

Saaremaa Ühisgümnaasium

Kodune biodiisli valmistamine ja kasutamine
Uurimistöö

Autor: Meelis Reinumägi 12C

Juhendaja: Diana Õun

Kuressaare 2010

ANNOTATSIOON

Saaremaa Ühisgümnaasium

Töö pealkiri Kodune biodiisli valmistamine ja kasutamine	
Kuu ja aasta Aprill 2010	Lehekülgede arv 15, jooniste arv 5, tabelite arv 1, kasutatud allikaid 9.
Referaat Käesolevas töös uuritakse kodus valmistatava biodiisli koostist ja omadusi ning võrreldakse neid tavakütuse omadega. Eesmärk on teada saada, kas esineb mingisuguseid erinevusi mootori töös, kui kasutatakse biodiislit. Uurimuse hüpoteesiks oli, et kodus valmistatud biodiisliga on võimalik auto probleemideta sõitma saada. Selgus, et kasutatud toiduõlist kütuse valmistamine on täiesti võimalik ja autol ei esine töötamisel erilisi kõrvalmõjusid, ega probleeme. Ka biodiisli liitrihind tuli otseste kulutuste poolest võrreldes tanklahindadega meeldivalt madal. Kahjuks selgus ka see, et biodiisli kodus valmistamine ei ole niisama lihtne ja ohutu, sest selleks läheb vaja mürgiseid kemikaale ning kõrvalsaadused on samuti keskkonnale ja inimesele üsna ohtlikud.	
Võtmesõnad : biokütus, biodiisel, alternatiivkütus, diiselmootor	
Töö autor : Meelis Reinumägi 12c	allkiri:
Kaitsmisele lubatud: Juhendaja: Diana Õun	allkiri:

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. AJALUGU.....	5
2. BIODIISLI KOOSTIS JA OMADUSED	6
2.1. Keemiline koostis	6
2.2. Omadused.....	6
2.2.1 Kasulikud omadused.....	6
2.2.2 Kahjulikud omadused	7
3. BIODIISLI VALMISTAMINE	8
3.1 Valmistamise protsess	8
3.2 Jäätmed.....	8
3.2.1 Glütserool.....	8
3.2.2 Biodiisli pesuvesi.....	9
4. BIODIISLI KASUTAMINE SÕIDUAUTOS.....	10
4.1 Katseauto	10
4.2 Kütusekulu.....	10
4.3 Kiirendus	11
4.4 Muud tähelepanekud.....	12
KOKKUVÕTE.....	14
KASUTATUD KIRJANDUS.....	15

SISSEJUHATUS

Käesolev uurimistöö uurib lihtsaima ja odavaima alternatiivkütuse, kasutatud toiduõlist valmistatud biodiisli omadusi. Vaadeldakse erinevaid võimalusi selle valmistamiseks, mõju keskkonnale, mootorile ja kütusekulule. Töö eesmärgiks on teada saada, kas tavainimesel on reaalseid võimalusi vabaneda naftasõltuvusest odavalt ja lihtsalt.

Uurimust ajendas kirjutama kerkiv naftahind ja kodus valmistatava diiselmootori suur populaarsus Lääne-Euroopas ja Ameerika Ühendriikides. Teema kohta leidub Internetis palju materjali, kuid selle usaldatavus on kahtlane, kuna eri allikates erinevad andmed üsna olulisel määral. See on samuti üheks põhjuseks, miks sai käesolev teema valitud.

Töö esimeses osas antakse ülevaade teema teoreetilisest poolest. Põhiliselt keemilistest ja füüsikalistest omadustest, mis on olulised mootori töötamisel, kütuse valmistamisel ja kasutamisel. Töö teises osas kirjeldatakse läbiviidud katseid ning vaadeldakse, kas ja millised on kasutatud toiduõli baasil valmistatud kütuse erinevused tanklakütusega.

