Peterson, C.L., Reece, D.L. Emissions characteristics of ethyl and methyl ester of rapeseed oil compared with low sulfur diesel control fuel. University of Idaho, 1995. – p. 188-197.

42. Gulbis V., Birzietis G. Biodegvielu izmantošana traktoros, automobiļos un koģenerācijas motorstacijās. Simpozija "Alternatīvā enerģija Latvijā" referātu krājums. Jelgava: LLU, 1999. – 31.-37. lpp.
43. Gulbis V., Birzietis G., Berjoza D. Present state and future prospects of biodiesel in Latvia. International Scientific Conference "Safe and economical agricultural technologies", Proceedings, Priekuli, Latvia, 2002. – p. 162-164.
44. Prankl H., Schnidlbauer H. Oxidation Stability of fatty acid methyl esters. 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, Würzburg, Germany, 1998. – p. 226-235.
45. Biodiesel Handling and Use Guidelines U.S. Department of Energy. DOE/GO-102006-2358 Third Edition, September 2006.
46. Šmigins R., Gulbis V. Biodīzeļdegvielas pielietošana autobusos. Starptautiskās konferences „Spēkrati. Loģistika. Alternatīvās degvielas.” Rakstu krājums, Jelgava, 2003. – 73.-78. lpp.
47. Pokorný Z., Cvangroš J. Biodiesel and bioethanol in Czech Republic and Slovak Republic present state, production perspectives and utilization, Biomass for energy and industry C.A.R.M.E.N. 21.08.2001. p. – 549-551.
48. Prunkl H., Wörgetten M. Standardisation of biodiesel on a European level: 2-nd European Motor Biofuels Forum, Brussels 1999. 10-13 october. – p. 71-79.
49. Gulbis V., Šmigins R. Pirmais biodīzeļdegvielas autobuss Rīgas ielās. „Enerģija un pasaule.”, 2002, Nr. 5. – 8.-13. lpp.
50. Körbitz W. World – wide Trends in Production and Marketing of Biodiesel. Austrian Biofuels Institute, Austria, Vienna, 2000. – 30 p.
51. Kalniņš I., Berjoza D. Spēkratu atgāzu toksiskums izmantojot dažāda sastāva biodegvielu. Starpt. zin. konfer. “Spēkrati, loģistika un alternatīvās degvielas” Raksti, Jelgava, 2003. – 66.-69. lpp.
52. Gulbis V., Šmigins R. Biodīzeļdegvielas pielietošanas ekoloģiskā ietekme. V Starpt. zin. konfer. „VIDE. TEHNOLOĢIJA. RESURSI.” Rēzeknes augstskola. Rakstu krājums, Rēzekne, 2005. – 243.-248. lpp.
53. Šmigins R. Biodīzeļdegvielas un tās maisījumu ietekme uz motora darba parametriem. Rīga: RTU, 2006. – 186 lpp.
54. Calis, H.P.A.; Haan, H.; Boerrigter, H.; Broek, R. van den; Drift, A. van den; Faaij; A.P.C.; Pepkin, G.; Venderbosch, R.J. Preliminary technoeconomic analysis of large-scale synthesis gas manufacturing from imported biomass feedstock, in Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste (PGBW), Brigevater, A.V. (ed.), Newbury, United Kingdom, 2003, p. 403-417.
55. Boerrigter, H.; Uil, H. Den; Calis, H.-P. Green diesel from biomass via Fischer-Tropsch synthesis: new insights in gas cleaning and process design, in: PGBW, p. 371-383.

56. Bergman, P.C.A.; Paasen, S.V.B. van; Boerrigter. H. The novel „OLGA” technology for complete tar removal from biomass producer gas, in: PGBW, p. 347-346.
57. Daey Ouwens C., Küpers G.R., Broek R. van den, Schonewille J.W. Large-scale Production of biomass-derived Fischer-Tropsch Liquid in the Rotterdam Harbor area- a case study. In PGBW, p. 445-456.
58. Operation on hydrogen (spark – ignition engines). (<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=13412613>).

Pārejas koeficientu tabulas starp SI mērvienību un ārpus sistēmas mērvienībām

Spiediens

Mērvienības	$\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ (mm H ₂ O)	mm Hg	Normālais atmosfēras spiediens	$\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ (at)	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	bars
1 $\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ (1 mm H ₂ O)	1	0,0736	$0,968 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	9,80665	$98,1 \cdot 10^{-6}$
1 mm Hg	13,6	1	$1,316 \cdot 10^{-3}$	$13,6 \cdot 10^{-4}$	133,3	$1,333 \cdot 10^{-3}$
1 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ (at)	10^4	735,6	0,968	1	$98,1 \cdot 10^3$	0,981
1 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	0,102	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$	$10,2 \cdot 10^{-6}$	1	10^{-5}
1 bars	$10,2 \cdot 10^3$	750	0,987	1,02	10^5	1

Enerģija

Mērvienības	kgf · m	kcal	kWh	J
1 kgf · m	1	$\frac{1}{427} = 0,00234$	$2,72 \cdot 10^{-6}$	9,81
1 kcal	427	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	4186,8
1 kWh	$367,10^3$	860	1	$3,6 \cdot 10^6$
1 J	0,102	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,278 \cdot 10^{-6}$	1

Jauda

Mērvienības	$\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	kW	ZS
1 $\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}}$	1	8,43	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$13,33 \cdot 10^{-3}$
1 $\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	$367 \cdot 10^3$	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,58 \cdot 10^{-2}$
1 kW	102	860	1	1,36
1 ZS	75	632	0,736	1

1. pielikuma turpinājums

Blīvums

Mērvienības	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}$
1 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	1	0,102
1 $\frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}$	9,81	1

Īpatnējais svars

Mērvienības	$\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
1 $\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$	1	9,81
1 $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$	0,102	1

Īpatnējais siltums

Mērvienības	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{deg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{deg}}$
1 $\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{deg}}$	1	4,1868
1 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{deg}}$	0,239	1

Mērvienības pārvēršanas tabula

Measurement Mērtījumi	When you know:	Ja mērtījums dots:	You can find:	Mērtījums jāpārvērš:	If you multiply by: Jāreizina ar:
Lenght Garums	inch (in) foot (ft) yard (yd) mile (mi) milimeter (mm) centimeter (cm) meter (m) kilometer (km)	collās. ” pēdās, ft jardos, yd jūdzes, mi milimetros, mm centimetros, cm metros, m kilometros, km	milimeter (mm) meter (m) meter (m) kilometer (km) inch (in) inch (in) yard (yd) mile (mi)	milimetros, mm metros, m metros, m kilometros, km collās. ” collās. ” jardos, yd jūdzes, mi	25.4 0.3 0.9 1.6 0.04 0.39 1.09 0.6
Pressure Spiediens	pounds per square inch (psi) kilopascal (kPa)	mārciņās uz kvadrātcollu, psi kilopaskālos. kPa	kilopascal (kPa) pounds per square inch (psi)	kilopaskālos. kPa mārciņās uz kvadrātcollu, psi	6.89 0.145
Power Jauda	horsepower (hp) kilowatt (kW)	zirgaspēkos, Zs kilovatos, kW	kilowatt (kW) horsepower (hp)	kilovatos, kW zirgaspēkos, Zs	0.746 1.34
Torque Griezes moments	foot-pounds (ft-lb) Newton-meter (N·m)	pēdmārciņās, ft-lb ņūtonmetros, N·m	Newton-meter (N·m) foot-pounds (ft-lb)	ņūtonmetros, N·m pēdmārciņās, ft-lb	1.36 0.74
Volume Tilpums	quart (qt) liter (L) cubic inch (cu-in) liter (L) barel (ba) galon (ga)	kvarta, qt litros, L kubikcolla, cu-in litrs, L barels, ba galons, ga	liter (L) quart (qt) liter (L) cubic inch (cu-in) liter (L) liter (L)	litros, L kvarta, qt litros, L kubikcolla, cu-in litros, L litros, L	0.95 1.06 0.016 61.02 159 3.785
Mass Masa	ounce (oz) gram (g) pound (lb) kilogram (kg)	unce, oz grams, g mārciņa, lb kilograms, kg	gram (g) ounce (oz) kilogram (kg) pound (lb)	grams, g unce, oz kilograms, kg mārciņa, lb	28.35 0.035 0.45 2.20
Speed Ātrums	miles per hour (mph) kilometers per hour (km/h)	jūdzes stundā, mph kilometri stundā, km/h	kilometers per hour (km/h) miles per hour (mph)	kilometri stundā, km/h jūdzes stundā, mph	1.61 0.62

Spiediena dažādu mērvienību savstarpējās sakarības

psi	atm	collās H ₂ O	mm H ₂ O	cm H ₂ O	Oz/in ²	kg/cm ²	collās Hg	mm Hg	cm Hg	m Hg	bar	Pa (N/m ²)	kPa	Mpa
1.0	0.0681	27.71	703.8	70.38	16	0.0704	2.036	51.715	5.17	68.95	0.0689	6.895	6.895	0.0069
14.7	1.0	407.2	10.343	1.0343	235.1	1.033	29.92	760	76	1013	1.013	101.325	101.3	0.1013
0.361	0.00246	1.0	25.4	2.54	0.5775	0.00254	0.0735	1.866	0.187	2.488	0.00249	248.8	0.249	0.00025
0.001421	0.000097	0.0394	1.0	0.1	0.0227	0.0001	0.00289	0.0735	0.00735	0.098	0.000098	9.8	0.0098	0.00001
0.01421	0.00097	0.3937	10	1.0	0.227	0.001	0.0289	0.735	0.0735	0.98	0.00098	98	0.098	0.0001
0.0625	0.00425	1.732	43.986	4.4	1.0	0.004	0.1273	3.232	0.3232	4.31	0.004311	431	0.431	0.00043
14.22	0.968	394.1	100.01	1.001	227.6	1.0	28.96	735.6	73.56	980.7	0.981	98.067	98.07	0.0981
0.4912	0.03342	13.61	345.7	34.57	7.858	0.0345	1.0	25.4	2.54	33.86	0.0339	3.386	3.386	0.00339
0.019340	0.001316	0.536	13.61	1.361	0.31	0.00136	0.0394	1.0	0.1	1.333	0.001333	133.3	0.1333	0.000133
0.1934	0.01316	5.3358	136.1	13.61	3.1	0.0136	0.394	10	1.0	13.33	0.01333	1.33	1.333	0.00133
0.0145	0.000987	0.4012	10.21	1.021	0.2321	0.00102	0.0295	0.75	0.075	1.0	0.001	100	0.1	0.0001
14.504	0.987	401.9	10.21	1021	232.1	1.02	29.53	750	75	1	1.0	100	100	0.1
0.000145	0.00001	0.00402	0.102	0.0102	0.00232	0.00001	0.000295	0.0075	0.00075	0.01	0.00001	1.0	0.001	0.000001
0.14504	0.00987	4.019	102.07	10.207	2.321	0.0102	0.295	7.5	0.75	10	0.01	1	1.0	0.001
145.04	9.869	4019	102.074	10.207	2321	10.2	295.3	7500	750	10	10	1	1	1.0

Piezīme: psi – pounds per square inch (mārciņas uz kvadrātcollu) oz/in² – ounce per square inch (unce uz kvadrātcollu). **Secība:** 1) Uz vertikālās slejas vajadzīgajai mērvienībai atrod iedaļu „1.0”. 2) Uz horizontālās ailes atrod tai atbilstošās meklētās mērvienības. **Piemēram:** 1.0 kg/cm², aile pretī 1.0 atrodam 98.07 kPa vai 0.0981 MPa.