1. AJALUGU

Diiselmootori leiutas saksa insener Rudolf Christian Karl Diesel 17. veebruaril 1897. aastal. Tegu oli ühesilindrilise diiselmootoriga, mis töötas ühe minuti. (Rudolf Diesel and Diesel Oil, 2010)

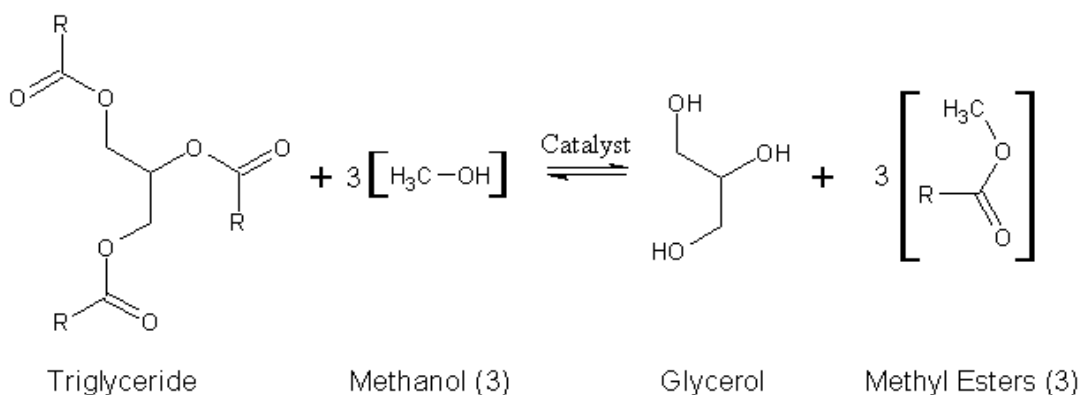
Diesel mõistis termodünaamikat ning kütuse säästmise teoreetilisi ja praktilisi piiranguid. Ta teadis, et isegi väga heade aurumasinade termodünaamiline efektiivsus küündib vaid 10-15 protsendini, mis tähendab, et kuni 90% kütuses sisalduvast energiast on raisatud. Tema töö eesmärgiks oli saavutada palju suurem mootori kasutegur. Lõpuks konstrueeris ta omaenda mootori ja taotles oma disainile ka patendi. Tema leiutatud mootoris pihustati kütus silindrisse survetakti lõpus ja süüdati kõrge temperatuuri abil, mis tekkis kõrge surveastmest. (Rudolf Diesel, 2010)

Diiselmootori eeliseks on, et see tarbib kütust efektiivsemalt kui bensiinimootorid. Diesel oli huvitatud söetolmu või taimeõli kütusena kasutamisest, ja tegelikult oli tema mootor ehitatud töötamiseks maapähkliõliga. Kuigi need kütused ei olnud kohekselt populaarsed, siis kütusehinna tõus 2008. aastal, mis pani muresema naftareservide pärast, on viinud biodiisli ja taimeõli suurema kasutamiseni. Esmaseks diiselkütuse allikaks on jäänud siiski nafta kõrvalprodukt, mis tekib bensiini tootmisel. (Rudolf Diesel, 2010)

2. BIODIISLI KOOSTIS JA OMADUSED

2.1. Keemiline koostis

Wikipedias (Biodiesel, 2010) defineeritakse biodiisli kui diiselmootori kütusena kasutatavat rasvhapete metüülesterite segu, mida valmistatakse taastuvatest looduslikest allikatest, enamasti taimsetest õlidest. Taimeõli molekul koosneb kolmest estrist, mis kinnituvad glütserooli molekuli külge. Viimane muudab õli kleepuvaks ja paksuks. Sellest vabanemiseks lisatakse taimeõlile alkoholi, tavaliselt metanooli, ja protsessi kiirendamiseks kasutatakse katalüsaatorina naatriumhüdrosiidi või kaaliumhüdrosiidi, käivitatakse transesterifikatsiooni reaktsioon (inglise k. *The Transesterification Reaction*).



Joonis 1. Transesterifikatsiooni reaktsioon (Biodiesel production, 2010)

Metanooli eelistatakse etanoolile, sest see tagab kindlama ja stabiilsema biodiisli reaktsiooni ja metanooli mõjutab vähem õli sees leiduda võiv vesi. (Tickell, 2000)

Vanemates diiselmootorites on võimalik kasutada ka puhast taimeõli, aga see nõuab kütusesüsteemis teatud ümberehitusi.