EIROPAS KOPIENU KOMISIJA

Briselē, 8.2.2006
COM(2006) 34 galīgā redakcija

Komisijas paziņojums

ES stratēģija biodegvielu jomā

{SEK(2006) 142}

SATURS

1.	IEVADS	3
2.	BIODEGVIELU POTENCIĀLA IZMANTOŠANA – STRATĒGISKA PIEEJA	4
2.1.	Pirmās paaudzes biodegvielas.....	4
2.2.	Otrās un turpmāko paaudžu biodegvielas	5
2.3.	Biodegvielas jaunattīstības valstīs	6
3.	BIODEGVIELAS STRATĒGIJA – SEPTIŅI POLITIKAS PAMATVIRZIENI	7
3.1.	Biodegvielu pieprasījuma stimulēšana.....	7
3.2.	Labvēlīgas ietekmes uz vidi nodrošināšana	9
3.3.	Biodegvielu ražošanas un izplatīšanas sistēmas veidošana	10
3.4.	Izejvielu krājuma paplašināšana	11
3.5.	Tirdzniecības iespēju veicināšana	12
3.6.	Atbalsts jaunattīstības valstīm.....	14
3.7.	Atbalsts pētījumiem un attīstība.....	15
1.	pielikums. Biodegvielu glosārijs	17
2.	pielikums. Biodegvielu situācija atsevišķās valstīs.....	18
3.	pielikums. Biodegvielu veicināšanas politika ārpuskopienas valstīs	19
4.	pielikums. Biodegvielu tirgus situācija	21
5.	pielikums. Tirdzniecība ar biodegvielām	24

1. IEVADS

Ir aprēķināts, ka Eiropas Savienībā 21% no siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisijas, kas veicina globālo sasilšanu, rada transports, un šī daļa aizvien pieaug. Lai sasniegtu ilgtspējīgas attīstības mērķus, jo īpaši siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisijas samazinājumu saskaņā ar Kioto protokola vienošanos, ir svarīgi rast veidus, kā samazināt transporta radīto emisiju.

Tā nav vienīgā problēma. Gandrīz visas ES transporta nozarē izmantotās enerģijas avots ir nafta. Apzinātie naftas krājumi ir ierobežoti un atrodas tikai dažos pasaules reģionos. Jaunas rezerves ir, bet vairumā gadījumu tās būs grūtāk izmantot. Tāpēc jautājums par enerģijas krājumu nodrošināšanu nākotnes vajadzībām ir ne tikai jautājums par atkarības samazināšanu no importa, bet paredz plašu politisko iniciatīvu spektru, tostarp avotu un tehnoloģiju diversifikāciju.²

ES jau veic virkni pasākumu. Transportlīdzekļu ražotāji izstrādā jaunus „tīrākus” modeļus ar ekonomiskāku degvielas patēriņu, kā arī strādā pie jaunām koncepcijām. Tiek uzlabots sabiedriskais transports un, kur tas iespējams, veicināta videi mazāk kaitīgu transporta veidu izmantošana.³ Ir jāturpina centieni samazināt enerģijas patēriņu transportlīdzekļos.

Jaunattīstības valstis saskaras ar līdzīgām un pat lielākām problēmām transportlīdzekļu patērētās enerģijas jomā. Naftas cenu kāpums slikti ietekmē šo valstu maksājumu bilanci, paļaušanās uz ievesto fosilo kurināmo rada neaizsargātību, un arī šīm valstīm ir jārisina uzdevums par siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisijas samazināšanu.

Neformālajā sammitā Hemptonkortā 2005. gada oktobrī Eiropas valstu un valdību vadītāji apstiprināja, ka enerģētikas politikai ES ir būtiska loma globalizācijas problēmas risināšanā, un lūdza Komisijai sagatavot priekšlikumus atjauninātas Eiropas enerģētikas politikai izstrādei. Pie būtiskiem šajos dokumentos ietveramiem jautājumiem pieder iespējas risināt Eiropas pārmērīgo atkarību no importētas naftas un gāzes un konsekvantas pieejas izstrāde pakāpeniskai šīs atkarības samazināšanai, pamatojoties uz plašu ekonomikas, vides un sociālās ietekmes analīzi.

Šai paziņojumā ir aplūkota nozīme, kas šādā kontekstā varētu būt biodegvielām. Tā kā biodegvielas ir no atjaunojama avota – biomasas – ražots produkts, tās ir tiešas transportlīdzekļu fosilā kurināmā aizstājējas, un tās var viegli integrēt degvielas padeves sistēmās. Biodegvielas, kā arī citus aizstājējus (sk. 2.1.), var izmantot kā alternatīvu transporta degvielu, tādējādi sagatavojoties turpmākiem jauninājumiem, piemēram, ūdeņradim.

Lai gan lielākā daļa biodegvielu joprojām ir dārgākas par fosilajiem kurināmiem, tās aizvien vairāk izmanto visā pasaulē. Lēš, ka politikas pasākumu ietekmē biodegvielas ražošanas apjoms pasaulē ir sasniedzis vairāk nekā 35 miljardus litru.

ES atbalsta biodegvielas, lai samazinātu siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisijas, veicinātu transportlīdzekļu degvielu dekarbonizāciju, radītu daudzveidīgus degvielas avotus un veidotu ilgtermiņa aizstājējus fosilajai naftai. Paredzams, ka biodegvielas ražošana radīs iespēju dažādot ienākumu avotus un nodarbinātību lauku rajonos. Sakarā ar Komisijas plānoto Biodegvielas direktīvas⁴ pārskatīšanu 2006. gada beigās uzmanība tiks pievērsta jautājumiem

² Kā uzsvērts Zaļajā grāmatā „Eiropas Energoapgādes drošības stratēģija”, KOM(2000) 769 galīgais.

³ Sk. Balto grāmatu par Eiropas transporta politiku 2010. gadam, KOM(2001) 370 galīgais.

⁴ 2003. gada 8. maija Direktīva 2003/30/EK par biodegvielas un citu atjaunojamo degvielu izmantošanas veicināšanu transportā (OV L 123, 17.5.2003.).

par izmaksu lietderību, plānotajiem mērķiem pēc 2010. gada un biodegvielu kopējās ietekmes uz vidi novērtējumu un monitoringu.

Biodegvielu ražošana no piemērotām rūpniecības izejvielām varētu dot labumu videi un ekonomikai arī daudzās jaunattīstības valstīs, radīt papildu darba vietas, samazināt rēķinus par ievesto enerģiju un radīt potenciālus eksporta tirgus. Jo īpaši ekonomiski pamatota alternatīva dažām cukura ražotājām valstīm, ko skārusi ES cukura režīma reforma, varētu būt bioetanolā ražošana.

Šis paziņojums papildina Rīcības plānu par biomasas izmantošanu⁵, un tam ir pievienots ietekmes novērtējums, kurā izklāstīti dažādi politiski risinājumi. Pamatojoties uz novērtējumu, Komisija iesaka regulēta tirgus pieeju, kas atbilst ietekmes novērtējuma 2. variantam, atspoguļo esošās zināšanas un paver ceļu attīstībai nākotnē. Šajā variantā jo īpaši atbalstīta līdzsvarota pieeja tirdzniecības sarunās par biodegvielām, esošo lauksaimniecības, lauku attīstības un kohēzijas politikas instrumentu izmantošana un saskaņotas palīdzības sistēmas izstrāde jaunattīstības valstīm. Lai gan esošās tehnoloģijas patlaban ES nedod konkurētspējīgus risinājumus izmaksu ziņā, guvumiem no atbalsta biodegvielu attīstībai tās vajadzētu atsvērt. Izmaksu līdzsvarošanā turpmāku ieguldījumu varētu piedāvāt otrās paaudzes biodegvielu izstrāde, kur būtiska nozīme ir pētniecībai un attīstībai. Paturot prātā jautājumu komplekso, transversālo un dinamisko raksturu, ir izvēlēta stratēģiska pieeja, kuras ietekme tiks rūpīgi pārraudzīta. Attīstoties biodegvielu tirgum, atbilstošās izmaiņas tiks apspriestas un iekļautas stratēģijā.

2. BIODEGVIELU POTENCIĀLA IZMANTOŠANA – STRATĒĢISKA PIEEJA

Nesen pieņemtajā Rīcības plānā par biomasas izmantošanu jau ir ietverti vairāki pasākumi, ko veiks, lai veicinātu visu veidu biomasas izmantošanu atjaunojamas enerģijas ražošanai. Šajā paziņojumā ir izklāstīta **ES stratēģija biodegvielu jomā**, kurai ir trīs mērķi:

- lai veicinātu biodegvielu ražošanu un izmantošanu ES un jaunattīstības valstīs, nodrošināt, ka to ražošana un izmantošana pasaules mērogā labvēlīgi ietekmē vidi un sekmē Lisabonas stratēģijas mērķu īstenošanu, ņemot vērā konkurētspējas apsvērumus;
- radīt pamatu plašai biodegvielu izmantošanai, uzlabojot to izmaksu konkurētspēju, optimizējot to izstrādi no specializētām izejvielām, veicot pētījumus „otrās paaudzes biodegvielu” jomā un atbalstot šo produktu izplatīšanos tirgū, paplašinot paraugprojektus un novēršot netehniskus šķēršļus;
- izpētīt iespējas, kas paveras jaunattīstības valstīm – tostarp tām, ko skārusi ES cukura režīma reforma, – biodegvielas izejvielu un biodegvielu ražošanā, un norādīt, kāda loma varētu būt ES, nodrošinot atbalstu ilgtspējīgas biodegvielas ražošanai.

2.1. Pirmās paaudzes biodegvielas

Pirmās paaudzes biodegvielas zemās procentuālās koncentrācijās tagad var piejaukt parastajām degvielām lielākajā daļā transportlīdzekļu un tās var izplatīt, izmantojot esošo infrastruktūru. Dažus dīzeļdegvielas transportlīdzekļus var darbināt ar 100% biodīzeļdegvielu (B100), un daudzās pasaules valstīs jau ir pieejami „elastīgas degvielas” transportlīdzekļi. Tāpēc vienkāršākais veids, kā transporta nozarē nekavējoties sākt īstenot Kioto protokola

⁵ KOM(2005) 628, pieņemts 2005. gada 7. decembrī.

mērķus, ir aizstāt daļu dīzeļdegvielas vai benzīna ar biodegvielu, jo īpaši ņemot vērā, ka ieguvumi attiecas uz visu autoparku. Dīzeļdegvielas aizstājēja izstrāde Eiropai ir īpaši svarīga, jo šobrīd ES dīzeļdegvielu tikai iaved, bet naftu eksportē.

Tomēr, pat izmantojot jaunākās tehnoloģijas, ES ražoto biodegvielu cenas apgrūtinās to konkurētspēju ar fosilo kurināmo. Ņemot vērā šodien pieejamās tehnoloģijas, ES ražotā biodīzeļdegviela būs cenu līdzsvarā ar naftu, ja naftas cenu kāpums sasniegs ap 60 EUR par barelu, turpretim bioetanols konkurē ar naftas cenām, ja tās sasniedz ap 90 EUR par barelu.

Biodegvielas var izmantot kā transporta degvielas alternatīvas. Tāpat šim nolūkam piemērota ir sašķidrinātā dabasgāze, saspiestā dabasgāze, sašķidrinātā naftas gāze un ūdeņradis. Tomēr pašreiz pieejamo biodegvielu izmantošanas veicināšanu var vērtēt kā starppasākumu, lai samazinātu siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisiju, lai dažādotu transportlīdzekļu enerģijas avotus un lai sagatavotu ES ekonomiku citu, vēl pilnībā neizstrādātu iespēju izmantošanai transporta nozarē. Aktīvi pievienojoties kopējai attīstības tendencei, kas vērsta uz biodegvielu izmantošanu, un nodrošinot to ilgtspējīgu ražošanu, ES var izmantot un eksportēt savu pieredzi un zināšanas, vienlaikus veicot pētījumus, lai arī turpmāk nodrošinātu mūsu ieņemto vietu tehniskā progresa avangardā. Konkrēta ES stratēģija arī veicinās ražošanas cenu pazemināšanos.

Lai biodegvielas stratēģija būtu veiksmīga, īpaši svarīgs ir nodrošinājums ar izejvielām. Tāpēc daži kopējās lauksaimniecības politikas noteikumi tiks pārskatīti un vajadzības gadījumā pielāgoti. Sagaidāmais pieaugums biodegvielu tirdzniecības kopapjomā pasaules līmenī arī sekmēs stabilākas piegādes ES un citās pasaules daļās.

Alternatīvu degvielu ražošanu celtniecība, jaunu dzinēju tipu ieviešana un degvielas izplatīšanas sistēmas pielāgošana ir saistīta ar ilgtermiņa investīcijām, kurām ir vajadzīga stabila tirgus pieprasījuma perspektīva. Tas nozīmē, ka pasākumi, kas attiecas uz piegādi, jāpapildina, ieviešot efektīvu tirgus stimulu sistēmu. Vidējā posmā būs vajadzīgas papildu investīcijas jaunu tehnoloģiju un izejvielu ieviešanai dzīvē. Ja „otrās paaudzes” procesus izdosies darīt komerciāli efektīvus, aizvien lielāka loma būs mežsaimniecības produktiem un atkritumiem.

Lai gūtu lielāko labumu no šodienas un nākotnes iespējām, Komisija ir apņēmusies stimulēt pirmās paaudzes biodegvielu tirgu, kuru papildinās jaunās ienākošās tehnoloģijas.

2.2. Otrās un turpmāko paaudžu biodegvielas

Viena no daudzsološākajām otrās paaudzes biodegvielu tehnoloģijām – lignocelulozes apstrāde – jau ir krietni progresējusi. ES ir izveidotas trīs eksperimentālās ražotnes (Zviedrijā, Spānijā un Dānijā). Starp citām tehnoloģijām biomasas pārvēršanai šķidrajā biodegvielā (Bdv) var minēt Fišera-Tropša (*Fischer-Tropsch*) biodīzeļdegvielu un bio-DME (dimetilēteri). Paraugražotnes atrodas Vācijā un Zviedrijā.

Sintētisko dabasgāzi var ražot kā no fosiliem, tā arī no atjaunojamiem avotiem. Izmantojot atjaunojamo sintētisko dabasgāzi, var ievērojami samazināt CO₂, un tās ražošanas uzsākšana varētu būt izšķirošs solis, lai radītu citas gāzveida degvielas.

Augsta līmeņa darba grupa *CARS 21*⁶ ir norādījusi, ka otrās paaudzes biodegvielas ir īpaši daudzsološas, un ir ieteikusi nopietni atbalstīt to izstrādi. Grupa arī secina, ka, veidojot

⁶ Augsta līmeņa grupu *CARS 21* nodibināja viceprezidents Ferhoigens konkurences problēmu apspriešanai Eiropas automobiļu rūpniecībā. 2005. gada 12. decembrī tā pieņēma ziņojumu, kas atrodams <http://www.europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/competitiveness/cars21finalreport.pdf>.

nākotnes politiku, būtu jāņem vērā un jāatspoguļo dažādo biodegvielu tehnoloģiju un ražošanas procesu radītās priekšrocības klimata pārmaiņu samazināšanā.

Gatavojoties plaši izmantot rentablu biodegvielu, ir jāveic ilgstoši pētījumi un izstrādes, lai jaunajām tehnoloģijām nodrošinātu panākumus. Būtisku ieguldījumu šo mērķu sasniegšanā var sniegt Eiropas biodegvielu tehnoloģiju platforma un citas tehnoloģiju platformas. Ir jāstimulē darbs specializētu izejvielu izstrādāšanā un biodegvielu ražošanai izmantojamo izejvielu spektra paplašināšanā.

Lai veicinātu labākās prakses izplatību un sekmētu ilgtermiņa privātos ieguldījumus, būs vajadzīgas visu ieinteresēto pušu partnerattiecības. Eiropas Investīciju banka varētu palīdzēt ekonomiski dzīvotspējīgu projektu attīstīšanā un paplašināšanā.

Attīstība tiks pārraudzīta ES līmenī, lai atbalstītu paraugprojektu pārveidi komercprojektos, kad tas kļūs lietderīgi. Vienlaikus ir jāgarantē visu jauno procesu radītās priekšrocības videi, un jānovērš tehniskie šķēršļi, kas kavē tos ieviest.

Progresīvas biodegvielu tehnoloģijas varētu būt par pamatu atjaunojamā ūdeņraža ražošanai, perspektīvā solot transportlīdzekļus, kas praktiski nerada emisijas. Tomēr ūdeņraža degvielas elementiem ir vajadzīga jauna dzinēju tehnoloģija, kā arī to ieviešana ir saistīta ar lieliem ieguldījumiem uzņēmumos ūdeņraža ražošanai un jaunas izplatīšanas sistēmas veidošanu. Šai sakarā ir rūpīgi jāizvērtē ūdeņraža ilgtspēja. Tāpēc jebkura pārorientēšanās uz ūdeņraža transportlīdzekļiem būtu rūpīgi jāizvērtē no plašas ilgtermiņa stratēģijas viedokļa.

2.3. Biodegvielas jaunattīstības valstīs

Tropu vidē biomasa ir visproduktīvākā, un biodegvielu, jo īpaši etanola, ražošanas izmaksas daudzās jaunattīstības valstīs ir salīdzinoši zemas. No cukurniedrēm ražotais bioetanols šodien konkurē ar fosilo kurināmo Brazīlijā, kas ir pasaulē vadošā bioetanola ražotājvalsts. Turklāt fosilās enerģijas patēriņš etanola ražošanai no cukurniedrēm ir daudz zemāks nekā Eiropā ražotajam etanolam, tādēļ attiecīgais emisiju samazinājums ir lielāks. ES šodien ir galvenā biodīzeļdegvielas ražotāja, un tās tirdzniecības apjoms ir neievērojams. Jaunattīstības valstīs, tādās kā Malaizija, Indonēzija un Filipīnas, kur pašlaik ražo biodīzeļdegvielu iekšējā tirgus vajadzībām, viegli varētu izveidoties eksporta potenciāls.

Biodegvielu ražošana varētu pavērt iespējas lauksaimniecības dažādošanai, samazināt atkarību no fosilā kurināmā (galvenokārt no naftas) un ilgtspējīgā veidā veicināt ekonomikas izaugsmi. Bet, tā kā pastāv bažas par vides, ekonomikas un sociālajiem jautājumiem, ir jāņem vērā atšķirības starp jaunattīstības valstīm.

Atšķirīgās biodegvielu ražošanas un izmantošanas perspektīvas jaunattīstības valstīs ir saistītas ar ražotajiem izejvielu veidiem un daudziem ekonomiskiem faktoriem. Svarīgs noteicējs biodegvielas ražošanai iekšējam tirgum ir naftas cenas pasaules tirgū. Citi nozīmīgi faktori ir i) ražošanas potenciālais apjoms, ii) valsts vai reģionālā tirgus apjoms, iii) vajadzīgie ieguldījumi infrastruktūrā, iv) politiskās iekārtas sniegtais atbalsts, v) eksporta iespējas (ES, ASV, Japāna, Ķīna) un vi) biodegvielas ražošanā izmantojamo izejvielu tirgus cenas.

Valstīs, kur sagaidāma plaša izejvielu ražošanas attīstība, vides apsvērumi ir saistīti ar spiedienu uz ekoloģiski jutīgām teritorijām, tādām kā tropu meži. Ir izteiktas bažas arī par ietekmi uz augsnes auglību, ūdens pieejamību un kvalitāti, un pesticīdu izmantošanu. Sociālo ietekmi saista ar potenciālu vietējās sabiedrības izaršanu un konkurenci starp biodegvielu un pārtikas ražošanu. Šie jautājumi ir īpaši jāpēta un jāvērtē, un vajadzības gadījumā jārisina ar stingriem reglamentējošiem noteikumiem. ES attīstības politikas mērķis būs palīdzēt attiecīgām jaunattīstības valstīm likt lietā biodegvielas radītās priekšrocības, attiecīgi rodot risinājumus iepriekšminētajām problēmām.

3. BIODEGVIELU STRATĒGIJA – SEPTIŅI POLITIKAS PAMATVIRZIENI

Šajā nodaļā ir aprakstīti septiņi politikas pamatvirzieni, saskaņā ar kuriem ir sagrupēti Komisijas plānotie pasākumi biodegvielu ražošanas un izmantošanas veicināšanai.

3.1. Biodegvielu pieprasījuma stimulēšana

Komisija strādās šādos virzienos:

- 2006. gadā sniegs ziņojumu, vajadzības gadījumā paredzot Biodegvielu direktīvu pārskatīšanu. Šajā ziņojumā *inter alia* tiks risināti jautājumi par valsts mēroga mērķu noteikšanu attiecībā uz biodegvielas tirgus daļu, par saistībām izmantot biodegvielu un par ilgtspējīgas ražošanas nodrošināšanu;
- rosinās dalībvalstis labvēlīgi izturēties pret otrās paaudzes biodegvielām, pildot saistības par biodegvielu izmantošanu;
- veicinās, lai Padome un Eiropas Parlaments steidzīgi apstiprinātu nesen pieņemto tiesību aktu projektu par nekaitīgu un efektīvu transportlīdzekļu iepirkumu, tostarp tādu, kuros izmanto augstas koncentrācijas biodegvielas.

2001. gadā Komisija pieņēma paziņojumu un tiesību akta projektu par alternatīvas degvielas izmantošanu ceļu transportlīdzekļos, kur noteica trīs galvenos degvielas veidus (biodegvielas, dabasgāze un ūdeņradis), kam ir attīstības potenciāls.⁷ Grozītus tiesību aktu projektus pieņēma 2003. gadā.

Biodegvielu direktīvā⁸ „kontrolskaitlis” ir 2% tirgus daļa biodegvielai 2005. gadā un 5,75 % tirgus daļa 2010. gadā. Lai īstenotu šo direktīvu, daudzās dalībvalstīs izmanto atbrīvojumus no degvielas nodokļiem, kurus veicina **Enerģijas nodokļu sistēmas direktīva**.⁹ Dažas dalībvalstis nesen ieviesa saistības biodegvielas izmantošanas jomā, pieprasot, lai degvielas piegādes uzņēmumi pievienotu noteiktu biodegvielas daļu valsts tirgū laistajai degvielai.

2005. gada plānotā biodegvielu 2 % tirgus daļa nav sasniegta. Ņemot vērā dalībvalstu noteiktos mērķus, sasniegtā biodegvielu tirgus daļa, visticamāk, nepārsniedz 1,4 %. Septiņos gadījumos, kad dalībvalstis nepamatoti ir noteikušus pārāk pieticīgus mērķus, Komisija ir uzsākusi pārkāpumu izmeklēšanas procedūru.

2006. gadā Komisija sniegs **ziņojumu** par Biodegvielu direktīvas īstenošanu, kurā vajadzības gadījumā būs paredzēta tās pārskatīšana. Ziņojumā *inter alia* tiks risināti šādi jautājumi:

- valsts mēroga mērķi attiecībā uz biodegvielu tirgus daļu,
- biodegvielas saistību izmantošana,
- prasība, lai mērķa sasniegšanā tiktu ieskaitīta tikai tā biodegviela, kas ES un ārpuskopienas valstīs tiek ražota, ievērojot ilgtspējas minimālās normas.

⁷ Paziņojums par alternatīvām degvielām ceļu transportam un biodegvielu izmantošanas veicināšanu; KOM(2001) 547.

⁸ 2003. gada 8. maija Direktīva 2003/30/EK par biodegvielas un citu atjaunojamo degvielu izmantošanas veicināšanu transportā (OV L 123, 17.5.2003.).

⁹ Padomes 2003. gada 27. oktobra Direktīva 2003/96/EK, kas pārkārto Kopienas noteikumus par nodokļu uzlikšanu energoproduktiem un elektroenerģijai (Dokuments attiecas uz EEZ) (OV L 283, 31.10.2003.).

Sertifikātu sistēma jāpiemēro bez diskriminācijas gan iekšzemes tirgū ražotajai, gan ievestajabiodegvielai, kā arī jānodrošina tās atbilstība PTO noteikumiem.

Saistības izmantot biodegvielu šķiet daudzsološs veids, kā pārvarēt grūtības nodokļu atbrīvojuma jomā. Tās arī veicina labvēlīgu apstākļu radīšanu biodegvielām, kuru ražošanā rodas mazāk siltumnīcefektu izraisošo gāzu, un Komisija to vēlētos sekmēt.