2.2. Omadused

2.2.1 Kasulikud omadused

Võrreldes nafta baasil valmistatud diiselmootoriga, on biodiisil mitmeid eeliseid.

- Paremad määrimisomadused, mis tagavad mootori vaiksema töö ja vähesema kulumise (Tickell, 2000)
- Biolagunev ja mürgitu – juba esimese 21 päevaga laguneb looduses 98% (Kotz & Treichel, 2008)
- Biodiisel on segatav tavalise diiselmootoriga igas vahekorras. Suurem osa maailmast kasutab segu nimetamiseks süsteemi, kus kasutatakse „B“-faktorit näitamaks biodiisli sisaldust kütusesegus. (Biodiesel, 2010) Näiteks segu, mis sisaldab 20% biodiisli, nimetatakse B20.
- Vähesem keskkonnasaaste. Sojaõlist valmistatud biodiisli kasutamisel väheneb kasvuhoonegaaside õhku sattumine keskmiselt 57% võrra ja kasutatud toiduõlist toodetud kütuse puhul keskmiselt 86% võrra. (Renewable, 2010)
- Teiste alternatiivkütustega võrreldes suhteliselt odav ning lihtne valmistada ja kasutada, sest töötab igas diiselmootoris ilma ümberehitusteta.

2.2.2 Kahjulikud omadused

Siiski leidub biodiisil ka mitmeid negatiivseid omadusi:

- Valmistamine on ohtlik, sest selleks kasutatakse metanooli, mis on allaneelamisel inimesele surmav juba väikestes kogustes ja naatriumhüdroksiidi, millel on vees lahustunult suur söövitamisvõime.
- Külma suhtes tundlik, temperatuuril alla -5 kraadi C tuleb kasutada külmakindlust tõstvat lisandit, sest vabad rasvhapped tõstavad õli tahkumise temperatuuri (Tickell&Tickell, 2000). Biodiisel seob vett, seetõttu peab hoiustama suletud anumas.
- Heitgaasides suureneb lämmastikuühendite kogus (Biodiesel, 2010) ning kõrvalproduktid on keskkonnale kõrge metanoolisisalduse tõttu ohtlikud.

3. BIODIISLI VALMISTAMINE

3.1 Valmistamisprotsess

Üks lihtsamatest võimalikest biodiisli valmistamise meetoditest, mida kirjeldab Wikipedia, (Biodiesel production, 2010) koosneb järgmistest sammudest:

- 1) Kontrollitakse taimeõli veesisaldust ning happelisust, filtreeritakse tahkete osade eemaldamiseks.
- 2) Kaalutakse välja õli kogusest 10% jagu metanooli, 0,7% jagu naatriumhüdroksiidi ning lahustatakse viimane metanoolis.
- 3) Segatakse kokku taimeõli, mis on soojendatud 60 kraadini Celsiuse järgi ning metanooli ja naatriumhüdroksiidi lahus.
- 4) Pärast ühte kuni kaheksat tundi suletud anumas seismist on glütserool settinud anuma põhja ja biodiisli saab eraldada.
- 5) Seejärel pihustatakse biodiislist vett sinna jäänud seebi, glütserooli ning metanooli eemaldamiseks ja kuumutatakse kütust, et vesi uuesti aurustuks.

Vajalikud ained on järelikult (kasutatud) toiduõli, metanool (10% õli kogusest) ning NaOH (0,7% õli kogusest). Protsess on sama hoolimata sellest, kui suurt kogust kütust valmistatakse. Käesoleva töö autor valmistas katsetuste tarbeks kütust kahe liitri kaupa, sest nii oli vajamineva koguse valmistamine kõige kiirem, mugavam ja ohutum. Kütuse valmistamisel tuli autoril liitrihinnaks vaid otsesid kulusid arvestades ligikaudu 1kroon 10 senti. Selle hinna sisse kuuluvad metanool, naatriumhüdroksiid ning elekter (vt. Tabel 1), kuid ei tasu unustada, et biodiisli korralikuks valmistamiseks kulub ka üsna hulgaliselt aega. Õli puudub tabelist, kuna kasutatud toiduõli antakse kiirtoitlustuskohtadest üldjuhul tasuta ära.