Saskaņā ar **Enerģijas nodokļu sistēmas direktīvu** dalībvalstis noteiktos apstākļos var samazināt nodokļus vai paredzēt nodokļu atvieglojumus biodegvielu atbalstam. Šie nodokļu atvieglojumi ir uzskatāmi par valsts atbalstu, ko nedrīkst īstenot bez iepriekšējas Komisijas sniegtas atļaujas. Komisijas novērtējums ir vajadzīgs, lai novērstu konkurences izkropļojumus, un tas veidots, par pamatu ņemot Kopienas vadlīnijas par valsts atbalstu vides aizsardzībai.¹⁰ Vadlīnijās ir ņemtas vērā no biomasas ražotās enerģijas priekšrocības salīdzinājumā ar enerģiju, kas iegūta no fosilajām degvielām.

Šī novērtējuma mērķis ir arī nodrošināt, lai kompensācija nebūtu pārmērīga atbilstīgi Enerģijas nodokļu sistēmas direktīvas prasībām. Tā kā ražošanas izmaksas ir atšķirīgas, jo īpaši bioetanolam, Komisija pēta, cik lielā mērā var pilnveidot juridiskos instrumentus, lai to ņemtu vērā, vienlaikus ievērojot tirdzniecības noteikumus.

Biodegvielas piegādes (visdažādāko) saistību saderība ar nodokļu atvieglojumiem ir rūpīgi jānovērtē. Var paredzēt, ka saistību dēļ finansiālais atbalsts kļūs nevajadzīgs un ka varēs samazināt valsts atbalsta līmeni saskaņā ar principu, ka maksā piesārņotājs, kā arī izmantot Komisijas valsts atbalsta plānu, kas paredz mazāka, bet efektīvāka atbalsta sniegšanu.

Turklāt ir jānosaka tāda **stimulu** sistēma, kas būtu saistīta ar atsevišķu degvielu ekoloģiskajiem raksturlielumiem. Tas veicinātu un sekmētu tirgus un pieprasījuma diktētus pasākumus biodegvielu jomā. Piemēroti plānotie pasākumi varētu būt, piemēram, ekoloģisko sistēmu veicināšana transportlīdzekļu lietotājiem, ekomarķēšana, cenu diferenciācija, pieprasot maksu par emisijām un apliekot produktus ar nodokļiem, vides kvalitātes veicināšana, izglītojot un informējot patērētājus un ražotājus, tirgojamas atļauju shēmas, vides saistību izpildes garantijas, fondi un ekoloģiskā riska novērtējums bankas procedūrās.

Valsts un privātīpašumā esošie autoparki, kā arī lauksaimniecības mašīnu un kravas automobiļu parki, kur nodokļu atbrīvojumi vai samazinājumi ir izrādījušies īpaši veiksmīgi augstas koncentrācijas biodegvielas izmantošanas stimulēšanā, veido auglīgu tirgus vidi arvien plašākai biodegvielas izmantošanai. Zemnieku saimniecībām tagad ir pieejamas maza izmēra pārstrādes sistēmas un sēklu preses, ar kurām var ekonomiski ražot biodīzeļdegvielu no saimniecības atkritumiem vai eļļas augiem. Pilsētu un privātajiem autobusu parkiem parasti ir viens degvielas piegādes avots, tāpēc tur viegli var pārslēgties uz biodegvielas izmantošanu. Vēl viena joma, kur var turpināt stimulēt pieprasījumu pēc biodegvielām, ir zvejas flotes un kuģi, kas ir potenciāls biodīzeļdegvielas izmantošanas tirgus.

Valsts sektorā Komisija turpinās veicināt biodegvielu izmantošanu minētajās konkrētajās jomās. Tā ir iesniegusi Eiropas Parlamentam un Padomei priekšlikumu par direktīvu nekaitīgu ceļu transportlīdzekļu, tostarp tādu, ko darbina ar augstas koncentrācijas biodegvielu, veicināšanai.¹¹

¹⁰ OV C 37, 3.2.2001., 3. lpp., jo īpaši sadaļa E.3.3.

¹¹ KOM(2005) 634.

3.2. Labvēlīgas ietekmes uz vidi nodrošināšana

Komisija strādās šādos virzienos:

- izpētīs, kā biodegvielas izmantošanu var ieskaitīt sasniedzamajā CO₂ samazinājumā autoparkos;
- izpētīs un attiecīgā gadījumā ieteiks pasākumus, lai nodrošinātu, ka biodegvielas sniedz optimālas priekšrocības saistībā ar siltumnīcefektu izraisošām gāzēm;
- centīsies nodrošināt ilgtspējību biodegvielas izejvielu audzēšanā ES un trešās valstīs;
- izpētīs jautājumus par etanola, ētera un citu oksidēto savienojumu robežkoncentrāciju benzīnā, tvaiku robežkoncentrāciju benzīnā un biodīzeļdegvielas robežkoncentrāciju dīzeļdegvielā.

Komisija pēta, cik lielā mērā biodegvielas izmantošanu var ieskaitīt sasniedzamajā CO₂ samazinājumā autoparkos, pamatojoties uz vienošanos ar automobiļu ražotājiem par jaunu automobiļu radītās emisijas samazinājumu integrētās pieejas ietvaros. Komisija šobrīd pēta šīs pieejas dažādus variantus, pamatojoties uz *CARS 21* ziņojumu¹².

Lai nodrošinātu potenciālās priekšrocības videi, biodegvielas stratēģija jāvirza tā, lai 1) palielinātu no ieguldījumiem gūtās priekšrocības saistībā ar siltumnīcefektu izraisošām gāzēm, 2) izvairītos no vides kaitējuma, ko varētu radīt biodegvielu un to izejvielu ražošana, 3) garantētu, ka biodegvielu izmantošana neradīs vides vai tehniskas dabas problēmas.

- 1) Tagad, stimulējot biodegvielas izmantošanu, neņem vērā dažādu biodegvielu un to ražošanas veidu radītās priekšrocības saistībā ar siltumnīcefektu izraisošajām gāzēm. Siltumnīcefektu izraisīto gāzu priekšrocības sasaiste ar biodegvielas veicināšanas noteikumiem palīdzētu vairogt ieguvumu un nozarei ļautu saprast, cik svarīgi ir turpināt uzlabot ražošanas metodes. Tādā veidā degvielas un degvielas ražotāji varētu saņemt tirgus signālus turpmākai oglekļa emisiju samazināšanai transporta nozarē. Lai šāds mehānisms efektīvi darbotos, tas bez diskriminācijas ir jāpiemēro gan iekšzēmē ražotājiem, gan ievestajiem produktiem un jānodrošina tā pilnīga atbilstība PTO noteikumiem. Var izpētīt arī daudznacionālu pieeju saistībā ar tīras attīstības mehānismu, kas varētu garantēt tirdzniecības partneru iesaistīšanos. Biodegvielu direktīvā paredzētie stimuli tiks pārskatīti 2006. gadā.
- 2) Ir svarīgi, lai biodegvielu **izejvielu ražošanā**, kas pielāgota vietējiem apstākļiem, būtu ievērotas atbilstošās minimālās prasības. It īpaši bažas ir izraisījuši atmatā atstāto platību izmantošana sakarā ar potenciālo ietekmi uz bioloģisko daudzveidību un augsni un biodegvielu izejvielu audzēšana ekoloģiski neaizsargātās teritorijās. Risinot šos jautājumus, jāpievērš uzmanība, kur enerģijas kultūras kopumā iederētos augsekā, kā izvairīties no negatīvas ietekmes uz bioloģisko daudzveidību, ūdens piesārņojumu un augsnes noplicināšanu, kā arī no kaitējuma biotopiem un sugām teritorijās ar augstu dabas vērtību. Tomēr, kā to nosaka savstarpējās atbilstības noteikumu prasības saskaņā ar 2003. gada KLP reformu, ilgtspējas kritēriju ES ražošanā nevajadzētu attiecināt tikai uz enerģijas kultūrām, bet gan uz visu lauksaimniecībā izmantojamo zemi. Izvēloties kritērijus, ir jāņem vērā enerģijas kultūru audzēšanas sniegtās priekšrocības augsekas sistēmās un robežteritorijās. Šādiem kritērijiem un

¹² Sk. 5. zemsvītras piezīmi.

standartiem jāatbilst PTO noteikumiem, tiem jābūt efektīviem un ne pārāk birokrātiskiem.

3) Dažāda veida biodegvielu izmantošana ir saistīta ar dažādiem vides un tehniskas dabas jautājumiem. **Degvielas kvalitātes direktīvā**¹³ ir noteiktas benzīna un dīzeļdegvielas vides un veselības specifiskācijas, piemēram, etanola, ētera un citu oksidēto savienojumu pieļaujamā koncentrācija benzīnā. Tajā ir arī noteikti tvaika spiediena ierobežojumi benzīnam. Standartā EN590 tehnisku iemeslu dēļ ir noteikti papildu ierobežojumi, tostarp tas, ka dīzeļdegviela drīkst saturēt ne vairāk kā 5 tilpuma procentus biodīzeļdegvielas (4,6 % enerģijas satura ziņā). Šīs robežvērtības ierobežo plašāku biodegvielas izmantošanu.

Komisija ir paziņojusi, ka 2006. gadā pārskatīs etanola, ēteru un biodīzeļdegvielas kvantitatīvos ierobežojumus.

3.3. Biodegvielu ražošanas un izplatīšanas sistēmas veidošana

Komisija strādās šādos virzienos:

- veicinās, lai dalībvalstīs un reģionos tiktu ņemtas vērā biodegvielu un citu bioenerģijas avotu priekšrocības, izstrādājot valsts pamatprincipu kopumus un operatīvās rīcības plānus kohēzijas politikas un lauku attīstības politikas ietvaros,
- ierosinās izveidot īpašu *ad hoc* grupu, lai apsvērtu biomasas, tostarp biodegvielas, iespējas valsts lauku attīstības programmās,
- lūgs attiecīgo nozaru pārstāvjiem izskaidrot, ar ko ir tehniski pamatota prakse, kuras dēļ veidojas barjeras biodegvielu ieviešanai, un pārbaudīs rīcību šajās nozarēs, nodrošinot, ka biodegvielas netiek diskriminētas.

Daudzos reģionos, kas saņem struktūrfondu un Kohēzijas fonda palīdzību, jo īpaši Viduseiropas un Austrumeiropas lauku reģionos, ir potenciāls biomasas izmantošanai, lai nodrošinātu ekonomikas izaugsmi un darbavietas. Zemās darbaspēka izmaksas un pieejamie resursi var radīt šiem reģioniem salīdzinošas priekšrocības biodegvielu izejvielu ražošanā. Tāpēc atbalsts atjaunojamo un alternatīvo energoresursu attīstībai, kuriem pieder arī biomasas, tostarp biodegvielas, ir svarīgs **kohēzijas politikas** mērķis¹⁴. Atbalstu var sniegt, piemēram, lauksaimnieku pārkvalificēšanai, aprīkojuma nodrošināšanai biomasas ražotājiem un investīcijām biodegvielu ražotnēs.

Komisija rosina dalībvalstis un reģionus nodrošināt to, ka, gatavojot valsts stratēģisko pamatprincipu kopumus un darbības programmas, vispusīgi tiek ņemtas vērā biodegvielu potenciālās priekšrocības.

Lauku attīstības politikas ietvaros var atbalstīt arī investīcijas zemnieku saimniecībās vai to tuvumā, piemēram, biomasas pārstrādei, kā arī neizmantotās mežu biomasas gādāšanai, ko var nodrošināt mežu īpašnieki. Komisija ir ierosinājusi Kopienas lauku attīstības stratēģiskās vadlīnijas, kurās ir uzsvērtas atjaunojamo enerģiju, tostarp biodegvielas, nozīme. Tā ir arī

¹³ 1998. gada 13. oktobra Direktīva 98/70/EK, kas attiecas uz benzīna un dīzeļdegvielu kvalitāti (OV L 350, 28.12.1998.), kurā jaunākie grozījumi izdarīti ar 2003. gada 3. marta Direktīvu 2003/17/EK (OV L 76, 22.3.2003.).