T a b e l 1

Biodiisli valmistamise hind liitri kohta

(sent)

Komponent	Hind	Vajalik kogus liitri biodiisli kohta	Hind liitri kohta
Metanool	9,09 kr/l	0,1l	90,9 senti
NaOH	25 kr/kg	0,007kg	17,5 senti
Elekter	59,86 s/kWh	0,04kWh	2,4 senti
Kokku:			110,8 senti

3.2 Jäätmed

3.2.1 Glütserool

Biodiisli tootmisel on üheks suurimaks probleemiks lisaks toorainete ohtlikkusele veel tekkivad jäätmed. Üks kõrvalprodukt, mis tekib transesterifikatsiooni reaktsiooni käigus, on glütserool. Glütserool, mis tekib biodiisli tootmise protsessi käigus, sisaldab metanooli ja teisi kemikaale. Glütserool on ilmselt kõige ohtlikum biodiisli kõrvalsaadus. Selle suureks probleemiks on, et seda on raske töödelda, ilma sellese suurt hulka raha investeerimata (Home-Made, 2010)

Sama allika (Home-Made, 2010) kohaselt tekib iga liitri biodiisli valmistamisel 200 kuni 250 grammi glütserooli, mis sisaldab kuni 25% metanooli ning seda tuleb kohelda kui väga ohtlikku kemikaali. Käesoleva töö autoril tekkis biodiisli valmistamisel sarnases koguses glütserooli.

Ohtlike jäätmete kogumispunktis võetakse glütserooli vastu juhul, kui see on pakendatud hermeetiliselt suletud anumasse.

3.2.2 Biodiisli pesuvesi

Enne kui biodiisel kütusepaaki valatakse, tuleb see puhtaks pesta sinna jäänud glütseroolist, metanoolist ja tekkinud seepidest. Selleks pihustatakse kütusesse vett, mis vajub koos metanooli, glütseriini ning liigsete seepidega anuma põhja (Tickell&Tickell, 2000). Vesi, mis sealt tuleb, on samuti ohtlik, sest sisaldab metanooli. See ei ole siiski nii hull, sest enamuse veepuhastusjaamasid kanalisatsioonis suudab selle vee uuesti ära puhastada. Küll aga peab vaatama, et see pesuvesi ei sattuks põhjavette.

4. BIODIISLI KASUTAMINE SÕIDUAUTOS

4.1 Katseauto

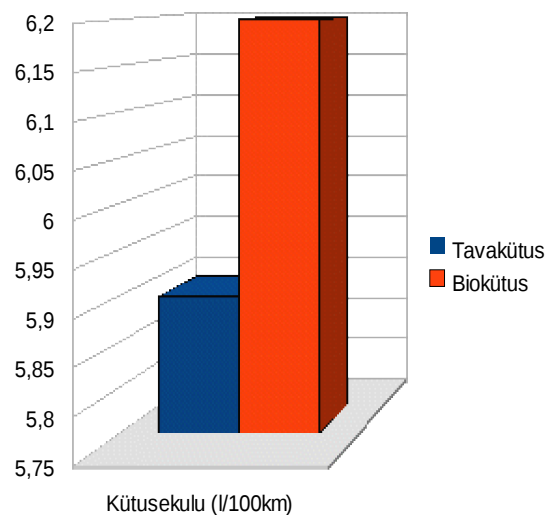
Katsed on läbi viidud 1987 a. toodetud Mercedes-Benz 250D (vt. joonis 2) peal. Selle tootja autosid kasutatakse biodiisliga sõitmisel ilmselt enam kui teiste tootjate omasid. Mootoriks on OM602 nimetust kandvast põlvkonnast pärit 2,5 liitrise töömahuga viiesilindriline vabalthingav diiselmootor võimsusega 66kW, millele jagab kütust Boschi kõrgsurvepump. See auto sai valitud odavuse, varuosade hea kättesaadavuse ning juba varem tõestatud biodiisliga usaldusväärse toimimise tõttu. Eestis paraku seadused sellise kütusega liiklemise kohta puuduvad, kuna ilmselt ei ole see veel piisavalt levinud. Lääne-Euroopas on levinud poliitika, et enda tarbeks kuni 2500 liitrit aastas tootes ei pea biodiisli pealt aktsiisimaksu maksma, kuid suuremate koguste puhul küll.