¹⁴ Kā tas noteikts Komisijas paziņojumā „Kohēzijas politika izaugsmes un darbavietu atbalsta jomā”, KOM(2005) 299.

ierosinājusi izveidot īpašu grupu biomasas un biodegvielas pavērti iespēju apsvēršanai valsts lauku attīstības programmās.

Līdzīgi kā tas attiecas uz nodokļu atvieglojumiem degvielai, arī cita veida valsts atbalstam biodegvielas ražošanai nepārprotami ir jāatbilst noteikumiem par **valsts atbalstu**.

Komisija lūgs attiecīgo nozaru pārstāvjiem izskaidrot tehnisko pamatojumu **šķēršļiem** biodegvielu ieviešanai un lūgs ieinteresētās aprindas izklāstīt savus viedokļus. Tā pārraudzīs rīcību attiecīgajās nozarēs, nodrošinot to, ka biodegvielas netiek diskriminētas.

Izvērtējot biodegvielu ražošanas un izplatīšanas atbalsta politiku un programmu ietekmi, Komisija ņems vērā to potenciālās sekas attiecībā uz tradicionālajiem etanola, pārtikas, mežkopības un naftas tirgiem.

3.4. Izejvielu krājuma paplašināšana

Komisija strādās šādos virzienos:

- dos tiesības atbalstīt cukura ražošanu bioetanola vajadzībām gan nepārtikas produktu ražošanas režīmā atmatā atstātajās platībās, gan ar piemaksām par enerģijas kultūrām;
- novērtēs iespējas papildus pārstrādāt intervences krājumu labību biodegvielā, lai palīdzētu samazināt kompensējamā labības eksporta apjomu;
- izvērtēs enerģijas kultūru shēmas īstenošanu līdz 2006. gada beigām;
- pārraudzīs biodegvielas pieprasījuma ietekmi uz preču un blakusproduktu cenām un to pieejamību konkurējošām nozarēm, kā arī ietekmi uz pārtikas piedāvājumu un tās cenām ES un jaunattīstības valstīs;
- finansēs kampaņu, lai informētu zemniekus un mežu īpašniekus par enerģijas kultūru īpašībām un to pavērtajām iespējām;
- ierosinās rīcības plānu mežsaimniecībā, svarīgu vietu atvēlot meža produktu izmantošanai enerģētikā;
- izskatīs iespējas grozīt tiesību aktus par dzīvnieku blakusproduktiem, lai veicinātu alternatīvu procesu atļaušanu un apstiprināšanu biodegvielu ražošanai;
- īstenos ierosināto mehānismu, lai precizētu atkritumu otrreizējas izmantošanas standartus.

1992. gadā uzsāktās **KLP reformas** gaitā tika samazināts cenu atbalsts un paaugstināta ES lauksaimniecības preču konkurētspēja visos noietā tirgos pārtikas produktu, lopbarības un nepārtikas produktu, tostarp biodegvielu, jomā. Tas ir īpaši no svara attiecībā uz graudaugiem, kas patlaban ir viena no galvenajām ES izejvielām bioetanola ražošanai. Ienākumu atbalsta **atdališana** no ražošanas, ko ieviesa ar 2003. gada KLP reformu, vēl vairāk veicinās enerģijas kultūru piedāvājumu. Jo īpaši kultūras, uz kurām tiešos maksājumus agrāk attiecināja tikai nepārtikas produktu ražošanas režīmā atmatā atstātajās platībās, tagad var kultivēt jebkurās platībās, nezaudējot ienākumu atbalstu.

Saistības atstāt zemi atmatā, ko ieviesa ar 1992. gada reformu kā instrumentu, lai nodrošinātu līdzsvaru graudaugu tirgū, tagad ir integrētas jaunajā vienreizējo maksājumu shēmā. Atmatā atstāto zemi parasti nevar izmantot ražošanas vajadzībām, bet nepārtikas kultūru (tostarp enerģijas kultūru) audzēšana ir atļauta, ja līgumā ir paredzēta biomasas izmantošana vai ja to garantē lauksaimnieks.

Nesen ir panākta politiska vienošanās par plašu reformu **cukura** tirgus kopējā organizācijā. Bioetanolā vajadzībām ražotās cukurbietes arī turpmāk būs atbrīvotas no kvotām. Komisija virzīs savu priekšlikumu par tiesībām atbalstīt cukurbiešu ražošanu bioetanolā vajadzībām gan nepārtikas produktu ražošanas režīmā atmatā atstātajās platībās, gan ar piemaksām par enerģijas kultūrām. Tas radīs cukurbietēm jaunus noieta tirgus ES.

Komisija tirgus politikas ietvaros ir izmantojusi iespēju ļaut enerģijas vajadzībām pārdot etanolu, kas iegūts, destilējot **intervences vajadzībām** uzkrāto vīnu. Tomēr to nekādā gadījumā nevar uzskatīt par ilgtspējīgu biodegvielas ražošanas avotu. 2005. gadā pirmo reizi izsludināja konkursu par intervences krājumā esošajiem rudziem īpaši bioetanolā ražošanas vajadzībām. Komisija novērtēs iespējas papildus pārstrādāt biodegvielā labību no pašreizējā intervences krājuma, lai palīdzētu samazināt kompensējamā labības eksporta apjomu.

Turklāt ar 2003. gada KLP reformu ieviesa īpašu **atbalstu enerģijas kultūrām**. Var saņemt piemaksu 45 EUR par hektāru par maksimālo garantēto platību 1,5 miljons hektāru, kas atbilst maksimālajam budžetam. Ja pieprasījumu ir vairāk, nekā paredz šis maksimālais apjoms, piemaksu proporcionāli samazina. Par šo enerģijas kultūru shēmu līdz 2006. gada 31. decembrim tiks sagatavots Komisijas ziņojums un atbilstoši priekšlikumi, kuros būs ņemta vērā biodegvielas jomā izvirzīto mērķu izpilde.

Pašreiz gandrīz visu biodegvielu ražo no kultūrām, kuras līdztekus var izmantot pārtikā. Ir izteikti apsvērumi, ka, pieaugot pieprasījumam pēc biodegvielas, jaunattīstības valstīs var būt apdraudēta pārtikas pieejamība par samērīgu cenu. Izejvielu jomā biodegvielas ražošana konkurē arī ar citām nozarēm. Paturot prātā šos apsvērumus, Komisija cieši pārraudzīs biodegvielas pieprasījuma radīto ietekmi.

Komisija atbild **kampaņas** finansēšanu, lai **informētu** zemniekus un mežu īpašniekus par enerģijas kultūru īpašībām, mežu enerģijas neizmantošanā potenciāla mobilizēšanu un to piedāvātajām iespējām.

Komisija izstrādā **rīcības plānu mežsaimniecībā**, ko plāno pieņemt 2006. gadā, paredzot tajā svarīgu vietu meža produktu izmantošanai enerģētikā. Tam būs īpaša nozīme otrās paaudzes biodegvielu ražošanā.

Papīra ražošanas **organiskos atkritumus**, dzīvnieku izcelsmes taukus un blakusproduktus, otrreiz pārstrādātas pārtikas eļļas un daudzus citus avotus vēl pārāk maz izmanto enerģijas ieguvei. Komisija ir nesen pieņēmusi tematisku stratēģiju par atkritumu rašanās novēršanu un atkritumu pārstrādi¹⁵ un priekšlikumu par jauniem pamata tiesību aktiem attiecībā uz atkritumiem.¹⁶ Šai priekšlikumā Komisija nāk klajā ar mehānismu, lai precizētu atkritumu otrreizējas izmantošanas standartus, piemēram, ražojot biodegvielu.

3.5. Tirdzniecības iespēju veicināšana

Komisija strādās šādos virzienos:

- vērtēs priekšlikumu par atsevišķu nomenklatūras kodu ieviešanu biodegvielām – tā priekšrocības, trūkumus un juridiskās sekas;
- ievestajam bioetanolam saglabās ne mazāk labvēlīgus tirgus pieejamības noteikumus, kā tie ir nodrošināti pašreiz spēkā esošajos tirdzniecības nolīgumos, jo īpaši saglabājot līdzvērtīgu

¹⁵ KOM(2005) 666.

¹⁶ KOM(2005) 667.

preferenciālas piekļuves līmeni ĀKK valstīm un ņemot vērā preferences samazināšanās problēmu;

- ievēros līdzsvarotu pieeju pašreizējās un turpmākajās tirdzniecības sarunās ar etanola ražotājvalstīm un reģioniem – ES ievēros kā iekšzemes ražotāju, tā ES tirdzniecības partneru intereses, ņemot vērā augošo pieprasījumu pēc biodegvielām;
- ierosinās grozījumus „biodegvielu standartos”, lai veicinātu plašāka augu eļļu klāsta izmantošanu biodīzeldegvielas ražošanā un lai metanolu biodīzeldegvielas ražošanā ļautu aizstāt ar etanolu.

Tā kā biodegvielai nav atvēlēta īpaša pozīcija muitas klasifikācijā, nevar noteikt precīzu ievestā etanola, eļļas augu sēklu vai augu eļļas apjomu, ko galarezultātā izmanto transporta nozarē. Komisija vērtēs priekšlikumu par **atsevišķu nomenklatūras kodu** ieviešanu biodegvielām – tā priekšrocības un trūkumus, kā arī juridiskās sekas.¹⁷

Tagad bioetanolu ar tarifa kodu 2207 var ievest bez nodokļiem saskaņā ar šādiem nolīgumiem par labvēlības režīmu tirdzniecībā:

- saskaņā ar iniciatīvu "Viss, izņemot ieročus" (VII) no vismazāk attīstītajām valstīm,
- saskaņā ar Kotonū nolīgumu ar Āfrikas, Karību jūras reģiona un Klusā okeāna valstīm (ĀKK),
- saskaņā ar jauno „VPS plus” stimulu shēmu (īpaša kārtība ilgtspējīgas attīstības un labas vadības stimulēšanai),
- saskaņā ar dažiem divpusējiem preferenču nolīgumiem, īpaši saskaņā ar Eiropas un Vidusjūras reģiona valstu nolīgumu.

Divas pašreiz ritošas sarunu kārtas ietekmēs turpmāko bioetanola tirgus attīstību:

- Dohas raunds (DDL) daudzpusējā līmenī: uz bioetanola attieksies tarifu samazinājums pēc sarunām par lauksaimniecības tirgus pieejamību. Bioetanola tirgus pieejamību apspriež arī sarunās par tirdzniecību un vidi, jo tirgus piekļuves sarunas par rūpniecības ražojumiem attiecas arī uz dažiem biodegvielas veidiem;
- brīvās tirdzniecības nolīgums starp ES un *Mercosur* valstīm (Argentīna, Brazīlija, Paragvaja un Urugvaja) reģionālajā līmenī.

Par cukuru un bioetanolu aktīvi interesējas Brazīlija, un tāpēc tie ir svarīgi šo sarunu elementi.

Sakarā ar augošo pieprasījumu pēc biodegvielām Komisija attiecīgi veicina gan biodegvielas un to izejvielu ES iekšzemes ražošanas attīstību, gan lielākas importa iespējas, kā arī cenšas attīstīt to ekonomisko dzīvotspēju. Lai vienlīdz nodrošinātu kā iekšzemes ražotāju, tā ES tirdzniecības partneru intereses, Komisija ievēros **līdzsvarotu pieeju** notiekošajās divpusējās un daudzpusējās tirdzniecības sarunās ar etanola ražotājvalstīm. Ciktāl tas attiecas uz pašreizējo tirdzniecību, Komisija ievestajam bioetanolam saglabās ne mazāk labvēlīgus tirgus pieejamības noteikumus, kā tos nodrošina pašreiz spēkā esošie tirdzniecības nolīgumi.

¹⁷ Šajā novērtējumā precizēs, vai galvenā uzmanība ir pievēršama KN (ES iekšējiem) kodiem vai starptautiskajiem HS kodiem. Ieviešot jaunu HS kodu, vajadzīgas sarunas starptautiskā līmenī, bet jaunu KN kodu var izmatot ES statistikai.

Biodīzeļdegvielas jomā, izdarot grozījumus **standartā EN 14214**, varētu veicināt plašāka augu eļļu spektra izmantošanu, ar noteikumu, ka tas neizraisa ievērojamu degvielas rādītāju pasliktināšanos un ļauj ievērot ilgtspējas standartus.