Joonis 2. Katseauto Mercedes-Benz 250D (foto: Henry Nuum)

4.2 Kütusekulu

Kütusekulu mõõdeti mõlema kütusega töösooja mootoriga sarnastes tingimustes ühtlasel kiirusel 90 kilomeetrit tunnis. Kontrolliti, mitu kilomeetrit läbib auto kahe liitri kummagi kütusega ning saadud tulemuse järgi arvutati kütusekulu 100 kilomeetri kohta (vt. Joonis 3). Kahe liitri tavalise kütusega läbis auto 33,9 kilomeetrit, biodiisliga 32,1 kilomeetrit. Kütusekulu 100 kilomeetri kohta saadi kui jagati kasutatud liitrite arv (2l) läbitud kilomeetrite arvuga ja korrutati 100-ga.



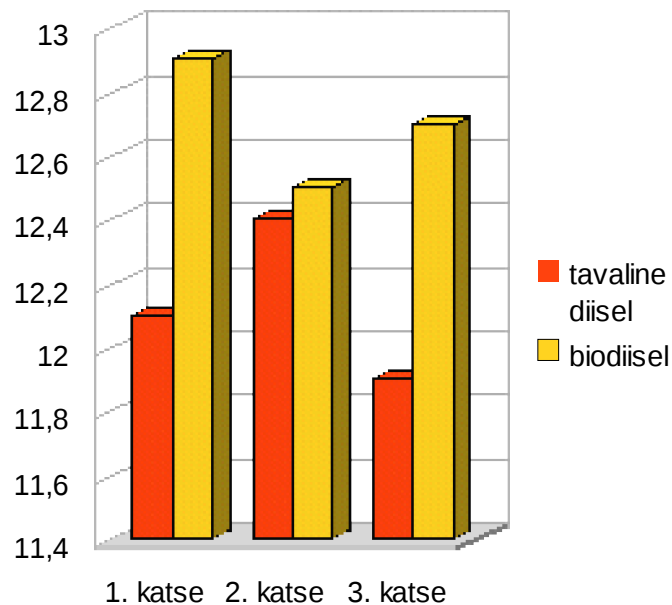
Joonis 3. Kütusekulu erinevus tavakütuse ja biodiisli vahel.

Nagu läbitud kilomeetrite arv ning joonis 3 näitavad, esines katse tulemustes oodatult vahe erinevate kütuste kulus. Selgus, et katseauto tarbis biokütust ligikaudu viis protsenti enam kui tavalist diislit.

4.3 Kiirendus

Et näha, kas biodiisli kasutamisel on erinevusi mootori võimsuses ja pöördemomendis, ei õnnestunud kahjuks autot testida dünamomeetri peal, mis oleks võimalikud erinevused hästi ja konkreetselt välja toonud, tuli korraldada alternatiivne katse. Kuna katseautol oli manuaalkäigukast, sai mõõdetud kiirendust ühe käiguga kindlate pöörete ulatuses. Kõige

paremini sobis selleks kiiruse pärast kolmas käik. Võrdsuse huvides sai tehtud lendstart kiiruselt 20km/h kuni kiiruseni 70km/h. Katset korrati kolm korda (vt. Joonis 4).



Joonis 4. Kiirenduse 20km/h kuni 70km/h aeg sekundites.

Kuna auto oli piisavalt aeglane, ei olnud probleemi ka aja võtmisega. Nagu graafikult näha on, ei olnud biodiisliga erilist jõukadu märgata. Kuigi tulemused olid üsna ühesuursed, oli kõige aeglasem aeg tavadiisliga siiski kiirem kui kõige kiirem aeg biodiisliga. Sellest võib järeldada, et mingil määral jõukadu esineb, ent see on minimaalne ja sõites seda ei märka.