3.6. Atbalsts jaunattīstības valstīm

Komisija strādās šādos virzienos:

- nodrošinās, lai valstīs, kas ir pievienojušās Cukura protokolam un kuras ietekmē ES cukura reforma, paredzētos papildu pasākumus varētu izmantot bioetanolā ražošanas attīstībai;
- izstrādās saskaņotu atbalsta pasākumu kopumu jaunattīstības valstīm, kurām ir potenciāls biodegvielu ražošanai;
- izpētīs, kā ES var visefektīvāk atbalstīt ekoloģiski un ekonomiski ilgtspējīgas valsts platformas un reģionālos rīcību plānus biodegvielas jomā.

Eiropas Savienības iekšpolitiskie centieni veicināt atjaunojamu enerģiju iet roku rokā ar vēlēšanos stiprināt starptautisko sadarbību šai jomā, jo īpaši ar jaunattīstības valstīm.

Svarīga sadarbības iniciatīva ir Komisijas priekšlikums par papildu pasākumiem valstīm, kas ir pievienojušās Cukura protokolam un ko ietekmē **ES cukura reforma**. Papildu pasākumi paredzēs pārstrukturēšanas vai diversifikācijas atbalstu šīm valstīm atbilstoši to izvēlētajām stratēģijām reformas seku pārvarēšanai. Šajā kontekstā ES varētu sniegt atbalstu etanola nozares attīstībai, pamatojoties uz īpašiem pētījumiem par valsti.

Pie citām sadarbības formām pieder **Eiropas Savienības Enerģijas iniciatīva un Johannesburgas Atjaunojamās enerģijas koalīcija (JREC)**. ES Enerģijas iniciatīva galvenokārt ir vērsta uz politisku dialogu līdztekus īpašām partnerattiecībām un pasākumiem par piekļuvi enerģijai un cīņu pret nabadzību. Atjaunojamā enerģija ir svarīga joma iniciatīvā, ar kuru ir radīta ES Enerģijas finansēšanas struktūra (ar budžetu 220 miljoni EUR). Tā sāks darboties 2006. gadā un būs katalizators konkrētām investīcijām enerģētikas pakalpojumos iedzīvotājiem, kas atrodas zem nabadzības sliekšņa. *JREC* ir plaša platforma valdību kopīgam darbam atjaunojamo resursu nostiprināšanai. *JREC* Mērena riska kapitāla iniciatīva paplašina *JREC* dalībvalstu saistības atklāt un pārvarēt finansējuma nepilnības sadarbībā starp atjaunojamās enerģijas uzņēmumiem un maziem un vidējiem uzņēmumiem, jo īpaši jaunattīstības valstīs.

Lai kāpinātu dažādo biodegvielas veicināšanas instrumentu sinerģiju attīstības politikā, Komisija veidos saskaņotu Biodegvielu atbalsta pasākumu kopumu, liekot lietā esošos instrumentus dažādu biodegvielas attīstības aspektu atbalstam valstīs un reģionos, kur biodegvielas paver labas iespējas ilgtspējīgai nabadzības mazināšanai. To īstenošanas gaitā Komisija izvērtēs, kā vislabāk atbalstīt sīksaimniecību iesaistīšanos biodegvielas ražošanā: saistībā ar citiem ķēdē iesaistītajiem spēlētājiem, izplatot informāciju un daloties pieredzē un veicinot pieredzes apmaiņu starp dienvidu valstīm, veicinot teritoriālo sadarbību un attiecības starp uzņēmumiem, kā arī investīcijas privātajā sektorā, piemēram, iesaistot Eiropas Investīciju banku.

ES nodrošinās, lai biodegvielas attīstības jomā ierosinātie priekšlikumi būtu pilnīgi saskaņoti ar tās attīstības politiku un valsts un nozaru attīstības politiku.

Daudzās jaunattīstības valstīs būs jāveido biodegvielu politika un stratēģija, ņemot vērā valsts potenciālu, iekšzemes, reģionālā un starptautiskā tirgus perspektīvas, tehniskos standartus,

infrastruktūru un citus ekonomikas, sociālos un vides aspektus. **Valsts biodegvielas platformas** izveide, iesaistot visas ieinteresētās privātā un valsts sektora puses, ir vērtējama kā ļoti svarīgs solis šai procesā. Reģionu līmenī apjomradīti ietaupījumi un tehnoloģijas standartizācija palielina biodegvielas sekmīgas attīstības iespējas. Biodegvielas jomas attīstīšanai var izmantot reģionālo organizāciju veidotos **biodegvielas rīcības plānus**, kuru mērķis ir attīstīt reģionālo tirgu. ES izpētīs iespējas nodrošināt visefektīvāko palīdzību abos aspektos. Turklāt tā palīdzēs mazināt risku videi, veicot konkrētu gadījumu izpēti un atbalstot efektīvu reglamentējošo noteikumu izstrādāšanu.

3.7. Atbalsts pētījumiem un attīstībai

Komisija strādās šādos virzienos:

- turpinās atbalstu biodegvielu izstrādei un biodegvielu nozares konkurētspējas pilnveidošanu, izmantojot 7. pamatprogrammu;
- par prioritāti uzskatīs „biopārstrādes” jēdziena izpēti – rodot izmantojumu visām augu daļām – un otrās paaudzes biodegvielu izpēti;
- turpinās veicināt Biodegvielu tehnoloģiju platformas izveidi nozares vadībā un mobilizēt citas atbilstošas tehnoloģijas platformas;
- atbalstīs attiecīgo tehnoloģiju platformu izstrādāto stratēģiskās izpētes programmu īstenošanu.

Ir gaidāms, ka pētījumu un tehnoloģijas attīstības rezultātā biodegvielu izmaksas pēc 2010. gada samazināsies vidēji par 30%. Kopienas finansēti pētījumi jau ir devuši ieguldījumu ES biodegvielu nozares attīstībā un izaugsmē. Piemēram, 1992. gadā uzsāktais Eirobiodīzeļdegvielas (*EUROBIODIESEL*) projekts parāda biodīzeļdegvielas ražošanas un izmantošanas tehnisko un ekonomisko pamatotību traktorā, autobusu un automobiļu vajadzībām bez nopietnām tehniskām problēmām. Nesen uzsāktie integrētie projekti *RENEW* un *NILE* ir galvenie pasākumi darbā pie otrās paaudzes biodegvielām, kuru eksperimentālo ražošanu plāno uzsākt.

Nozares vadītās Eiropas **Biodegvielu tehnoloģiju platformas** mērķis ir nodrošināt un īstenot kopīgu Eiropas skatījumu un stratēģiju biodegvielu ražošanas un izmantošanas jomā, īpaši transporta vajadzībām. Tajā ir pārstāvētas Eiropas galvenās biodegvielās ieinteresētās personas, tostarp lauksaimniecības un mežsaimniecības nozares, pārtikas rūpniecība, naftas uzņēmumi un degvielas izplatītāji, automobiļu ražotāji un pētniecības iestādes. Zināšanu bāzi par biodegvielas ražošanu vairo arī citas tehnoloģijas platformas, tādas kā „Augi nākotnei”, „Ar mežsaimniecību saistītā nozare” un „Ilgtspējīga ķīmija”. Eiropas līmeņa pasākumi (*ERANET*) biomasas jomā, kuru gaitā tiks koordinētas programmas un uzsākti kopēji pasākumi valsts un reģionu mērogā, vēl vairāk palielinās PTA finansēšanas izmaksu efektivitāti.

Priekšlikumā par Septīto pamatprogrammu (2007–2013) prioritāte ir piešķirta pētījumiem biodegvielas jomā ar uzdevumu vēl vairāk nostiprināt ES biodegvielu nozares konkurētspēju. **Sadarbības īpašās programmas** pētījumi galvenokārt skars divus tematus i) „enerģiju” ar mērķi samazināt degvielas izmaksas, uzlabojot tradicionālās tehnoloģijas un attīstot otrās paaudzes biodegvielas (piemēram, Fišera-Tropsa (*Fischer-Tropsch*) biodīzeļdegvielu, lignocelulozes etanolu, biodimetilēteri) un ii) „pārtiku, lauksaimniecību un biotehnoloģiju”, piemērojot zinātnes par dzīvību un biotehnoloģiju biomasas ražošanas sistēmu uzlabošanai. Jēdziens par **biopārstrādi**, kuras mērķis ir integrēta biomasas izmantošana un galaproduktu maksimālās izmaksu efektivitātes nodrošināšana, abos gadījumos būs uzmanības degpunktā.

Citi būtiski pasākumi iekļauj atbalstu pārbaudītu biodegvielu tehnoloģiju **ieviešanai tirgū** un izplatīšanai, izmantojot programmu „Saprātīga enerģija Eiropai” (kas veido Konkurences un inovāciju pamatprogrammas daļu), **resursu palielināšanu**, lai paplašinātu projektus un veidotu paraugprojektus, kā arī **starptautisko sadarbību** starp attīstītajām un jaunattīstības valstīm, lai vēl efektīvāk izmantotu kopīgās priekšrocības un iespējas, ko sniedz tehnoloģijas pārņemšana.

ANNEX 1

Biofuels Glossary

Biofuel	Liquid or gaseous fuel for transport produced from biomass
Biomass	Biodegradable fraction of products, waste and residues from agriculture (including vegetal and animal substances), forestry and related industries, as well as the biodegradable fraction of industrial and municipal waste
Synthetic biofuels	Synthetic hydrocarbons or mixtures of synthetic hydrocarbons produced from biomass, e.g. SynGas produced from gasification of forestry biomass or SynDiesel
Liquid biofuels	
Bioethanol	Ethanol produced from biomass and/or the biodegradable fraction of waste, for use as biofuel E5 contains 5% ethanol and 95% petrol E85 contains 85% ethanol and 15% petrol
Biodiesel	A methyl-ester produced from vegetable oil, animal oil or recycled fats and oils of diesel quality, for use as biofuel (PME, RME, FAME) B5 is a blend of petroleum-based diesel (95%) and biodiesel (5%) B30 is a blend of petroleum-based diesel (70%) and biodiesel (30%) B100 is non-blended biodiesel
Biomethanol	Methanol produced from biomass, for use as biofuel
Bio-ETBE	Ethyl-Tertio-Butyl-Ether produced from bioethanol. ETBE is used as a fuel additive to increase the octane rating and reduce knocking. The percentage volume of bio-ETBE calculated as biofuel is 47%.
Bio-MTBE	Methyl-Tertio-Butyl-Ether produced from biomethanol. MTBE is used as a fuel additive to increase the octane rating and reduce knocking. The percentage volume of bio-MTBE calculated as biofuel is 36%.
BtL	Biomass to liquid
Pure vegetable oil	Oil produced from oil plants through pressing, extraction or comparable procedures, crude or refined but chemically unmodified, which can be used as biofuel when compatible with the type of engine involved and the corresponding emission requirements.
Gaseous biofuels	
Bio-DME	Dimethylether produced from biomass, for use as biofuel
Biogas	A fuel gas produced from biomass and/or the biodegradable fraction of waste, which can be purified to natural gas quality for use as biofuel or woodgas.
Biohydrogen	Hydrogen produced from biomass and/or the biodegradable fraction of waste for use as biofuel.
Other renewable fuels	
	Renewable fuels other than biofuels which originate from renewable energy sources as defined in Directive 2001/77/EC and are used for transport purposes

ANNEX 2

Biofuels: progress at national level

Member State	Market share 2003	National indicative target for 2005	Targeted increase, 2003–2005
AT	0.06%	2.5%	+2.44%
BE	0	2%	+2%
CY	0	1%	+1%
CZ	1.12%	3.7% (2006)	+ 1.72% (assuming linear path)
DK	0	0%	+0%
EE	0	not yet reported	not yet reported
FI	0.1%	0.1%	+0%
FR	0.68	2%	+1.32%
DE	1.18%	2%	+0.82%
GR	0	0.7%	+0.7%
HU	0	0.4–0.6%	+0.4–0.6%
IE	0	0.06%	+0.06%
IT	0.5%	1%	+0,5%
LA	0.21%	2%	+1.79%
LI	0 (assumed)	2%	+2%
LU	0 (assumed)	not yet reported	not yet reported
MT	0	0.3%	+0.3%
NL	0.03%	2% (2006)	+0% (promotional measures will come into force from January 2006)
PL	0.49%	0.5%	+0.01%
PT	0	2%	+2%
SK	0.14%	2%	+1.86%
SI	0 (assumed)	not yet reported	not yet reported
ES	0.76%	2%	+1.24%
SV	1.33%	3%	+1.67%
UK	0.03%	0.3%	+0.27%
EU25	0.6%	1.4%	+0.8%

Sources:

2003: national reports under the biofuels directive except Belgium (Eurostat figure for 2002), and Italy (EurObserv'ER)

2005: national reports under the Biofuels Directive. The EU25 figure assumes linear development for CZ, 0 for NL and 0 for the three states that have not yet reported a target.

ANNEX 3

Policies Promoting Biofuels in non-EU countries

Rising oil prices, pressure to reduce CO₂ emissions, and the desire to increase energy self-sufficiency, conserve valuable foreign exchange and create employment are motivating countries around the world to enact policy measures in support of biofuels.

Like the EU, a number of countries have set short- and long-term **targets** for the percentage or quantity of biofuels to be incorporated into conventional fuel. In certain countries a percentage blend is **mandatory** in all or part of the country. In Brazil, which has the world's most developed biofuels industry, a 25% blend is mandatory. Canada has a 3.5% target for the incorporation of bioethanol by 2010 but has a mandatory level of 5% for Ontario, to be achieved by 2007.

A number of countries give **tax credits or incentives** to biofuel producers or feedstock growers, and waive the excise and/or fuel tax, making the fuel cheaper to buy than conventional petrol or diesel. In some cases government-owned vehicles are required to use biofuels. From January 2006 India will introduce a biodiesel purchasing policy, obliging public sector oil companies to buy oil produced from jatropha, pongamia and other oil plants and sell it in a 5% blend, rising to 20% in 2020.

In Brazil and Thailand there are **tax exemptions for vehicles** able to run on biofuels. Thailand is also supporting the development of domestically-produced "green" vehicles.

Many countries have grant and **loan programmes** for the construction of processing plants or the development of feedstock. In Australia, seven new projects have recently received Government backing.

Brazil's example is best known and has served as inspiration for a number of other, mainly sugar-producing, countries. Brazil has become the world's largest producer and consumer of ethanol, largely thanks to the targeted subsidies under the Proalcool programme.

The Proalcool programme was launched in 1975 as a response to the oil price shocks of 1973/74 and as a means to develop a use for surplus sugar production. It provided incentives for ethanol producers, as well as price subsidies for consumers through tax reductions. Initially, the programme was very successful: in 1986, 90% of all new cars sold ran solely on ethanol, while ethanol production costs and prices gradually decreased due to economies of scale and gains in yield.

In Brazil all petrol is still sold with an ethanol component of 20–26%. In economic terms, investments in agriculture and industry for the production of transport ethanol in the period 1975–89 has been estimated at close to US\$ 5 bn, triggering benefits in terms of import savings with a value of over US\$ 52 bn for the period 1975–2002. Although the programme lost some of its impact in the 1990s due to a slump in world oil prices and the phasing-out of government incentives, it is seeing a resurgence related to current high oil prices, the competitiveness of ethanol as a transport fuel and the emergence of new export markets.

There are currently no subsidies for ethanol production and the product is very competitive on the domestic market: hydrated ethanol is sold for 60–70% of the price of gasohol (a blend of 90% petrol and 10% ethanol) at the pump. The Brazilian government continues to pay close

attention to the biofuels sector, however, by encouraging the sugar cane industry and the provision of “flexible-fuel” vehicles. In addition, new legislation on biodiesel was implemented in January 2004.

The world’s second largest producer of bioethanol, the **United States**, has seen an exponential rise in production initiatives over the last year thanks to a series of tax measures and incentives.

In 2004 the Energy Tax Act was reworked and renamed the Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC), meaning that the tax exemption now applies to all levels of blending. VEETC extended the existing ethanol tax incentive to the end of 2010 at a rate of \$0.51 per gallon. It also improved the “small ethanol producer tax credit”, which allows a 10 cent per gallon tax credit for facilities with a capacity of less than 30 million gallons per year. VEETC also introduced a tax credit of \$1 per gallon for biodiesel if made from new oil or \$0.50 per gallon if made from recycled oil.

Other federal tax incentives include income tax deduction for alcohol-fuelled vehicles and an alternative-fuels production tax credit. The American Jobs Creation Act of 2004 (Public Law 108-357) provides tax incentives for alcohol and biodiesel fuels, available to blenders/retailers beginning in January 2005. The credits are \$0.51 per gallon of ethanol at 190 proof or greater, \$1.00 per gallon of agri-biodiesel, and \$0.50 per gallon of waste-grease biodiesel. If the fuel is used in a mixture, the credit amounts to \$0.05 per percentage point ethanol or agri-biodiesel used or \$0.01 per percentage point of waste-grease biodiesel.

In 2005, as part of its new energy bill, the United States introduced a “renewable fuels standard” (RFS), with a target rising from 4 billion gallons in 2006 to 7.5 billion gallons by 2012. The industry is confident of meeting this target and expects eventually to achieve a 10% market penetration.

A Bioethanol Bill, which would require the blending of bioethanol into commercial gasoline, was recently approved by the House of Representatives. Under the bill, all commercial motor fuels would be required to have a 5% blend of bioethanol within two years of the act coming into force. After another two years, the required blend would go up to 10%.

ANNEX 4

Biofuels Market Situation

Today, bioethanol is the world's main biofuel. Biodiesel, which until recently was produced almost solely in the EU, is now gaining a foothold in many regions across the world. Biogas comes a poor third and has so far made a breakthrough only in Sweden.

According to EurObserver, the EU's production of biofuels amounted to 2.4 million tonnes in 2004: 0.5 million tonnes of bioethanol and 1.9 million tonnes of biodiesel. This is an increase of more than 25% compared with the previous year and production capacities are increasing rapidly.

For bioethanol, more than 1 million tonnes are expected by the end of 2005 and capacity is likely to treble by the end of 2007. For biodiesel, the estimated 66 production sites across the EU are scheduled to expand to 75–80 plants by the end of 2005. For mid-2006 an increase in total EU25 biodiesel production capacity to 3.8 – 4.1 million tonnes is expected.

Table 1: EU Production of liquid biofuels

	Bioethanol			Biodiesel		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
	1000 t			1000 t		
Czech Rep.	5			69	70	60
Denmark				10	41	70
Germany			20	450	715	1035
Spain	177	160	194		6	13
France	91	82	102	366	357	348
Italy				210	273	320
Lithuania						5
Austria				25	32	57
Poland	66	60	36			
Slovak Rep.						15
Sweden	50	52	52	1	1	1
UK				3	9	9
from interv. stocks		70	87			
EU25	388	425	491	1134	1504	1933

source: EurObserver 2005

In 2004 world production of **bioethanol** for fuel use was around 30 billion litres. This represents around 2% of global petrol use. Production is set to increase by around 11% in 2005. The table¹⁸ below shows ethanol production by world region.

Brazil has long been the world's leading producer of bioethanol. The sugarcane area is constantly being extended, in order to meet growing domestic and export demand. With around 1 million flex-fuel¹⁹ cars expected to be on Brazil's roads by the end of 2005, the availability of bioethanol for export could be reduced, at least in the short term. In the **United**

¹⁸ It should be noted that not all ethanol production is for biofuels. At present, accurate figures for worldwide fuel ethanol production are not available.

¹⁹ Flex-fuel cars can run on any combination of gasoline and bioethanol.

States bioethanol output is expanding at an unprecedented rate and now nearly matches that of Brazil. Canada is a world leader in developing second-generation bioethanol.

Table 2: World ethanol production (fuel and other uses)

Ethanol production	2005 bio litres*	2004 bio litres
Brazil	16.7	14.6
United States	16.6	14.3
European Union	3.0	2.6
Asia	6.6	6.4
China	3.8	3.7
India	1.7	1.7
Africa	0.6	0.6
World	46.0	41.3

* F.O. Licht's estimate

In 2004 the **European Union**, with production of almost 0.5 million tonnes, is estimated to have produced 10% of the world's bioethanol. The leading EU producers were Spain and France. The leading consumer was Sweden, with about 80% of the quantities imported, mostly from Brazil.

In **Asia**, Thailand is currently building over a dozen ethanol plants that will use sugar cane and rice husks. Thailand's ethanol production capacity could rise to 1.5 billion litres a year. Pakistan, the world's largest exporter of molasses, is launching a domestic bioethanol programme to absorb some of the country's estimated 400 000 tonne production capacity, following the withdrawal of its special duty free access under Regulation (EC) No 2501/2001, which allowed it to export ethanol duty-free to the EU. Bioethanol expansion in India was slowed by a shortage of feedstock, caused by a drought affecting sugar cane production. Forced to import large quantities of ethanol from Brazil last year, India's domestic production should be back on track this year. It produces more than 1.5 billion litres of ethanol annually, of which only a quarter is used for fuel purposes.

A rapidly growing demand for sugar in the Far East means that increased ethanol production has to be balanced against a tight world sugar market and strong export potential. **China's** ethanol industry comprises over 200 production facilities in 11 provinces, capable of producing more than 10 million tonnes of ethanol each year. As food security is a great concern to China, they have also made investments in Brazil, from where they are likely to import considerable quantities of ethanol in the future, as will **Japan**.

A number of **ACP** sugar-producing countries are planning to diversify into bioethanol, but whether many of them will be able to produce at sufficiently low cost to be competitive is uncertain. However, the potential for biofuel production is not limited only to countries that grow sugar cane. **Nigeria** is considering the use of cassava, of which it is the world's leading producer. Other feedstocks, such as sweet sorghum (for bioethanol) and jatropha (for biodiesel), require lower fertiliser input, are more resistant to drought and can be grown in any region of the world. However, yield volatility may reduce their long-term profitability.

The **EU** is the world's leading region for the production and consumption of **biodiesel**. EU25 production increased to almost 2 million tonnes in 2004, with Germany the main producer, followed by France and Italy.

Around the world, many other countries have now launched biodiesel programmes, using a wide range of different feedstocks, from cassava to used cooking oil.

The **United States**' National Biodiesel Board anticipates that 75 million gallons of biodiesel will be produced in 2005, or three times as much as in 2004. A federal tax incentive, state legislation and a diesel shortage are all contributing to a rise in demand. In **Brazil** a 2% biodiesel blend will become mandatory in 2008. In addition to developing soya, investments are also being made to develop production from castorseed, in particular in the poorer semiarid north-east of the country.

Malaysia, the world's biggest producer of palm oil, is developing a biodiesel industry, as are Indonesia and the Philippines. The first two countries will also supply palm oil to new plants in Singapore, from where biodiesel will be exported. The obligation in **India** to mix 5% biodiesel with normal diesel is expected to create an immediate demand of 2.5 million tonnes of biodiesel, which may increase to 16 million tonnes if the mix is to achieve the target of 20% in 2020.

Fiji is keen to replace 10% of its diesel fuel imports with coconut oil from local copra production.

Some **ACP countries** are exploring biofuels options with the help of EU Member States. One example is a partnership between a Danish laboratory and the University of Dar es Salaam, Tanzania, which is carrying out fundamental research into the production of ethanol from lignocellulosic waste materials. The production of bioethanol from agricultural waste in the developing world can be envisaged with no danger that this would detract from food production. Feasibility studies are also being carried out on using cotton oil as biodiesel in Brazil and West Africa.

Production of **biogas** has increased significantly, but it is used mainly for combined power and heat generation. Although in Europe more than 500 000 gas-fuelled vehicles have been sold in recent years, they mainly run on fossil gas. However, biogas as a transport fuel is used in some countries and Sweden has about 50 biogas refuelling stations.

ANNEX 5

Trade in Biofuels

1. Biodiesel

Biodiesel imports into the EU are subject to an *ad valorem* duty of 6.5%. However, there is no significant external trade, since the EU is by far the world's biggest producer. Although technical traits are reported to be less favourable than for rapeseed oil, biodiesel generated from imported soya and palm oil can be mixed in low percentages with rapeseed biodiesel without major problems.