4.4 Muud tähelepanekud

Minnes üle biodiisli, märgati esimese asjana muutust auto hääles. See muutus kuulajate hinnangul veidi vaiksemaks ning kõla oli teine, kuid Nokia 5140i helitugevuse mõõtja igal juhul erinevust ei tuvastanud.

Kuna biodiisli on tunduvalt parem lahusti kui nafta baasil diisel, siis sai vaadeldud auto kütusefiltri seisukorda enne ja pärast 20 liitri biodiisliga sõitmist. Nagu võis arvata, oligi selle

aja jooksul filtri seintele ladestunud tunduvalt rohkem mustuseosakesi kui enne (vt. Joonis 5), kuigi konkreetset filtrit oli tavalise kütusega üle 1000 km kasutatud.



Joonis 5. Vasakul filter enne, paremal pärast biodiisli kasutamist.

See kinnitab, et biodiisel on parem lahusti kui tavaline kütus ning kütusefiltrit tuleb biodiislile üle minnes ilmselt paar korda vahetada, enne kui kütusesüsteem puhtaks saab.

Lisaks sai testitud kütuse külmakindlust ilma spetsiaalseid talvelisandeid lisamata. Sügavkülmas jahutati diisli seni, kuni see hakkas hõgustuma. See protsess toimus, kui kütuse temperatuur langes miinus kaheksa kraadini Celsiuse järgi. Vedeliku viskoossus muutus ning nii madalal temperatuuril ei saa biodiisli kasutada ilma spetsiaalset lisandit lisamata või kütusesüsteemile kütuseadeti lisamata.

KOKKUVÕTE

Katsete läbiviimisel veenduti, et kasutatud toiduõlist valmistatud biodiisli on diiselmootorites ilma ümberehitusteta võimalik edukalt kasutada, ilma et esineks tuntavaid muutusi. Otseste kulude poolest tuli ühe liitri hind ligi kümme korda odavam kui tanklakütusel, kuid ajakulu oli selle valmistamisel üsna suur. Lisaks kerkib biodiisli valmistamisel esile oht loodusele ja tervisele, sest oli just biodiisli tootmisest üle jäänud metanool see, mis põhjustas 2001. aastal Pärnumaal kümnete inimeste surma. Autori arvates oleks kasulik seda toota suuremates kogustes ning koduste vahenditega valmistamine ei ole kuigi otstarbekas ning ohutu, kui ei ole ehitatud selleks vastavat seadeldist.

Lääne-Euroopas ja USA-s on kodune biokütuse valmistamine tunduvalt populaarsem kui Eestis. Internetifoorumites seda kütust kiidetakse madala hinna ja keskkonnasõbralikkuse tõttu, kuid ohtlike jääkide käitlemisest räägitakse vähe. Jääb mulje, nagu nendest vabanetakse kõrvalisi teid pidi. Sellisel juhul ei saaks aga kindlasti rääkida keskkonnasõbralikust kütusest. Kuigi biodiisli põlemisel tekkivad heitgaasid on tunduvalt ohutumad, jõuab saaste muid teid pidi keskkonda.

KASUTATUD KIRJANDUS

Biodiesel URL=<http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel> 10. aprill 2010

Biodiesel production URL=http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel_production 11. aprill 2010

Biodiisel URL=<http://et.wikipedia.org/wiki/Biodiisel> 23. veebruar 2010

Home-Made Biodiesel URL=<http://www.home-made-biodiesel.com/biodiesel-waste-product.html> 11. aprill 2010

Kotz, J. & Treichel, P. (2008) *Chemistry and Chemical Reactivity: Volume 2*. URL=<http://books.google.com/books?id=dnUxsDotAVUC&pg=PA479&dq=biodiesel&lr=&cd=14#v=onepage&q=biodiesel&f=false> 20. veebruar 2010

Renewable Fuel Standard Program Regulatory Impact Analysis URL=<http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf> 11. aprill 2010

Rudolf Diesel URL=http://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel 02. aprill 2010

Rudolf Diesel and Diesel Oil URL=<http://www.speedace.info/diesel.htm> 11. aprill 2010

Tickell, J. & Tickell, K. (2000). *From Fryer to the Fuel Tank: The Complete Guide to Using Vegetable Oil as an Alternative Fuel*. Sarasota: Greenteach