2. Bioethanol – current trade

There is currently no specific customs classification for bioethanol for biofuel production. This product is traded under code 2207, which covers both denatured (CN 2207 20) and undenatured alcohol (CN 2207 10). Both denatured and undenatured alcohol can then be used for biofuel production. It is not possible to establish from trade data whether or not imported alcohol is used in the fuel ethanol sector in the EU.

An import duty of €19.2/hl is levied on undenatured alcohol, while an import duty of €10.2/hl applies to denatured alcohol.

Table I

Imports under code 2207 (in hl)			
	Av. 1999–2001	Av. 2002–04	% of total (02–04)
Undenatured alcohol	1 167 935	2 383 239	93 %
Denatured alcohol	279 904	180 988	7 %
Total	1 447 839	2 564 226	100%

Source: Eurostat Comext database, EU25 since 1999 CN (simulated) – Statistical regime 4 – extracted on 29 July 2005.

Overall imports of alcohol under code 2207 averaged 2 564 226 hl over the 2002–04 period, up from 1 447 839 hl over 1999–2001. Over 93% came under code 2207 10 (undenatured alcohol).

The principal trade trends are summarised in Table II:

Table II

Total imports of alcohol under code 2207 (in hl) by duty enjoyed by the exporting countries					
	2002	2003	2004	v. 2002–04	A% of total
Reduced duty	227 285	182 940	288 364	232 863	9%
Duty-free	980 693	2 027 632	1 709 282	1 572 536	61%
MFN	657 011	494 771	1 124 699	758 827	30%
TOTAL	1 864 989	2 705 344	3 122 345	2 564 226	100%

Source: Eurostat Comext database, EU25 since 1999 CN (simulated) – Statistical regime 4 – extracted on 29 July 2005.

- a) average imports of bioethanol increased by 77% over 2002–2004 compared to the previous three-year period (1999–2001), when they totalled 1 447 839 hl;
- b) over that period 70% of these imports were traded under preferential conditions, of which almost 61% were duty-free, while 9% benefited from some type of duty reduction;
- c) 30% of EU trade under code 2207 takes place under MFN (most favoured nation) conditions.

With respect to the largest exporting countries:

- a) over the 2002–2004 period, Pakistan was the largest duty-free exporter with an average of 501 745 hl, followed, at a distance, by Guatemala with 223 782 hl;
- b) Brazil is the only country capable of exporting large quantities as MFN, with an average of 649 640 hl over the same period, with the second MFN exporter, the USA, on only 20 109 hl;
- c) one country – Ukraine – accounts for the vast majority of imports at reduced duty, with 107 711 hl over the 2002–04 period. Egypt came second with over 43 000 hl.

In addition, recent trends in trade flows may require further consideration, given that increasing amounts of imports take place under headings other than 2207 (for instance under heading 3824 when bioethanol is blended with petrol, attracting a normal customs duty of around 6%). Bioethanol is also imported, blended in ETBE.

3. Preferential imports of bioethanol into the EU

The EU's preferential trade basically comes under two regimes: the Generalised System of Preferences (including, among others, the Everything But Arms (EBA) initiative) and the Cotonou Agreement. The main preferences accorded under each regime are summarised in Table III and described in detail in the following sections.

Table III

Import conditions under code 2207 under EU's main preferential agreements					
	GSP normal		GSP+	EBA	Cotonou
Duty reduction	15% up to 31.12.2005	0% as of 1.1.2006	100%	100%	100%
Quantitative restrictions	NO		NO	NO	NO
Beneficiaries	All GSP beneficiaries if not graduated.		Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panama, Peru, El Salvador, Venezuela, Georgia, Sri Lanka, Mongolia and Moldova	LDCs	ACPs

3.1. GSP

Council Regulation (Regulation (EC) No 2501/2001), in force until 31 December 2005, classified denatured and undenatured alcohol under code 2207 as a sensitive product.

According to Article 7(4) of the Regulation, imports of this alcohol from all GSP beneficiary countries qualified for a 15% reduction on the MFN duty²⁰.

Under the special drugs regime established by Council Regulation (EC) No 2501/2001, which was in force from the early nineties until repealed on 30 June 2005, exports from a number of countries (Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panama, Peru, Pakistan, El Salvador and Venezuela) qualified for duty-free access under code 2207.

The new GSP Regulation (Council Regulation (EC) No 980/2005 of 27 July 2005), which applies from 1 January 2006 to 31 December 2008, no longer provides for any tariff reduction for either denatured or undenatured alcohol under code 2207 (still classified as a sensitive product). This Regulation put in place a special incentive arrangement for sustainable development and good governance (the new GSP+ incentive scheme), which has been in force on a provisional basis since 1 July 2005 and applies on a permanent basis from 1 January 2006 to 31 December 2008. This new incentive arrangement grants unlimited and duty-free access (suspension of Common Customs Tariff duties) to denatured or undenatured alcohol under code 2207. It includes all the countries that already benefited from the previous drugs scheme, with the exception of Pakistan, which is subject to the full MFN duty.

The new incentive arrangement now also includes Georgia, Sri Lanka, Mongolia and Moldova, which have not so far exported bioethanol to the EU.

Moreover, a special arrangement for the least developed countries (the EBA initiative) under the new GSP Regulation offers unlimited duty-free access to denatured or undenatured alcohol under code 2207.

3.2. Cotonou Agreement

Under the Cotonou Agreement, ACP countries qualify for duty-free access for denatured and undenatured alcohol under code 2207 with the sole exception of South Africa. Under Regulation (EC) 2501/2001, South Africa enjoys a 15% reduction in customs duties. From 1 January 2006 it has to pay full MFN duty.

3.3. Other countries with preferential arrangements

Egypt currently has unlimited duty-free access to the EU under the Euro-Mediterranean Agreement. Before that, it qualified for a 15% reduction under the GSP scheme.

Norway, which ranks among the top ten exporters with a total of 89 375 hl under code 2207 in 2004, has been granted duty-free access to the EU under the system of tariff rate quotas (TRQs) since the mid-nineties. In 2005 the TRQ will total 164 000 hl for exports under code 2207 10 (up from 134 000 hl the previous year) and 14 340 hl under code 2207 20, up from 3 340 hl.

4. Trade analysis – ethanol

Table IV sums up trade under the various preferential arrangements.

²⁰ Article 7(4) of Council Regulation (EC) No 2501/2001 of 10.12.2001.

Table IV

Imports under preferential conditions 2002 – 2004 (in hl) by duty regime enjoyed by the exporting country					
	2002	2003	2004	Av. 2002–04	% of total trade 2002–04
GSP normal	227 285	182 940	288 364	232 863	9%
GSP+	553 156	1 569 005	1 412 896	1 178 352	47.5%
ACP	291 055	268 784	154 663	238 167	9%
EBA	30 018	86 247	18 956	45 074	1.5%
Others	106 464	103 597	122 768	110 943	4%
Total preferential	1 207 978	2 210 573	1 997 646	1 805 399	70%
Total MFN	657 011	494 771	1 124 699	758 827	30%
Grand total	1 864 989	2 705 344	3 122 345	2 564 226	100%

Source: Eurostat Comext database, EU25 since 1999 CN (simulated) – Statistical regime 4 – extracted on 29 July 2005.

4.1. GSP

Trade data for 2001–2004 show a dramatic increase in bioethanol exports from the countries benefiting from the special drugs regime in previous years. Although these countries have benefited from the same regime since the 1990s, the unlimited duty-free access enjoyed under this scheme at a moment of rising demand for alcohol under code 2207 can be considered the single most important factor underlying the doubling of bioethanol exports from these countries to the EU. All major exporters under code 2207 over the last three years benefit from this scheme: Pakistan, Guatemala, Peru, Bolivia, Ecuador, Nicaragua and Panama.

Altogether, exports of ethanol from the GSP-plus beneficiaries totalled 1 412 896 hl in 2004: practically all duty-free exports to the EU and 46% of all exports under code 2207 to the EU over the 2002–2004 period.

Thanks to its lower production costs, Pakistan took a big lead over the other GSP beneficiaries with 1 008 656 hl in 2004 (the second largest exporter in the world) followed, at a distance, by Guatemala with over 250 000 hl.

Under the new GSP, the exclusion of Pakistan from the list of countries having unlimited duty-free access to the EU market will remove from the market one of the most aggressive and competitive producers. All the other direct competitors under the GSP drugs regime will continue to enjoy duty-free access to the EU market and might be expected to fill the gap left by Pakistan, as they have relatively low production costs too.

Nevertheless, at US\$14.52/hl, Pakistan has production costs closer to Brazil's, which, with production costs of US\$13.55/hl, still manages to export substantial quantities to the EU despite paying the full MFN duty. Pakistan might therefore be expected to continue to be able to export significant quantities of ethanol to the EU, albeit not at the same pace as before, thus utilising the increased production capacity built over the last couple of years.

By contrast, the 15% reduction offered by the normal GSP regime provided access for approximately 9% of exports of the same product to the EU market. Unlike the obvious favourable impact of the GSP drugs regime, the impact of the 15% duty reduction is more difficult to assess. The two largest exporting countries benefiting from this reduction are

Ukraine and South Africa. In the case of Ukraine, the introduction of the 15% reduction coincided with a dramatic increase in exports over the 2002–2004 period. For South Africa, on the other hand, the last two years showed exports stable at approximately 50 000 hl, following a dramatic decrease over the 2000–2001 period. Under these conditions, it is difficult to predict the impact of the removal of the 15% import duty reduction, although it seems fair to say that even such a small reduction seemed to provide a competitive advantage over the countries paying full duty.

4.2. EBA

So far, exports of bioethanol to the EU from countries benefiting from the special arrangement for the least developed countries (the EBA initiative) under the GSP (EC) Regulation No 980/2005 have been negligible and have come primarily from one country – the Democratic Republic of Congo – which already qualified for duty-free access as an ACP country. At the moment, the Democratic Republic of Congo is the only LDC with sizeable, though erratic, exports of alcohol to the EU under code 2207 since 1999. In 2004 exports totalled 18 956 hl after peaking at 86 246 hl the year before.

It is fair to recognise, however, that the EBA dates back to only 2001 and some of the countries which did not have duty-free access under other earlier regimes (notably Bangladesh, Laos, Cambodia, Afghanistan and Nepal) might find new ways of access to the EU in the medium or longer term.

New opportunities might emerge in these countries – which generally do not produce (or are not very competitive at producing) sugar cane or any other raw material for bioethanol production from their own resources – in the form of processing molasses imported from their competitive, sugar-producing neighbours. This might be the case with Cambodia, which could use raw material from Thailand, or with Bangladesh and Nepal, which might process raw material from India. At the moment it is difficult to quantify future potential production from these countries, but investments are known to have been made in some of them, for example Bangladesh.

In this respect, it is important to stress that under Council Regulation (EC) No 980/2005, imports are subject to the GSP rules of origin including regional cumulation. The Commission services are currently considering the reform of GSP rules of origin in line with the orientations contained in the Commission's Communication COM(2005) 100 of 16 March 2005 on "The rules of origin in preferential trade arrangements: Orientations for the future". This aims at simplification and appropriate relaxation of the rules. *Inter alia*, it favours the principle of using a value-added method for the determination of origin.

4.3. Cotonou Agreement

- On the whole, ACP exports to the EU under code 2207 have so far been limited. Over the last couple of years, however, they have been fairly stable at 238 167 hl, despite a low of 154 663 hl in 2004 (excluding South Africa: 48 728 hl).

Swaziland and Zimbabwe are by far the leading exporters with an average of 85 562 hl and 120 261 hl, respectively, over the 2002–04 period. A number of ACP countries are likely to consider bioethanol production as an alternative to sugar production as part of the restructuring resulting from the EU sugar reform. However, bioethanol production from sugar cane might remain relatively low and limited only to countries where sugar production is

competitive, such as Swaziland and Zimbabwe, which have production costs close to Brazil's and India's and which are already exporting substantial quantities to the EU under code 2207.